

25832

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE NR. 218

ERFARINGER OM JORDSKADE
VED
VASSDRAGSREGULERINGER

AV
GUNNAR HOLMSEN



OSLO 1963
UNIVERSITETSFORLAGET



55 (481)

*Redaktor for
Norges geologiske undersøkelses publikasjoner:*

*Statsgeolog
Fredrik Hagemann*

INNHOOLD

<i>Innledning</i>	5
<i>Jordskade i reguleringsmagasiner som følge av endret vannstand</i>	6
Laugen i Børse	6
Næren i Ringsaker	11
Osensjø i Hedmark	16
Tessevatn i Lom	22
Bergsdalsvassdraget på Bergenshalvøya	27
Fyresvatnet	38
Totak og andre magasiner for Tokkereguleringen	43
Limingen	46
Vorma som følge av Mjøsreguleringen	54
Grungstadvatnet i Høylandet og Hogstadvatnet i Asker	58
Selbusjøen	60
Aurdalsfjorden i Sør-Aurdal	75
Ørevatn i Aseral	80
Storvatnet i Rissa og Leksvik	84
Randselvens oppdemning ved Viul	86
Vekteren i Grong	90
<i>Jordskade i elv etter regulering</i>	92
Gudbrandsdal-Laugen og Otta som følge av Otta- og Vinstrareguleringene	92
Nea som følge av reguleringene før 1954	107
Snarumselven som følge av oppdemning ved Kaggefoss	115
Nidelven mellom Fjæremfossen og Nordsetfossen	120
Nidelven mellom Nordsetfossen og Trondheims bygrense	123
Undersøkelse av jordryggene ved Labrofoss i Numedalslågen og Haugfoss i Simoa	126
<i>Grunnvannsundersøkelser</i>	133
Nea	133
Avlingstap langs Otta og Laugen som følge av at flomhøyden om sommeren nedsettes	137
Skade i Tynset og Alvdal som følge av Aursundsreguleringen	149
Mykstufoss Kraftanlegg	153
Virkningen av Seljordvatnets regulering på nærliggende brønner	157
Innflytelsen av Hjørtedalsvassdragets regulering på grunnvannstanden langs vassdraget i Sauland og Heddal	165
Totak	176
Grunnvannsmålinger langs Tokkeåi i Dalen og Vistad	178
Vinjevassdraget	185
<i>Sandflukt</i>	188
<i>Summary</i>	196

ERFARINGER OM JORDSKADE VED VASSDRAGSREGULERINGER

Av

GUNNAR HOLMSEN

Innledning.

Forfatteren har som geolog iaktatt erosjonsvirkninger av vassdragsreguleringer i vårt land helt siden Aursundsreguleringen blev iverksatt 1922, i stor utstrekning som sakkyndig i spørsmål vedrørende jordskade for de forskjellige skjønsetter, som skal vurdere skadens økonomiske verdi. Herunder er innsamlet observasjonsmateriale til belysning av reguleringenes erosjonsvirkning såvel i reguleringsmagasinene som i det nedenforliggende vassdrag. Resultatet av iakttagelser og undersøkelser foreligger i utredninger for skjønsettene, men er spredt og vanskelig tilgjengelig, idet kun jordskade innen reguleringsmagasinene tidligere er publisert.

På oppfordring fra forskjellig hold, deriblant også fra Norges Geologiske Undersøkelse, har forfatteren utarbeidet nedenstående beretning om de hittil innvundne erfaringer.

Som erstatningspliktig jordskade karakteriseres den, som skyldes reguleringsinngrep i vassdragets naturlige vannføring. Den kan bestå i utrasning, endret materialtransport og forandring i grunnvannspeilets høide langs vassdraget.

Forfatteren uttaler hermed sin takk for hjelpen til de kraftselskaper som på forespørsel velvillig har stillet materiale til disposisjon, og likeså takkes dr. philos. Frank Vokes for hans oversettelse til engelsk av resuméet.

Jordskade i reguleringsmagasiner som følge av endret vannstand.

Laugen i Børsa.

Den første sjø, hvor ras av store dimensjoner inntraff etter senkning under normalvannstand, var Laugen i Børsa, som ligger i en marin leiravsetning. Hendelsesforløpet er av forfatteren beskrevet i Teknisk Ukeblad¹ ledsaget av et kart over jordartene rundt sjøen og rasstedene. Av beskrivelsen hitsettes:

«Våren 1920 blev der efter andragende fra Børsa og Børeskogn kommuner i Sør-Trøndelag gitt tillatelse til regulering til fordel for et kraftanlegg ved Børselven. For å skaffe bygdene lys og kraft var der innkjøpt en foss straks utenfor elvens utløp av sjøen, der skulde brukes som magasin. Sjøen er 1,75 km² stor og ligger i en høide over havet av 60 m. Den marine grense er 197 m. o. h.

For reguleringen hadde flere planer vært oppe. Da der rundt en stor del av sjøen ligger dyrket mark helt ned til stranden kviet man seg for å demme den opp. I ethvert fall ble der av denne og andre grunner besluttet at reguleringen skulde gjennomføres ved hjelp av en tunnel gjennom fast fjell langs utløpet. Ved kgl resolusjon av 7/5 1920 ble Laugen tillatt senket 8 m. under den allerede eksisterende dams høide.

Den planlagte senkning iverksattes høsten 1920. Da den fremkaldte skred av så stor rekkevidde at de neppe var forutsett tør en nærmere omtale av de ved Laugen stedfundne fenomener påregne interesse.

Tappingen gjennom tunnelen begynte 20/9 fra 60 m. nivået såvidt vites med full vannføring. Det var ialfald hensikten å senke vannstanden så hurtig som mulig, for at man under sjøens nye lavvannstand skulde kunne utføre et arbeide ved inntaket.

¹ Gunnar Holmsen: Rasene omkring den sænkede sjø Laugen i Børsa. — Teknisk Ukeblad 1921, nr. 45.

Den 24/9 da vannstanden var sunket til 57,4 m. gikk der klokken 7 om morgenen så store ras langs sjøen at tappingen måtte avbrytes kl. 12. Den gjenoptokes imidlertid atter 27/9 hvorefter der fulgte flere og større ras, inntil lukene ble stengt 18/10 for at der kunde taes takst over den forvoldte skade. Vannstanden var da 54,3 m. Underskjønnets befaringsferdig 25/10 da tunnellen atter åpnedes. Tapping pågikk nu til 13/11 da nivået 53,5 m. var nået. Der gikk da så store ras at tappingen måtte opphøre, og sjøen ble i vinterens løp atter fylt til randen.

Der var da praktisk talt ingen strekning av den tidligere sjøbund som ikke lå i ras. Rasene hadde også spredt sig inn over den gamle strandlinje og gjort skade på dyrket mark og veier, likesom der var fare for husene på gården Skåra der måtte rømmes.

På kartet s. 8 er de ras som gikk ovenfor høyvannslinjen avlagt med sort dekkfarve. Man ser av kartets loddskudd at sjøens dybde i rasene går opp til 19 m., så de utgledne masser er rett betydelige. Forøvrig gir et kart som dette, der kun viser rasene ved høyvann, et dårlig bilde av deres omfang. Ved lavvann så man i fjor vinter rasmæler så å si langs hele sjøen. Disse var så bratte at de mange steds vanskelig kunde passeres, og for å kunne kjøre isen måtte man bygge broer der hvor vinterveiene gikk opp fra sjøen. På den korte tid sjøen var senket under den naturlige vannstand formådde tilløpene å skjære sig dypt ned i sjøbunnen.

Lokalkjendte folks utsagn gikk ut på, at der i sjøens nordlige og midtre del var *usedvanlig bratte marebakker*.

Grunnens beskaffenhet.

Under forfatterens besøk ved Laugen i juni 1921 stod sjøen full av leirgrumset vann til dammens nivå. Snittene gjennom den gamle sjøbund var derfor ikke tilgjengelige.

Oppstikkende fjellknauser rundt sjøen blev avlagt på kartet såvelsom bunnmorene og marin leir.

Langs sjøens sider er det temmelig bratt. Store leirflater forekommer ikke rundt Laugen, men vel ellers i Børå, hvorfra kjennes betydelige leirfald.¹ Rundt stranden stikker det faste fjell ofte frem i dagen. Dets overflate er ujevn, og som følge derav er de løse avleir-

¹ Amund Helland: Lerfald. — Norsk Teknisk Tidsskrift 1896.

ingers tykkelse sterkt vekslende, såvidt snittene i strandkanten tillater å iaktta, sjelden mere enn 6 å 7 m. Tykkere er dog sandsynligvis de løse jordlag sydligst ved vannet og muligens omkring bukten ved Skåra.

På det faste fjeld ligger en ca. 0,5 m. tykk bunnmorene, der består av fast leir med større og mindre skurestener. Flere steder langs sjøen finner man bunnmorenens utvaskede stener i strandkanten, således fra Eggtingen henimot Eggkleven. Man kan herav slutte, at der her ikke er dypt ned til det faste fjeld, og at der således ikke er fare for nye ras.

Over bundmorenen ligger skjelførende blåleir. Av leirets fossilinnhold kan man nederst utskille et dypvandsleir med talrike skaller av *Yoldia arctica*, og derover et fossilfattig, sandholdig skiveleir med *Arca glacialis*, avsatt nærmere stranden. Begge disse leirsorter er bunnfeldt i havvand. Av Yoldialeiret ble ikke iaktatt større mektighet enn 1 å 2 m., men det er sandsynlig at det noen steds er adskillig tykkere. Da det er sterkt vandholdig vil det lett gli ut. Skiveleirets tykkelse er i rasveggen ved Siim 4 til 5 m. Dets skiktning skriver sig fra tynne sandlag og tykkere lag av finslemmet leir. Leiravsetningens øverste del utgjøres av grå, forvitret tørskopeleir av et par m's tykkelse.

Omkring bekkeutløpene er der skyllet sand og grus utover leirlagene. Her og der forekommer torvlag på leiret.

Det er ikke til å undres over at denne ustabile grund gled ut under tappingen. Da nivået var senket 2 m. under normalvandstanden gikk det første ras. Dette var ved utløpet av Eidsmobekken. I mindre enn 70 m. fra den gamle strandlinje er sjøens dybde her 28 m. Bekken hadde her lagt opp en ør som stod med bratt skrent mot det store dyp. Mælen begynte utenfor starrgaren på 2 m's dyp, d.v.s. netop på det nivå vandflaten hadde, da utrasningene begyndte. Like overfor Eidsmobekken, Eggtingen, var der en lignende bratt marebakke og ved samme nivå løsnet også her et ras umiddelbart efter det første hadde gått. Den uro det første ras ga vandet kan ha vært impuls nok til å fremkalde det nye ras ved Eggtingen.

Når skredene i Laugen fortrinsvis grupperer sig om bekkeosene så kommer dette av at foran bekkene lå labile akkumulasjoner. Det slam bekkene i tidens løp hadde vasket ut av leirbakkene overfor, bundfeldtes som meget løse avleiringer der stadig rykket utover sjøen,

og hvis skråning mot dypet var påfaldende steil. Netop utenfor bekene var derfor grunnen minst stabil.

De raspartier som først kom i bevegelse var av forholdsvis beskjedne dimensjoner. Men ettersom sjøens uttapping skred frem tiltok rasene i størrelse. Forskjellen på de første ras som gikk og de siste karakteriseres godt ved deres faldvinkler. Mens de først utraste masser ved Eidsmobekken ligger med et fald av 40 m. pr. 100 m. viser leirfaldet ved Skåra en heldning av 6 m. pr. 100 m. Husene ved Skåra ligger på en bølget leirslette ca. 60 m. fra vandet i en høide av 8 m. over dette. Fjellet stikker ikke frem i dagens lys, men i selve rasmælen skal fast fjeld være nådd ved boring 4,5 m. under høyvannsstanden. Flere steder innenfor rasets kant skal der under boring være påtruffet opplødt leir således like ved husene.

Dette ras artet sig som et veritabelt leirfald. Leirmassen gled ut gjennom en forholdsvis smal «port» i løpet av kort tid. På den flytende leirsuppe seilet flak av tørrskorpen med den dyrkede mark. Materialene fra en skigard fløt litt etter litt opp av bløtleiren så de kunde innsamles og tilgodegjøres. Leirfaldet trengte ca. 80 m. inn over jordet, og raskanten stod 40 m. fra beboelseshuset. Det synes som om det her har glidd ut et opplødt parti av leiret, som har vært omgitt av fastere leir.

Det store ras på Siimsjordet til 150 m. fra stranden synes også å ha vært et leirfald. Utglidningen var tilendebragt på 15 til 20 minutter. Leirmassen gled ut gjennom en renneformet forsenkning i det faste fjeld.

Mens man ved Skåra ikke kan indse årsaken til at leirfaldet stanset ved den nuværende raskant uten ved å anta den avgrenset av en demning med fastere leir, er det ved Siimsfaldet øiensynlig at raset stanset hvor fast fjeld ligger i høyvannstandens nivå. I høyvannslinjen stikker her etter raset det faste fjeld mange steds frem.

Bekkenes erosjon.

Mens sjøens nivå i vinterens løp lå under den naturlige lavvannstand fikk tilløpene fornyet erosjonsbasis. De skar sig med letthet gjennom de bløte jordlag. Således fordypet Husbybekken nederst sitt leie 4 m. Noe lignende fandt sted ved bekken nær Eggkleven, hvor man forsøkte å hemme nedskjæringen ved hjelp av en provisorisk tre-

renne. Mora senket sitt leie fra utløpet i sjøen 4—500 m. opover så broen er truet.

Tilløpene vil utvilsomt vedbli å skjære sig ned i lavvannsnivået nåes. Professor J. H. L. Vogt har uttalt sig i «Trondhjems Adresseavis» for 4/12 1920 om hvilke ulemper der blir forbundet hermed. Han sammenligner Moras nedskjæring med Værdalselvens ovenfor Hærfossen med de reservasjoner at marken langs Mora er lite verdifuld, og at nedskjæringen til Mora vil bli meget mindre.

Ved reguleringstillatelser gitt før den tid katastrofen ved Laugen innfant sig synes det som om man ikke skarpt nok har hatt øie for de ulemper der vil opstå ved senkning under den naturlige lavvannstand. Der er en vesensforskjel mellem de to reguleringsmåter opdemning og senkning. Ved den første settes et mere eller mindre ferdig-erodert landskap under vand, mens en kunstig frembragt senkning av vandspeilet under lavvandsstanden blottlegger nytt land for erosjon. Begge deler, men særlig den siste, er inngrep i naturen, hvis følger er av vidtrekkende betydning, og om hvis berettigelse kun lang erfaring kan lære oss.»

Skadeserstatningen og utbedringen av skaden efter denne første gangs tapping i Laugen kostet næsten halvparten av hvad hele kraftverket hadde gjort, og dertil kom at veiene fra Børseskogn var ufarbare henved 1 år.

Næren i Ringsaker.

På foranledning av konsesjonssøknad fra Mesna Kraftselskap om øket regulering av Næren mottok Norges Geologiske Undersøkelse i 1925 fra Hovedstyret For Norges Vassdrags- og Elektrisitetsvesen oppfordring til å gi uttalelse om den eventuelle jordskade som den planlagte regulering ville medføre. I Hovedstyrets skriv av 17. des. meddeles:

«I Næren sjø i Ringsaker er der i henhold til tillatelse gitt i 1908 en reguleringshøyde av 3,0 m. Mesna Kraftselskap, som har erhvervet de nødvendige vannrettigheter, har ansøkt om konsesjon på en yderligere regulering av sjøen, gående ut på at den nuværende øverste reguleringsgrense heves 0,5 m og den laveste reguleringsgrense senkes 9 m, hvorved der altså blir en samlet reguleringshøyde på 12,5 m.

Ved behandling av dette andragende har Arbeidsdepartementet

— efter det standpunkt Stortinget har inntatt siste sommer ved behandlingen av endel vassdragsreguleringer¹ — anmodet nærværende hovedstyre om å treffe forføyninger til iverksettelse av geologiske undersøkelser av strandbreddene langs reguleringsbassenget og forøvrig i den utstrekning som eventuel regulering antas å gjøre det påkrevet. Det er departementets forutsetning at dette gjøres av Norges Geologiske Undersøkelse.»

Sjøen skal kunne opdemmes til kote 329,27 og senkes til kote 316,77.

Vannet skal ledes gjennom tunnel med inntak ved Årnesodden til et fordelingsbasseng nær Syljuåsen, hvorfra fallet til Mjøsen er ca. 200 m.

Nærværende forfatter ble pålagt å utføre de fornødne observasjoner og å forestå de nødvendige grunnundersøkelser. Da det hastet med en foreløbig uttalelse ble en sådan avgitt i jan. 1926. Den gikk ut på at jordskaden ved den foreslåtte regulering ikke kunne antas å bli av det omfang, at den vilde stille sig hindrende i veien for konsejssøknadens innvilgning.

På forfatterens henstilling lot Vassdragsvesenet om våren utføre grunnundersøkelser ved jordboring i Mysuholtas elveleie og i Kongsundet.

Sammen med Vassdragsvesenets overingeniør Kristofer Olsen reiste jeg til Næren 18. mai 1926 i det tildelte oppdrag.

Under vår befaring var der flom i sjøen som nådde opp til kote 329,80, eller 50 cm over den reguleringshøyde hvorom der søkes tiltalelse.

Kart over sjøen forelå i målestokk 1:5000 med koter av 1 m's ekvidistanse mellom høydene 331 og 317 m. o. h.

Av min utredning datert 8. juni 1926 hitsettes:

Strandens beskaffenhet.

Det er langt mellem at fast berg sees i strandkanten. Langs stranden ligger for det meste et storstenet bregrus, der er meget motstandsdyktig mot bølgeslagets erosjon. Lagdelt grus og fin sand forekommer ved Bøvrås utløp. Torvmyrer når i ikke liten utstrekning ned til sjøen og stod under mitt besøk oversvømmet av denne.

¹ Referert på side 16 vedrørende reguleringen av Osensjø.

Langs sjøens nordlige bredd ligger gårdene Hemma, Moseviken, Brenna og Nedstuen med flere bruk og plasser hvor den dyrkede mark når ned til sjøen. Ved Bøvras utløp ligger gården Arneberg, og på sydsiden gården Kongssundet. Ved utløpet ligger der også noen bebyggelse. Ellers er sjøen omkranset av skog.

Underlaget for den dyrkede mark består alle steder undtagen på Arneberg, hvor der er finsand og mjele, av bregrus eller torvjord. Bregrus og torvjord danner også underlaget for skogen. Leir finnes neppe uten kanskje som et stenførende moreneleir.

Bundens beskaffenhet.

Til det dyp hvortil vannet under mitt besøk var siktbart, 3 å 4 m, utgjøres bunden over store deler av sjøen av stenbund. I viker nordvestlig i sjøen har torvslam ikke liten utbredelse, likesom i den nederste del av Mysuholta. Her målt under grundundersøkelsen slamlagets tykkelse i elveleiet til 11 å 12 m.

Hvad bunden består av på større dyp i sjøen foreligger der ingen undersøkelse over. Det er sannsynlig at det for en stor del er finkornige avsetninger av finsand og mjele med noe organisk slam.

Oppdemningens virkning.

Noe innmark vil rammes av den nye oppdemning. Ovenfor oppdemningsgrensen vil der også gå med noe skog ved bølgeslagets eroderende virkning, så vel som ved forsumpning på myrlendt og flat mark nærmest sjøen.

Det storstenete bregrus vil av oppdemningen påvirkes på det vis, at finmaterialet mellom blokkene utvaskes, men noen nevneverdig nedbrytning av dette motstandsdyktige materiale kan ikke forutsees å ville finne sted. Med den høye flomvannstand som nu efter den gamle reguleringsstillatelse sjøen i mange år har hatt, har lavtliggende myrstrøkninger hvert år blitt satt under vann til større høyde enn den, hvortil sjøen skal varig oppdemmes efter de planlagte reguleringsvilkår. Vegetasjonen opp til sjøens flomvannkant, selv ikke trærne, er ødelagt av flomvannstanden. Friske trær stod de dage jeg oppholdt mig ved Næren med hele sitt rotsystem og flere desimeter av stammens nederste del under vann. At trærne tiltrots herfor var friske viser, at en flomvannstand så høy som den Næren hadde under mitt besøk

ikke før har hatt noen lang varighet. Våre skogtrær kan nemlig ikke utholde en sådan oversvømmelse mere enn 8, høyst 14 dage. Det er derfor mulig, at endel skog, som har overlevet de nuværende kortvarige høye flomvannstander vil kunne nåes og ødelegges av den planlagte oppdemning om sommeren.

Ved oppdemning vil bølgeslaget tære sterkt på torvjorden. Erosjonen slutter først på det sted, hvor den nye høyvannslinje skjærer myrens underlag. Lavtliggende myrstrekninger har under den gamle regulering i mange år vært satt under vann. I hvilken utstrekning sådanne myrer allerede er erodert av bølgeslaget kunde jeg ikke avgjøre, da de ved mitt besøk var oversvømmet.

Brostedet for den gamle Ringsaker fjellvei over Mysuholta vil neddemmes og regulert høyvann vil nå 2,7 km ovenfor elvens utløp i sjøen.

Senkningens virkning.

Ved Kongssundet deles Næren i to bassenger. Sundet er på normal sommervannstand bare etpar meter dypt så kun sjøens nordligste og største halvdel kommer til å utsettes for den store senkning. Den nye regulerte høyvannstand i sjøens sydøstligste halvdel vil under tapningen senkes ca. 5 m, mens den i det nordvestlige basseng nord for Kongssundet vil senkes 12,5 under reguleringshøyden.

Når vannstanden ved tunnelutløpet ligger lavere enn Kongssundets terskel vil der følgelig strømme vann fra det sydlige til det nordlige basseng. Efter lavvannstiden blir der strøm gjennom dette sund, særlig i vårflommen idet nivåforskjellen mellom de to bassenger da kan gå opp til 7 m. Ifølge Vassdragsvesenets grunnundersøkelser ligger fast grunns, antagelig berggrunnens, terskelhøyde på kote 323,70, mens tapningsgrensen ligger på 316,77. Der ble boret et profil tvers over Kongssundet med 5 m's mellomrom mellom borhullene. Efter denne grunnundersøkelse må det anees for sikkert at grunnen i Kongssundet er så god, at strømmen ikke vil skjære sig nevneverdig ned, og at forutsetningen om at det sydøstre basseng ikke vil senkes mere enn 5 å 6 m må antaes å holde stikk.

Dette har betydning for tilløpenes nedskjæring i det søndre basseng. Vannstanden vil her ikke synke mere enn et par meter under den uregulerte sommervannstand, og tilløpene vil derved bare få sin erosjonsbasis øket med den tilsvarende høyde.

For Bøvras vedkommende er dog dette nok til at det kan føre til noen nedskjæring. Utløpet går over et gammelt delta, der består av et tynt gruslag over fin sand av liten motstandskraft mot erosjon. I elveleiet nedenfor veibroen finnes der mannsdype kulper. Ovenfor broen renner Bøvra langs en bakke av storstenet bregrus, og samme slags grus hviler også gården Arnebergs huser på. Målt på kraftselskapets kart er avstanden fra sjøen til veibroen ca. 900 m. Dette er en såpass stor avstand, at selv om elven skulle skjære meget hvert år før sjøen fylles, vil det ta en god tid før den kan senke sitt leie helt opp til broen. Noen graving ovenfor broen vil Bøvra aldri få, da elvesengens materiale her er storstenet. En mindre forsterkning av elveleiet like nedenfor broen kan dog med tiden bli nødvendig av hensyn til broens fundamenter.

Den planlagte senkning av Nærens nordre basseng vil bli henimot 10 m under naturlig sommervannstand. Dette er en rett betydelig senkning, som hører til de største i vårt land, og vi må være forberedt på at hvor marebakkene er bratte kan der under de første års tapninger ventes noen settninger og utrasninger i bunnsedimentene. De bratteste marebakker ligger langs den sydlige strand i sjøens hovedbasseng. Av tilløpene, fremforalt av Mysuholta som er den vannrikeste, må vi vente oss et betraktelig erosjonsarbeide.

Ved utløpet av Mysuholta er der fast berg på begge elvens sider. Vassdragsvesenets grunnundersøkelser viser imidlertid, at elveleiet nederst går gjennom en slamfylt kløft, som ingen nevneverdig motstand vil yde mot elvens tilbakegående erosjon.

Umiddelbart nedenfor brostedet for den gamle Ringsaker fjellvei ved utløpet av Lontjern viser grunnundersøkelsen at der er en mulighet for å stanse elvens tilbakegående erosjon ved å bygge en kunstig terskel. Dette bør gjøres, da der herved vil unngåes megen jordskade rundt Lontjernet og lengere oppover Mysuholta, hvor elven ellers vil erodere sterkt.

Hølbekken går gjennom myr i hele sitt nedre løp. Utenfor dens munning stikker dog store blokker opp over vannflaten, som gir håp om at materialet her vil yte god motstand mot bekkens nedskjæring. Det er dog å forutse at der vil fremkomme graving, som vil forplante sig over reguleringsgrensen.

Foruten de tre her nevnte tilløp fins der endel mindre bekker, hvor der også må antas å fremkomme nedskjæring som vil medføre jordskade ovenfor reguleringsgrensen.

Osensjø i Hedmark.

For å lette fløtningen i vassdraget nedenfor Osensjø hadde tømmerdireksjonen oppført en fløtningsdam ved utløpet av sjøen. Ved kgl. resolusjon av 6. okt. 1917 ble det besluttet å iverksette en provisorisk statsregulering ved hjelp av denne hvorved sjøen oppdemmes en del.

29. jan. 1923 sendte Hovedstyret for Norges Vassdrags- og Elektrisitetsvesen departementet en plan for regulering av Osensjøen med oppdemning på 1,70 m over almindelig lavvannstand, som antas å ligge på kote 435,80 til HRV på kote 437,50 og ved senkning 4,50 m under lavvannstand til LRV på kote 430,90. — Oppdemningen ville derved nå 37 cm over den provisoriske av 1917.

Reguleringen skulle gjennomføres som statsregulering til gunst for Glommens og Lågens Brukseierforening i likhet med Aursundreguleringen, og ble forelagt Stortingets skog- og vassdragskomité 1925 (Innst. S nr. 120), sammen med reguleringsforslag for Bygdin og Tessevatn. Komitéen kom til det resultat, at reguleringene ikke burde tas til behandling av årets Storting, og anførte begrunnelser herfor, hvorav her skal nevnes:

«Efter vassdragsreguleringer som er foretatt før reguleringsloven av 1911 og reguleringer som er foretatt såvel efter denne lov som efter loven av 1917 har man nu høstet en rekke erfaringer. Disse erfaringer er imidlertid på ingen måte fullstendige. Under forhold som det her gjelder strekker virkningene seg over så lange tidsrum, at iakttagelser i kortere perioder ikke strekker til.

Komitéen sikter her spesielt til de rent geologiske virkninger ved vassdragsreguleringer. Det viser sig nemlig at der såvel ved oppdemning som ved utfapning av sjøer, forandret vannføring i vassdragene, bølgeslagenes erosjon langs strandkanter forårsakes utglidninger og utrasninger i et omfang man tidligere ikke har hatt oversikt over. Komitéen vil i så måte henvise til forholdene efter senkningen av Laugen i Børseskogn, Sør-Trøndelag, hvor utrasningene hadde en likefrem katastrofal karakter. Likeledes forholdene efter reguleringen av Aursunden, Strandefjordens regulering i Valdres og reguleringen av Byglandsfjord i Sætedal. Forholdene sistnevnte sted er av Bygland herredsstyre foranlediget undersøkt av Norges geologiske undersøkelse og er av den art at de påkaller det offentliges største oppmerksomhet.

Komitéen mener derfor at der forut for enhver større regulering bør foretas en geologisk undersøkelse over de mulige virkninger av de påtenkte reguleringer. Dette bør efter komitéens mening gjøres av Norges geologiske undersøkelse.»

«Komitéen forutsetter at forannevnte undersøkelser iverksettes inneværende sommer og at eventuelle lovforandringer fremsettes i proposisjons form så tidlig at disse av Odelsting og Lagting kan ferdigbehandles i begynnelsen av stortingssesjonen 1926. Umiddelbart etter vil komitéen så kunne realitetsbehandle disse spørsmål.»

I overensstemmelse med denne komitéinnstilling ble sakens drøftelse i Stortinget utsatt og Norges geologiske undersøkelse pålagt å gi uttalelse om de mulige virkninger de planlagte reguleringer av sjøene Bygdin, Tesse og Osen ville få med hensyn til jordskade, og forfatteren av dette skrift fikk i oppdrag av NGU å utføre de nødvendige undersøkelser for å gi uttalelse om reguleringenes sandsynlige skadevirkning i geologisk henseende¹.

I løpet av sommeren 1925 ble de nødvendige iakttagelser og undersøkelser utført, og utredning om resultatet dat. 16. nov. 1925 levert NGU. Av denne hitsettes for Osensjøens vedkommende:

Ved den provisoriske regulering er vegetasjonen på lavtliggende steder rundt sjøen påvirket av høyvannstanden, og strandkanten forskjøvet opp mot det nye høyvannsnivå.

Jordsmonnet langs Osens strand består hovedsagelig av bregrus, sand og torvjord. Fast berg forekommer ved Hammerneset, omkring Søndre Osen kapell, på Ifarneset og noen få andre steder, hvor berget såvidt stikker frem av grusavleiringene. Det er av ubetydelig utstrekning i forhold til de løse avleiringer.

Som følge av den foreløbige oppdemning ligger de bratte strandkanter i åpent brudd, og på flate og lavtliggende bredder er skogen av samme grunn forsumpet. Rundt hele sjøen vokser nåleskog, hvor denne ikke har måttet vike plassen for dyrket mark.

Av oppdemningen berøres ikke bare den neddemte mark. Bølgeslaget utarbeider en ny strandkant ved oppdemningsnivået så også

¹ Jordskade som følge av de provisoriske reguleringer i Bygdin og Osensjøen er beskrevet i NGU's Småskrift nr. 3: «Erfaringer om Indsjøreguleringer», Oslo 1927.

marken ovenfor oppdemningsgrensen brytes ned. Bølgene graver i breddene og finmaterialet føres ut i sjøen mens stenene blir tilbake. Sjøens areal brer seg for hver oppdemning på de omgivende bredders bekostning, og fortsetter hermed inntil den nye strandkant har stabilisert seg. Med jordens nedbrytning følger det, som vokser på den. Den dyrkede mark på gårdene omkring Osensjøen når sedvanligvis ned til vannet og viser seg rammet av oppdemningen. I det nederste belte langs sjøen ligger nu jordene i åpent brudd, som noensteder av eierne er søkt forbygget ved at de har veltet sten ut i strandkanten. Mellom Søberg og Østenheden ligger også bygdeveien så lavt at dens fundament på sine steder er undergravet.

Stranderosjonen har ikke alle steder tæret like meget av breddene. Ved Osensjøens søndre ende er jordarten finkornig og litet motstandsdyktig mot erosjonen. Særlig sterkt har bølgeslaget tæret øst for Næringas utløp, hvor en stor myr går helt ned til sjøen.

Den mest utbredte jordart langs Osensjøen er bregrus. Det finnes langs hele sjøen unntagen langs tilløpene og ved sydenden, og utgjør det almindelige underlag for skogjorden og for storparten av den dyrkede mark. Det er et grus uten lagdeling med store og små stener, som gir det god motstandskraft mot bølgeslagets erosjon. Det hviler direkte på berggrunnen. Langs sjøens sydøstlige bredd inneholder det litt mindre sten enn ellers, og det kan her veksle med partier av lagdelt sand. I stenholdig bregrus kan det regnes med at for hver meters oppdemning vil bølgeslaget sedvanligvis ete seg 2—5 m inn i det, mest hvor det inneholder rikelig med finmateriale, og minst hvor det er storstenet. Det spiller også en rolle om bredden er bratt. I en bratt bredd vil stranden ikke rykke langt inn, men til gjengjeld vil bruddet i vegetasjonsdekket bli så meget høyere.

Sand forekommer ved Slemmas og nordre Osas utløp, oppover Osdalen og mellom Lille Osen og Næringa. Elvene har ført sanden med seg. Grunnboringer ved nordre Osas utløp viser, at sandens tykkelse her er 24 m.

En del torvmyrer når ned til vannkanten. Torvjorden tæres lett av bølgeslaget når vannstanden heves. Den males da istykker og føres ut i sjøen. Ved den provisoriske høyvannslinje ligger torvjorden i 30—40 cm høye brudd. — Myrene pleier å være bevokset med glissen furuskog, undertiden med løvskog.

Bunnens form ned til tapningsgrensen fremgår av bunnkoter på reguleringskartet i målestokk 1:5000. Når sjøen senkes til kote 430,90

vil stranden tørrlegges omkring Næringas utløp i et 300 m bredt belte. I Valmen blottes bunnen på et par steder hvorav en strekning oppover fra den gamle dam på 800 m's lengde er størst. Nordover Valmen er et langgrunt parti mellom Breiviken og Gørviken.

Sjøens nordligste del hvor Slemma faller ut er så grunn, at den med unntagelse av en kulp utenfor søndre Osvolden vil legges tørr under tapningen til en avstand av 1200 m fra Slemmas utløp. Utenfor Osneset vil bunnen mellom Krigsholmen og Osa bli tørrlagt i en bredde av inntil 400 m. Foran Osas munning ligger en sandør, hvor dybden under almindelig sommervannstand ikke overstiger 1 m. Den strekker seg omtrent 300 m ut i sjøen. Over øren fører et gammelt vadested. Øren faller av i en bratt marebakke.

Ned til reguleringsdypet er der for det meste stenbunn unntagen sydligst, hvor bunnen fortrinsvis består av fin sand, og i den nordlige del, hvor der foran Osas og Slemmas utløp er henholdsvis sandbunn og slamblandet jyssbunn. Bunnprøver fra bunnen utenfor Slemma viser at det mørke bunn sediment er ca. 4 m tykt, og at sanden i det er meget finkornig og massen løs.

Reguleringsens geologiske virkninger.

Ved den tidligere oppdemning er henvend tre fjerdedeler av den grunn, som vil bli neddemt allerede tatt i besittelse. De flateste strekninger ligger omkring elveutløpene, og langs disse vil nye arealer settes under vann og forsumpes ved de resterende 37 cm's økning i oppdemningen.

Nordre Osa og Næringa som nærmest sjøen har litet fall vil som følge av oppdemningen oppstaves og lett kunne ta nye løp. Den hittil foretatte oppdemning har fremkalt adskillige brudd i disse to elvers bredder. På flate strekninger som støter til den nye høyvannslinje vil vegetasjonsdekket forandre seg og tilpasse seg til den nye, økete markfuktighet i veksttiden. Langs Osa, Næringa og flere steder vil grunnvannets stagnasjon føre til skogens forsumpning på steder med dårlig avløp.

Under høy vannstand i sjøen har Slemma et overløp på Strands innmark som skyller veidekket med seg. Foran er nevnt, at veien også i Søndre Osen noen steder undermineres. Disse skader på veiene vil øke med den større oppdemning.

Resultatet av stranderosjonen vil bli, at der uteroderes en ny

strand som ligger så meget høyere enn den naturlige som regulert høyvann kommer over den gamle middelvannstand. Hvor lang tid dette vil ta avhenger av hvor lenge sjøen hvert år blir stående ved høyvannsnivået.

Ved *senkning* av sjøen vil vannforsyningen til de gårder som ligger langs sjøen kunne besværliggjøres. Vannet i brønnene stiger og faller med sjøens vannstand, og ved senkningen vil grunnvannet nær sjøen synke så meget at de almindelig brukte brønner ikke vil gi vann.

Elvene vil skjære seg ned ved at de får større fall ved utløpet. — I Slemma er elvesengen småstenet helt ned til broen, men nedenfor vei-broen består elvebunnen av sand med liten motstand mot erosjonen og elven vil grave seg ned i det finkornige, løse sediment. Om den da vil følge sitt nåværende, buktete leie, eller om den vil skjære seg ned et mere rettlinjert langs flømløpet, blir like ille for brostedet. Det vestre brokar står, så vidt en kan se, på storstenet bregrus, det østre derimot på noe finere elvegrus med sandlag. — Her må enten foretas forbygninger som begrenser elvens erosjon til stykket nedenfor broen, eller broen og veien må ombygges, kanskje omlegges.

Nordre Osa går i en dal som for en stor del er fylt av fin sand. Langs dalsidene ligger storstenet bregrus mens selve dalbunnen er oppfylt av sand i horisontale lag hvorigjennom der stikker opp enkelte runde hauger av det bregrus sandlagene hviler på, og noen langstrakte hauger av rullestensgrus. Der er opptatt et geologisk kart i målestokk 1:5000 for å bringe de forskjellige jordarters utbredelse på det rene. På dette er angitt utbredelsen av elvesand, breelvgrus, bregrus og torvjord. Dessuten er inntegnet rullestensåser, evjer og forlatte elveløp. — I sin nedre del er Osdalen så flat og elvens fall så litet at den foreløbige oppdemning merkes helt til gården Ulvevadet, 4,5 km fra sjøen. I elvesengen ligger sand helt fra sjøen til henimot Ulvevadet, og elven er ikke vadbar før her oppe. Langs bredden fins rullet grus langs rullestensåsene, men der ble ved den foretatte geologiske kartlegging ikke funnet noen terskel som vil yte erosjonen nevneverdig motstand. Først ovenfor Ulvevadet går elven over bregrus, hvor elvesengen er naturlig stensatt og sterk.

Hvis Nordre Osa etter sjøens senkning overlates til seg selv vil elven allerede efter få års forløp ha gjennomgått store forandringer. Den vil både ha skåret seg ned og utvidet sitt leie. Det er ikke usannsynlig at nedskjæring allerede efter første senkning vil ha nået til vei-broen. — Et naturlig brosted som vil stå sikkert mot den forutsette

skjæring fins ikke nedenfor Skytterstuen, et par hundre meter ovenfor Ullevadet. I samarbeide med Vassdragsvesenets overingeniør Olsen lot forfatteren utføre grunnboringer langs 5 profiler tvers over dalen for å bringe sandlagenes tykkelse på det rene. Resultatet av grunnundersøkelsen var, at grunnen tiltar i soliditet mot dypet, men den grunn, som er såvidt fast, at den vil yte nevneverdig motstand mot elvens nedskjæring ligger så dypt, at den kommer under tapningsgrensen. I dalens nederste del er der sand uten vesentlig stentilblanding til over 20 m's dyp. Det tykkeste sandlag som ble funnet (24 m) ligger ved broen nær det østre brokar.

For å sikre veibroen kreves omfattende regulerings- og forsterkningsarbeider av elveleiet nedenfor, muligvis i forbindelse med forsterkning av broen. Hvis elvens graving kan innskrenkes til stykket nedenfor broen vil megen jordskade unngåes.

Tverrena går over storstenet bregrus. Like ovenfor utløpet har elven nylig skiftet løp, hvorom en lang evje vitner. Som følge av den midlertidige oppdemning har elven flere steder gravet i breddene mellom utløpet og veibroen. Fra en bratt bakke på venstre bredd er et stort jordflak med påsittende trær glidd ut. Også denne elv vil grave seg ned når sjøflaten senkes. Dens storstenete elveseng må imidlertid ansees å ha en stor motstandsevne, så gravingen vil forløpe langsomt. Det vil derfor ikke haste med å utføre de forbygninger som kan være ønskelige før der innvinnes erfaring for hvordan elven vil grave.

Ved *Lekningas* utløp er opplagt en liten ør av grus og sand. Elveleiet tyder på at elven fører meget vann i flom. Det er sandsynlig, at graving kan nå helt opp til brostedet, som ligger vel 300 m fra sjøen, og beskadige veibroen.

Ved *utløpet fra Lille Osen* består grunnen av finsand med liten motstandskraft mot det rinnende vanns erosjon. Bekken fra Lille Osen vil på kort tid skjære seg ned et dypt og vidt far om den overlates til seg selv så vannstanden i Lille Osen vil komme til å variere omtrent innen de samme nivåer som vannstanden i Osensjøen.

Næringa har ved utløpet litet fall og renner i mange bugtninger frem over en sandslette. Langs elven ligger store myrer. Elven vil skjære seg ned og føre med seg slam som øres opp ved utløpet om den ikke forbygges. Avstanden fra den nuværende strand til lavvannskoten etter reguleringen vil bli ca. 350 m, og omtrent like langt er det fra elvemunningen til veibroen. Den ventete nedskjæring vil medføre fare for broens østre fundament.

Harrbekken munner mellom Harrviken og Sveen. På nordsiden av bekken ligger et nybygg. Det er meningen at det gamle slåtteland som strekker seg helt ned til sjøen skal dyrkes. Ved bekkens utløp er opplagt en ør av sand og fin grus omtrent som den ved Lekninga. Endel av denne ør med slåttelandet vil rase ned i bekken når denne begynner å grave.

Denne redegjørelse av 16/11 1925 ble av departementet forelagt Hovedstyret for Norges Vassdrags- og Elektrisitetsvesen, som under 10. febr. 1926 avga uttalelse om å anbefale konsesjon av reguleringsplanen av 1923 med tilføyelse om påkrevete sikringsarbeider ved elveutløpene, idet utredningen av de geologiske forhold, sett i forbindelse med de ved Aursundreguleringen innvundne erfaringer, hadde ført til ny gjennomgåelse av dette spørsmål. Glommens og Lågens Brukseierforening hadde, efter å være blitt gjort bekjent med redegjørelsen fra Norges geologiske undersøkelse og Hovedstyrets krav til sikringsarbeider uttalt, at den intet særlig hadde å bemerke til de foreslåtte betingelser.

Konsesjon til regulering av Osensjøen ble gitt 5/7 1928.

Før reguleringens gjennomføring ble ved Nordre Osas utløp bygget en terskel av betong for å oppta fallet nedenfor veibroen, likesom der ble utført mudringsarbeide for å rette ut løpet i strandsonen. — Slemmas utløp nedenfor veibroen ble forbygget med stenkister mellom hvilke ble lagt styrtgulv av tømmer. Nedenfor kanaliseringen ble elveløpet rettet ut. Veibanen ble hevet.

Utløpet fra Lille Osen ble kanalisert til gunst for fløtningen, og der ble foretatt noen forbedring av veibroen.

Ved de andre tilløp ble ingen tiltak iverksatt.

Tessevatn i Lom.

I Stortingsproposisjon nr. 106 for 1923 om Østlandets kraftforsyning var opptatt forslag om statsregulering av Tessevatn til bruk for Glommens og Lågens Brukseierforening med 11,6 m's senkning mellom kotehøydene 853,1 og 841,5. Konsesjon hertil ble gitt 1. mai 1925. Senere er reguleringstillatelse gitt også til oppdemning på 0,8 m.

Norges geologiske undersøkelse fikk i oppdrag å gi en utredning om den jordskade reguleringen ville medføre, og arbeidet hermed ble pålagt forfatteren. Av utredningen dat. 16. nov. 1925 hitsettes:

Tessevatnet er 12,5 km² stort, og dets nedbørområde 225 km². Der foreligger ikke avløpsmålinger. Tilløpet er anslått til 18 sekundliter pr. kvadratkilometer av nedbørområdet. Med den foreslåtte tapningshøyde på 11,6 m blir reguleringsmagasinet på 120 mill. kubikkmeter. Reguleringsmagasinet kan således altså praktisk talt rumme et helt års tilløp. Engang uttappet vil det kreve et helt års tilløp for å fylles igjen, eller hvis det skal funksjonere også det neste år efter en full tømning blir magasinet ikke fyllt. Hertil kommer, at tilløpet til et vann som Tesse varierer sterkt fra det ene år til det annet. De største tilløp er Smådøla og Ilva. Begge disse elver kommer fra det høye fjellparti vest for vatnet omkring Kvitingskjølen. I normale somre er der her snefonner i fjellene selv sist på sommeren, men i en varm sommer som i år (1925) er de gamle snefonner for en stor del smeltet. På sneleienes plass var der allerede så tidlig som i midten av august kommet frem utstrakte, fullstendig vegetasjonsløse urer. Disse vil sikkert i de nærmeste år fremover atter dekkes av flerårig sne, hvis vannverdi i flere år kan gå tapt for Tesse. Selv om reguleringsmagasinet forut for en kald sommer ikke har vært helt nedtappet vil det kunne hende, at det ikke helt fylles.

Den almindeligste jordart langs stranden er storstenet bregrus, men hvor tilløpene munner er der lagdelt sand og grus. Nær elveosene skylles sand opp av bølgeslaget til strandvoller. Både Smådøla og Ilva har store flommer som transporterer meget sand og grus.

Ilva har oppbygget en stor slette mellom Nordseter og Burtneseter hvorover elven går i flere løp. Det materiale den fører med seg sorteres under transporten således at det groveste legges igjen øverst i gruskjeglen, og nedover mot vatnet blir materialet finere og finere. Ved utløpet av Ilvas forgreninger og mellom dem er gruskjeglen aldeles flat og består av sand. Selv i elvesengene er der nær utløpet bare sand og fin grus, og sand ligger i stranden henimot Tesses utløp. Det sterke bølgeslag i forening med strøm, som også vinden frembringer, gjør at den medrevne sand utenfor Ilvas og Smådølas utløp skylles opp i strandkanten, ofte i lang avstand fra elveosene. Bølgeslaget i Tesse er kraftig på grunn av den stri vind.

Strandsanden mellom Ilva og Tesseoset er neppe tykk. Ute i vatnet sees sten stikke opp av sanden så der synes bare å være et tynt opp-



Fig. 2. Ilvas ør ved utløpet av Tessevatn.

Sands at the mouth of Ilva, Tessevatn.

G.H. fot. Aug. 14, 1928.

skyllet sanddekke over det stenførende bregrus. Også ved Smådølas utløp stikker noen steder stener opp av sanddekket.

Tessevatnets bunn er i det store og hele jevn og vanddybden mellom 30 og 40 m. Reguleringskartet viser ingen bratte marebakker. Koten for reguleringsgrensen nedad ligger 100 til 200 m fra strandkanten. Over store strekninger er bunnen fra 5—6 m's dyp dekket av kalkalger, der gir betingelser for det rike dyreliv av snegler og krepsdyr, hvorav vatnets gode fiskebestand for en vesentlig del nærer seg.

Utenfor Ilvas utløp består sjøbunnen av sand med kornstørrelse 0,2—0,4 mm til 2 m's dypet. En bunnprøve fra 6 m's dyp viste kornstørrelse 0,02—0,04 mm og prøver fra 10 og 12 m's dyp viste omtrent samme slags sand.

Breddene består som foran nevnt mest av morenemateriale, og vil være stabile ved senkning av vatnet. Kun utenfor utløpene kan statiske forstyrrelser på grunn av gravning gjøre seg gjeldende.

Reguleringens geologiske følger.

Den biologiske virkning av denne store regulering vil omfatte så vel vekstlivet i sjøen som det lavere dyreliv. Ved en fullstendig tapning vil halvparten av sjøens vannmasse renne ut. Det vann, som skal fylle magasinet består for en stor del av smeltet sne, og har et annet innhold av oppløste luftarter og mineralske bestanddeler enn det, som før hadde stått lenge i sjøen. Videre vil oppslemning av bunnslammet ved bølgeslag og tilløpenes erosjon finne sted. Reguleringen vil således forverre fiskens kår i vatnet.

Enkelte år vil det hende, at vatnet ikke fylles om sommeren. Så tørt som klimaet er i denne egn vil den stri vind ha lett for å fremkalle sandflukt. Fra den tørrlagte bunn vil finsand hvirvles opp i luften og føres langveis hen. Den vil imidlertid ikke gjøre nevneverdig skade. Verre blir den grovere sand med korndiameter som dynesand, 0,2—0,6 mm. Den vil legge seg i le bak stener og stubber nær stranden og kan dekke betydelige arealer, hvor beitet blir nedsatt.

En annen ulempe for trakten vil fremkalles av elvenedskjæringene. Såvel Smådøla som Ilva vil med det fornyete fall de får under tapningen grave seg ned gjennom sine gruskjegler i dype far. Dette vil bli sjenerende både for havnegangen og setertrafikken. Elvene er nu ikke større i sitt nedre løp enn at kreaturene i almindelighet går over dem hvor de vil. Når elvene får større fall blir det sandsynligvis slutt hermed. Over Smådøla er der en bro, men over Ilva fins ingen. Om sommeren er der også en ikke ubetydelig setertrafikk efter veien på vatnets vestsida fra Lom til Burtnessetrene og Nåversetrene. For å tilfredsstille denne og skaffe havnefeet fra Nåversetrene adgang til beitet på sydsida av Smådøla vil det bli nødvendig å bygge ny bro over elven. Elvearmene må da både for Ilvas og Smådølas vedkommende først samles i ett løp. For å unngå nedskjæring i Ilvasletten av Erløkkbekken vil det være heldig å lede denne over til Ilvas løp.

Reguleringen av Tessevatn ble iverksatt 1943—1944, og stor graving fant sted allerede efter første senkning så vel i Smådøla som i Ilva. Langs Ilva ble kart over gravingen opptatt 1960. Erosjonen hadde da strukket seg mere enn 600 m oppover langs elvegrenene, og langs stranden hadde gravingen fra nov. 1946 til nov. 1960 tæret mere enn 100 m av landet mellom Ilva og Erløken. På 14 år utgjorde det utrase areal langs Ilva og dens forgreninger 64 dekar.

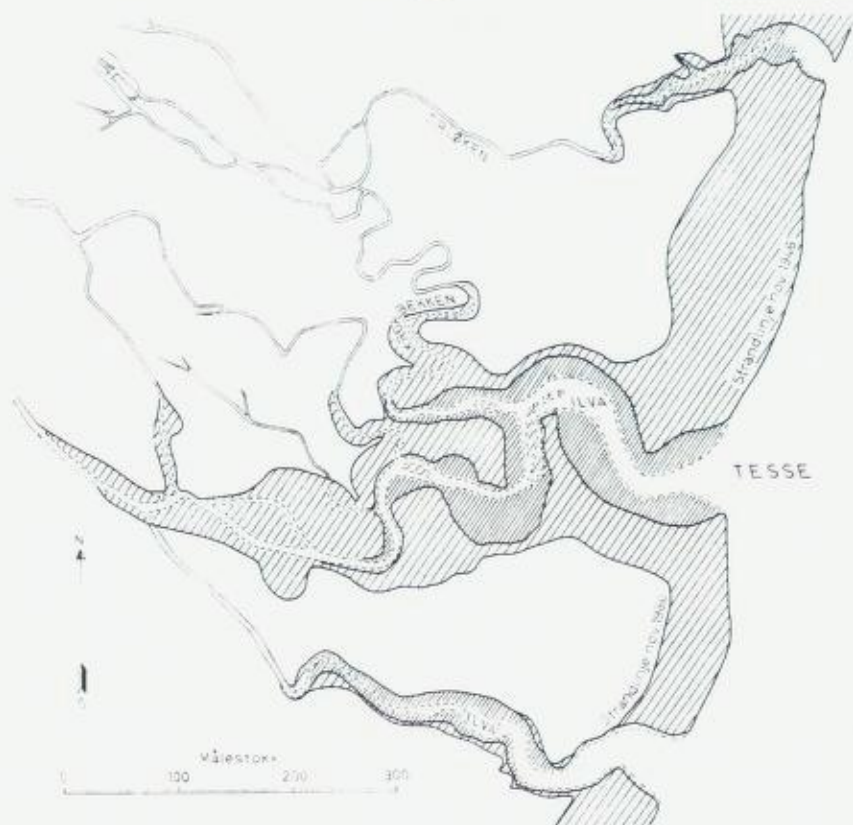


Fig. 3. Utrast område langs elva Ilva fra nov. 1946 til nov. 1960.

Erosion along Ilva Nov. 1946—Nov. 1960.

Eidefoss Kraftverk har senere fått konsesjon på å overføre Øvre Veo til Smådøla og derved til Tessevatn. Fra sammenløpet av Nautgardselv og Veo vil inntil 20 sm³ av elvens vannføring føres gjennom en 3500 m lang tunnel til Svartgrovi. Herfra ledes vannet dels i naturlig og dels i opparbeidet far til Nedre Smådalsvatn.

Når denne overføring blir virkeliggjort vil Tessevatnet kunne fylles hvert år.

Bergsdalsvassdraget, Bergenshalvøya.

I skriv av 17. juni 1927 fra Norges Vassdrags- og Elektrisitetsvesen ble Norges geologiske undersøkelse oppfordret til å foreta undersøkelser av den i Bergsdalsvassdraget planlagte regulerings virkning på de geologiske forhold i vassdraget. Under henvisning til lignende tidligere utført arbeide ble jeg av NGU pålagt å utrede i hvilken utstrekning den foreslåtte regulering ville medføre jordskade.

Reguleringsens omfang fremgikk av Bergenshalvøens kommunale kraftselskaps konsesjonsandragende av 20. okt. 1925, som gikk ut på å bygge et inntaksbasseng ved

Storefossen med oppdemming inntil 16 m,

senkning av Bergsvatn inntil 35 m,

oppdemming av Småbrekke- og Vetlevatn inntil 6 m over høyvann, og senkning av Hamlagrøvatn inntil 17,5 m.

Hertil kom ansøking om regulering av Torfinnsvatn med 6 m's oppdemming og 30 m's senkning, samt overføring av Torfinno til Hamlagrøvatn.

I juli måned foretok forfatteren de nødvendige observasjoner og befaringer av hele vassdraget. Av innberetningen herom til Vassdragsvesenets Hovedstyre dat. aug. 1927 hitsettes nedenstående.

Med hensyn til den jordskade den påtenkte regulering vil fremkalle er det reguleringsbassengene, som har krav på en nærmere omtale i geologisk henseende, idet eventuelle forandringer i elveleiet mellom reguleringsmagasinene ansees for å bli uvesentlige.

Helt utenfor rammen av den geologiske orientering over reguleringsens følger, som denne innberetning søker å gi, ligger de biologiske forandringer reguleringsen vil ha til følge, og de vanskeligheter for ferdselen den vil fremkalle.

Inntaksdam ved Storefossen.

I konsesjonsandragendet opplyses om, at det nødvendige grunnareal for den høyeste oppdemming, 16 m, allerede er erhvervet av Kraftselskapet, og at veien fra Dale til Hamlagrøvatn, der av oppdemningen vil bli satt under vann, er omlagt av fylkets veivesen.

I dalbunnen hvor inntaksbassenget kommer til å ligge består grunnen av grov elvegrus eller bregrus, langs dalsiderne bregrus, ur



Fig. 4. Dammen ved Storefossen under bygning.

Dam at Storefossen during construction.

G.H. fot. July 1927.

og til dels fast berg. Berget er skifrig, og skifrihetsretningen faller svagt mot øst, mot dalens heldningsretning.

Det løse dekke består av motstandsdygtige jordarter.

Bergsvatn.

Vatnet tenkes regulert ved en tunnel under utløpet, hvorved det skal kunne senkes 35 m. Det er med denne senkning for øye dets omgivelser er rekognosert.

Til min rådighet har Dale Kraftanlegg stillet kopi av et kart i målestokk 1:2000 med 1 m's koter så vel over som under vannflaten. Kotene og terrengtegningen ved hjelp av dem går til 6 m's høyde over vatnet og til 35 m's dyp.

Vatnets høyde er ifølge rektangelkartet 509 m. o. h.

Det er sandsynlig, at en senkning av vatnet på 35 m vil ha utrasninger av bunnen tilfølge. Efter bunnkartet å dømme ser det ut til å

være en steil marebakke fra elven Fetagroves undersjøiske gruskjegle i retning mot oset. Hvis denne ikke støtter seg til fast berg vil her meget betydelige settninger finne sted før bunnen stabiliserer seg. Det bratte avhald ligger imidlertid så langt fra land, at eventuelle utrasninger ikke vil forplante seg ovenfor den nuværende strand.

Et annet sted hvor bunnen faller så steilt av, at der er fare for at den vil rase ut, er nedenfor veien mellom elvene Gjeitabotnsgrove og Bergsdalselven. Sjøbunnen består her av nedraset ur. Det er ofte tilfelle, at ur stiller seg med større heldning under vann enn over, og hvis det har funnet sted også her, vil den undersjøiske ur rase ut når den tørrlegges. Herunder vil den kunne trekke etter seg noe av uren, som nu ligger over vatnet likesom veien, der er bygget gjennom uren.

Tilløpene nedskjæring efter senkning.

I Bergsvatnet kommer der ned flere mindre elver, som har lagt opp ganske store gruskjegler i vatnet. Gjennom disse avleiringer vil tilløpene skjære seg ned når vannstanden senkes.

1. Bergedalselven med Kaldåen.

Utløpet går over grovt grus med store stenblokker. Fast berg står nær utløpet ved venstre bredd, men langs høyre bredd fins ikke berg i dagen før ved veien. Avstanden mellom bergknattene på begge elvens sider er ca. 150 m. Det er sandsynlig at berggrunnen ligger på adskillige meters dyp under elvesengen, og at her vil fremkomme en kraftig nedskjæring når vatnet senkes. Skjæringen vil også forplante seg oppover Kaldåen.

2. Gjeitabotnsgrove.

Denne elv sies å ha liten vannføring uten nettopp i flomtiden. Dens gruskjegle består av meget grovt og motstandsdyktig materiale. Der er imidlertid brådypt ved utløpet, så det er bedst å være forberedt på at elven med det fornyete fall den får under vatnets senkning begynner å rulle sten.

3. Fetagrove.

Avleiringene i gruskjeglen er finkornige, fin grus og sand, tildels med torvjord over. Der er også her brådypt utenfor gruskjeglen, og derfor utsikt til rask og dyp nedskjæring av elven under senkningen.

4. Skarvegrove.

Gruskjeglen hvorover elven faller ut i vatnet er motstandsdyktig mot erosjon. Det er mulig at elven før har hatt et sydligere løp, hvor der nu ligger finkornige sedimenter og torvjord, som lett vil kunne gjenomgraves. Det gjelder derfor å hindre at den tar løp her, hvor den på kort tid vil kunne skjære seg ned.

5. Dalelven.

kommer fra Ammundalvatn. Dens gruskjegle består av grovt, blokkrikt grus.

Ingen av de her nevnte tilløp går over bergterskel ved utløpet. Med den planlagte store senkning vil derfor deres nedskjæringer kunne bli rett besværlige, særlig gjelder dette hovedelven og Fetagrove. Nær den sistnevnte elv ligger der oppstikkende berggrunn til venstre for utløpet. Det må undersøkes om denne berghammer strekker seg så langt henimot elven at denne kan ledes over berget.

Småbrekkevatn og Vetlevatn.

Ifølge konsesjonsandragendet skal disse vatn, som er forbunnet med hinannen gjennom en kort strøm, reguleres sammen, forslagsvis ved en 14,5 m høy dam tversover utløpet av Vetlevatn. Der foreligger kart over vatnene i målestokk 1:2000 med 1m's koter til 13 m's høyde over Småbrekkevatn, som angis å ligge 529,25 m. o. h. Bunnens topografi er ikke fremstillet på kartet idet den antas å være av underordnet interesse for forutsigelse av den jordskade som vil bli en følge av senkningen.

Den jordart, som har den største utbredelse er bregrus. Det dekker i alminnelighet berggrunnen til 1 à 2 m's dybde, men er også noen steder avleiret i betydelig større tykkelse. Det inneholder meget av store blokker, og vil, hvor det ligger i måtelig sterk heldning vise seg motstandsdyktig mot den stigende og synkende vannflates erosjon efter reguleringen. Enkelte steder, således på gården Småbrekkenes innmark, ligger det i så bratt heldning, at der som følge av bølgeslagets utvasking av bregrusets finbestanddele vil fremkomme brudd, der sandsynligvis kommer til å strekke seg betydelig opp over oppdemningsgrensen.

Ur og elvegrus vil påvirkes litet av oppdemningen. Av torvjord

vil det meste vaskes ut. Den er en litet motstandsdyktig jordart, som forholdsvis fort tæres av bølgeslaget og føres ut i vassdraget.

Oppdemningssonens høyde er efter våre forhold stor. Fra Schweiz høres der klage over, at store oppdemningshøyder følges av stank om sommeren. Hvis en sådan ulempe her skulle innfinne seg, må det vel la seg gjøre å holde dette relativt lille magasin fullt om sommeren.

Jordskade utenom de antydede utvaskninger av bregrusets finbestanddeler og av torvjorden, vil de rundt vatnene opptredende jordarter ikke gi anledning til ved den planlagte oppdemning.

Hamlagrøen.

Dette vatn ligger ca. 590 m. o. h. I konsesjonsandragendet opplyses, at dets areal er 10 km² og dets nedslagsdistrikt 67 km². Dets regulering skal skje ved en oppdemning på 6 m over høyvannspeilet ved hjelp av en dam over utløpet, og en senkning på 17,5 m ved en vel 1000 m lang tunnel til Bergsdalselven.

Kraftselskapet søker også om tillatelse til å overføre Torfinno ovenfor Torfintjern til Bergselvassdraget. Med denne overføring vil formodentlig Hamlagrøen kunne fylles hver sommer.

Til min disposisjon under den geologiske befaring av vatnet var stillet et kart i målestokk 1:2000 med koter for hver meter til ca. 20 m's høyde over oppdemningsgrensen og til ca. 70 m's dyp i vatnet. I marken var oppsatt pluggen i oppdemningsgrensens høyde, 6 m over høyvannsnivået.

Hamlagrøens bunn er meget ujevn. Det største dyp som er funnet ligger mellom Bjørndalen og Øiasetsetrene, hvor stipendiat Huitfeldt-Kaas har loddet til 85 m's dyp. Den ujevne bunn kommer av at berggrunnen stiger opp i undersjøiske rygger. Bergarten langs vatnet er ikke den samme i den østlige og vestlige del. Fra Grønnestadseteren til noe østenfor nordre Hamlagrøseteren sees en lett smuldrende skifer, hvis lag fortsetter på vatnets sydside mellom Liseteren og søndre Hamlagrøseteren. Denne bergart gir en frodig vegetasjon. Gruset over berggrunnen er forholdsvis fint og fører ikke meget av store blokker. Det vil derfor ha liten motstandskraft mot bølgeslagerosjon. Det har i almindelighet ikke mere enn et par meters tykkelse. I den østlige del av vatnet utgjøres bergunderlaget av skifrig gneis. Fra denne bergart stammer mange store blokker i bregruset.



Fig. 5. Ur ved Bjørndalen.

Rock-falls at Bjørndalen.

G.H. fot. July 1927.

Berget stikker hyppig frem rundt vatnet, og lange, sammenhengende partier av stranden består av fast berg.

Blandt de løse avleiringer skal særskilt fremheves *ur*, som på flere steder når ned under vatnet, således ved Ambjørge og øst for nordre Hamlagrøseter. Den største ur ligger imidlertid mellom Flodvikane og Bjørndalen. — Bregrus med store blokker fra bergunderlaget er almindelig utbredt i vatnets østlige del. — Her og der ligger noen mindre torvmyrer, og ved bekkeosene er der gruskjegler med rullet grus.

Senkningens geologiske virkning.

En så betydelig senkning som 17,5 m vil føre til endel utrasninger av sjøbunnen når den tørregges. Der er fare for at urenes fot vil gli ut, og at glidningen vil rive med seg noe av den ur, som ligger på land.

Bortsett fra urene vil ingen utrasning av bunnen forplante seg ovenfor pluggrekken.



Fig. 6. Bebyggelse i strandkanten av Hamlagrøen ved søndre Hamlagrøseter.

Habitation on the shore of Hamlagrøen at søndre Hamlagrøseter.

G.H. fot. July 1927.

Som følge av senkningen vil tilløpene skjære seg ned gjennom sine gruskjegler. De fleste bekker går imidlertid over fast berg i liten høyde over sjøen så erosjonen stanser ved oppdemningsgrensen. De eneste tilløp hvor jeg ikke har funnet fast berg i bekkeleiet nedenfor eller ved pluggrekken er Møyåen og Svenddalsbekken, samt den bekk som kommer ned i Rasbårna, i hvis leie Torfinnelven er tenkt ledet.

Møyåen har lagt opp en gruskjegle, hvorover den har flere løp. I hovedløpet består elvesengen av store blokker. Hvis graving skulle vise seg her, hvilket er sandsynlig, kan det bli nødvendig å legge elven i ett og samme løp, og av hensyn til passasjen å legge klopp over dette.

Oppdemningen

vil først bevirke, at all vegetasjon mellom høvannslinjen og pluggrekken vil drepes. Bølgeslaget vil litt etter litt spyle vekk humusjorden og finmaterialet, så hvor ikke bergunderlaget blottes, vil der fremkom-

me en stenstrand. Noen graving med brudd i torvjorden og bregruset er å forutse.

Såvel senkningen som oppdemningen vil bevirke at vannet i Hamlagrøen blir grumset de første somre.

Hamlagrøen er et naturskjønt vatn, omkranset som det er av birkeki med høyfjell i bakgrunnen, hvor sneflekker holder seg langt ut over sommeren. Der fins for tiden et par mindre seterhoteller og flere hytter ved vatnet. Der er adskillig ferdsel av feriegjester og turister.

Sammenfatning.

Jordartene omkring de påtenkte reguleringsmagasiner er solide og stabile. En unntagelse herfra danner torvjorden, men dens mektighet overstiger kun få steder et par meter.

Utløpet av alle tre reguleringsmagasiner går over fast berg.

Jeg har ofret urene ved Bergsvatn og ved Bjørndalen i Hamlagrøen megen oppmerksomhet. Det har dog ikke lykkedes meg å komme til noen sikker oppfatning av hvordan urene vil forholde seg ved så store senkninger, som de der her er tale om. Erfaring herom fra vårt land er ennu for liten. Der berettes fra fjellsjøer i Italia og Schweiz at urene ofte raser når sjøene reguleres ved senkning.

Til trots for de solide jordarter vil elvene skjære seg betydelig ned ved sine utløp i de vatn, som skal senkes. Med unntagelse av de tre omtalte elver i Hamlagrøen går de andre tilløp til dette vatn over fast berg i så liten høyde at de eventuelle skjæringer vil komme under oppdemningsgrensen. Så gunstig er ikke utsiktene ved Bergsvatnet. Her er store nedskjæringer å forutse, særlig ved Bergdalselven og Fetagrove hvorfor der her kan komme på tale å utføre reguleringsarbeider, som tilsikter å hindre elvenes erosjonsarbeide når magasinet uttappes.

Overføringen av Torfinnvatn til Hamlagrøen.

Min oppfatning av påregnelig jordskade bygger på den forutsetning, som Dale kraftanleggs overingeniør Monsen mundtlig har meddelt meg, at Torfinnvatn skal demmes opp 6 m og senkes 30 m.

Til bruk under den geologiske befaring ble til min rådighet stillet et kart over Torfinnvatn i målestokk 1:5000 med koter av 5 m's ekvidistanse.



Fig. 7. Ur ved Bergsvatnet.

Rock-falls at Bergsvatnet.

G.H. fot. July 1927.

Torfinnvatn er et klippebasseng, hvis nordøstre bredd begrenses av Gråsidens granittmassiv, og sydvestre side av gneisbergarter, i øst av kvartsitt. Utløpet går over fast berg.

Vatnet synes å ha et eldre utløp etter den dal, hvor nu bekken ved Kvåldalssetrene kommer ned. Dette utløp avdømmes av en smal og lav grusvoll med store blokker. En oppdemning på ca. 1 m over vannstanden som den var under mitt besøk, vilde kanskje være nok til at vannet begynte å renne også denne vei.

Vatnet ligger over tregrensen, efter konsesjonssøkerens kart er dets høyde 887,5 m. o. h. Den betydelige høyde over havet og de næringsfattige bergarter omkring vatnet samt den hyppig fremstikkende berggrunn gjør at vegetasjonen er karrig. Der er på rektangelkartet avlagt to setre ved vatnet, Grønåsen og Svartegilet. Begge disse er nedlagt, og vatnet er nu lite trafikert.

Under min befaring sist i juli fandtes ennu isflak drivende på vatnet, og på dets sydvestre side lå mange snefonner helt ned til vannkanten.

Det løse dekke over berggrunnen er først og fremst et tynt lag av bregrus med store blokker. Blottet berggrunn sees hyppig særlig langs vatnets sydvestre side, og jeg vil anslå berggrunnens areal større enn de løse avleiringers.

Senkningens virkning i geologisk henseende.

Bunnen faller brattest av mot dypet i bukten øst for Kvålsdalen og i viken ved Svartegilet. På begge steder sees adskillig fast berg i strandkanten, så utrasninger av bunnen neppe vil forplante seg over oppdemningsgrensen.

De fleste tilløp går over fast berg. Den vannrike elv ved Svartegilet vil dog kunne skjære sig ned i sin ør.

Oppdemningen

vil kanskje på sine steder fremkalle brudd i bregruset mellom berg-hamrene.

Den påtenkte regulering av Torfinnvatn vil være forbunnet med små ulemper i geologisk henseende.

Overføringen.

Senkningen av Torfinnvatn skal foregå gjennom en tunnel til Torfinnstjern, der efter konsesjonssøkerens kart ligger i birkelien på en høyde av 690 m. o. h. Herfra skal en tunnel føre vannet over til et litet bekkefar til Svartetjern. Lien mot Svartetjern har et ganske tykt dekke av bregrus over berggrunnen, og det ubetydelige bekkefar, hvori Torfinnelven skal ledes er på langt nær stort nok til å oppta denne elv. Da bekkefaret nær Svartetjern svinger nordover mot Torfinnselven er der planlagt en skjæring som skal føre vannet ned i Svartetjern.

Terrenget fra tunnelmunningen til skjæringen kan ikke før et skikkelig elveleie er etablert oppta Torfinnselven uten fare for grusoppstuvninger og vildbekker nedover lien. Et omsorgsfullt arrangement med en forsiktig påsetning av vannet fra Torfinnstjern under stadig tilsyn med det far som danner sig, vil her bli påkrevet.

Fra Svartetjern til Rasbårna er det meningen at Torfinnselven skal følge bekeleiet. Dette er kroket og ikke stort nok for Torfinnselven. Det vil derfor bli nødvendig å foreta noen reguleringsarbeider av bekeleiet med demninger og gravninger før vannet føres over i Hamlagrøen.

Der er også et eldre utløp av Svartetjern, som går mere rettlinjet. Dette er overgrodd av torvjord, så bare en liten bekk finner vei ut av tjernet mellom blokkene under torven. Hvis elven ledes i dette far vil dens løp bli rettere, men der vil bli en større gravning enn i det nuværende far, som derfor bør foretrekkes for overføringen.

På min forespørsel av 15/3 1962 til Bergenshalvøens Kommunale Kraftselskap om hvordan reguleringene hadde virket med hensyn til jordskade fikk jeg høre, at de opprindelige planer for reguleringene var betydelig endret.

I Bergsvatnet, hvor der var planlagt en senkning på 35 m var vatnet bare et par ganger senket mere enn 4,5 m. Av dyrket innmark er rast ut 1,46 dekar, og av udyrket innmark 1,83 dekar. Av utmark er 2,42 dekar rast ut. Dessuten er der svart erstatning for 0,83 dekar som man antar vil rase ut.

Veien gjennom Bergsuren er utsatt for synkning, som måles med mellomrom og nu går opp i 7 å 8 cm på de mest utsatte steder.

Storefosdammen neddemmer 26 dekar godt dyrket og 53 dekar lett dyrkbar mark. Dessuten er demmet ned 69 dekar utmark.

Vetle- og Småbrekkevatn er ikke regulert.

Hamlagrøvatn er senket 17,5 m. Det er ikke demmet opp. Ved tilløpene har der vært noen utrasning opp over naturlig vannstand, størst ved Sveindalen, 125 ar, og ved nordre Hamlagrø, 60 ar. I alt ble der gitt erstatning for 32,1 dekar, hvorav 28 ar innmark. Den utraste utmark betegnes som myr, lyngmark, gressmark og skog. Ved de utraste partier måtte stølsveiene omlegges og noen naust flyttes.

Det berettes ikke om at ur er rast ut.

Torfinnvatn ble senket 30 m og demmet opp 5 m. 375 dekar ble satt under vann.

Av et kart jeg har mottatt fra Bergenshalvøens Kommunale Kraftselskap fremgår, at overføringen av Torfinnvatn til Hamlagrøen er foretatt anderledes enn planlagt i konsesjonsandraget av 25. okt. 1925. På kartet er tegnet en dam over utløpet og en tunnel på ca. 900 m's lengde hvorfra vannet ledes til kraftstasjonen Hodnaberg ved Hamlagrøen.

Til Hamlagrøen er også overført vann fra Torfinnstjern, Songrevatn, Lekjedalstjern og Breissettjern, i alt fra 26,3 km² nedbørsområde.

Om jordskade ved disse overføringer foreligger ingen opplysning.

Fyresvatnet.

Som eksempel på hvilken jordskade kan ventes ved regulering av en sjø beliggende over den marine grense hitsettes et utdrag av to innberetninger om tilsvarende planlagte reguleringer ved Fyresvatn.

I anledning av søknad fra Arendals Vassdrags Brugseierforening mottok forfatteren i 1928 oppdrag fra Norges Vassdrags- og Elektrisitetsvesen om å søke bragt på det rene hvilken jordskade en ytterligere regulering med 2 m's senkning i tillegg til daværende regulert lavvann på kote 278,63 vilde medføre i Fyresvatnet.

Efter utført befaring sommeren 1928 innsendtes til Vassdragsvesenet en rapport dat. 19. okt.

Fyresvatnet er 26 km langt, på det bredeste 3,5 km og med en flate på 57,6 km². Den marine grense, den høyeste kystlinje siden istiden, ligger på 100 m. o. h. Sjøens bredder er steile. I dens sydligste del, omtrent fra en linje mellom Momrak og Breivik, går berget like ut i vannet og her er lite løse avleiringer å se i strandkanten. Nord for denne linje består stranden for en overveiende del av bregrus og sand, og det faste berg stikker her sjeldnere frem, og nordligst i sjøen ved Dalåens utløp er utstrakte sandstrande. Omkring og nordenfor Fyresdals kirke er jevnt heldende bakker. Andre jordarter enn sandholdig bregrus, breelvgrus og torvjord forekommer ikke langs sjøens bredder.

Forskjellen på naturlig høyvann og lavvann var 1,5 m.

Før 1928 var sjøen regulert mellom høyvann på kote 281,13 og lavvann på 278,63.

Enkelte tilløp har hatt skadevirkende flommer. Således har Sitjeåen som går gjennom Prestegårdens grunn gjentatte gange anrettet skade. Efter en stor flom i 1830-årene bidrog staten til regulering av elven, men 28. juli 1855 kom atter en stor flom hvorunder elven tok nytt løp. Denne gjorde skade på de utførte anlegg, oversvømmet prestegårdens lavtliggende jorder og begrov dem under et lag av grus og stein. Der ble igjen av det offentlige utført beskyttelsesarbeider, men 7. juni 1858 kom en ny voldsom flom, som ødela endel av anleggene. Disse ble reparert og var ferdige 13. juli 1860, men allerede 17de og 18de i samme måned kom en ny ualmindelig høy flom, større enn den i 1855, og gjorde skade på de utførte beskyttelsesarbeider.

Også senere i forrige århundrede ble nye forbygningsarbeider foretatt ved Sitjeåen. Disse eksempler viser, at rett store flomskader i tilløpene kunde inntreffe også før Fyresvatnets vannstand ble regulert.

Høyvannstanden på kote 281,13 har efterlatt sig spor som tyder på at denne vannstand ligger betydelig høyere enn den naturlige middelvannstand. Flere steder er sandvoller skyllet inn over vegetasjonsdekket. Langs Dalåens bredder, på odden mellom elven og viken øst for denne, i Grunnviken, på Prestegårdsstranden, ved Nesland og ved Fardølas utløp var trerøtter undergravet av bølgeslag og trærne veltet. På flere av disse steder har sjøen tæret vekk et belte på flere meters bredde av den tidligere skogbunn.

Utrasninger som følge av vannstandssenkningen på etpar meter var synlig ved utløpet av de største elver. Dessuten kjennes 4 små undervannsras, hvis årsak må søkes i senkningen.

Det største tilløp er Dalåen hvis elveseng ligger i sand. Foran utløpet ligger utstrakte sandører som sammen med elveålen, efter hvad lokalkjendte folk forteller, forandrer beliggenhet fra det ene år til det annet, og elveløpet er blitt dypere efter reguleringen. Ved Snartland bro har strømmen uthulet grunnen langs kar og pillarer, så fundamentene er søkt beskyttet ved å velte sten omkring dem.

Fardøla har et stenet leie. Elven har lagt opp en bred gruskjogle, men den når ikke langt ut i sjøen. Utenfor utløpet ligger der en bom, som for en del er festet til nedsenkede stener. Marebakken er så bratt, at den efter reguleringen siges å ha raset ut og ha trukket enkelte av de nedsenkede stener med sig så de har måttet fornyes. Elven har fordypet sitt leie merkbart inntil en avstand fra sjøen av etpar hundre meter. Den graver litt i venstre bredd.

De små undervannsras, som skyldes vannstandens senkning ligger alle i sjøens sydligste del. Like ved siden av båtbryggen på Øyene har der gått et lite ras på sjøbunnen. Der var gjørmebunn, som gled ut under lav vannstand. Det samme fandt sted ved den lille holmen utenfor bryggen. På bunnen kunde sees sprukne jordflak, som var forskjøvet i forhold til hverandre. Lignende betydningsløse setninger langs bunnen har funnet sted utenfor Sundsli og utenfor en berghammer på den annen side av vannet.

Ved en ytterligere senkning av vannstanden på 2 m vil flere store grunner i sjøen bli tørrlagt, således i Båtkjønnen, ved Momrak, utenfor Røykenestangen, bugten innenfor Kjeøya, som vil bli landfast etc. I den nordligste del av sjøen består den bunn, som tørrlegges ved den påtenkte senkning hovedsakelig av fin, slamblandet sand. Jordarten er lite stabil. Bølgeslaget vil vaske ut dens finbestanddele. Blir de vegetasjonsløse sandører liggende på det tørre så lenge at vinterens

isdekke over dem smelter og sanden tørrer inn, vil finbestanddelene også kunne settes i bevegelse av vinden.

Tilløpene til sjøen vil ved den påtenkte senkning få øket erosjons- evne og skjære sig ned. De fleste av dem faller ut i sjøen over så stor- stenet materiale, eller grener sig i så mange løp over sine gruskjegler, at den økede erosjonsbasis neppe vil medføre nevneverdige ulemper. Ved de største av tilløpene må man dog være forberedt på betydelige forandringer som følge av en ny 2 m's senkning av lavvannstanden.

Av disse skal først omtales Dalåen. Som nevnt ligger denne elvs leie i sand. Materialet i elvesengen nedenfor Snartlandsbroen er lite motstandsdyktig. Der ble her sonderet med en stålten på strekningen fra marebakken, der ligger omtrent ved lavvannskoten, til broen for å undersøke om der forekommer hårdere lag eller en terskel, som skulde kunne hindre eller iallfall uthale tiden for elvens nedskjæring. Men noget sådant lag kunde ikke påvises. Det er derfor sandsynlig, at broens pillarer og kar raskt vil undergraves når sjøen senkes, så det vil bli nødvendig å omfundamentere broen. Dertil kommer, at erosjo- nen i elvebreddene vil økes. Omtrent midtveis mellom Snartlandsbroen og den ovenfor liggende Einangfoss skjærer Dalåen sterkt i venstre bredd. Til beskyttelse av bruddstedet er der veltet sten ut i elven. Like ovenfor bruddstedet vises flere forlatte elveløp, hvor der nu kun rinder vann i flomtiden, og der er det vistnok mulig, om det ansees for formålstjenlig, å skaffe elven et mere rettlinjet løp ved hjelp av et av de gamle.

Fardøla går over en flat gruskjegle hvori elveleiet er grundt ned- skåret. Elven har flommer med isgang. Der skal ikke meget til før elven her tar nytt løp over øren. Der går en liten bekk i et bredt far som fødes fra elven gjennom et underjordisk tilsig. Der hvor vannet siger gjennom elvebredden er denne så lav, at flomvannet sikkert går over, og elvestrømmen er rettet mot bredden. Her vil det sandsynlig- vis bli påkrevet å bygge en beskyttelsesmur om man ikke vil fore- trekke å gi elven et rettlinjet løp over gruskjeglen. Forøvrig må man vente, at elveleiets nedskjæring vil økes med den nye regulering.

Sitjeåen har nu fra veibroen til sjøen et kunstig løp, hvis bredd på Prestegårdssiden støttes av en lav, men rettlinjet grusvoll der skal være bygget i 1850-årene av kaptein Rye. Stykkevis sees også en sten- voll langs den annen bredd. Materialet ved utløpet er grus og grov sand så man også her må være forberedt på en senkning av elveleiet, og som følge derav, muligens omkostninger til vedlikehold av beskyt- telsesvollene.

Nogen steder ligger klopper og veibroer så nær utløpene, at regulering av bekkeløiene og beskyttelsesarbeider for å sikre veiene vil kunne komme på tale. Således er der ikke mindre enn 3 klopper over Vikåen mellom Farland og Snartland i liten avstand fra sjøen. Jordarten her er dog et motstandsdyktig bregrus.

Den nye vei, som er under bygging nordover fra Sundsli utmineres delvis i berget. Den utbrudte stein veltes ut i sjøen og berg danner underlaget for veiens halve bredde, mens dens annen halvpart ligger på fylling. Berget faller på sine steder så steilt av mot sjøen, at der synes fare for, at senkningen vil fremkalle setninger i den steinmasse, som ligger under vann og bærer veifundamentet.

Fyresvatnets senkning til kote 276,63 ble iverksatt og endel jordskade innfant sig.

I 1959 ble en ytterligere senkning på 1 m av sjøens lavvann overveiet av Arendals Vassdrags Brugseierforening, og forfatteren ble anmodet om å gi en uttalelse om hvad den påtenkte senkning til kote 275,63 vilde føre til av rasfare. Brugseierforeningen nevner, at i Sandnesbukten gikk der et ras i 1952 på lav vannstand, og tidligere var et undervannsras løst i Båttjern. Ved utløpene av bekker har der gått ras, således ved Breivik, likesom ved Valebjør- og Skomedalsbekken. Brugseierforeningen anser stranden fra Nesland og nordover for usikker, og opfordret forfatteren til å foreta en befaring av denne og de nevnte rassteder, samt om å ha oppmerksomheten rettet på eventuell rasmulighet langs stranden mellom Breivik og Åmli.

Forfatteren foretok i nov. 1959 befaringer av de steder hvor grunnen var utpekt som usikker, og av de største tilløps elveosser. Vannstanden lå da mellom kote 279,09 og 279,17 på Fyresvatnets vanmerke.

På de 31 år, som var gått siden forfatterens iagttagelser i 1928 hadde rett betydelige utskjæringer vist sig ved elveosene, først og fremst ved de største tilløp Dalåi, Fardøla og Sitjeåi, men også mange mindre tilløp hadde gravet renner i den tørrelagte bunn. For å hindre bekkenes tilbakegående erosjon i å nå over høyvannslinjen var der utlagt steinterskler i elveosene, og dette tiltak synes å ha virket tilfredsstillende.

For å hindre erosjonen i den løse grunn hvori Dalåis leie ligger var der slått ned 2 pelerekker tvers over elven nedenfor Snartland bro. Ved den øverste pelerekke var der gått et ras i venstre bredd i 1952. Ved begge pelerekker var der nærmest breddene kjørt i stein på vinterføre, men midt i elven kunde pelehodene sees i elvebunnen.

Ovenfor den gruskjegle som er omtalt i utredningen av 1928 renner Fardøla gjennom storsteinet bregrus. Tiltross herfor var der adskillige brudd å se langs begge bredder, men neppe fare for utrasning av verdifull grunn.

Sitjeåi hadde et friskt brudd nær kote 280. Denne renner i løs grunn og har senket sitt leie rett betydelig.

De av Brugseierforeingen nevnte ras ved utløpene av bekkene ved Valebjør, Skomesdal og Breivik kunde ikke iagttas. De ligger under den vannstand sjøen hadde under befaringen. Vikåi ved Ålandsli har skåret sig ned i sitt storsteinete elveleie. Nær skolehuset på Breivik går der en ganske stor bekk. Den viser ved utløpet i sjøen et brudd langs venstre bredd.

På odden mellem Nesland og Sigtun brygge stikker berggrunnen frem, men på strekningen mellem odden og kirken sees ikke berg i strandkanten. Ved høyvannslinjen ligger en brattkant uterodert i steinholdig bregrus. Jordarten nordover fra Nesland er som almindelig ellers langs Fyresvatnet en friksjonsjordart, som ikke raser uten hvor der blir tørrlagt en steil skråning. Der sees intet brudd i stranden nord for Sandnes uten der hvor bekkene renner ut.

Angående undervannsrasene i sjøen er opplysningene ufuldkomne.

Raset i Båttjern på Strand løsnet, efter hvad grunneieren Jørgen Strand fortalte, på lav vannstand, men året kunde han ikke huske. Det nådde såvidt over høyvannslinjen, og skaden var ikke større enn at bare nogen få trær gikk med, sa han.

Raset i Sandnesbukten mellem Åmli og Breivik løsnet 1. mai 1952. Det må ha vært en marebakke i finsand av rett betydelig dimensjon som raste ut, for der reiste seg en bølge i vannet som kunde merkes helt til Breivik skole. Et brennende bål på den tørrlagte bunn ble her slukket av bølgen, og nogen av skolebarna hadde sett vannet slå over grunnene. Vannstanden var merkelig nok ikke lav da raset løsnet. På Fyresvatnets vannmerke stod den på kote 280,91. Den laveste noterte vannstand før 1952 inntraff 7/4 1942 og var på kote 276,69.

Nord for rasstedet i Sandnesbukten følger veien mellem Breivik og Åmli stranden og ligger lavt. Om et ras av størrelsesorden som det kjendte løsner i nærheten står veien i fare for å bli brutt. Det er imidlertid ikke lett å utpeke steder, hvor der er fare for at der kan løsne undervannsras som vil forplante sig inn over høyvannslinjen og således føre til jordskade. Over et begrenset område kan man foreta dybdemålinger utenfor stranden for å bestemme beliggenheten av marebakker eller andre bratte avhell, og undersøke bunnens art ved

sondering eller prøvetaking på utsatte steder. Med hensyn til veiens sikkerhet ble den slags undersøkelser foreslått utført i 200 m's lengde hvor veien ligger i strandkanten.

Totak og andre magasiner for Tokkereguleringen.

I henhold til anmodning fra Norges Vassdrags- og Elektrisitetsvesen av 14/4 1928 påla Norges Geologiske Undersøkelse nærværende forfatter å gi en fremstilling av i hvilken utstrekning Totaks planlagte regulering vilde fremkalde utrasning og stabilitetsforandringer i de løse avleiringer, hvorigjennem tilløpene render, og i strandbreddene. Reguleringsplanen gikk dengang ut på senkning i flere alternativer, hvorav det største omfattet senkning på 24,2 m. Der forelå bundkart over sjøen med koter til 25 m under uregulert sommervannstand.

Efter foretatt befaring støttet til endel grunnboringer beskriver forfatteren topografien langs Totak, hvor berggrunnen er forskjellig i sjøens nordlige del og i dens sydlige, således:

«Bergartsgrensen går omtrent langs en linje fra Rauland kirke til Flyksodden. Nord for denne linje er bergarten en grunnfjellsgranit, og erosjonsformene ligner et trangt, vestlandsk fjordlandskaps. Breddene stiger i steile bergvegger opp fra sjøen til høyfjellet, og i overensstemmelse hermed viser kartets dybdekoter at bunnen faller steilt av. I denne del av sjøen finner vi det største dyp, som utenfor Vå overstiger 200 m. Syd for bergartsgrensen består grunnfjellet av sandstener, konglomerat og skifre med enkelte eruptivmasser i. Sjøen utvider sig her i bredden, og dens landskapsformer er av mildere art.»

«De løse avleiringer er også av forskjellig art i de to deler av sjøen. I den nordlige del består løsmaterialet av ur, som dekker berggrunnen i store, sammenhengende partier langs stranden. Der er juv og klover med faste skredbaner, og der sees også friske spor efter vildskred. I dalsenkningene ligger storstenet bregrus og tilløpene Kvikke, Våbekken og Gravdalsbekken har lagt opp gruskjegler ved sine utløp i sjøen av bregrus og ur de har ført med sig. I den sydlige del mangler ur, løsmaterialet er her hovedsagelig bregrus, der nogen steder (ved Seltvedt) kan være lerholdig. Dertil kommer sand og grus oplagt av elvene. Mellem Bituåi og Rauland kirke er således en meget stor sandør. Ved Tansåi en mindre. Stavsåi har lavet en gruskjegle av storstenet materiale, der for en del hviler på Tansåis sandavsetning.»

Det lar sig gjøre å danne sig en mening om hvilke følger senkningen vil medføre for de jordarter, ur, bregrus og elveavsetninger, som er iakttagbare i stranden. Av forfatterens utredning hitsettes:

Ur.

Urene har ofte en steilere skråning under vann enn over, og det er derfor å forutse, at ved en så stor senkning som den, der her er tale om, vil endel urpartier gli ut på det sterkt skrånende underlag. Ingen bebyggelse er truet av eventuelle utglidninger av ur.

Store og tildels steile urer som når helt ned til sjøen ligger nordvestligst i sjøen like overfor Øigardene. En meget stor ur langs den sydlige bredd fra Gravdalen til Ramberget omtales, og likeså lengere syd i vatnet på samme bredde en under Flåtebunuten. På nordsiden fins litt ur i vannkanten mellom Øigardene og Rømtveit samt en større mellom Arodden og Åsnes.

Bregruset.

Bregruset er den mest utbredte jordart langs sjøen. Det inneholder alltid stener i en finere grunnmasse, og bindes sammen av slambestanddeler. Bregruset er en motstandsdyktig jordart mot erosjon. Ved gjentatte senkninger og stigninger av vannflaten vil dog finbestanddelene vaskes ut, og hvor bunnen skråner sterkt vil sannsynligvis noen utrasning forplante sig inn over nuværende vannstand. Noe stort omfang vil utrasningene i bregruset ikke kunne få. Men da sågodtsom all innmark langs sjøen ligger på bregrus vil eventuelle utrasninger komme til å berøre denne.

Elveavsetninger.

De storstene leier, Våbekkens, Kvikkes og flere andre vil i flomtiden bli utsatt for stenerulling og utskjæring av breddene når sjøen senkes. Dette kan ha tilfølge, at de tar nytt løp. Avstanden fra stranden til de steder hvor fast berg finnes i leiene er imidlertid liten så jordskaden selv i verste fald vil bli av begrenset omfang.

Tansås og Bituås leier ligger i sand. Bituåi har avsatt en stor ør ved sitt utløp. Her ble under forfatterens veiledning utført grunnundersøkelser både i 1921 og 1928 hvorav det fremgikk at sandavsetningen er opptil 17 m tykk. Den hviler på bregrus. Den har sparsomt med

stein, og da sandens finhetsgrad tiltar med dybden har den liten motstandskraft mot strømerosjon. Foran utløpene av Bituái, Sandbekken og Klavebekken vil der på sjøbunnen etter senkningen oppstå daler, hvori vannløpenes leier senkes etterhvert som strømmene får fornyet erosjonsbasis.

Leir finnes ikke over det dyp hvortil grunnboringene ble ført. Det er heller ikke å formode at der andre steder i sjøen forekommer leiravsetninger hvis utrasning kan føre til uforutsette omveltninger.

Ved Tansáis utløp er en annen sandavsetning. Det søndre brokar er fundamentert på denne mens det nordre står på berg. Det vil muligens vise sig formålstjenlig å flytte brostedet lengere oppover elven, hvor der står berg i begge elvebredder.

Forslaget om den store senkning av Totak møtte motstand. Etter inngående drøftelser tilrådet Industridepartementet en mindre regulering med oppdemning på 1,2 m og senkning på 6,1 m. Denne tilråding ble godkjendt ved Kronprinsregentens resolusjon av 9. mars 1956.

Tokke-anleggene meddelte, på forfatterens forespørsel om hvilken jordskade der hadde vist sig efter reguleringen, følgende i brev av 13/11 1961:

«Totak ble tappet helt ned i sesongen 1958—59 efter gjennomslaget i Kolos 15/12—58. Vannet ble tappet fort ned til L.R.V. ca. 10/1—59. På vårparten mars/april —59 efter at terrenget tinte opp igjen, begyndte det å rase først og fremst utenfor bekke- og elveosene. På grunn av den store høydeforskjell skar elvene seg dypt ned og vasket ut store mengder sand. Særlig utenfor Tansosen og Bituosen var det store masseforskyvninger. Rundt Totak ellers har det forekommet endel ras på løse partier. bl. a. måtte noen meter av veien skytes lenger inn i fjellet for å være helt sikker for ras. Der hvor Songaelven løper inn i Totak var det også endel utgravninger etter selve elveløpet.

Raskantene var steile til vannet kom tilbake, da jevnet de sig ut til slakere skråninger. Vi tok noen profiler i august —60 og da var de skarpe kantene borte alt, d.v.s. sand og grus hadde fått igjen sin naturlige skråning. Vi hadde en senkning på 2—3 m våren 1960 en kort stund uten at det ga noen utslag langs stredene.»

Om jordskade i de andre reguleringsmagasiner nevner Tokke-anleggene i sitt brev

Bordalsvatnet.

som har vært tappet ned nesten til L.R.V. i april/mai 1959. Vatnet er regulert med en oppdemning på 28,8 m og en senkning på 10,2 m. Det skjedde ras der hvor Øvre Bora kommer inn i vatnet, det var løse grus- og sandavsetninger som beveget sig. Ellers har der vært endel mindre ras ved H.R.V.

Vinjevatn.

(med oppdemning 1,3 m, senkning 2,2 m) har tildels vært tappet under L.R.V. av hensyn til støpearbeidet som måtte foretas i utløps-
oset. Her har det noen steder rast under vannstanden. Noen fiskegrunner er blitt borte, vesentlig som følge av endrede strømforhold langs bunden.

I reguleringsmagasinene *Nedre Langeidvatn*, oppdemning 15,6 m, senkning 1,9 m, *Songa* hvori inngår vatnene mellom Naustnutvatn til Store Vrålsbuvatn er regulert mellom kotehøyder 966 og 939 for Naustnutvatnets vedkommende, og mellom kotene 966 og 947 for Store Vrålsbuvatn, *Kjelavatn* opp 15,3 m ned 6,7 m, *Ståvatn* opp 15,5 m ned 5,5 m, *Langesæ* opp 15,9 m ned 20,1 m og *Førsvatn* har vært delvis nedtappet i anleggsøiemed uten at der er kommet ras av betydning.

Limingen.

Flere svenske aktiebolag som eier fall i Faxälven i Sverige søkte i 1947 gjennom Faxälvens Regleringsförening i henhold til konvensjonen mellom Norge og Sverige av 11. mai 1929 vedrørende vassdragsrettigheter om tillatelse til å regulere Limingen i Nord-Trøndelag. Søknaden gikk ut på å senke sjøen ca. 8 m til kote 409,20 og heve vannstanden ca. 0,40 m over normal sommervannstand på kote 417,28 til kote 417,70. Dertil skulde sjøen ved inntredende sommer- og høstflommer kunne demmes 0,3 m over kote 417,70. Limingens høyeste flomvannstand er på kote 418,57.

Om disse reguleringshøyder uttaler Den hydrografiske avdeling i Norges Vassdrags- og Elektrisitetsvesen i skriv av 10. mai 1947 til Vassdragsavdelingen at det foreliggende materiale synes å tyde på at det ikke skulde være påkrevet å gå til så stor regulering som foreslått. Av den innsendte tappningsplan fremgår, at magasinet i en 14 års

periode kun blir fylt 2 ganger tiltrods for at det i samme tidsrum kun en gang blir helt tømt. Planen viser også at magasinet i middel 1. juli vil være fylt bare til kote 414,30 og 1. aug. til kote 415,10. — Under sådanne forhold vil de grunnere partier av sjøen de fleste år bli tørrlagt hele sommeren og høsten, og følgen herav vil bli at der i tørrveirsperioder vil kunne inntreffe en meget generende sandflukt. Likeledes vil den utgravning i elveosene som må befryktes ved en så stor senkning som foreslått, også fortsette utover sommeren.

Fil. lic. Olof Ångeby har levert en uttalelse dat. 12. mars 1947 om de følger reguleringen tenkes å få med hensyn til ras om sjøens vannstand senkes 8 m. Hans utredning er bilagt med dybdekart over Limingen i målestokk 1:50 000, et kart over traktens bredemte sjøer samt med diverse fotografier, også flyfotografier.

Ångeby omtaler, at området omfattende Limingen, Vekteren og Huddingsvatnet ved istidens slutning ble drenert mot vest. Han forestiller sig at en sammenhengende vannflate over de nevnte sjøer, og høyere enn disse, var oppdemt av breis på svensk side av grensen. En tid hadde vannet avløp gjennom et skar nord for Vekteren og senere gjennom Styggdalen til Tunnsjø hvor passhøyden er 468 m. Fra Tunnsjøen randt vannet til Namsen. I bresjøen ble avsatt sand og grus, særlig som deltaer hvor breelver mundet. Når isdemningen smeltet og vannet fra Limingen fikk sitt nuværende utløp gjennom Limingelven stod vannet i sjøens nordvestre ende lavere enn nu, ved Gjersvika 25 m lavere. Som følge av ujevn landheving når isen smeltet steg berggrunnen mere østlig i sjøen enn lengere vest, og det som før var tørt land ble oversvømmet.

Herpå grunner Ångeby sin uttalelse om de løse avleiringers tilbøielighet til utrasning.

Den del av sjøen som blir tørrlagt mellom Devika og Gjersvika ved 8 m's senkning er opprindelig avleiret på tørt land, forklarer Ångeby. Ved senkningen tilbakeføres bare bunnavsetningene til det stadium som var rådende før isdammen på den svenske side ble brutt. Issjøavsetningene utgjøres av grovkornig materiale og vil ikke bli utsatt for den store vannoppsugning, som synes å være en betingelse for utrasning. Løsmateriale forekommer så godt som utelukkende bare foran elve- og bekkeutløp, ellers består Limingens strand hovedsagelig av fast berg.

Om Limingelvens utløp sier Ångeby at det er grunn til å anta at sjønivåets senkning ikke vil ha sådanne settninger til følge at omlig-

gende mark vil rammes. Elvens tørrlagte delta vil nok gjennemskjæres på lav vannstand, men man har grunn til å anta, at erosjonen ikke vil nå over den nuværende strandlinje. Heller ikke ved Devika, Nyvika eller Røyrvika vil dette finne sted. Om Røyrvikelveken fremholdes, at den delvis vil arbeide sig vei gjennom sine deltaavleiringer, men erosjonen vil ikke nå til den nuværende strand, da elven trolig vil følge sitt gamle far fra den tid da sjønivået lå 25 m lavere enn nu.

I henhold til skriv av 2. juli 1947 fra Norges Vassdrags- og Elektrisitetsvesen, Hovedstyret, foretok forfatteren en reise til Limingen med oppdrag å undersøke om, og i tilfelle i hvilken utstrekning, den planlagte senkning som anførtes i Faxälvens Regleringsförenings søknad kan tenkes å medføre fare for ras, utgravninger og sandflukt.

Av en rapport om de iakttagelser og slutninger som ble gjort, dat. 23. juli 1947, hitsettes:¹

Omkring Limingen er en spredt bosetning med fåtallig befolkning. Sjøen er omgitt av birkeskog, på sine steder også av granskog. Jorddekket er tynt. Langs stranden stikker berggrunden hyppig frem, således at den kan sees sammenhengende over kilometerlange strekninger. Andre steder veksler fast fjell med blokkrikt bregrus, hvorav store stener ligger tilbake i stranden mens det finere materiale er vasket ut av bølgeslaget. Den alt overveiende del av Limingens strand består av denne faste, gode grunn hvis stabilitet er så stor at der ingen utrasing vil finne sted om reguleringen iverksettes.

Men her og der ligger langs sjøens østre side avleiringer av sand og grus. Disse avleiringer er avsatt mellom dødisen, som fylte Limingens dal under avsmeltningstiden, og fjellsiden. Materialet er dels vanntransportert og sortert (deltamateriale) og dels usortert bregrus. Fra disse breranddannelse har vassdragene etter istiden ført med sig finmateriale ut i sjøen. På nogen steder, som nedenfor omtales, er der i sjøen avsetninger av betydelig utstrekning, som blir gjenstand for fornyet erosjon når sjøen senkes.

Tillopenes utgravninger.

I *Gjersvikbukten* munner Bjørkvasselveken og i nærheten av denne en stor bekk fra syd. Den indre halvpart av Gjersvikbukten har gjørmebunn. Begge vassdrag går i bukten dypål av flere hundre meters lengde

¹ Vedrørende sandflukt se side 191 o. f.

nedskåret i bunnen. I det lite motstandsdyktige, humusholdige materiale vil elvene erodere raskt under senkningen. Bjørkvasselvas utløp går over fast fjell, hvor den tilbakegående erosjon vil stanse, men gravningen i bekken vil forplante sig oppover sandsletten, hvor den nu går i meandre. Ved senkningen av vannstanden vil der sandsynligvis oppstå utrasninger langs dypålene og langs eventuelle steile marebakker. Gjormen er en sandholdig gytje, nærmest en kohesjonsjordart, som holder godt på fuktigheten og som derfor er tilbøielig til å gli ut i flak. Jeg anser det ikke utelukket at rasene på sine steder kan forplante sig inn over høyvannslinjen i det vestre parti av Gjersviken.

Som dybdekartet viser vil bukten tørrlegges ved senkning til kote 414. Hvis vannstanden ikke når opp igjen til normal sommervannstand etter tappingen kan en i den grunne bukten møte store ubehageligheter i form av stank fra slambunnen og et gunstig utlekkningssted for insekter, likesom vannkanten blir utilgjengelig. — Den østre halvdel av bukten har ikke slambunn langs stranden. Stranden består her av stenbunn, delvis også av fast fjell.

I *Røyrviken* munner det største tilløp til Limingen, Røyrvikelven. Bunnen i viken er dels gjørme dels finere og grovere sand. Veibroen hviler på en pillar. Om denne står på fast fjell fikk jeg ikke bragt på det rene. Det vil sandsynligvis komme på tale å utføre noget korreksjonsarbeide i elveutløpet så gravningen ikke blir rettet mot kirkegården og kapellet som ligger på en bratt terrasseskrent like ut mot strandkanten. Terrassen består av sand, og har efter øyemål høyden 6 å 8 m over sjøen. De to dybdekoter som er tegnet på kartet viser at marebakken går like innunder terrasseskrenten der hvor kapellet ligger. Litt lenger ute i bukten har jeg sett gjørmebunn både langs den nordlige og sydlige strandbredd, så bunnens motstand mot erosjon antas å være liten.

I *Nyviken* munner det rett betydelige tilløp Nyvikelven. Når en følger elven, som går over storstenet elveleie, nordover bukten, sees først sand, derefter gjørmebunn i en 600 m lang ør på $\frac{1}{2}$ til 1 m's vanddybde. Øren avgrenses av en bratt marebakke. Her vil finne sted en rask erosjon, som muligens kan berøre den dyrkede mark på den sydligste eiendom. Annen jordskade antaes ikke å ville finne sted i Nyviken.

I *Lille Limingen* munner Liminglielven, rektangelkartets Storbekken, i en ør dels over, dels under vannflaten. Øren ender i en usedvanlig bratt marebakke ut mot dypet. Bunnen langs marebakken be-

står av gjørme. Her vil ved senkning av vannflaten under marebakken inntreffe utrasninger, likesom elven vil finne et lite motstandsdyktig materiale å erodere i. Elven går nu i flere grener. Det største av løpene har nevestor grus i elvesengen. Materialet er ikke solid nok til å motstå den tilbakegående erosjon oppover elven.

Utrasninger.

Den eneste jordart ved Limingen som er tilbøielig til utrasning er gjørmene, en humusholdig jordart med fin sand. Utenom de i det foregående nevnte tilløpsoser fins gjerne i nogen utstrekning gjørme i enkelte små bukter hvor eventuelle utrasninger over den nuværende strandkant kun vil bli bagatelmessige.

Hvor stranden består av morenegrus kan undersjøiske utrasninger finne sted hvis skråningen av bunnen under vann er så stor at den blir ustabil under tørrlegningen. Jeg har imidlertid under min befaring ikke kunnet se noget sted hvor den slags utrasninger truer. Morenedekket over berggrunnen er på få undtakelser nær så tynt at det er vasket vekk av bølgeslaget og berggrunnen ligger blottet i strandkanten.

Urer som kan gli ut forekommer ikke.

Konsensjon til Limingens regulering ble gitt 4. juli 1952 med en mindre senkning enn den Faxälvens Regleringsforening hadde søkt om, istedenfor til kote 409,20 til kote 411,70 og med pålegg om å avdemme Gjersvikbukten således at vannstanden her ikke deltar i reguleringsmagasinets store senkning.

Vassdragsvesenet foretok ved sin ingeniør Bj. Nicolaisen inspeksjon av reguleringens følger i årene 1954 og 1955.

Tappingen av Limingen begynte ved juletider 1953 og i første uken av mai hadde man hatt laveste vannstand, kote 412,05.

Av ingeniørens rapporter herom hitsettes vedrørende jordskade:

2. juni 1954. Like nord for Linnvasselvas utløp fra Lille Limingen har Hovdebekken forårsaket store gravinger. Bekkeleiet har senket sig så meget at det ytterst er ca. 4 m høye kanter. Bekken har samtidig gravet i sidene og det er store masser som er fjernet. Da massene her består av stenfri sand er det heller ikke noget som har kunnet bremse på erosjonen nedenfor den gamle strandlinje, og endel trær var rast ut her.

Det samme er tilfelle der hvor Limingdalselven faller ut i Lille



Fig. 8. Limingdalselvens nedskjæring inntil 2/6 1954 ved utløpet i Limingen.
The deepening of the Limingdal stream until 2/6 1954 at its outlet in Limingen.

Bj. Nicolaisen fot, 3/6 1954.

Limingen. Erosjonen er her gått så langt bakover at det ikke er svært langt igjen til den dyrkede mark. Ut mot sjøen står det en ca. 4 m høy erosjonskant. Både her og i Hovdebekken ser det ut som om vannet har gravet så langt bakover at bekkene har fått et nogenlunde stabilt fall, og at erosjonen i fremtiden i det vesentlige vil foregå ut til sidene. Det er bygget bruer både over Hovdebekken og Limingdalselven.

Erosjonen i bekkeutløpene har virket sterkt skjemmende i landskapet.

3. juni 1954. Dam i Gjersvika. — Under inspeksjonen var vannstanden i Limingen på kote 414,41 og i Gjersviken på kote 416,64. Vannstanden i Gjersviken hadde i vinter vært holdt på kote 416,50.

Veibru i Røyrvik. — Under flommen ivår ble fundamentet for den østre brupillaren undergravd med det resultat at pillaren raste ut. Brua var da blitt sikret ved at det ble spendt ut 2 wirer over bukker og gjenstående pillar, og brubanen ble i knekkpunktet hengt opp i wirene ved hjelp av taljer. I sin nuværende tilstand tjener brua bare som gangbru.



Fig. 9. Broen over Røyrvikelven ødelagt av vårflommen 1954.
Bridge over Røyrvikelven, ruined by flooding in the spring of 1954.

Bj. Nicolaisen fot. 3/6 1954.

Nedenfor brua har elva gravd i en stor sandbakke som lå her, slik at det bare er 10—15 m inn til tidligere strandlinje på østsiden, og en liten bekk nær Heggli gård har gravd temmelig dypt. Ved kapellet på andre siden har det vært litt graving, men fjellknausen ovenfor har tatt av for sterke strømmer.

Gårdbruker Ola Heggli sa, at flommen i år hadde vært mindre enn vanlig, men den kom brått, og vannføringen hadde derfor vært ganske stor.

Inspeksjon og befaring ved Limingen i 1955 foregikk i dagene 22.—24. juni.

Dam i Gjersvika. — Vannstanden ovenfor dammen var på kote 416,74, i Limingen 413,91. Gjersvika var islagt. Der lå en del sne på luftsiden, så det gikk derfor ikke an å konstatere om dammen er tett.

Den nye bro over Røyrvikelven er ferdig fra Regleringsforeningens side. De gjenstående arbeider, montering av rekkverk, riving av stillaser og opprydding skal utføres av kommunens folk. Nedenfor

broen har elven gravet sig ned på fjell langs venstre bredd slik at erosjonen her er stoppet. Lengere nede har strømmen erodert ca. 4 m inn i sandbanken siden ifjor. Etterhvert er der her kommet frem en god del sten, som virker beskyttende mot videre erosjon. — Den høye bredd og stranden sørover forbi kapellet har ikke vært utsatt for ytterligere graving. Det ser ut som om elven legger opp masse på denne strekning.

I Nyvika har Nyvikelven skåret sig gjennom et langt delta og ført store mengder løsmasse ut i sjøen. Langs venstre bredd er det for det meste fjell, og elven har heller ikke gravet ovenfor den gamle strandlinje. Hos Oliver Nyvik har en mindre bekk gravet ovenfor den gamle strandlinje, og hans båthus ligger så utsatt at det må flyttes.

For å lette båtsettingen har Regleringsforeningen bygget båtveier på rundtømmer nedover den tørrlagte bunn hos de forskjellige oppsittere.

Der er ikke gjort skade på dyrket mark.

I Slåttviken er elvens graving stoppet av en fjell- og stenterskel. Utenfor denne har der vært endel erosjon i år, men ovenfor den gamle strandlinje er der ingen graving.

Ved Nyvikmoen er det bare mindre bekker som munner ut. Stranden er stenet og der har ikke vært nogen erosjon av betydning.

I Deviken er der også meget sten i grunnen, og elven har bare i liten grad gravet sig ned.

I Liminglielven har Regleringsforeningen påbegynt en erosjonsbeskyttelse som skal sikre broen på den nye vei øst for Limingen. Forbygningen utføres ved hjelp av stenfylde nettingkasser som settes tvers over elven og surres sammen med streng. I ferdig stand utgjør denne beskyttelse et sammenhengende fleksibelt hele som føyer sig godt efter elveprofilet. Den lar sig også lett bygge på om nødvendig.

Nedenfor forbyggingen graver elven i en sving langs høyre bredd, og noget masse er rast ut. De høye erosjonskantene ut mot Lille Limingen var begynt å rase ned og utjevnes, noget som har betydning for landskapets utseende.

Også i Hovdebekken er der laget en stenkasseforbygning for å sikre broen. Den er utført på samme vis som den i Liminglielven. Dessuten er der slått ned to spunsvegger av 2 toms plank foran forbygningen med 3—4 m's mellomrum fylt med sten.

Til høyre for Linnvasselvens utløp fra Lille Limingen har en bekk gravet og noget krattbevokset mark er rast ut.



Under en befarung som forfatteren foretok i mai 1959 for å gjøre iakttagelser om sandflukt, ble også samlet opplysninger om ny jord-skade ved Limingen.

I Røyrvikbukten fremkom etter hver flom erosjon i den tørrlagte bunn. Severin Røyvik fortalte at nedskjæringene skifter plass fra det ene år til det annet.

I Nyviken som i Deviken var den verste ulempe med reguleringen forbundet med båt plassene når sjøen stod nedtappet. I Nyviken var bygget en brygge, som gikk 30 m utover den tørrlagte bunn. Elven og andre tillopp her skjærer sig ned i bunnen, som øverst har et gjørme-lag. Der hvor bryggen ligger er det 1,8 m tykt. — Erosjonen hadde ikke nådd over den gamle strandlinje. Elven i Deviken hadde gjort det, men gravingen ovenfor høyvannslinjen var ubetydelig.

Den terskel Regleringsforeningen har bygget i Liminglielven ligger anslagsvis 150 m nedenfor veibroen. Langs elven sees adskillig graving i breddene, også nogen graving ovenfor terskelen. — For å kontrollere kommende graving var peler som fastmerker slått ned. Herfra kan avstanden til elvebreddene måles.

Vorma som følge av Mjøsreguleringen.

Ved Svanfossdammen i Vorma, 22 km nedenfor Minnesund, kan elven opdemmes til Mjøsens nivå og gir derved et tillegg til reguleringsmagasinets størrelse. I henhold til reguleringsstillatelse gitt 1906 kunde regulert høyvann holdes på kote 121,78, 3,84 m avlest på Hamar vannmerke, svarende til sommervannstanden før reguleringen. Fra 1940 fikk Glommens og Lågens Brukseierforening tillatelse til midlertidig å heve regulert høyvann til høyde 4,50 på samme vannmerke. Ved denne utvidede regulering blir flommenes avløp fra reguleringsmagasinet uforandret inntil vannstanden har sunket til regulert høyvann. Senere ble denne midlertidige regulering akseptert som varig, og det er nu på tale å utvide den videre. I flomtiden om sommeren er vannstanden høyere enn øvre reguleringsgrense, på 6,40 på Hamar v.m.

Fra august måned til og med januar viser reguleringen av 1940 en høyere vannstand enn den reguleringen av 1906 medførte. Økningen er i tiden okt.—des. 40—50 cm. En høstflom som kommer når reguleringsmagasinet er fyllt kan bevirke stigning av vannstanden over høyeste reguleringsgrense.

Vormas leie mellom Mjøsen og Svanfossen ligger i en marin avsetning av leir, mjele og mø. Bakker, tildels høye og steile hever sig fra elvebredden. På noen steder har elven skåret sig ned til berggrunnen. Leiravsetningen på denne strekning synes ikke disponert for katastrofale jordfald, slike som det har vært så mange av nær Vormas sammenløp med Glåma og nedenfor. Leiret i elvebakkene er hårdt og fast.

Vannstandens heving i Vorma har hatt jordskade til følge. Der viser sig en omfattende erosjon ved regulert høyvannsnivå. Langs elvestykket mellom Minnesund og Svanfossdammen var under forfatterens befarung i mai 1948 en ny strandkant under utvikling på det nye oppdemningsnivå. Den fremtrer som et erosjonshakk, inderst med en liten loddrett skrent av noen decimeters høyde.

Elvebakken undergraves av bølgeslaget. Jordarten langs Vorma er lite motstandsdyktig mot bølgeslagets erosjon, og i de bratte elvebakker fremkalder dette elvebrudd. Selv skogbevokste flak glir ut. Særlig utsatt er nessene mellom elven og evjer hvori tilløpene kommer ut.

Gamle forbygninger viser, at det også tidligere, før regulering ble iverksatt, har inntrådt elvebrudd i Vorma.

Andre ras såsom glidninger i teleløsningen, har almindeligvis intet med reguleringen å gjøre. Mens ennu telen ligger i jorden om våren kan det optinte, vasstrukne overflatelag gli på det frosne underlag. I de bratte elvebakker kan teleras lett forveksles med elvebrudd. Men som regel ligger nedentil i telerasene en sammenskjøvet jordvoll, mens elvebruddenes utgledne materiale er fjernet av elven. En annen slags ras forekommer hvor der ligger grunnvannmettede sandlag over leir. Hvis grunnvannet ikke får fritt avløp på grensen mellom leir og sand, og det er tilfelle hvor en nedglidd jordmasse dekker den, vil bakken etter sterkt regn gli ut. En voldsom utglidning av denne art fandt sted sommeren 1926 på gården Fremin, på østre bredd nær Minnesund. Raset løsnat til en bekkedal hvorfra det opbløtte slam fløt ut i Vorma. 2,5 å 3 dekar raste ut ved denne anledning.

Mellom Svanfossen og det gamle damsted Sundfossen nær Eidsvold viser Vormas østre bredd mange friske elvebrudd i de bratte elvebakker. Den østre bredd er gjennomgående høyere enn den vestre, og fra bukten mellom gårdene Ile og Øvre Valstad nordover til utløpet av Jøndalsåen, en strekning på 5 km, ligger nærmest elven en sterkt gjennomskåret leirterrasse hvis høyde når til 15—20 m over Vorma.

Mellem nedskårne bekkedaler sees gjenstående jordrygger med bratte skråninger, delvis utlagt til skog og beite. Bebyggelsen ligger i god avstand fra elvekanten, 300 m og mere. På denne strekning og lenger oppe langs elven ligger de fleste jordrygger i åpent brudd. Ved regulert høyvannsnivå fremkaller bølgeslaget det foran omtalte ersjonshakk, hvorfra glidningen forplanter sig oppover elvebakken.

Lengere syd, ut for gården Hovin, sees erosjonsskader på en sammenhengende lengde av ca. 500 m.

Vormas vestre bredd mellom Svanfossen og Sundsfossen viser friske spor efter en betydelig graving i kanten av et jorde på plassen Døli, der her som en undtagelse ligger like ved elvekanten. Det vegetasjonsløse belte når opp til vannstanden 4,40 på Hamar v.m. Det avsluttes av en erosjonsskrent på etpar m's høyde mot jordet innenfor.

Steinbeskyttelsen på vestsiden av Sundfossen er gammel. Nord for dens avslutning sees brudd i 400 m's lengde med heldende og nedfaldne trær i de høye og bratte skråninger frem til det sted hvor stasjonsfyllingen begynner. Det er mulig, at strømmen periodevis her er så sterk, at den medfører graving i elvebakkens fot. Bebyggelse ligger her nær elven.

På strekningen mellom Eidsvold og Minnesund sees ikke fast fjell langs elven.

Straks nord for bebyggelsen på Eidsvold er der i østre bredd store glidninger og brudd på gården Vilberg, som følge av bølgeslagets erosjon. I høyvannsnivået undergraves bakken, og glidningen forplanter sig oppover. Elven er bred her og før reguleringens ikrafttreden lå der mange steder langs Vormas gressbevokste ører som efterat vårflommen hadde passert ble tørre så de kunde brukes til beitemark. Oppdemningen har bevirket at disse beiteområder nu ligger under vann hele sommeren. Måling av vegetasjonsgrensens høyde i forhold til elvens nivå viser, at det er sommer- og høstvannstanden ved øvre reguleringsgrense, 4,50 ved Hamar v.m. som er bestemmende for vegetasjonsgrensen. Tilstøtende lavtliggende mark over regulert høyvann er på grunn av at elvens bredde har øket ved oppdemningen blitt utsatt for sterkt bølgeslag. Ved høyvannslinjen har der opstått en erosjonsskrent på $\frac{1}{2}$ —1 m's høyde, som langsomt flytter sig innover år for år. Mellom Eidsvold og Minnesund ligger jernbanelinjen lavt, på sine steder så lavt at jernbanen har lagt ut en steinbeskyttelse mot elven. Der er flere slike beskyttede partier med en tilsammenlagt lengde på ca. 2 km. Erosjonsskrenten ligger tildels i en avstand av



Fig. 10. En ny strandlinje under dannelse nær Doknesevja som følge av Vormas oppdemning.

Emergence of new beach near Doknesevja due to the damming of Vorma.

G.H. fot. 21/4 1949.

bare noen få meter fra foten av jernbanens skråning, på sine steder helt inn til denne, og øvre reguleringsnivå når stykkevis opp på jernbanens støttemur, så linjen synes å være kommet i faresonen. Nord for Doknesevjen ligger strandlinjen, som hele veien er kommet nær jernbanelinjen i brudd på en ca. 100 m lang strekning. Nord for det sted hvor jernbanens beskyttelsesmur ender ved Bunes sees en kontinuerlig rekke av friske ras i sand, og veltede trær ligger nedenfor dem.

Langs Vormas østre breidd er noe bebyggelse nær elven, og friske ras sees i elvebakken nedenfor husene.

Ved gården Bjørknes viser et ca. 200 m langt parti dype rasgroper ut mot Vorma. Strandbredden eroderes sterkt både av bølgeslag og strøm. I rasgroperne tyter der frem grunnvann fra undersiden av et 4 m tykt sandlag hvorunder ligger mjele, og på større dyp leir. Mjelen siger etterhvert ut som en langsom slamstrøm, særlig i snesmeltingen og etter lengere regnvørsperioder. Derved fordypes raset. Det er sandsynlig, at den høye vannstand sommer og høst beforder utrasningen derved, at den nedgledne masse fjernes fra rasets fot etterhvert som den glir ut i elven. Ved melfoten er der dypt vann.



Fig. 11. Grungstadvatnets senkning jan. 1932 som følge av erosjon i utløpet.
Lowering of Grungstadvatnet Jan. 1932 due to erosion at outlet.

G.H. fot. 7/4 1932.

På østre bredd like nedenfor utløpet fra Mjøsen ligger eiendommen Tortnes, som viser betydelig jordskade som følge av reguleringen. Jordveien ligger lavt og omfatter en odde begrenset oppstrøms av en evje og ellers av elven. Der hvor eiendommen støter til Vorma tærer bølgeslag med sydlig vind sterkt, idet vannflaten er over 1 km bred, og jordarten består av mosand og den ennu finere mjele. Under denne sandavsetning ligger fast leir. Mosanden vaskes særlig lett ut av bølgeslaget. Mot Vorma var der under forfatterens befarings på stedet 20/10 1955 et brudd av 80 å 90 m's lengde med en loddrett raskant av opp til 2 m's høyde.

Grungstadvatnet, Høylandet, og Hogstadvatnet i Asker.

Sjøer og tjern som ligger i leiravsetninger under den marine grense tåler ofte bare en liten senkning av vannstanden før ras innfinner sig.



Fig. 12. Leirskred ved Hogstadvatn, Asker, efter at vann var pumpet til vannledning.

Clay slide at Hogstadvatnet, Asker, caused by pumping to below water level.

P.H. fot. 3/4 1948.

Dette var tilfelle ved *Grungstadvatnet* i Høylandet 1932¹ efterat en stor flom hadde senket utløpet. Sjøen ligger 23 m. o. h. Et stort leirfall med et areal på 120 dekar og en utglidd masse beregnet til 720 000 m³ løsnet 31. mars dette år. Under forfatterens befaring 5. april var vatnet islagt, men rundt hele vatnet bar isdekket spor av at vannstanden var sunket efter isleggingen. Isen lå noen steder på skrånende underlag av tørrlagt bunn, og på steder hvor det er brådypt var isen sprukket og oppbrudt. Isdekket lå 1,90 m under almindelig sommervannstand og 2,30 m under høyvannstand således som lokalkjendte folk påviste den. Så lav vannstand hadde der aldrig før vært i Grungstadvatnet. Foruten det store leirfall såes mindre brudd i strandkanten på en rekke andre steder.

Årsaken til vannstandssenkningen var, at elven ved utløpet under stor flom i januar måned brøt i venstre bredd, og skar sig ned et nytt

¹ Omtalt i N.G.U.'s publikasjon nr. 140, Lerfall i årene 1930—1932.

og dypere far. Strømmen var så sterk at den rullet de største stener. Den rev med sig en vannrenne, en liten stendemning og en holme, og bruddet gjorde, at veien fra Høylandet, som lå langs elven, raste ut i 170 m's lengde. Den gamle stenkledte elveseng ble tørrlagt efter flommen.

Hogstadvatnet i Asker ligger 160 m. o. h.

Der løst et leirskred sist i mars 1948, hvorved hovedvannledningen i Asker ble brutt. Den lå langs vatnets nordlige bredd i nogen få meters avstand fra vannkanten. Jordarten består av leir med lag av fin sand. Bunnen skråner med heldning 1 : 3 mot 15 å 16 m's dyp utenfor rasstedet.

Vannledningen ble blottlagt i 2 ras, som sannsynligvis møttes ute i vatnet. Der stod igjen en jordrygg mellom dem. Det største raset var ca. 15 m bredt, og det var her vannledningen ble slidt av. På begge sider av rasgropen kom berggrunnen tilsyne, likesom under den gjenstående jordrygg.

Nærmere vatnets utløp såes et tredje ras, men dette berørte ikke vannledningen.

Årsaken til rasene var, at der i vinterens løp var pumpet vann fra Hogstadvatnet til Brennsrudvatnet, for å skaffe vann nok til vannverket. Pumpingen begynte i november og fortsatte til sist i februar, og medførte at vannstanden sank i vatnet til etpar meter under utløpets nivå. Da raset tok vannledningen var vannstanden øket betydelig, og ansloes til å stå ca. 1,20 m under sommervannstanden.

Selbusjøen

er reguleringsmagasin for Trondheim elektrisitetsverk og hårdere rammet av utrasing enn noen annen sjø.¹

Sjøens middelvannstand ligger 160 m. o. h., ca. 40 m under den høieste kystrand. Jordartene rundt sjøen er i stor utstrekning leir og sand over berggrunnen eller på bundmorenen, avsatt i en fjordarm fra havet. Disse sedimentære jordarter er det som har rast ut. Selbusjøen dekker med sin uregulerte vannstand 59,2 km². På dette store areal kan en stor disponibel vannmengde magasineres. En tett bebyggelse ved sjøens østre ende med dyrket mark ned til strandkanten

¹ Gunnar Holmsen: Rasene i Selbusjøen som følge av reguleringen. — Norsk Geogr. Tidsskr. B. XIV, 1953.

hvor tilløpene Nea, Garbergelven og Tømra munder er ugunstig for regulering ved oppdemning. Reguleringen ble derfor foreslått som senkning og Trondheim kommune fikk 6/6 1919 konsesjon på en liten oppdemning, men på 10 m's senkning til kote 150. På den tid konsesjonen ble gitt hadde man oppmerksomheten rettet vesentlig mot den jordskade, som vilde være forbundet med at tilløpene kom til å skjære sig ned når vannspeilet ble senket, og i konsesjonsvilkårene inngikk derfor bestemmelse om at tilløpene enten måtte føres over fast berg eller legges over kunstige terskler som vilde motstå gravingen.

De planlagte sikringsarbeider ved tilløpsosene ble utført i etapper med sikte på at sjøen foreløbig ikke skulde senkes helt ned til 150 m's koten. Foruten elveutløpene falder der ut i sjøen omkring 25 bekker som det var tale om å forbygge. Ifølge plan av 1923 om korreksjonsarbeidene heter det, at bekkene skulde overlates helt til sig selv inntil sjøen har vært nedtappet endel. Man vilde da få klarhet over hvor der må sikringer til. Hvis det viste sig påkrevet skulde der legges opp steinsjetéer på begge sider av det nygravete bekkeløp i sjøbunden således plasert, at de steinsetter bekkens bund og sider.

I 1938 forelå planer om sikringsarbeider for en senkning av Selbusjøen til kote 157. For enkelte av de mindre elveløp og for bekkene skulde korreksjonen bestå i noen opprydning ved utløpet. Inntil 1947 hadde vannstanden ikke vært under kote 157,6 og intet nevneverdig brudd over normallvannstanden var iaktatt. Der berettes imidlertid om ras i sjøbunden således ved Dragsten i 1941, hvorefter elvens utløp her ble omlagt.

Da sikringstiltak mot utrasing ved ytterligere senkning var ufuldstendig måtte Trondheims E-verk i februar 1947 søke vassdragsvesenets hovedstyre om å få senke vannstanden til kote 156,5. Hovedstyret tillot dette som en forsøksvis tapping det ene år med den betingelse, at der skulde holdes vakt ved de etablerte utløpskanaler, således at der hurtig kunde legges ned stein hvor det viste sig at gravingen øket sterkt.

Senkningen vinteren 1947 overskred den tillatte tappingsgrense idet vannstanden i april var nede på kote 156. Da vannstanden kom ned til kote 156,50 førte dette til utstrakte utrasninger av sjøbunden langs stranden, og enkelte store ras gikk endog langt inn over den naturlige høyvandslinje. Forfatteren blev av vassdragsvesenet anmodet om å gi en beretning om rasenes årsak, og innleverte på grunnlag av befaringsberetning datert 17/4 1949. Denne lyder «Beretning fra stats-

geolog dr. Gunnar Holmsen om en befaring til Selbusjøen i anledning utrasninger som følge av tappingen i år». Den hitsettes her:

«*Sammenfatning.* Selbusjøen har i år vært nedtappet mere enn noensinde før, til kote 156. Den største nedtapping i tidligere år fandt sted i 1945, da laveste vannstand var 157,60. Tappingen i år er altså vel $1\frac{1}{2}$ m større. Sjøens middelvannstand 1902—1917 oppgis av vassdragsvesenet til 160,46, og lavest observerte vannstand for samme årrekke til 159,30.

Den lave vannstand i år har medført en omfattende undervandsutrasing langs breddene, hvor jordarten består av leire. Utrasingene inntreffer hvor skråningen er så bratt og lite stabil at den ikke tåler at vannets mottrykk forringes. Som erfaring viser forplanter ras i leire sig innover fra initialskredet inntil så fast grunn treffes at den kan bære steilkanten. — Enkelte steder ved Selbusjøen har rasene nådd opp over høyvannslinjen, som nedenfor beskrevet.»

«På oppfordring fra Norges Vassdrags- og Elektrisitetsvesen deltok jeg 11/4 1947 i en befaring til Selbusjøen sammen med Vassdragsingeniørene Tvedt og Kogstad. Vi var ledsaget av ingeniørene Hustad, Henmo og Bauck fra Trondheims Elektrisitetsverk.

Fra Vassdragsvesenets oppsynsmann Sørheim forelå en rapport om store utrasinger ved gårdene Eggen og Hammer, hvortil henvises.

Vi reiste først til raset ved Eggen. Her har utrasingen nådd omkring 30 m innenfor høyvannslinjen. Raskanten står med steilskrent på opp til 8 m's høyde. Rasgropen var ikke tilgjengelig. I rasveggen sees øverst et par meter tykt sandlag med stener og grus, derunder grålig leire. Rasgropen vider sig ut mot sjøen, således at rasets bredde ved høyvannslinjen anslåes til 80 m. Ved marebakken antas det å være enda bredere. Denne form tyder på at leiren ikke har kvikkleireegenskap. Forløpet av utrasingene, som gikk litt efter litt, taler også for at leiren er en almindelig myk leire. Idet marebakken tørrlegges under tappingen gir underlaget efter, og det oppstår en utrasing med steilkant. Underlagets myke leire kan ikke bære trykket, det presses ut og eltes, hvorved fastheten nedsettes så meget at det siger ut i sjøen. Steilkanten forflyttes bakover inntil den når så fast grunn at dens vekt kan bæres. Jo mere marken stiger innover, desto høiere blir rasveggen, og desto fastere grunn kreves det for at raset skal stanse. — Utenfor raset er isen brutt opp i sjøen. Ovenfor vannkanten sees flak av fastskorpen som har lagt sig til ro i rasgropen.

Efter hvad grunneieren på Eggen fortalte begynte rasene på land påskeaften, og fortsatte 1. påskedag og den følgende natt. Men allerede tidligere var det iakttatt små brudd i vannkanten. Vannstanden ved Brøttem var påskedag 156,21, palmesøndag 156,50.

Vi så dernest på raset ved Hammer, som er betydelig større enn det ved Eggen. Dets bredde ved den gamle vannkant er ca. 120 m, og det har forplantet sig 70—80 m innover land. — Hovedmassen raste ut natten mellom 29. og 30. mars, altså natt til palmesøndag, da vannstanden var 156,50. I den steile raskant, hvis høyde når opp til 7 m, sees øverst sand og grus, nedentil leire, som et sted viste utpreget skiktning, et skiveleir. For øvrig henvises til Sørheims rapport med skisse av rasgropen.

Disse to utrasinger, ved Eggen og Hammer, var de eneste jeg hørte om som hadde strukket sig inn over høyvannslinjen. — Av ras langs marebakken, som ikke når så høyt, så jeg imidlertid mange langs sjøens østlige halvdel som befaringen omfattet. Deres beliggenhet er tegnet inn av Sørheim på rektangelkartet. De vises på lang avstand ved sin steilkant, foran hvilken isen er brutt opp.

Jeg var nede på stranden øst for Selbustrand kirke og tok rasene ved Høyby og Østby i øyesyn. Her er et sammenhengende brudd på henvend 100 m's lengde langs vannkanten. Raskanten er steil, og består av leire, men er lavere enn ved Hammer og Eggen. Den når intet sted opp til den gamle strandkant.

Omfanget av ras som disse i leire avhenger av leirens art. Leirens fasthet i sitt naturlige leie og dens fasthet i eltet tilstand kan være meget forskjellige. Forholdet mellom fasthetstallene i disse to stadier gir et mål for leirens motstand mot utrasing. Under de grunnundersøkelser som ble utført i 20-årene under ledelse av byråingeniør Olsson blev dette forholdstall målt i et stort antall prøver. Jeg har påny gjennomgått rapportene om grunnens art ved Nea's utløp i Selbusjøen, og kan ikke finne at kvikkleir er påvist i noen av prøvene fra borhullene, til tross for at enkelte hullers dybde var over 100 m. Dette utelukker dog ikke at kvikkleir ved fortsatt tapping fra sjøen kan bryte frem andre steder langs stranden som ikke er undersøkt. Ras som går i leire med høyt forholdstall mellom fastheten i urørt tilstand og i eltet tilstand er meget voldsomme og uberegnelige i sitt omfang.»

Den her omtalte grunnundersøkelse av Nea's delta under ledelse av den svenske geotekniske byråingeniør Olsson var meget omfattende og er nærmere omtalt på s. 72 o. f.

Vinteren 1947 gikk der også et ras ved Grøttenselvans utløp. Det tok med sig en sandstrand, og trengte inn på land inntil fast berg blev blottlagt lengst øst i raset. Over leiret såes i raskanten et sandlag av 3 å 4 m's tykkelse.

Vintrene 1948 og 1949 var sjøen ikke så meget nedtappet at det førte til ras. Den laveste vannstand var henholdsvis på kote 158,35 og 159,10. Men i 1950 var vannstanden nede på kote 156,48 og tiltrots for at sjøen i 1947 hadde vært på endnu lavere nivå medførte tappingen i 1950 to meget store ras. På vannstanden 156,94 inntraff 16/3 et nytt ras ved Hammer som tok med sig bygdeveien i vel 100 m's lengde og 14 dagere senere 30/3, hjemsoktes sjøens nordlige bredd av en stor utrasing som gikk inn på dyrket mark ved Fossan. Sjønivået var da på det laveste, kote 156,48. Dette ras er det største som har inntruffet ved Selbusjøen, og som medførte mest skade. Ialt raste der ut 25 å 30 dekar innmark og 40 å 50 dekar slåtteland. En hytte og et naust gikk også med i raset. Sjøen var islagt, og der opstod en flodbølge som brøt opp den halv meter tykke is i flere km's avstand, og som kunde spores helt frem til Nea's utløp, 5 km fra rasstedet. Det var nesten ingen tele i jorden da raset løsnet, og noen av de mindre ras som inntraff til samme tid, 17.30-tiden om eftermiddagen, antaes å skyldes dragsuget efter flodbølgen.

Innenfor rasområdet munner to bekker, østre og vestre Fossumbekk, og raset skal ha begyndt ved Østre Fossumbekk og fortsatt vestover til det stanset mot en tversgående undervandsrygg. Målt langs stranden har raset en lengde på 600 m, men like utenfor strandlinjen var lengden 1000—1100 m. Den smale landstripe som ble tatt av raset er for intet å regne i forhold til de kolossale masser som gled ut på sjøbunden, som må dreie sig om hundretusener kubikkmeter av leire. Det er ikke usandsynlig at Fossumraset har utløst bundras på andre steder i sjøen.

I rasgropen ble der utført jordboring fra isen. Den utraste jordmasse var fra $\frac{1}{2}$ til $3\frac{1}{2}$ m tykk over fast grund, berg eller bundmorene.

Den utgledne jordart bestod av sand og leir. Leir forekommer neppe over 160 m's koten, hvor det i raskantene sees dekket av sand og grus.

Som følge av de store utrasninger fikk forfatteren sammen med jernbanegeolog A. Rosenlund, med skriv fra Norges Vassdrags- og Elektrisitetsvesen av 17/10 1950, i oppdrag å bedømme faren for videre utrasninger i Selbusjøen, under en forutsatt senkning lavere

enn til kote 157. I skrevet ble opplyst at det kommende vår kunde bli tale om å senke sjøen til kote 155, og vi ble anmodet om særlig å ha vår oppmerksomhet henvendt på utløpet av bekkene.

Som følge av dette oppdrag foretok vi en befaring rundt hele Selbusjøens strand, sist i oktober måned.

Under vår befaring bragte vi på det rene, at der foruten de foran beskrevne ras hadde forekommet mindre utglidninger ved Slindelvans utløp, ved Kulvikbekken, mellom Renåa og Tangvolla i buktene ved Kvernodden, og ved Viken, samt vest for Neselvans utløp. Dessuten hadde der utenfor Leikvoltrøen i 1947 løsnet et undersjøisk ras i en lengde av 200 m.

Noen steder, hvor berget vises i stranden kunde eventuelle ras på sjøbunden ikke nå inn over normalvannstanden, hvorfor vi her kunde utelukke rasfare. Andre steder iakttok vi leir over høyvannslinjen. På lavtliggende områder er leiret oftest dekket av grus- eller sandlag, og spørsmålet om utrasing kunde ikke besvares uten ved hjelp av grunnundersøkelser på land og dybdemålinger i sjøen. I vår utredning av 10/11 1950 utpekte vi steder hvor en foreløbig undersøkelse skulde tjene til å isolere områder hvor senere mere inngående jordboring vilde vise sig påkrevet. Det gjaldt i første omgang å påvise berggrundens eller den faste bundmorenes beliggenhet under rasfarlig jordart.

På nærmere angitte steder skulde lodninger i sjøen utføres.

Utrasningene vinteren 1950 foranlediget, at ordføreren i Selbu henvendte sig til Vassdragsvesenet med nedenstående skriv datert jan. 1951:

«Ad utrasninger i Selbusjøen.»

«Som det vel er Vassdragsvesenet kjendt har det i senere år forekommet tildels betraktelige utrasninger i strandlinjen ved Selbusjøen.

I tillegg til at strandlinjen har rast ut på lange strekninger er betydelig areal, såvel dyrket som udyrket mark, gått tapt, offentlig vei har på grunn av utrasningene vært blokert og deler av bygda derfor uten veiforbindelse i flere måneder. Siste vinter gikk også beboelses-hus med i utrasningene, og det var nærmest en tilfeldighet at menneskeliv ikke gikk tapt.

Årsaken til utrasningene er utvilsomt den nedtapping av sjøen Trondheims Elektrisitetsverk har gjennomført, hvilket også er erkjendt av T.E.V.

Da utrasingene har forekommet på en betydelig mindre senkning enn den som T.E.V.'s konsesjon av 1919 forutsetter må en vel med de erfaringer en nå har kunne si at denne konsesjon er gitt på bristende forutsetninger og mangel på erfaringer.

Den kjendsgjærning at utrasingene i 1950 skjedde under en betydelig mindre senkning enn den som ble gjennomført i 1947 beviser etter vår mening at dette forhold er uberegnelig, og at en således ikke absolutt kan bygge på tidligere års erfaring. En større katastrofe kan inntreffe grunnet en mindre senkning enn den som er gjennomført uten nevneverdig skade tidligere år.

En vil i denne forbindelse vise til en uttalelse av direktør Hustad i «Nidaros» av 8/1 d. å., hvor han antyder at Selbusjøen i vinter hvis forholdene gjør det nødvendig vil bli tappet ned til kote 155.

Med de erfaringer en har fra tidligere år mener vi at en slik senkning av Selbusjøen er i høyeste grad uforsvarlig, og går ut fra at Vassdragsvesenet som vel i dette tilfelle er rette vedkommende griper inn og setter en stopper for en så uforsvarlig nedtapping inntil det ved grunnundersøkelser og forbygninger blir godtgjort at det kan skje på betryggende måte.»

Resultatet av de utførte undersøkelser ble forelagt oss i februar 1951. Av disse fremgikk, at på flere strekninger langs stranden var grunnen usikker, så mere inngående boringer med opptaking av prøver ble foreslått. Som usikre omtales i de sakkyndiges rapport av 10/3 1951 en strekning på 550 m på begge sider av Stamneselvens utløp og en strekning på 350 m utenfor Fossan. Hvad de utførte dybdemålinger angår ble disse tatt for spredt til at marebakkenes beliggenhet kunde fremgå av loddskuddene. De måtte i stor utstrekning suppleres for at bunnen skulde kunde kartlegges med en m's ekvidistanse.

Vinteren 1951 ble Selbusjøen sterkere nedtappet enn den noensinde før hadde vært, og dette førte til to nye store jordras. Vannstanden var dette år nede på kote 154,89.

Et par kilometer vest for fjorårets store ras ved Fossan inntraff 26/4 1951 en stor utglidning på gårdene Balstandsanden og Meium ved en vannstand meget nær 155 m's koten. Området var efter de sakkyndiges beretning blandt de rastruete, hvorfor der var foreslått innmåling på kartet av synlig fast berg, opplodding av vanddypet i sjøen og eventuelle jordboringer. Målt langs den gamle strandlinje var rasets bredde nesten 400 m, og raskanten, 10 til 12 m høy, stanset vel 100 m innenfor den tidligere strand. De dybdeloddingen vi hadde



Fig. 13. Leirfallet ved Balstad 26/4 1951.

Clay slide at Balstad Apr. 4, 1951.

G.H. fot. 1/5 1951.

foreslått var foretatt, og sammenlignet med det eldre bundkart viste de, at der måtte ha foregått en utglidning av bunden like utenfor det sted, hvor vestre rasbegrensning skjærer 155 m's koten. Øyenvitner fortalte, at raset begynte ute i sjøen og forplantet sig innover med stor fart.

I rasgropen munder to bekker. Disse ble straks ledet i provisoriske trerenner for å motarbeide graving i raskanten. Rasskrentene viste sand i skråttstilte lag med fall ut mot sjøen. Under sanden sees i bruddets vestre del et metertykt torvlag mellom sandlaget og underliggende leir. Sanden raste etterhvert ned og skjulte leiret. Det rasfarlige leirs overflate lå her som ved Fossan bare i liten høyde over vannlinjen. Det utraste areal var 15 dekar.

Raset må ha foregått på den måte at sandavsetningen har glidd på skråttliggende underlag av leir ut mot sjøen, innledet ved et regulært undervands leirskred. Tappingen i forbindelse med sterk grundvandstilførsel til sandavsetningen må ta sin skyld for utglidningen.

Det annet store ras, som løsnet under lavvandsperioden i 1951 gikk ved Starneselvens utløp 1/5, dagen etter at de sakkynndige hadde

besøkt stedet. Området var omtalt som usikkert, men grunden var ennå ikke nærmere undersøkt. Under vår befaring så vi intet som kunde lede tanken hen på et forestående ras.

Rasets bredde i den gamle strandkant var 200 m og det trengte 160 m inn fra stranden, hvorved et veistykke raste ut. Rasets areal var 32 dekar. De jordprøver som senere ble opptatt viste sand og grus, opplagt av elven, ned til kote 155. På større dyp lå finsand, muligvis med leir under 153 m's nivået. Fra kote 133 skar raset sig inn fra sjøbunden.

Da det viste sig, at boringer til berggrund gjennom morenemateriale vanskelig lot sig gjennomføre foreslo geolog Rosenlund i sin utredning av 5/5 1951 at seismiske undersøkelser skulde taes i bruk. Hertil engasjerte Trondheim Elektrisitetsverk det svenske firma A/B Elektrisk Malmleting, som høsten 1951 foretok seismiske målinger på 6 områder. Av disse fremgår at der i jordlagene over berggrunden i de undersøkte profiler er målt fra to opp til tre forskjellige seismiske hastigheter. Hastighetsvariasjonen beror dels på jordens fuktighet, men for jordlag som ligger under grundvandstanden antas forskjellen i hastighet å skyldes jordlagenes vekslende sammensetning.

For sand og morene som ligger over grundvandstanden er hastigheten fra 200 til 500 m/s. For morene under grunnvannstanden er hastigheten betydelig større, opptil 2000 m/s. En kan si at dette er hvad man med sikkerhet vet foruten at hastigheten i fjeld er minst ca. 4000 m/s.

De jordarter som kommer tilsyne i raskantene langs Selbusjøen er sand eller leire, og i underordnet grad torvjord. Intet sted er kvikkleir påvist. En tredje jordart, bundmorenen, er den almindeligst forekommende jordart. Den sees ikke i raskantene, muligvis fordi den her er dekket av utraset sand og leir, men i veiskjæringer er den ofte gjennemsåret. Bundmorenen er som regel tast pakket og stenheldig. Vi antar at den jordart hvorpå sonderingsboringerne så ofte har stoppet er stenheldig bundmorene. Efter de utførte boringer å dømme og efter arten av det materiale som sees i åkrene finnes den nær sagt overalt utenom bekkedalingene og vassdragene. Men i de gravinger vi har sett i bekkedalene mangler den, og her er dype avleiringer av sand i skråttstilte lag av varierende kornstørrelse.

Den normale, stenhellige bundmorene er en rassikker jordart.

For spørsmålet om jordartens stabilitet er det derfor av stor betydning å kjenne bundmorenens art og utbredelse.

Ved å sammenholde de på grunnlag av målingene angitte forplantningshastigheter i forskjellig dybde med opptatte, kjente jordprøver fra samme lag kunde de sakkyndige mange steder utelukke rasfare. Glidningene i Selbusjøen skyldes marin leir som ligger over berggrunnen eller over bundmorenen. Hvis der ikke forekommer leir mellom sådant underlag og overliggende sandavleiring kan det i almindelighet sies, at der ikke foreligger risiko for ras. Andre steder måtte vi for å komme til sikker erkjendelse av rasmuligheter ta jordprøver til belysning av de seismiske resultater.

20/4 og følgende dager 1955 løsnet et stort ras ved Amdalselvens utløp. Elvens utløp var korrigert og lagt over fjeldterskel på vestre side av den gamle elveos. Loddinger i sjøen viste, at det en gang måtte ha gått et undervandsras utenfor det opprindelige elveutløp.

Raset i 1955 var stort. Med en bredde av 155 m i strandkanten strakte det sig 170 m innover Amdalen. Det utgledne areal var 15 å 20 dekar. Et veistykke, endel tømmer, en sag, en sommerstue og et tilbygg til en låve gikk med i de ni døgn utrasningene varte. Den laveste vannstand var i løpet av denne tid nede på kote 154,95.

Utrasningene begynte med en utglidning av mindre omfang 20. april ved 10-tiden. Vannstanden var da på kote 155,15. Så kom det store ras 22de ved 11-tiden og samme vannstand i sjøen. To timer senere raste ytterligere 15—20 m av indre raskant ut. Mens Selbusjøen fremdeles var under langsom tapping fortsatte utglidninger av mindre omfang. Fra 24. til 25. sank vannstanden fra kote 155,07 til 155,04. Dagen for laveste vandstand, 29., utløstes et større ras ved 22-tiden. Etter en stillstand på noen dage utvidet dette sig ytterligere 3. mai. Vandstanden var da steget til kote 155,14. Da ble låven på Nutudal stående helt ute på raskanten, og efter at et tilbygg til denne ble tatt, strøk også den ubebodde sommerstue med.

Det er to forhold ved dette ras som ikke har vært vanlige for de andre ras under tappingen av Selbusjøen, nemlig *varigheten* og *utstrekningen* innover i landet. Rasvirksomheten varte i 9 døgn, først under synkende og derpå under stigende vandstand innenfor en maksimal variasjon på 20 cm. Såvidt vites har før ikke inntruffet ras av så lang varighet på et og samme sted.

På samme vandstand som det begynte å rase ved Amdalselvens utløp 20. april gikk der også ved 7-tiden et ras på østre side av Aftræt-

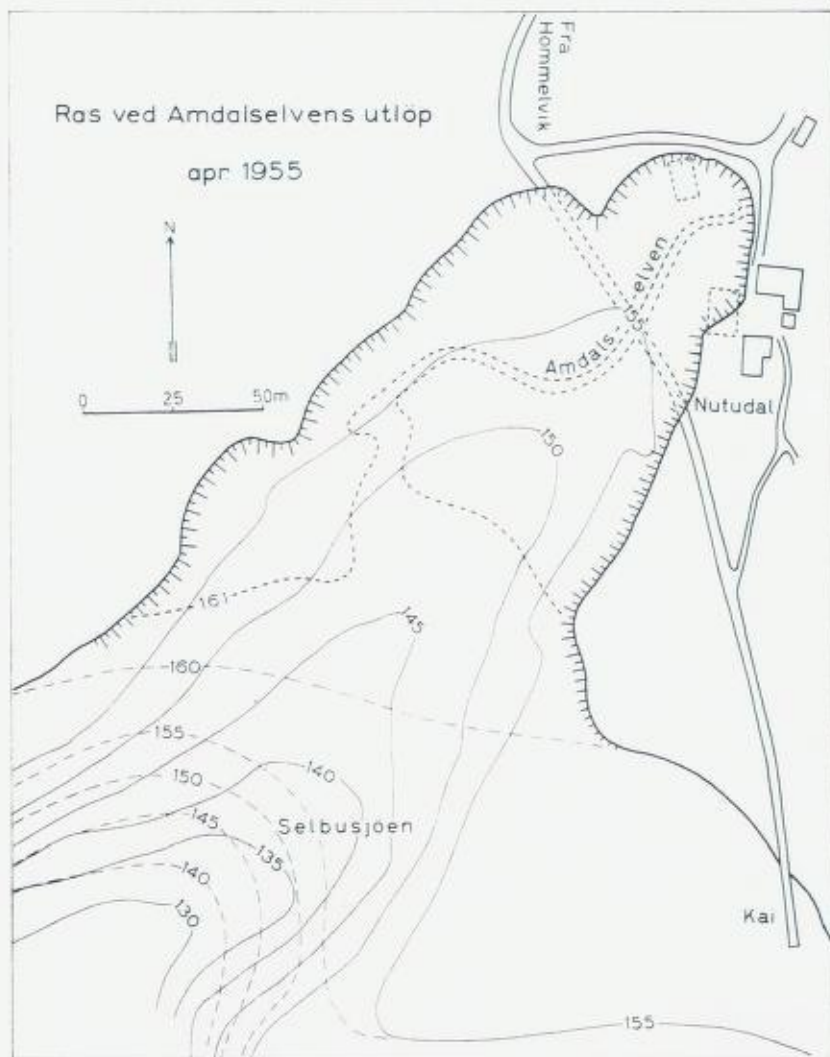


Fig. 14. Dybder ved Amdalselvens utløp før og etter leirfallet i apr. 1955.
Soundings in metres a.s.l. at outlet of the Amdal river before and after clay slide during Apr. 1955.

vika i Selbusjøens søndre strand. På en lengde av 200—250 m raste der ut en stripe av landet med to dypere innhugg, det meste angitt som beiteland tilhørende gården Søndre Kjosnes. En smal gårdvei ble sterkt skadet og måtte omlegges.

Rasene i 1955 inntraff ved en vannstand på kote 155,15. Bare en gang tidligere, nemlig i 1951, hadde vandstanden vært lavere, på kote 154,89. Der hadde også før inntruffet ras i Aftrætвика således i inderste del av viken i 1947 på vandstand 156. Nytt ras på samme lokalitet fandt sted i 1950. Laveste vandstand i dette år var 156,43. Begge disse ras hadde små dimensjoner, og ble karakterisert som utglidninger av marebakker, muligvis som følge av flodbølger etter samtidige store ras i sjøen.

Siden 1941 har inntruffet nedenstående ras og utglidninger:

- 1941 Viken og Dragstelven.
1947 Hammer 29/3 på vandstand 156,50,
Grøttmselven,
Eggen 6/4 på vandstand 156,21 dessuten på tre steder i bukten
ved Kjosnes, ved Dragstmoen, Høiby og Fuglem,
Meium og Setsås.
1950 Kjosnes, på østsiden av Aftrætвика nord for rasene av 1947, og
på tre steder innerst i bukten.
Eidemsneset på to steder,
Flønesbukten,
Kulvik,
Hammer 16/3 på vandstand 156,94,
Renåen,
Tangvolla,
Kvernodden,
Neselven,
Fossan 30/3 på vandstand 156,43,
Setsåsøya,
Nesøra.
1951 Balstad og Meium 26/4 på vandstand 155,0,
Stammeselven 2/5, på vandstand ca. 155.
1955 Amdalselven 20/4—3/5 på vandstand ca. 155,15—154,95,
Aftrætвика 24/4 på vannstand 155,15.

Selbusjøens middelvandstand for årene 1902—1917 ligger på kote 160,46.

Inntil 1947 hadde vandstanden ikke vært lavere enn kote 157,6. I april 1947 da de store ras ved Eggen og Hammer løsnet var laveste vandstand på kote 155,98. I de andre år med store ras, 1950, 1951 og 1955 var laveste vandstand henholdsvis 156,43, 154,90 og 154,95.

Noen av de for vinteren 1950 omtalte ras har foregått på sjøbunden uten å forårsake skade på land. Årsaken til rasene skyldes først og fremst senkningen av vandstanden, hvorved vannets mottrykk på bratte meler reduseres. De tørrelagte meler har så treg grundvandsavrenning at denne ikke holder skridt med senkningen. Underlaget svikter under vekten av de tunge, fuktige meler og raset innledes. Noen av de mindre utrasninger er øyensynlig også kommet istand som følge av flodbølger i forbindelse med de store ras. Sandsynligvis øker rasfaren når vandstandssenkningen foregår hurtig.

Særlig disponert for utrasing er elve- og bekkeoser hvor delta-avleiringer er avsatt. Ras av noen betydning bortsett fra tilløpsosenes marebakker kjennes bare fra 3 steder og det fra vinteren 1947, nemlig vest for gården Hammer, øst for Dragstmoen, ved Leikvollstøen og i 1955 på Aftrætvikas østside.

Det har vist sig at ved gjentatt tapping kan der gå ras selv om senkningen er mindre enn den har vært tidligere. Således gikk rasei 16/3 1950 øst for gården Hammer på en vandstand 156,94 og samme år 30/3 det store Fossanras på vandstand 156,43 tiltrots for at vandstanden i 1947 hadde vært helt nede på kote 155,98. Årsaken kan skyldes streng vinter i forbindelse med tidlig nedtapping, hvorved den oppdukkende sjøbund kan ha vært belastet med et tykt islag som vil forverre stabiliteten og virke på samme måte som en større nedtapping. Da raset ved Fossan gikk var Selbusjøen islagt med to fot tykk is.

Ras i marin leir kan også skyldes forandringer som finner sted i tidens løp. Således vil en utlutning av leirets saltinnhold medføre at stabiliteten nedsettes. En maksimal senkning av sjøens vandflate det ene år utelukker således ikke at ras kan inntreffe en annen gang sjøen senkes til samme nivå.

Som foran nevnt forelå der før reguleringens ikrafttreden planer om sikringsarbeider ved elveosene. Utenfor de tre største tilløp, Tømra, Garbergelven og Nea ble korreksjoner utført og utløpene ble ledet over kunstige terskler. Slindeelven, hvor der hadde vist sig ras i 1950, ble lagt over fjeldterskel.

I 1924 fikk den fremragende svenske geotekniker byråingeniør John Olsson sammen med den svenske geolog Ragnar Lidén og den

norske geolog A. L. Rosenlund i oppdrag fra Trondheim Elektrisitetsverk å utrede grundens art i Neadeltaet og ta standpunkt til om senkning av Selbusjøen til kote 150 var forsvarlig. De grundundersøkelser som ble utført i henhold til dette oppdrag var meget omfattende og for sin tid helt moderne.

Der ble på strekningen Vikaengene—Aarsøya boret 15 huller med prøvetaging. Det dypeste borhull, vestligst på Vikaengene, var 133 m dypt. Ellers ble boret til bergunderlaget nåddes i en rekke huller, så bergets beliggenhet kunde angis med 5 m's ekvidistanse på det ovenfor nevnte område.

Med ledning av prøvenes humusinnhold kunde der skilles mellom en *postglacial* og en *glacial* avleiring. Den postglaciale avleiringen består av grov sand, fin sand og grovmo, som oftest sammen med organisk materiale. Undtagelsesvis opptrer den organiske substans i selvstendige tynne skikt, men er ellers blandet i vekslende mengder med sandmaterialet. Avleiringen representerer fast lagret grunn, og består praktisk talt av friksjonsjord. Gytjeinnholdet er mindre fremtredende på høiere nivå enn i dypet.

Fra den glaciale avdeling er i noen huller av liten dybde tatt sammenhengende prøver. Grunden består av en gjentatt skiktning mellom mjele (0,02—0,002) og leire (< 0,002 mm), hvortil kommer lag av mo (0,2—0,02 mm). Vanligvis varierer skikthykkelsen fra noen millimeter opptil en del centimeter. Jo dypere den glaciale avleiring ligger desto grovere blir dens sammensetning. I to huller hvor grensen mellom den postglaciale og glaciale avleiring ligger på kote 157 er mjele den mest fremtredende jordart, mens i et hull på kote 142 har mosand overvekten.

Jo nærmere borhullet lå Selbusjøens strand, desto tykkere viste den postglaciale avleiring sig å være i forhold til den glaciale. Dette tyder på, at eftersom landhevingen skred frem, ble de postglaciale avleiringer ført lengere utover i sjøen.

Det har fra Vassdragsvesenets side blitt fremholdt at ras ved utløpsosene, særlig ved Neadeltaet, kan få overordentlig store konsekvenser, og i skriv av 19/6 1954 ble det henstillet til de sakkyndige å bringe på det rene om det er nødvendig å foreta ytterligere undersøkelser. Hvis et ras skulde ramme Nea's utløp således at tangen ved Vikaengene ble gjennombrudt, vilde elven kunde senke sitt leie uhindret oppover Selbu.

Rosenlund gjennomgikk påny den rapport han i 1928 hadde vært

med på å utarbeide, for på bakgrunn av de fremskridt geoteknikken i det forløpne tidsrum hadde gjort påny å vurdere rasfaren ved Nea-deltaet, og kom til det resultat at praktisk talt hele den glaciale avleirning består av friksjonsmateriale, og at det er grunn til å formode, at den i 1928 antatte verdi for materialets friksjonsvinkel er for lavt ansett. Etter dette skulde stabiliteten av deltaet være gunstigere enn tidligere beregninger viser. Hvad supplerende undersøkelser angår ble foreslått å utføre seismiske målinger, og når resultatet av slike målinger foreligger kan man ta standpunkt til om ytterligere målinger ansees påkrevet.

De elektriske målinger som ble utført av geofysiker Ø. Logn viste sig uhensiktsmessige for det formål man tilsiktet å klarlegge ved Nea-deltaet.

I denne forbindelse gjorde de sakkyndige i skriv av 2/3 1956 oppmerksom på, at ingen av de på deres initiativ utførte grundundersøkelser forutsatte så stor senkning som til kote 150. Skal man derfor ta sikte på en tapping av Selbusjøen til denne kote må der foretas nye og meget omfattende undersøkelser rundt hele sjøen. I «Tillegg til tidligere betenkninger og uttalelser» av 26/1 1957 skriver de sakkyndige: «Med de erfaringer vi har vil vi ikke tilråde en slik undersøkelse, da man må være forberedt på at der vil inntreffe en betydelig rasvirksomhet ved en så stor senkning som til kote 150».

For om mulig å undersøke om det materiale Nea fører med sig i noen grad blir opplagt på marebakken foretok de sakkyndige en befaring 9/5 1957 på lav vannstand, kote 157,70, til Nea's utløp. Terskelene mellom Aarsøya og Vikaengene lå da tørr, og herfra kunde vi spase på den tørrlagte bund i flere hundre meters lengde utover mot vandflaten, idet elveløpet gikk mellom Aarsøya og Haverneset.

Marebakken mellom Nyøya og Vikaåsen falder bratt av mot stort dyp i sjøen, og begynner utenfor Nyøya på kote 158, og utenfor Vikaengene på et par meters større dyp.

Mens vi gikk østover langs 159 m koten iakttok vi grusører med en og annen hodestor sten, som stakk opp over sanden. Dette grus antas å være fluvioglacialt og har intet med det slamblandede sandmateriale å gjøre som Nea nutildags fører ut i sjøen. Da der ikke vises tegn til sandavsetning kan ingen nevneverdig påleiring av masse innenfor marebakken ha fundet sted efter at den store grundundersøkelse i 20-årene ble foretatt. Tvert imot fikk vi det inntrykk, at bølgeslaget

i den oppdemte sjø har vasket ut en del sand og ført denne ut på dypere vand.

For om mulig å bringe dette på det rene utpekte vi på stedet 4 profiler utover sjøen, som skulde loddes opp og hvis høyder skulde tilknytttes fastmerker. Hvis bunden har forandret sin høyde vil dette muligvis fremgå ved sammenligning av disse profiler med kotekartets høyder på tegning V 1033, datert februar 1923.

Hvad angår utløpene for Slindeelven, Garbergelven og Tømra fremgår av bundkotene, at for en vandstandssenkning til kote 155 må bundforholdene ansees meget gunstige. Vi mener at der ikke foreligger fare for ras ved senkning til nevnte kote ved noen av de tre elveutløp.

Til bestemmelse av rasfaren i Aftretvika konkluderte studentene Åsmund Egggestads og Truls Uggens rapport av 10/8 1956 med at det undersøkte område måtte betegnes som rastruet. Det foreliggende undersøkelsesmateriale gir etter de sakkyndiges mening ikke sikkert grunnlag for en slik konklusjon, hvorfor de sakkyndige foreslår utført poretrykkmålinger i forbindelse med supplerende undersøkelser utført av Trondheimsavdelingen for Norges Geotekniske Institutt.

Aurdalsfjorden i Sør-Aurdal.

Foreningen til Begnavassdragets regulering søkte i brev av 9. april 1953 til Det Kgl. Departement for Industri, Håndverk og Skipsfart om konsesjon til regulering av Aurdalsfjord. Nedenstående opplysninger er hentet fra dette brev.

Aurdalsfjorden er ca. 10 km lang, meget smal og ved forskjellige undervandsrygger og innsnevringer delt i flere bassenger. Omtrent midtveis deles den i to av et smalt sund. Her ligger Sundvold bro.

Ved Åaskjær slutter fjorden med et meget trangt utløp. Følgen av dette trange utløp er at fjordens selvregulering er stor.

Undervannstunnellen fra Åbjøra Kraftanlegg munder i Aurdalsfjorden nedenfor Sundvold bro. Turbinene er lagt slik, at en vandstand over kote 306,75 i Aurdalsfjord vil kunde sjenere kraftstasjonen. Ved regulering av fjorden vil derfor regulert høyvann måtte settes til denne kotehøyde. De grunde partier i fjorden gjør mudring under kote 303,00 ulønnsom, hvorfor laveste regulerte vannstand kommer på dette nivå. Reguleringshøyden blir således 3,75 m. Den naturlige

vandføring ved utløpet av Aurdalsfjord er med vandstand på kote 303,25 15 s/m³.

Fra Åskjær faller Begna jevnt mot Bagn. Fallhøyden på denne ca. 10 km lange strekning er noe over 80 m, som er tenkt utnyttet i en kraftstasjon i Bagn.

Omtrent midtveis mellom Bagn og Åskjær er dalen ganske trang og her er planlagt å bygge inntaksdammen for Bagn Kraftverk, som den nye kraftstasjonen vil bli kaldt. Gjennom en ca. 3,4 km lang tunnel i fjellet vil vandet bli ført fra damstedet til stasjonstomten.

Der søkes også om konsesjon til en utsprenkning ved Åskjær for å få øket profilet her. På denne måte vil man oppnå en flomsenkning som vil komme interesserte rundt Aurdalsfjorden til gode. Utløpet ved Åskjær er nemlig så trangt, at det ikke skal stor flom til før mark og skog rundt Aurdalsfjorden blir oversvømmet.

Dammen vil bli en ca. 32 m høy hvelvdam med krone på kote 308,00. Den vil bli forsynt med et flomløp, en 19 m bred valse med terskel på kote 301,00, og er dimensjonert med de størst tenkelige flommer for øye. Den vil kunde slippe igjennem 500 s/m³ ved kote 306,75 på vandsiden og 670 s/m³ ved kote 308,00. Desuten er den tenkt forsynt med et tømmerløp med skuff og med terskel på kote 304,00.

Mellom dammen og utløpet av Aurdalsfjorden renner elven i det vesentlige i en trang slukt med fjell i dagen, men fra Landmarkgårdene til Klossbøledalen er dalen noe videre, og her vil 106 da dyrket mark, 57 da beite og 362 da skog bli neddemt.

Langs Aurdalsfjorden vil skadene ikke bli så store. Oppdemningen her går ikke høiere enn man kan vente å få vandet også nu under vårflo og under større regnflommer om sommeren. Neddemningen langs Aurdalsfjordens ca. 20 km lange strandlinje vil ramme 73 da dyrket mark, 160 da beite og 198 da skog. Reguleringsmagasinets størrelse mellom koten 306,75 og 303,00 vil bli 11 400 000 m³ og regnes å gi en vandføringsøkning på 0,8 s/m³ til gunst for nedenforliggende kraftstasjoner.

Ved manøvreringsreglement haes bl. a. for øie, at vassdragets naturlige flomvassføring såvidt mulig ikke skal økes.

Foranlediget ved denne planlagte regulering mottok forfatteren i august 1953 oppfordring fra grundeierne på Landmarkgårdene med tilslutning av Foreningen til Begnavassdragets Regulering om å foreta undersøkelser for å belyse risikoen for utrasning, vesentlig på går-

denes innmark. Til bruk for oppdraget fikk jeg fra Reguleringsforeningen tilsendt et kart over elvestrekningen Åskjær—Klossbøledalen i målestokk 1:5000 med 1 m's koter til damkronens høide, 308 m.

Jeg foretok en befaring til Landmarkgårdene 11. og 12. sept. 1953, og gjorde noen enkle undersøkelser av grundens art.

Oppdemningsgrensen, kote 306,75, var angitt i marken ved nedsatte peler. Den dyrkede mark ligger på stenfattig morenegrus med stort innhold av finmateriale, som av grunneierne kalles leir. I lien ovenfor jordene har morenegruset mere sten, tildels store. Bakkene er bratte, og der ble nevnt for mig flere tilfeller av ras, som i tidens løp hadde rammet gårdene i dette lende. Der sees tallrike spor etter gamle skredbaner.

Rasene har løsnet oppe i lien ved at morenemasse og ur tilsammen har glidd på bergunderlaget hvis overflate faller bratt av mot dalbunden. Flere steder så jeg på den dyrkede mark rasmasse som nu dekker det underliggende finsandholdige morenegrus. På noen steder er de store stener rasene førte med sig rensket opp og kjørt på elven. Et sted kunde jeg ved prøvegraving overbevise mig om at den naturlige grund under rasmassen er finsandholdig grus uten tilblending av stor sten.

De fleste av disse rasene er så gamle at der ikke fins noen beretning om dem, men om ett, som rammet bebyggelsen på den gård Anders Landmark nu har, skal der være en beskrivelse i kirkeboken. Ulykken hendte i første halvdel av det attende århundre. Stuebygningene ble revet med av raset som gikk helt ned til elven. En gammel mann som sov i bygningen omkom. Låvebygningen ble forskjøvet, men kunde repareres og senere tas i bruk. Ved graving, som Anders Landmark har foretatt, fandtes under rasmassen bakkens gamle gress-torv.

Like til de siste år har der løsnet ras i lien ovenfor Anders Landmarks eiendom. Et betydelig ras startet i august måned 1951 ca. 150 m ovenfor innmarken. Det omfattet en flate på flere hundre kvadratmeter. Årsaken til at det løsnet er sandsynligvis at skogen (gran) var snauhugget her for 16 år siden. Nu var granrøttene begynt å råtne og bandt ikke jorden så godt som de gjør i frisk tilstand, og den nye vegetasjon av småfuru som kom opp efter hugsten hadde ennu ikke fått store nok røtter. Raset skred ned helt ned til elven, som gikk grumset flere dager etterpå.

Det er imidlertid ikke bare i utmarken at der er fare for ras. Der har i den siste mannsalder også forekommet skred og glidning på innmarken, hvorom jeg har fått høre.

For ca. 50 år siden var jorden sterkt oppblødt om våren. Der hadde ikke vært tele om vinteren, og sneen var dyp. I vårløsningen samlet der sig vann i en forsenkning ovenfor eldhuset hos Anders Landmark. Dette førte til at et ras løsnet og skredmassen gikk helt ned til elven. Samme år viste der sig en stor glidning om våren i Elisa Landmarks jorde. Jorden slog en buformig sprekk i 40 à 50 m's lengde. Sprekken var på det bredeste 10 cm, og det løsrevne flak hadde sunket noe i forhold til marken ovenfor.

Jeg har undersøkt grunnens art nær oppdemningsgrensen ved å grave endel huller til omkring 1,5 m's dybde under markens overflate. Jeg har også på det tilsendte kartunderlag inntegnet oppstikkende berggrunn. Det fremgår herav, at i den sydlige del av det undersøkte område er der berggrunn ved oppdemningsgrensen undtagen på H. Hovdes eiendom nær Motabekken. På Landmarkgårdenes innmark omkring husene stikker derimot berggrunnen ingen steder frem. Nær oppdemningsgrensen består grunnen av finsandholdig grus uten store stener. Finsandinnholdet kan variere noe. I prøvehullet på Hovdes eiendom er det mindre enn i de andre. Nedenfor Anders Landmarks huser er gruset fuktig, mens det på Nils Landmarks og Elise Landmarks eiendommer er tørt og fast til det dyp mine gravinger gikk.

Grusets art er overalt slik at det kan oppbløtes under oppdemningen. Der vil innstille sig et nytt og høiereliggende grundvandsnivå i bakkene nær elvens nye høivandstand. Derved vil bakkene bli tyngre samtidig som materialets kohesjon og friksjon nedsettes. Dette befordrer rasfaren.

Ved en relativ hastig tapning av vannstanden i den oppdemte elv vil grunnvannstanden der hvor jordbakkene er finsandholdige ikke synke så fort som i elven, hvilket vil føre til utrasning.

Ved oppdemningsgrensen vil der efter reguleringen fremkomme et erosjonshakk som følge av glidninger, bølgeslagerosjon og isdannelse. I et jordmateriale som i det foreliggende, og i så bratt situasjon som den nye strandlinje kommer til å ligge, vil erosjonen sandsynligvis fremkalle rett store ras om der ikke gjøres tiltak som kan avverge dem. Det beste tiltak, jeg kan tenke mig som effektiv foranstaltning mot eventuelle ras, er stenkledning av den nye høivandslinje. Stenkled-

ningen måtte i tilfelle være sammenhengende fra det sted hvor berggrunnen når ned til innmarken på Anders Landmarks eiendom og nordover til Elise Landmarks eiendom til det sted, hvor pelerekken ligger høiere enn den opplagte stenrøs ved bakkefoten, en avstand på ca. 700 m.

På Hovdes eiendom er ikke omfattende ras å forutse.

Jordarten i bakkene nedenfor Nils Landmarks og Elise Landmarks huser er i allfald i overflaten mere grusholdig og fast enn hos Anders Landmark. Men til gjengjeld er bakken, særlig nedenfor Elise Landmarks huser, uhyggelig bratt når tanken dreier sig om jordras.

Skulde der bli tale om erstatning for jordskade Landmarkgårdene senere måtte lide som følge av elvens oppdemning utenfor den skade en eventuell skjønnsrett på forhånd kan vurdere, vilde et mere detaljert kart enn det foreliggende gjøre nytte. Det viser sig altid vanskelig for de skadelidte efter en utrasning å påvise hvor den gamle strandlinje lå. For en rettfærdig bedømmelse av sådan skades omfang synes et detaljert kart uundværlig.

Som konklusjon på min utredning av 24/9 1953 til grunneierne og til Foreningen til Begnavassdragets Regulering har jeg anført:

Grunnen på Landmarkgårdenes innmark er som følge av de bratte bakker og av sin art disponert for utrasning. Det inngrep i markens stabilitet som elvens planlagte oppdemning med vannstandsvariasjoner omkring høyvannslinjen vil medføre, kan fremkalle utrasninger av betydelig omfang om der ikke sikres mot stranderosjon i oppdemningsnivået.

Reguleringsforeningen har senere innhentet en prognose utarbeidet av avdelingsdirektør Søgner i Vassdragsvesenet, datert 27/6 1961 vedrørende de vannstandsændringer som kan ventes ved oppdemningsgrensen, Disse, fremholder Søgner, vilde i årrekken 1950—1961, om reguleringen da hadde virket hver sommer gjentatte ganger ha vekslet mellom de tillatte manøvreringshøyder på kotene 306,75 og 305,25, efterat magasinet var fylt om våren. I vinterreguleringsperioden forbeholder Bagn Kraftverk sig en døgnregulering på $\pm 20\%$ i forhold til døgnetts middelvannføring, som ved en regulert vannføring på 50 sm³ kan gi en pendling på 10 cm i vannstanden. Fjorden vil bli holdt full hele vinterreguleringsperioden frem til 10. mars med en uttapping av 1/22-del av magasinet pr. døgn til 1. april da lavvann på kote 303 vil være nådd.

En pendling i døgnet omkring høyvannslinjen på ca. 10 cm kan komme til å virke sterkt eroderende om vinteren hvis der er drivende isflak i magasinet.

Reguleringsforeningen har også innhentet opplysninger fra Norges Geotekniske Institutt om grunnens art på Landmarkgårdene og rasfare. Av betydelig interesse for disse spørsmål er de seismiske profiler som instituttet lot utføre med Geofysisk Malmletings assistanse. Profilene viser, at berggrunnen langs kote 310 likesom langs etpar tverrprofiler er dekket av et lag morenegrus opptil 20 m tykt. Det er derfor utelukket, at eventuelle utrasninger vil stanse på grunn av at de når ned til bergoverflaten og blottes denne.

Geoteknisk Institutt foreslår å hindre erosjon i reguleringsnivået ved å sten-kle hele arealet mellom høyeste regulerte og laveste regulerte vannstand.

Instituttet tar også det forbehold at reguleringsmagasinets tømming må foregå under kontroll, således at tømmingen kan avbrytes dersom der viser sig tegn til ras eller glidning i magasinets bredder.

Med den forutsatte reguleringshøyde på 3,75 m og tapningstid på 22 døgn, blir vannstandssenkningen pr. døgn i gjennomsnitt 17 cm, litt lavere ved begynnelsen av tapningen og litt høyere på slutten av tapningen fordi reguleringsmagasinets areal blir innsnevret. Det er tvilsomt om porevannstrykket i den tilstøtende strand avtar like hurtig som tapningen skrider frem, hvorfor det av Geoteknisk Institutt foreslattes tilsyn under tapningen, med eventuell stans i denne, synes påkrevet.

Ørevatn i Åseral.

I 1953 søkte Vest-Agder Elektrisitetsverk om tillatelse til å regulere Ørevatn mellom kotene 260 som ansæes som almindelig sommervannstand, ved senkning 3,5 m til kote 256,50.

I konsesjonssøknaden opplyses at vatnets bredder for det vesentligste består av berggrunn, og at der ved reguleringen ikke vil forvoldes skade på jord, skog eller beite. Senkningen vil dog kreve forsterkning av 2 veibroer.

Forfatteren fikk av Norges Vassdrags- og Elektrisitetsvesen i oppdrag å avgi uttalelse om den innflydelse den planlagte senkning vil medføre med hensyn til erosjon i elveleiet nedenfor sammenløpet av elvene Logna og Røyselandsåni.

Avstanden fra sammenløpet av de 2 elver nær Aseral kirke til utløpet i Ørevatnet er ca. 1200 m. Røyselandsåni går ovenfor sammenløpet i en meander, hvor den graver sterkt, og dens erosjon søkes stoppet ved en stenforbygning langs høyre bredd. Nedenfor elvenes sammenløp sees en annen stenbeskyttelse mot graving, også langs høyre bredd.

Utløpet går gjennom et sund, som under forfatterens befaring, da vannstanden stod på kote 259,7, var omkring 150 m bredt. Langs venstre bredd ligger et svaberg som faller bratt av mot dypålen, som her har noe over 3 m's dybde. På den annen side av sundet stikker ut en morenerygg med stener av hodestørrelse. Ovenfor dette sundet vider elven sig ut samtidig som den oppgrunnes. I en vik ovenfor sundet ble sondert med en jernstang. Elvesengen har på sine steder et desimetertykt lag av jordblandet finsand, derunder grovere sand vekslende med gruslag. Rasfarlig jordart forekommer ikke.

Ved vannets senkning på 3,5 m er å forutse at elven nedenfor sammenløpet vil skjære sig noe ned, desto mere jo lavere vannstanden er i vannet når der går flom i elven. Til elvene ovenfor sammenløpet vil nedskjæringen neppe nå. Materialet i elvesengene er her grus med stener, og et lite stykke ovenfor sammenløpet er elvesengenes materiale meget solid.

Nogen hundre meter nedenfor elvenes sammenløp deler elven sig i 2 armer omkring en holme. Den vestre (høyre) elvearm bør avstenges. På vestsiden av holmen er løpet øverst grunt, men det blir lengere nede såpass dypt at elven kan innfanges i det. Hvis dette skjer vil det føre til en uheldig sving i elvefaret som kan virke til elvebrudd så elven trenger inn ovenfor 260 m-koten langs høyre bredd.

Når det nye far som forutsettes å danne sig efter at den påtenkte senkning av vannstanden er gjennomført bringes til å gå langs med den østre bredd vil erosjonen kunne hindres i å nå opp til 260 m-koten ved en lignende enkel stenkledning langs østre bredd som den foran omtalte.

Ved Kgl. resolusjon av 11. desbr. 1953 fikk V-A. E. tillatelse til å regulere Ørevatnet mellom kotene 259,62 og 256,50.

Det viste sig under forberedelsen av materialet som skulde fremlegges for erstainingsskjønnene at det vilde være ønskelig å gjøre iakttagelser til belysning av den fastsatte regulerings innflydelse med hensyn til dyrkningsmuligheter.

Av V-A. E. fikk forfatteren i oppdrag å iverksette sådanne under-

søkelser, først og fremst målinger av grundvannstanden på lavtliggende voller langs vatnet, og sammenligning av denne med vatnets vannstand. Det foreliggende kart over Kyrkjebygda måtte suppleres og der skulde gies en ordnet fremstilling av de foreliggende vannstandsmaalinger i Ørevatnet.

I Kyrkjebygda ble etablert 5 peilebrønner hvorav 1 lå på elvens østside på prestegardens grund, og 3 på lavlandet langs vatnets vestside nær elvens utløp. En brønn til på prestegardens eiendom ble ødelagt i pløyningen og satt ut av funksjon. De gjenværende brønner ble i 1955 avlest 2 ganger i uken fra 29/4 til 9/8 og i 1957 fra 30/3 til 16/4. Dessuten ble vannstanden målt i 9 grundvannsbrønner til husbruk hver dag fra 10/4 til 17/4 1957 og i 2 dager 6/9 og 14/9 1955.

I den tid grundvannsmålinger ble utført sommeren 1955 sank ikke Ørevatnets vannstand under reguleringsgrensen før siste observasjonsdag, og vannstanden i de peilbrønner, som lå i lav høyde, var så nær vannstanden i vatnet, at drenering vilde være uvirksom. Grunnvannstanden steg og sank i takt med vatnets vannstand.

Vannstandsobservasjonene i Ørevatnet med og uten regulering i vassdraget er bearbeidet av statshydrolog Jacob Otnes for månedene mai, juni, juli og august i årene 1923—1954. Etter Otnes's utredning hitsettes: Den største flom i denne periode ga en vannstand i Ørevatnet på kote 262,91, men større flommer hadde inntruffet før vannstandsmaalinger ble iverksatt. Der optrer oftest både en vårflo og en høstflo i vatnet. Vårflo inntreffer gjerne i mai, men er observert så tidlig som 19/3 og så sent som 28/6. Dens midlere høyde er ved kote 261,06. Høstflo kommer nogen gang mellom 5/10 og 5/11, men er i 30 årsperioden observert så tidlig som 13/8 og så sent som 25/12. Dens midlere høyde regnes 0,5 m høyere enn vårflorens. Den absolut laveste observerte vannstand er på kote 259,10, og almindelig sommervannstand for juni, juli og august er på kote 259,84.

I de første 10 av det tidsrum Otnes's utredning omfatter var der ingen regulering i vassdraget, i de neste 10 var der nogen regulering i Skjerka, og i de siste 10 år var Skjerka fuldt regulert, men overføringen av Mons vassdraget var ennå ikke kommet inn i bildet.

I manøvreringsreglementet står: «Det skal ved manøvreringen has for øye at de naturlige flomvannstander i Ørevatn ikke forhøyes og at vassdragets naturlige flomvassføring ikke forøkes.»

Det projekteerte overløp ved dammen må derfor dimensjoneres sådan, sier Otnes, at flomforholdene ikke på nogen måte forverres selv

efter at reguleringene i Mon og de fremtidige i Logna kommer til idet Otnes regner med at der under flom også vil bli tappet meget vann gjennom tunnelen til Håverstad Kraftverk.

Observasjonsrekken viser, at i de fleste somre har vannstanden i Ørevatnet bare enkelte dage sunket under reguleringsgrensen på kote 259,62 og somrene 1924, -27, -46, -50 og 1951 stod den hele sommeren over reguleringsgrensen. Men i 4 somre 1925, -29, -35 og 1947 lå vannstanden stått noget under øvre reguleringsgrense så lenge som i etpar måneders tid.

Jo lenger vi søker tilbake i de år observasjonsrekken omfatter, desto lavere finnes vannstanden å være. I 20-årene var sommervannstanden tydelig lavere enn den senere ble. Aller lavest var vannstanden i 1929 da den i juli sank til mere enn 4 dm under den fastsatte øvre reguleringsgrense. I 1934 var den 3,5 og i 1935 litt over 2 dm under den nye reguleringsgrense. Stigningen i vannstanden fra denne tid skyldtes Skjerkas regulering.

Resultatet av grunnvannsmålingene.

Lavtliggende områder, hvis grunnvannstand kan endres nevneverdig ved reguleringen, forekommer i Vassbotn og i Kyrkjebygda, og desuten ett av uanseelig utstrekning ved Bunes.

Med en vannstand i Ørevatnet på kote 259,62 vilde grunnvannstanden i de 4 peilebrønner i Kyrkjebygda ligge mellom 0,34 m i den lavestliggende og 1,15 m under markens overflate i den høyestliggende. Mulighet for drenering på de steder hvor peilebrønnene ligger var således tilstede i nogen av de år som omfattes av vannstandsobservasjoner i vatnet før Skjerka ble fuldt regulert.

Når reguleringen av Ørevatnet trer i kraft vil sommervannstanden ikke synke under øvre reguleringsgrense. Vannstanden i de somre som foran er nevnt som særlig høy, nemlig i årene 1924, -27, -46, -50 og 1951 gir kanskje et bilde av hvordan tilstanden vil bli. Grunnvannstanden på de lavtliggende områder vil stige i meget nær samme forhold som sommervannstanden i Ørevatnet stiger, og mulighet for virksom drenering synes utelukket.

Storvatnet i Rissa og Leksvik.

Denne sjø skal tjene som reguleringsmagasin for Sør-Trøndelags kraftverk ved Seter i Rissa.

Før konsesjonen for regulering ble gitt foretok forfatteren i 1955 på opfordring fra Norges Vassdrags- og Elektrisitetsvesen en befaringsvandring på vatnet for å gi uttalelse om grundens art med henblikk på rasfare.

Vatnets lavvannstand ble oppgitt til kote 131,6 og høyeste flomvannstand (januar 1932) til 133,2. For reguleringen forelå 2 alternativer:

- I. Oppdemning til kote 134,2 og senkning til kote 126,0.
- II. Utelukkende senkning til kote 126,0.

Under forutsetning av alternativ I vil en del dyrket mark oversvømmes med heving av vannstanden. Andre steder står skog ned helt til kote 132. Stranden rundt Storvatnet såvel som vatnets tallrike holmer ligger i stor utstrekning i berggrunn eller i storstenet morenegrus over berggrunnen. Her vil en ny strand eroderes ved bølgeslag og isdannelse.

Storvatnet ligger under den øverste havgrense i trakten, hvorfor det er mulighet for at marin leir forekommer. Synlig er marin leir bare i Fjølvikbotn, men mange steder når torvmyr med flere meter tykt torvlag ned til vatnet, og i buktene hvor tilløpene munder er løs gjørmebunn. Det er mulig, at torv og gjørme dekker leiravsetninger. Ved sonderingsboringer utført av Sør-Trøndelags Elektrisitetsverk ble ikke funnet marin leir utenfor Fjølvikbotn.

I sin utredning av 15. juli 1955 fremholder forfatteren, at ved senkning til kote 126,0 er det å forutse, at utrasning av betydelig omfang vil finne sted. På steder, hvor morenen ligger i steil skråning over den nuværende strandkant, vil utrasningene kunne trenge opp over denne, hvorved noe skogmark kan gå tapt. Enkelte steder, om enn ikke i stor utstrekning, ligger også dyrket mark i så steil skråning at den kan gli ut.

Oppmerksomheten ble av Elektrisitetsverket rettet mot erosjon ved tilløposene, og grunnundersøkelser ble utført ved Bjørsetelva, Breilielva, Dalsauneelva og Ommundvågelva samt bekkene i Overlandsbotn og ved Skarsaunet til rettledning for påtenkte sikringsarbeider.

Ved Fjølvikbotn, hvor leir er utbredt, var større utrasninger å befrykte om vatnet senkes til den naturlige terskel ved Kneggundet

som ligger på 2,5 m's dyp. Rundt Fjølvikbotn sees mange steder en «starrgar», vannplanter på gjørmebunn, som vokser i et belte fra stranden til 2 à 3 m's dyp. Starrgaren slutter med en bratt marebakke. Man må være forberedt på at store deler av starrgaren glir ut når vannstanden senkes 2,5 m. Særlig utsatt er de steder hvor bekker munner.

Grunnens beskaffenhet er sådan, at på steder hvor gårdveiene ligger nær strandkanten, således veien til vestre Kobberrød i 100 m's lengde, og hyggdeveien Liaøybekken—Fjellvik i 450 m's lengde, kan rase ut. Det er ikke mulig ved rimelige sikringstiltak å hindre den slags utrasninger som her kan fryktes. Det ble derfor besluttet å avstenge bukten fra den øvrige del av Storstvatnet med en demning opp til kote 131,75.

Regulering ble gjennomført etter alternativ II. Ved utløpet av vatnet ble bygget en terskel med krone på kote 131,9.

Den første tapping fandt sted vinteren 1960 da laveste vannstand hadde vært på kote 127,94, d.v.s. 4,0 m under normalvannstand. Ifølge rapport av 29. april 1960 fra vassdragsvesenets inspeksjon av ras og forbygningsarbeider ved civilingeniør Bjarne Sundt hadde tappingen hatt adskillig jordskade tilfølge. — Ved Espenes var rast ut dyrket mark langs stranden i en lengde av 300 m. Gårdveien til Isak Espenes var brutt i 50—100 m's lengde, og et båtnaust innerst i bukten med en robåt og en motorbåt var rast ut og var drevet 50 m bort.

Ved Hjalmeråsbotn var store utrasninger å se på begge sider av bukten, særlig på østsiden hvor det på en lengde av 200—300 m og bredde av 7 til 10 m var rast ut dyrket mark.

Gårdveien til Lorentz Bukten var rast ut i ca. 200 m's lengde. Også ved tilløpene, hvor diverse sikringstiltak var utført, ble konstatert betydelige utrasninger som følge av erosjon i sjøbundens løse masser.

Ved Bjørsetelvens utløp (rektangelkartets Ramslielv) ligger holmer av fin sand hvorimellem elven lett vil erodere og senke sitt leie når vatnet er nedtappet. Det ble derfor planlagt å lede elvens utløp i skjæring gjennom berg, og inn i denne ved hjelp av en jorddam. Grunnboringer langs damaksen viste at der under et lag løs sand av 1,0—1,7 m's tykkelse ligger grov grus formentlig en gammel elveseng.

Ved inspeksjonen 21/4 1960 var det stort sett ikke noe å bemerke uten en del graving i jordmassene på høire side utenfor utløpstorskelen.

Ved Amundvågelva ble grunnboret til berg nedenfor veibroen. Største jorddybde angis til 5,70 m. Brokarrne er fundamentert på

stokker, som sannsynligvis vil råtne under tørrlegging når vatnet senkes. For å stanse eventuel tilbakegående erosjon er det planlagt å bygge en terskel nedenfor broen. Etter den første nedtapping hadde elven senket sitt leie over sjøbunnen inntil 50—60 m fra brofundamentet. Da elveleiet nedenfor broen er storstenet vilde man se tiden an før sikringstiltak skulde utføres.

Breilielvas utløp skulde også ledes gjennom en bergskjæring. Elveleiet og grunnen i bukten er løs og lite motstandsdyktig til henimot 10 m's dybde, og langs breddene ligger myr med flere m dypt torvlag. Elven skulde ledes inn i skjæringen ved en jorddam. Da lededammen var ferdig viste den sig utætt, og vannstanden var like høy innenfor som utenfor kanalen. Lekagen ble betydelig redusert ved at steinkledt leirmasse ble lagt på kanalens vannside. En omlegging til en annen kanaltracé som var antydnet, må ansees som en mere betryggende sikring.

Ved Dalsauneelvas utløp viser kartet bratt marebakke utenfor Osneset. I myren elven gjennomstrømmer er sondert til vel 4 m's dyp uten at fast grunn er nådd. Her var ikke utført noen sikringsarbeider, og elven hadde etter vatnets første senkningsperiode gravet sig nytt leie i den gamle sjøbunn.

Hulbekken i Overlandsbotn render i en avstand fra vatnet på ca. 80 m over myrjord hvis tykkelse kan nå opp til 5,5 m, og berggrunnen ligger henimot 6 m under myroverflaten. Ved vatnets senkning vil bekken kunne skjære sig ned i myrjorden og bli vanskelig å komme over. Bekkens utløp ble derfor lagt over en fjellterskel hvortil en lededam ble ført frem. Til høire for denne hadde store utrasninger funnet sted.

Videre viste det sig ved inspeksjonen 21/4 1960 at bekken i Bukten hadde senket sitt leie henimot veibroen, og ved Heggenbekkens løp på sjøbunnen ble konstatert store utrasninger over et 30—50 m langt parti samtidig som bekken hadde gravet sig noe bakover.

Vinteren 1960—1961 var laveste vannstand på kote 128,86. Det opplyses fra Sør-Trøndelag elektrisitetsverk at der herunder ikke fandt sted utrasning av noen betydning.

Randselvens oppdemning for Viulfoss Kraftverk.

På oppfordring av konsulent, sivilingeniør Elliot Strømme foretok forfatteren 16. juli 1955 sammen med ingeniøren en befarings tur av Randselven langs et elvestykke, hvor Viulfoss Kraftverk aktet å demme

opp elven ca. 15 m med en dam beliggende nær den sydligste jernbanetunnel på Honsrud gårds eiendom. Oppdemningen vil virke 2,5 km oppover elven til litt ovenfor Viul Hovedgård, idet den når opp til kote 92,5.

Der går høye og bratte jordbakker ned til elven. Jordarten er grus, sand eller leir, og det var spørsmål om i hvilken utstrekning der ville fremkomme utrasninger ved oppdemningen.

Resultatet av befaringen var, at hvor der er friksjonsjord, sand og grus, ved oppdemningsgrensen kan der nok bli høye ras i de bratte bakker, men neppe ras av uberegnelig omfang. I leir kan det derimot være mulighet for omfattende utrasninger. For å undersøke leirets utbredelse ble det derfor tilrådet å utføre jordboringer ledsaget av prøvetaking, så faren for utglidninger som kan ramme bebyggelse, veier og jernbaner kunne klarlegges.

Det ble overlatt til Norsk Teknisk Byggekontroll i samarbeide med ingeniør Strømme og forfatteren å utføre de grunnundersøkelser og stabilitetsberegninger som ansåes fornødne. Særlig oppmerksomhet ble rettet mot elvebredden nedenfor Viul Hovedgård, og mot en jernbanefylling på venstre bredd mellom 2 tunneller litt ovenfor damstedet. Nedstrøms for Viul Hovedgård ble jordboring utført langs elvens høyre bredd i 3 profiler loddrett på elvens retning. Avstanden mellom borprofilerne var henholdsvis 240 m og 130 m. Sonderingsboringer ble utført såvel under som over oppdemningsgrensen. Lavest i elvebakkene, nær elvens nivå, stoppet dreieboret i sand og grus, høyere oppe i skråningene i fast mosand. Ved et borhull ble nedsatt forerør og spyleboret. Spylevannet forsvandt på kote 86,40, formentlig i et gruslag. Herfra ble rambor ført ned gjennom borhullet, og der ble ramsondert til kote 82,5. Motstanden mot ramboret var meget stor.

De utførte sonderingsboringer, ialt 10, viser at øverst er jordarten løst lagret fra 2 til 6 m's dyp. Tykkelsen av dette lag tiltar med skråningens høyde. På større dyp ligger meget fast lagrete friksjonsjordarter, antagelig fortrinsvis mosand. En prøveserie som ble tatt fra kotehøyde 98,7 til 5 m's dyp viste, at den øvre, løse jordart i skråningen består av finsand med noe innhold av mjele. På 4 og 5 m's dyp ligger mjele med tynne lag av finmo og leir. Skjærfastheten er høy og sensitiviteten liten.

Skråningene står så bratt som 30°, på enkelte partier ennu steilere. Den mosand som ligger ved oppdemningsgrensen og høyere enn denne er så løst lagret at den neppe har større friksjonsvinkel enn 30°. Man

må derfor regne med at sikkerheten mot glidninger av skråningen er liten.

Foran Viul Hovedgård ble oppdemningsmagasinets strandkant forsterket med en sten- og grusledning. Fare for utrasning av forbindelsesveier er ikke tilstede.

Når vannstanden tappes ned etter at bassenget i lengere tid har stått fylt vil porevannstrykket kunne medføre nye ras i skråningen.

Mellem 2 tunneller ligger jernbanelinjen delvis på fylling ved km 4806. Berget er dårlig i dette område. Skråningsfoten i vannkanten er sterkt forvitret og består tildels av alunskifer. Jernbanelinjen ligger ca. 30 m over elven på kote 105. Massene fra en skjæring mellom tunnelene er tippet utfor skråningen.

Der ble utført sonderingsbøringer i skråningen og spesielt nær skinnegangen for om mulig å konstatere om denne er fundamentert på berg. I så fall vil en eventuell utglidning av fyllingen ikke spille noen avgjørende rolle for jernbanens sikkerhet. Imidlertid viser noen av

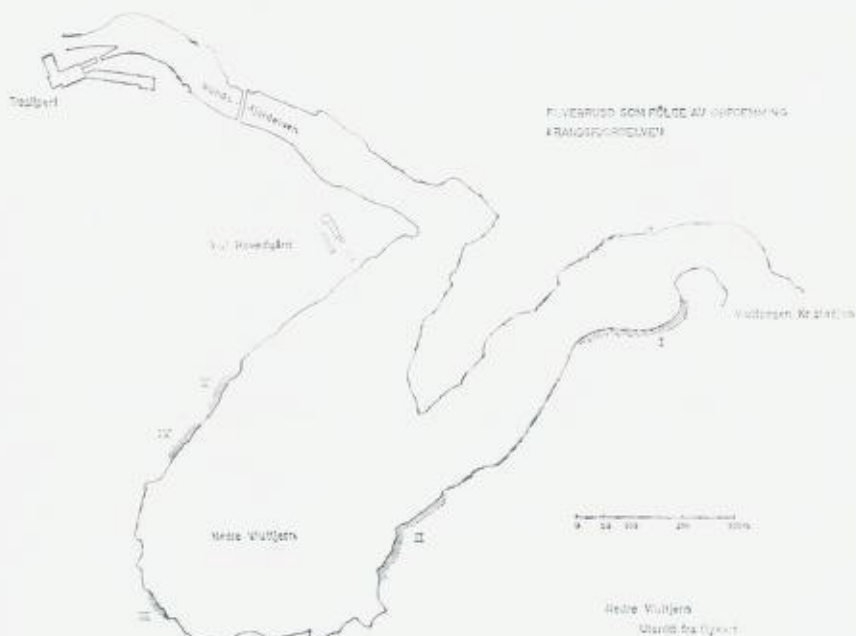


Fig. 15. Oppdemning av Randselva ved Viul.

Damming of Randselva at Viul.



Fig. 16. Utsnitt av rasområdet nær Viulfossen, fig. 15.

Sector of the break near Viulfossen, fig. 15.

Viul Tresliperi fot. 21/8 1959.

borhullene nærmest skinnegangen at man ikke kan regne hermed, men med at sikkerheten av jernbaneanlegget er avhengig av at løsavleiringen i skråningen blir liggende på plass. Hvis denne glir ut vil neppe linjen kunne trafikeres. Skråningen ned mot Randselven er meget bratt, med en gjennomsnittlig skråningsvinkel på ca. 40° . Man må regne med at dette er nær massenes naturlige friksjonsvinkel. Etter oppdemningen vil skråningen settes under vann til kote 92,5, og hvis vannstanden senkes raskt kan dette forårsake en utrasning hvis vannstanden senkes hurtigere enn grunnvannssenknningen kan følge med.

Den beste løsning til sikring av jernbanen synes å være bygging av en støttemur over berggrunnen langsmed jernbanen mellom de to tunneller.

Ved forespørsel 26/4 1962 fikk forfatteren opplyst av Norges Statsbaner, at jernbanelinjen ble sikret ved opførelse av en støpt støttemur i 16 m's lengde. Den ble fundamentert på avtrappet alunskifer, smurt med asfalt. Murens høyde er opp til 3 m. Til støpningen anvendtes spesialsement.

Efter at dammen var bygget og oppdemningen til kote 92,5 iverksatt sist i mai 1958 innfant der sig noen ras ved oppdemningsgrensen. Fotografier av disse ble av Viul Tresliperi velvillig stillet til forfatterens disposisjon sammen med en kartskisse over oppdemningen, hvor rasstedene er inntegnet. Fig. 15 er en forminskelse av kartskissen. Som kartet viser ligger 5 rassteder langs høyre bredd. Det største ved lokaliteten Svarthol, I på kartet, er over 200 m langt. Et utsnitt av det er fremstillet på det reproduserte fotografi, som viser sandlag av varierende kornstørrelse. Rassted II er 170 m langt. Materialet her er finsand, og som følge herav er bruddet steilere enn i I. De øvrige ras er steile, men betydelig mindre både i høyde og i utstrekning.

Så lenge vannflatens høyde bare svinger noen få desimeter, som den gjør under normal drift av kraftstasjonen, er neppe større utrasninger å befrykte.

Vekteren i Grong.

Av Hovedstyret i Norges Vassdrags- og Elektrisitetsvesen fikk forfatteren i februar 1959 i oppdrag å gi en uttalelse om hvad overføring av vann fra Namsvatnan vilde medføre av jordskade og sandflukt i sjøene Vekteren, Limingen og Tunnsjø.

Efter de iakttagelser forfatteren foretok i mai 1959 skal her omtales den jordskade, som måtte antas å ramme Vekteren.

Efter reguleringsplanen skal Vekteren senkes ved hjelp av en kanal fra utløpet til kote 440. Vannstanden under forfatterens befarings ble oppgitt til 444,42. Laveste observerte vannstand er 443,71. Den vannstandssenkning som vil medføre jordskade kan derfor regnes til 3,71 m.

Hvis intet tiltak gjøres for å hindre tilløpenes tilbakegående erosjon, vil Huddingelven senke sitt leie fra 440-meternivået i sjøen til Bjørkmo gård, en avstand på 3,6 km.

Andre store tilløp, fra Saksvatnet i vest og fra Lillevatnet ved Myrheim i øst, renner til Vekteren over fast bergterskel, og vil ikke skjære sig ned.

Jordarten langs Huddingelven er finkornet sand med liten motstandsevne mot rennende vanns erosjon. Vårflommer har medført brudd i venstre elvemel nedenfor Bjørkmo, hvoriblandt et ganske stort efter en flom i 1953. Sten- og grusbunn i elvesengen sees ikke før ca. 1 km nedenfor veibroen.

Nord-Trøndelag Elektrisitetsverk har utarbeidet et diagram som viser at hvis tapningen fra Vekteren begynner 20. februar, vil vannstanden være minket til kote 440 1. april, og vannet vil være nedtappet til reguleringsgrensen til 1. mai, altså i 30 dager. Vårflommen vil heve vannstanden i Vekteren til kote 444 20. mai. I tiden fra 20. februar til 20. mai, altså 90 dager, vil Huddingelven årlig få fornyet erosjons-evne. Dette vil i den løse jordart fremkalle en rask nedskjæring. Nogen naturlig terskel, som kan stanse den, forekommer ikke. Først øst for husene på Bjørkmo ligger elvesengen i motstandsdyktig grus- og stenbunn. Elvens fall mellem Bjørkmo og sjøen er ubetydelig.

Selv mens elven er isdekket, vil graving finne sted. Med den økede strømhastighet Huddingelven får når Vekteren er nedtappet, vil graving pågå under isen, således som erfaring fra Gudbrandsdals-Lågen og andre regulerte vassdrag viser. Når elven går opp, river isflakene jorden med sig og brudd fremkommer i breddene.

Utenfor elvens utløp i Vekteren er det grunt vann langt utover, og det er også langgrunt utenfor gårdene Vekteliën. Områder av betraktelig areal vil således tørrlegges før vårflommen fyller sjøen.

Det jeg har sett av bunnnsedimentet, er av lignende kornstørrelse som det materiale, der gir sandflukt ved Gäddede ved Kvarnbergsvatnet i Sverige, men fare for sandflukt i Vekteren synes ikke å kunne være tilstede på den årstid vatnet skal være senket.

For å begrense erosjonen i Huddingelven foreslo Kraftverkene i Øvre Namsen å bygge en tett terskel over Vektorsundet opp til kote 443. Beliggenheten for denne ble fastsatt efter en grunnundersøkelse utført av lic. techn. Åsmund Tveiten i 1958 hvor vanndybden ikke oversteg 4 m, og hvor berggrunnen ifølge seismiske undersøkelser ikke lå dypere enn 6 m.

Jordskade i elv etter regulering

Gudbrandsdal-Laugen og Otta som følge av Otta- og Vinstrareguleringene.

En elvs erosjon og materialtransport er avhengig av strømhastigheten. Jo større denne er desto mere graver elven i bund og bredder, og desto større blir de masser av grus og sand, som strømmen drar med sig. Når strømhastigheten vokser tiltar såvel erosjonen som materialtransporten i sterkt stigende grad. Det er under flom at strømmen er sterkest og da river den med sig mest materiale og frakter dette nedover vassdraget til det blir lagt opp på steder, hvor strømmen går langsommere. Herunder sorteres materialet således at det groveste først kommer til ro mens det finere føres lengere med strømmen.

Efter en flom kan en noen steder se, at elven har gravet, fordypet og utvidet sitt leie, andre steder at der er blitt lagt opp nye grunner og ører. Jo større flom desto større forandringer i elveleiet. Dertil kommer at flommens varighet også har meget å si.

Erosjonen avhenger også av andre faktorer enn av strømsstyrken. Tømmer og isflak som stanger mot bredden løsner på materialet så strømmen får tak, likesom frosten har en sterk nedbrytende virkning på elvebreddene.

Der har til alle tider pågått graving og opplegging av grus og sand i Laugen som i andre elver. Sommeren 1789 inntraff den største skadeflom som i historisk tid har herjet det søndenfjeldske Norge. Den er kaldt Ofsen, og der fins samtidige beretninger om den samlet av Amund Helland i verket Norges Land og Folk, Kristians Amt. B. I. Amtmand Kristian Sommerfeldt skrev om flommen allerede året efter i Topografisk Journal, H. 14, pag. 28. Efter Hellands gjengivelse hitsettes:

«Intet år er i dette land blevet så merkværdigt ved ulykkelige virkninger af regn og tøveir som året 1789. Det begyndte med en stor og her usædvanlig vandmangel som følge af det foregaaende efteraars tørre frost. Den 18de og 19de mai begyndte østenvind med sterkt regn da elvene allerede gjorde nogen skade, siden herskede østenvind og regnveir den hele sommer med varm luft. Gammel sne smeltede i fjeldene. Grunden var bleven løs ved tælen som i den forrige vinters langvarige barfrost var gået nogle alen dybt ned i jorden, og den 22de og 23de juli efter et umaadeligt regn brød de forfærdelige ødelæggelser

ud, som rammede så mange egne af riget, men ingen mere end dette amt og Gudbrandsdalen især. Jord og sten for ned af fjeldsiderne, omstyrtede huse og bedækkede det dyrkede land. Elve og bække, som faldt ned fra høiderne, gikk ud af deres baner, tog nye løb, skar dybe dale gennem ager og eng og bortførte baade jord og afgrøde. Sjøerne og de store elve steg over sine bredder og oversvømmede de blomstrende enge og agre. Mjøsen var nesten skjult med vrage, og så uren, at fiske blev syge og uspiselige, og endnu (i mai 1790) har dette vand ikke fået sin klarhed igjen. I lang tid efter flommen var Mjøsen fyldt af træstammer, tømmer, bohaver og husrester. Det blev paastaaet at mellem Ringsakerlandet og Nedalen i Biri, hvor Mjøsen er en fjerding bred, laa der en slig vragmasse af alle slags saa at man godt kunde paataget sig at gaa tvers over paa den.»

De store elver Otta, Laugen og Sjøa var tykke som leirsuppe, og der fløt så tett med træer, at det så ut som en flydende skog, hvor der var stille vand.

Johan Storm Wang skrev i Skillingsmagazinet for 1837—38 at regn, ikke almindelig, men i strømme, styrtet ned mens tordenen slog uavladelig. Dette stod på i 14 dage inntil flommen kulminerte 23de juli. Elvene vokste til en høyde og voldsomhet, som man aldrig hadde hatt forestilling om, og fruktbare sletter forvandlede til rivende strøm. Broer, kvernhus, stokk og sten, alt ble skyllet bort og førtes i sammenhopede dynger med strømmen.

Foruten flom i bekker og elver løsnet der jordras overalt i bratte ller. Bare i Opland fylke omkom 68 mennesker. Ras demte opp vassdragene så de i stor utstrekning tok nye løp. Laugens elveseng var på sine steder ikke til å kjenne igjen. Gamle ører og holmer var borte, andre steder var nye ører og sandbanker lagt opp. Sand blev ført inn over lave bredder og begravet gressvolden i metertykke lag. Ved gravning av brønder og dype drengrofter på elveslettene kommer en nutil dags mange steder ned på humusrike lag under sanden. Det er gammel kulturjord, som antas å være brukt før Ofsen skyllet over den.

Ofsen var voldsom i alle de dalfører som har sine kilder på Filefjeld, i Jotunheimen og omkring Dovrefjeld.

Generalveiintendant Peder Anker og Generalveimester Lars Ingier beså i august og september ødeleggelsene, og Anker utvirket «at Kongen under 17de mai 1790 skjenkede til veienes istandsættelse i Akerhus stift 10 000 rdlr, 2de officerer med 50 soldater af de gevorbne søndenfjeldske og nordenfjeldske regimenter som skulde komme de



Fig. 17. Støtten ved Grindalen i Elverum med de store flommers vannstand.

Column at Grindalen, Elverum, showing major floods.

Falck-Muus fot.

mest trængende almuer til hjælp». Veien gjennom Gudbrandsdalen ble da under ledelse av generalveimesteren oparbeidet i løpet av årene 1790 og 1791.

Av år med stor flom på Østlandet i forrige århundre kan nevnes 1808, 1827, 1828, 1846, 1850, 1858, 1860, 1867, 1887, 1890 og 1897. På Grindalen i Elverum står nær Glåmas bredd en støtte med flommens kulminasjonsvannstand avmerket.

Det er sparsomt med beretninger om flommene, men bokverket «Kanalvesenets Historie» B. III, 1881, inneholder en omtale av de utbedringsarbeider, som ble foretatt på statens eiendom Ringebu Prestegård, etter en skadebringende flom 1858. Det heter her: «Da Kanaldirektøren i begynnelsen av mai 1859 foretok en befaring av Prestegården fandt han store elvebrudd etter foregående års flom. Elvebredden stod i steilt brud i en lengde av nesten 2000 fod, og han rådet til at lade den beskytte ved anlegg av 10 buner på hver ca. 100 alens lengde. — Da Kanaldirektøren senere på året etter at flommen var gått, så at dybden foran bruddene var i den grad øket, at de påtenkte buner måtte utlegges fra isen, måtte han søge om et tillegg til det beregnede beløp, som bunene var kalkulert til at koste. Kirkedepartementet gikk med på tilleggsbevilgningen.

Nabogården Vestad var også skadet av ras, og Kanaldirektøren fandt at også her måtte elvebredden sikres. Hans forslag gikk ut på også her at bygge buner, 12 i tallet langs volden nedenfor Borkøen til Elstad, og dertil skulde løbet innenom Borkøen aftrappes med 13 dammer for at frembringe oppgrunning. Dette vilde være til beskyttelse så vel af Elstads som af Prestegårdens jord, og Kirkedepartementet gav sitt samtykke til bevilgningen.

Efter storflommen i 1860 viste sig stor skade på forbygningene, ikke mindst fremkomne under flødningen, og ved bunene var meget materiale af sand oplagt.»

Flommen i 1860 kulminerte i Mjøsen 21. juni. Vannstanden var da 8,7 m over naturlig lavvand. I Hamar gikk vannet opp i høyde med det øverste av vinduene i 1. etage i Strandgaten. Ved Eidsvold stasjon gikk flommen 1½ m over skinnene, og i stasjonsbygningen ¾ m over gulvet i 1. etage. Tunnellen ved Eidsvold var oversvømmet i hele sin lengde. Mellom 19. og 20. juni steg vannstanden 0,72 m i Mjøsen. Ifølge Sætren: Beskrivelse av Glommen 1904 S. 173, steg Laugen 2 fot fra 17. til 18. juni, men hvor dette ble målt står ikke angitt.

I Fåberg tok flommen Brunlaug Bro.

Regulering virker dempende på vassdragenes flommer. Et av de beste eksempler herpå er flomskadene i Lillestrøm som ble sterkt redusert ved Mjøsreguleringen 1910.

Fra år 1896 er vannstanden avlest på et vannstandsmerke i Losna, og fra 1901 på et vannstandsmerke ved Lalm i Otta. År med stor flom fremgår av nedenstående tabell.

FLOMTOPPER

<i>Ar</i>	<i>Losna</i>		<i>Lalm</i>	
1958	2/7	5,02		2/7 6,00
1957	18/6	3,58	25/7 3,58	18/6 4,45 24/7 3,86
1956	14/6	3,95	7/7 3,51	13/6 4,80 6/7 4,30
1955	25/6	3,20	13/7 3,65	25/6 3,70 13/7 4,70
1954	26/5	4,28	17/7 3,40	25/5 4,40 15/7 3,72
1953	17/6	3,57		16/6 4,30
1952	7/5	3,52	11/7 3,47	7/5 2,47 12/7 4,40
1951	28/6	3,50	12/8 4,05	28/6 3,50 11/8 3,80
1950	9/6	4,44		9/6 5,35
1949	22/5	4,05	7/6 4,00	22/5 3,98 6/6 4,20
1948	19/6	3,62		18/6 4,45
1947	18/5	3,75	24/6 3,03	18/5 3,55 24/6 3,69
1946	1/6	3,54	7/7 3,55	1/6 4,10 6/7 4,60
1945	27/6	4,00		26/6 5,10
1944	11/6	4,05	12/7 4,03	11/6 4,20 11/7 4,80
1943	14/6	4,23	23/7 3,28	14/6 4,97 22/7 4,35
1942	19/6	3,12		19/6 3,70
1941	31/5	3,05	15/7 2,91	31/5 3,41 14/7 3,80
1940	28/5	3,33		27/5 3,82
1939	21/6	5,82		21/6 5,85
1938	11/6	3,78	2/9 6,32	11/6 4,35 1/9 6,80
1937	24/5	4,46		24/5 4,95
1936	14/6	4,35		14/6 4,85
1935	26/6	4,55		25/6 5,80
1934	10/5	5,45	4/9 4,35	9/5 5,10 3/9 4,20
1933	11/6	3,80		9/6 4,19
1932	2/6	3,96	9/7 4,60	1/6 3,92 8/7 5,60
1931	27/5	4,04	11/7 3,82	27/5 3,80 10/7 4,95
1930	29/5	4,47	27/6 3,97	28/5 4,50 26/6 4,75
1929	28/5	3,62	9/8 3,18	29/5 3,80 8/8 3,56
1928	7/5	3,04	17/7 3,03	7/5 2,30 16/7 4,10
1927	9/7	4,75		8/7 5,60
1926	11/6	4,38		11/6 5,20
1925	31/5	4,74	12/6 4,28	30/5 3,30 11/6 5,40
1924	24/6	5,07		23/6 5,60
1923	14/7	4,82		13/7 6,15
1922	16/6	3,30	11/7 3,73	15/6 3,33 8/7 4,50
1921	30/5	4,78	13/7 3,10	29/5 4,83 12/7 4,50
1920	24/6	4,60		23/6 5,71
1919	25/5	3,36	10/6 3,10	25/5 3,38 9/6 3,70
1918	24/5	3,35	13/7 3,40	23/5 4,10 12/7 4,12
1917	31/5	4,62		31/5 4,50
1916	11/5	5,05		11/5 4,55
1915	8/7	3,85		7/7 4,80

År	Losna			Lalm		
1914	8/7	4,45		7/7	5,92	
1913	5/5	3,70	9/6 3,30	6/5	3,22	8/6 3,96
1912	27/6	3,08	12/8 3,75	26/6	3,76	11/8 3,80
1911	6/6	3,85		6/6	4,80	
1910	15/6	5,37		15/6	6,23	
1909	26/6	5,02		25/6	5,50	
1908	2/6	4,50	14/8 4,71	2/6	4,46	14/8 4,80
1907	15/6	4,28		16/6	4,90	
1906	19/5	3,61	18/8 4,04	19/5	3,30	17/8 4,95
1905	25/6	4,67		25/6	4,00	28/6 5,50
1904	4/6	3,98		5/6	3,60	
1903	2/6	4,51	22/8 3,95	1/6	4,52	29/6 5,20
1902	29/6	3,84		29/6	4,97	
1901	14/5	4,32	12/6 3,50			11/6 4,00
1900	6/6	4,10				
1899	7/7	4,14				
1898	12/6	4,07				
1897	31/5	5,29				
1896	9/6	4,62				

Noen år er der flere flommer. Første flom kommer tidlig i mai når snesmeltingen pågår i den lavere del av nedbørområdet. Senere kommer fjeldflommen.

Lav vannstand under flom inntraff i Losna 17/7 1928 da den var 3,03, svarende til en vannføring på 785 s/m³ mens samtidig vannstanden ved Lalm var 4,10 med vannføring 524 s/m³. Vårflommen pleier å være liten når den kommer tidlig. Således var det eksempelvis i 1928 7/5 da vannstanden i Losna stod på merket 3,04 svarende til 790 s/m³ og ved Lalm på 2,30 svarende til 191 s/m³. I 1941 var der to flommer, men små. Den første kom 31/5 etter varmt vær, men uten regn, med vannstand 3,05 i Losna svarende til 795 s/m³, og ved Lalm 3,45 med 389 s/m³. Den annen kom 15/7 med vannstand i Losna på 2,91 og vannføring 715 s/m³, ved Lalm 3,80 og vannføring 460 s/m³. Denne julivannstand i Losna er som flom betraktet den laveste i inneværende århundre. Den høyeste flom, som er målt på Losna vannmerke var en høstflom. Den kulminerte 2. sept. 1938 med høyden 6,32 og vannføringen 2625 s/m³. Det var etter sterkt regn i fjeldene de 2—3 dage før flommen kom, på Sikkildalsseter 157 mm, i Bøverdalen 83 mm, i V. Gausdal 141 mm og i Heidal 134 mm.

Stor høstflom kom i 1906 i siste halvdel av aug., og en annen i 1934 først i sept.

Når magasinene er fylt har de tapt sin naturlige reguleringsevne. En regnfull høst kan derfor føre til større flom i et regulert vassdrag enn den vilde blitt i det uregulerte. Et uregulert vann vil holde lengere på flommen enn et regulert, og virker således utjevnende på flombølgen nedover vassdraget. For å opnå det samme i et reguleringsmagasin må dette ikke fylles helt, men holde i beredskap rom for en regnflom, et såkalt dempningsmagasin.

Høsten 1961 var regnfull. Kraftverkmagasinene i Vest-Telemark var fulde i midten av oktober så man ifølge en avisnotis i Morgenbladet for 17. okt. må regne med like store høstflommer som de fylket hadde før reguleringenes ikrafttreden. Ved Tokke kraftverk var alle magasiner undtatt Songa overfylt og betydelige vannmengder gikk tapt. Vannføringen i den såkalt tørrlagte Tokkeelv var like stor som før i tiden, og man var engstelig for at flommen skulde gjøre skade på Tokke kraftverks anlegg. Alle magasiner på Østlandet, bortsett fra Møsvatn og Mårmagasinerne, var i henhold til beretning i Aftenposten for 25. okt. fulde. På Rjukan stod vannet opptil halvannen meter høyt i de mest utsatte kjeldere og betydelig skade var intruffet. I Numedal gikk elven mange steder innover dyrket mark som i en vårflo.

Variasjonen i flomhøydene i de forskjellige år er stor. Flommene bestemmes av meteorologiske faktorer, først og fremst kommer stor flom etter sterkt regn.

En sterk varmebølge under forsommerens snesmelting kan også fremkalde stor flom, men størst blir flommen når begge disse faktorer virker i forening. En regnfull sommer hvori nedbøren er jevnt fordelt over mai, juni og juli behøver ikke å medføre særlig høy flomtopp.

Etpar år, 1916 og 1934, kom fjellflommen så tidlig som 10. og 11. mai. Det skyldtes ikke regn, men varmebølge i fjellet og sterk snesmelting. Almindeligere er at stor flom kan komme om høsten.

I årene mellom 1896 og 1958 fordelte flommene i Losna sig utover somrene således som nedenstående tabell viser.

Enkelte år kan der være flere flommer. Av observasjonsperiodens 94 flommer kom 43 i juni måned, 22 i mai og 21 i juli. I august kom 6, og i september 2.

Laugens tilløp Otta og Vinstra kommer fra regulerte vann og sjøer.

Otta har Breidalsvatn, Raudalsvatn og Tessevatn som reguleringsmagasiner, for de to førstnevnte sjøers vedkommende i henhold til kgl. resolusjon av 20/8 1948, for Tessevatnets vedkommende av 7/2 1947.

	15-15,5	15,5-31,5	16-15,6	15,6-30,6	17-15,7	15,7-31,7	18-15,8	15,8-31,8	19-15,9
1952	1954	1956	1957	1958	1957	1951	1906	1938	
34	49	50	55	56	54	29	03	34	
28	47	49	53	55	43	12			
16	41	46	51	52	28	08			
13	40	44	48	46					
01	37	43	47	44					
	31	38	45	41					
	30	36	42	32					
	29	33	39	31					
	25	32	35	27					
	21	26	30	23					
	19	25	28	22					
	18	19	24	21					
	17	13	22	18					
	06	11	20	15					
	1897	10	12	14					
		08	09	1899					
		07	05						
		04	02						
		03							
		01							
		00							
		1898							
		96							
6 år	16 -	24 -	19 -	17 -	4 -	4 -	2 -	2 -	

Breidalsvatnets nivå er tillatt hevet 2,5 m til kotehøide 908 m og senket 10,5 m. Reguleringsmagasinet er på 70 mill. m³. Utrasning av betydning som følge av reguleringshøiden 13 m er ikke omtalt. Magasinet regnes fylt fra 1. juli. Til flomdempning vil vanligvis holdes et ledig magasin på 0,3—0,5 m utover sommeren.

Raudalsvatnets reguleringshøide er 30,3 m, hvorav 23,3 m's oppdemning til kote 916,3 og 7 m's senkning. Oppdemningen har forårsaket noen utrasning av ur og bregrus. Magasinet er på 166 mill. m³. Det er overregulert og ventes ikke å bli fylt i tørre somre. Der holdes et dempningsmagasin på 0,3—0,5 m's høide.

Tessevatn har reguleringshøide på 14,4 m med 0,8 m's oppdemning til kote 853,9 og 11,6 m's senkning. Nogen utrasning har funnet sted ved Smådølas utløp såvelsom ved Ilvas. Magasinet er på 130 mill.

m³, hvilket er 108 % av årlig midlere tilløp. Det regnes å bli fylt 7 år av 28. (Se herom s. 26.)

Vinstra har reguleringsmagasinene Bygdin, Vinsteren, Olstappen, Heimdalsvatn og Øyangen. Det siste er inntaksbasseng for Øvre Vinstra Kraftstasjon.

Bygdins regulering skriver sig fra tillatelse gitt 27/8 1928. Magasinet er 350 mill. m³. Sjøen hadde tidligere vært underkastet en provisorisk regulering med oppdemning på 0,9 m og en senkning på 2,2 m. Jordskade fra denne regulering er beskrevet i NGU's småskrift nr. 3, 1927.

Vinsteren er i henhold til kgl. resolusjon av 1950 regulert mellom kotehøyder 1031,5 og 1027,5, til et magasin av 100 mill. m³. En mindre midlertidig regulering skriver sig fra 1942, likesom Olstappens, som også ble utvidet ved resolusjon 1950. Denne sjø kan oppdemmes 5 m til kote 668 og senkes 8 m. Reguleringsmagasinet er på 31 mill. m³. Ras forekommer ved oppdemningsgrensen, likesom en del jord har rast ut som følge av senkningen.

Heimdalsvatnet er regulert i 1959 2,2 m, vesentlig ved senkning i henhold til konsesjon av 1956. Her er ingen jordskade å se.

Øyangen er regulert 2 m, hvorav 1,4 m er senkning. Vannet brukes som inntaksbasseng hvorfor vannstanden hyppig varierer.

Efterat Otta- og Vinstrareguleringene ble tatt i bruk tilbakeholdes på forsommeren en betydelig vannmengde i reguleringsmagasinene. Dette har ført til at flommene vår og sommer er blitt mindre, og som følge derav har erosjonen avtatt i forhold til den størrelse den vilde hatt i det regulerte vassdrag.

Ottavassdragets regulering har, efter meddelelse fra Glommen og Lågens Brukseierforening, ført til flomtoppreduksjoner som vist på s. 101.

Nedenfor Vinstras utløp i Laugen bidrar også reguleringen av dette vassdrag til en betydelig flomtoppreduksjon.

Klimaveksling?

Av de målte flomtoppers høyde i Losna og ved Lalm fremgår det, at flommene er blitt mindre i 1940—50-årene enn de var tidligere. Ved å sammenligne juniflommenes middelvei såvel i Losna som ved Lalm for årrekken 1943—1957 (efterat Ottareguleringene og reguleringene av Bygdin og Vinsteren var iverksatt) med årrekken 1901—1912 og

Hvad flomhøyden vilde blitt i Losna hvis Ottavassdraget ikke hadde vært regulert.

Lalm			Losna				
Tilbakeholdt vannføring s m ³	Flomtopp reduksj. cm	Avlest Flom	Tilsvarende vannføring	Ottareg. tillagt	Beregnet Flomtopp	Flomtopp reduksjon cm	
1958 2,7 105	56	2,7 5,02	1875	1980	5,21	19	
1957 18,6 40	17	18,6 3,58	1080	1120	3,66	8	
1957 24,7 24	12	25,7 3,58	1080	1104	3,63	5	
1956 13,6 73	31	14,6 3,95	1310	1383	4,12	17	
1956 6,7 75	32	7,7 3,51	1037	1112	3,66	15	
1955 13,7 80	27	13,7 3,65	1117	1197	3,79	14	
1954 26,5 85	37	26,5 4,28	1466	1551	4,44	16	
1954 17,7 65	31	17,7 3,40	980	1045	3,52	12	
1953 17,6 85	32	17,6 3,57	1070	1155	3,72	15	
1952 11,7 64	27	11,7 3,47	1020	1084	3,60	13	

1913—1942 fremgår: Årrekken 1943—1957 har tretten flomtopper i juni. Deres gjennomsnittshøyde på Losna vannmerke er 3,75. Ifølge Brukseierforeningens redegjørelse av 7/1 1952 «reducerer reguleringsene (Otta-Bygdin-Vinster-) flomvassføringen med gjennomsnittlig 90 s/m³ i hele juni måned. I kortere intervaller kan reduksjonen gå opp i betydelig over 100 s/m³». Antar vi at flomtoppen gjennomsnittlig er redusert med 125 s/m³, så svarer dette til 20 cm på vannstandsmerket. Uten regulering vilde således vannstanden for junimidlets flomtopp ha vært 3,95.

For årrekken 1901—1912 finner vi i listen over flomtopper 10 flommer i juni. Deres gjennomsnittshøyde er 4,31. For årrekken 1913—1942 på samme måte 15 flommer i juni med gjennomsnittlig vannstand i Losna på 4,07.

En lignende tendens til at flommene på Lalm vannstandsmerke også er blitt lavere viser sig i 1940—50-årene. I gjennomsnitt for årene 1952—1957, etterat den fulde regulering var iverksatt i Ottavassdraget, var flomtoppens reduksjon 27 cm. Fra reguleringsene begynte i 1943—1952 var den betydelig mindre. Regner vi 20 cm som en antagelig gjennomsnittsverdi for tilbakeholdt vann i reguleringsmagasinene i perioden 1943—1957 vilde juniflommen ved Lalm i gjennomsnitt ha nådd høyden 4,57 på vannstandsmerket, mens årrekken 1913—1942 med 15 flommer i juni har gjennomsnittshøyden 4,66. I

perioden 1901—1912 inntraff ved Lalm 13 flommer hvis gjennomsnittshøyde var 4,71.

Reguleringene har tilfølge en utjevning av vassdragets vannføring i årets løp. Ved å minske flommene har de således stort sett bidratt til å nedsette jordskaden ved erosjon. I vintermånedene derimot, i nov., des., jan., febr., mars og april slippes det oppmagasinerte vann hvorved elvens vannføring blir større enn den vilde blitt i uregulert tilstand. På sine steder i vassdraget har dette vist sig å kunne medføre jordskade utenom den en stor vannføring forårsaker. Det er tilfelle hvor elven går i flere løp og har ører og holmer bygget av lett eroderbar jordart. Den økede vintervannføring bidrar til dannelselse av mere rekis og bunnis enn den, som vilde dannet sig uten regulering. Elven går mere åpen og den større mengde drivende is legger sig fast på ører og innsnevrer elveløpet. Et eksempel herpå er elvebruddet ved Håve-moen på eiendommen Sør-Hove like overfor Gausas utløp. Her ligger store ører, som tyder på sterk materialtransport fra Gausa. Bruddet på Sør-Hove gjorde sig gjeldende efter de store flommer i 1938 og 1939. Det er sannsynlig at disse medførte fordypning av elveleiet innunder den bratte mel bestående av stenblandet sand på Laugens venstre bredd. Når dertil kom den større mengde rekis efter reguleringens ikrafttreden på ørene som leder strømmen mot Hove-bredden, øket utrasningen. Om vinteren sees spor efter friske ras fra den høye og bratte elvemel.

Ofte danner sig isdemninger som staver opp vannstanden i hovedløpet så et mindre løp, hvis bredder er innstillet til å tåle en viss strømhastighet uten å få brudd, må ta en større strøm enn det naturlig er stabilisert for.

Glommens og Lågens Brukseierforening har beregnet de månedlige middelvassføringer ved Losna som følge av de i 1958 utførte reguleringer således:

	okt.	nov.	des.	jan.	febr.	mars	april
Uregulert vassføring s/m ³	168,0	71,8	45,6	27,3	22,8	29,3	72,2
Vassføringer efter reguleringene	176,5	119,7	109,5	94,7	91,0	90,6	96,5
Øket vintervassføring s/m ³	8,5	47,9	63,9	67,4	68,2	61,3	24,3

Efter stor flom forandres vannløpet. Grusører flytter sig. Noen steder opplegges grus og sand, andre steder føres materialet vekk. En større vintervannføring med øket isdannelse og transport av rekis og sarr er skyld i en vanlig form for erosjon, som består i graving i løs jordart under isdekket. På ører og grunner legger sig isdemninger. Vannet stuves opp og tar andre baner. I en elvearm som før reguleringen kunde være tørr eller bunnfrossen, render nu vann med betydelig dybde. Isen legger sig og den tidligere bunnfrosne elveseng blir telefri under isdekket, og et lett bytte for erosjonen.

Nedenfor Ottas sammenløp med Laugen, ved Selsjord, ligger holmer og ører i vekst, hvorved hovedløpet stadig innsnevres. Om vinteren legger der sig rekis på dem så elven demmes opp, og vannet tar vei gjennom gamle flom-løker mot høyre bredd. Jordarten er fin sand med liten motstand mot erosjon, hvori strømmen lager stygge brudd. Det hender at vannet i løkene står under hydrostatisk trykk. Når der hugges hull i isen kommer der en vannsprut opp av hullet. Strømmen graver under isdekket. Løkene blir til dype far med steile kanter til hinder for ferdselen over dem.

Isen legger sig på høy vannstand. Når hovedløpet renser sig for is om våren, synker vannstanden i løkene, deres isdekke glir ned langs melene og river med sig materiale fra bredden. Trær velter.

Etpar kilometer nedenfor Selsjord står strømmen sterkt på mot den annen elvebredd bestående av løs sand. Utenfor gården Solhjem er sandgrunner i vekst. Når is samles på dem ledes strømfaret mot venstre bredd. Strømmen graver i den finkornige og lite motstandsdyktige jordart under isdekket, og forbereder således en erosjon som fullbyrdes av flommen om sommeren. Hvor der er veltet sten til beskyttelse mot graving i elvemelen fryser ofte sten fast i isdekket og fjernes med dette om våren. Se fig. 18.

I Ringebu er elveleiet nedenfor Fryas utløp fylt av holmer. Mellem Vesleøya og Langøya er en løk hårdt rammet av erosjon om vinteren. Isen legger sig på relativt høy vannstand, og efterat isløsningen er over sees at strømmen har gravet i den finkornige sand under isdekket. Som resultat herav blir breddene langs løken så steile, at kjøretøyer ikke mere kan komme opp eller ned elvemelene, så adkomsten fra den landfaste Vesleøya til den dyrkede Langøya besværliggjøres. Årsaken til den relativt høye vintervannstand må søkes i, at oppgrunning mellom Borkøya og Langøya leder vannet til løken, og vannmengden øker ved at også rekis bidrar til å demme opp sundet mellem de to



Fig. 18. Stenbeskyttelse av elvebredd ved Solhjem fjernet av isdekket på høy vintervannstand.

Riverbank guard at Solhjem broken by ice at high-water line in winter.

Lieungh fot. 6/5 1959.

øyer. Oppgrunningen kan skyldes flommer, men kan også for en del skrive sig fra mudringsarbeider i Frya. Se fig. 19.

Også på utsiden av Langøya er der brudd som skyldes den større vintervassføring. På en grunne mellom Risøya og Langøya legger der sig is som leder strømmen mot Langøya. Strømmen graver i den løse sand under isdekket og forbereder utrasing som bryter ut ved flom.

I Kvam ligger en masse holmer i elven nedenfor gården Kjøre. En av dem, Tangen, var dyrket og skilt fra venstre elvebredd ved en

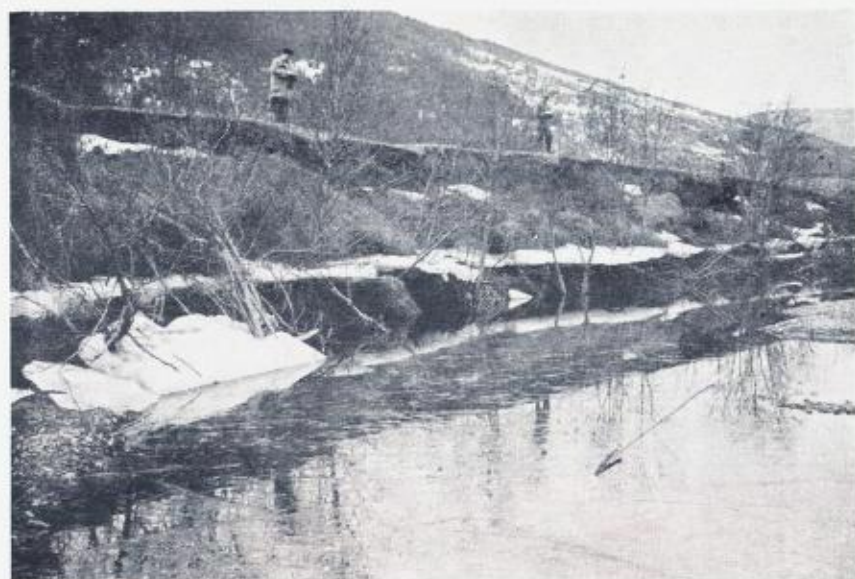


Fig. 19. Graving under vinterens isdekke på Langøya, Ringebu.

Erosion at river bank below ice cover at Langøya, Ringebu.

Lieungh fot. 25/4 1956.

løk, som ikke var dypere enn at man kunde kjøre over den. Efter den store flom i 1938 grov strømmen i hovedløpet på holmens utside, men i de senere år tæres holmen like sterkt av den stri strøm gjennom løken. Jordarten er sand og elvebredden på fastmarken måtte stansettes da gravingen tok overhånd. Grunneieren hevder, at den foregår om vinteren, idet elven som følge av isoppstuvning mellom grunner og holmer, som dette elvestykke er så rikt på leder vann til løken. Nu vokser løkens vannføring fra år til år. Den islegges tidlig om høsten, men under vannslippingen om vinteren brytes isdekket opp, og innsnevrer løpet så strømmen graver dypt i bunnen. Efter at reguleringen tok til er løpet så meget utdypet, at det ikke lenger er mulig å komme over det med kjøreredskap. På grunn herav og av at holmen er så tæret av erosjon måtte dyrkingen der opphøre.

En lignende utdypning av en løk har funnet sted et par kilometer lengere opp i elven, ved Heggerusten. Eieren fortalte at hovedløpet stenges av is og at storparten av vannet i elven da tar vei til løken på nordsiden av Heggerusttangen. Løken fører for en del relativt varmt

vann fra en stor kilde på Helgøya som gir åpen råk om vinteren, og dette bidrar også til at strømmen tar løp her. Løken har vært forbygget med store blokker i en demning tvers over innløpet. Etter at regulering tok til er demningen gjennombrudt og endel av steinene ført bort av isen. Der sees et brudd langs løkens østre bredd nedenfor jernbanelinjen, som er beskyttet av en nyoppført steinmur. Etter at steindemningen ble ødelagt er løken blitt så dyp, sier eieren, at han ikke kan kjøre over løken til sin eiendom på holmen således som han før gjorde.

Ved utløpet av Vågåvatnet går nu Otta etter reguleringen åpen hele vinteren. Der er gamle brudd, stykkevis med steinkledning over breddenes lett eroderbare sand. Flommene har store forandringer tilfølgelse i elveløpet ovenfor bruddene ved opplegging og flytting av ører, hvorved strømmen tvinges over mot venstre bredd. Her danner sig en isfot langs land, men strømmen graver innunder denne hvor den kan komme til for steinkledningen. Etter en stor flom i juli måned 1939 tok Finna nytt løp og førte med sig meget grus ut i Otta. I de senere år har der pågått mudringsarbeider som har løsnet på gruset, og dette inngrep har også bidratt til strømending.

Ved at elven går åpen om vinteren ved utløpet av Vågåvatnet dannes tåke, som kan være ganske besværlig både for bebyggelse og trafikk på veien.

Undtagelsesvis hender det, at der i Otta om vinteren kan oppstå elvebrudd i motstandsdyktig grov grus. På elvens venstre bredd ved Slettmoen, ca. 4 km ovenfor Åsåren bro, skar elven sig inn i en høy grusmel under en usedvanlig stor isgang sist i januar 1954. Isen la sig fast på en grusør på elvens annen bredd, stemmet opp vannet og ledet strømmen mot grusmelen. Bruddet er høyt og langt. Store stener ligger i melfoten. Strømmen er stri, og tar med sig grus og mindre stener. Også vinteren 1956 demtes elven med isgang efter nyttår. Grunneieren fortalte at der ikke la sig isdammer her før reguleringen kom.

Strømmen graver sig på høy vintervannstand inn i melen, som blir utoverhengende. For hvert år raser en del av melkanten ut. Den er skogkledt, og hvis ikke trærne felles i tide går de med rasene ut i elven.

Et brudd, som ligner dette på Slettmoen ligger i Fåberg på søndre Jørstads grunn i Laugen. Det begynte vinteren 1954 da grunner langs den motsatte bredd samlet rekis så hele elvens vannmasse ble ledet mot Jørstads grunn. Hver vinter senere har dette gjentatt sig og bruddet

vokser. Efter den store flom i juli 1958 var imidlertid ingen merkbar erosjon å se i bruddet.

Før å kontrollere hvor meget grunn elven tar med sig har Bruks-eierforeningen satt ned fastmerker og kartlagt en del rastruete steder. Langs bruddkantene er slått ned påler mellom hvilke kan strekkes en streng, og fra denne til melkanten måles med metermål. Bruddet på Sletmoen er 200 m langt. Fra 27/7 1955 til 19/9 1958 hadde bruddkanten rykket inn på moen i en bredde av 0,05 til 1,80 m, i gjennemsnitt 0,63 m svarende til at 126 m² grunn hadde rast ut.

Nea som følge av reguleringene før 1954.

Fra Rotlas utløp til den renner ut i Selbusjøen ligger Neas leie i grus- og sandavsetninger som elven har lagt opp på denne 15 km lange strekning. Dalbunnen er flat, vel dyrket og med en bredde på opptil 2 km. Fra flaten stiger bakker opp til en grusterrasse ca. 50 m over dalbunnen. Den er avsatt av breelver i en fjordarm som strakte sig inn over Selbusjøen og angir den høyeste havstand, 220 m. o. h. Nærmest Neas utløp i Selbusjøen ligger elveleiet i sand, likesom elvemelene viser sand i vannrette lag. Lengere oppover fra sjøen går elvesengen i rullestensgrus av nevestørrelse til hodestørrelse. Materialet i dalbunnen er lett vanngjennemsliplig.

Elven går i mange slyngninger og løp over dalbunnen. På den 4 km lange strekning fra Stokkehølen til Evjemoen falder den 10 m. Her blir bare det groveste grus lagt igjen. Fra Evjemoen til sjøen er avstanden målt etter elvens hovedløp 11 km, men fallet er bare 5 m og på høy vannstand i sjøen ennu etpar m mindre. Det gjenlagte materiale på denne strekning er finkornig grus og sand. På overgangen til mindre fall ligger ører og holmer hvis form og beliggenhet kan forandre sig på kort tid.

Nea er over denne strekning sterkt materialførende, og dens vannføring kunde før reguleringen trådte i kraft variere så meget som mellom 917 sm³ (Stokke VM 9/5 1934) og 10 sm³ (8/9 1939). Når vannføringen øker stiger strømhastigheten og elvens transportevne tiltar. Der er nok materiale å ta av, idet elven over store strekninger går gjennom grus, hvor elvesengen består av rullesten. Under flom føres materialet nedover til Selbu. Vinterisganger er sterkt materialførende, og der har alltid forekommet sådanne i vassdraget.

Vinter-isgang inntreffer efter sterk kulde hvorunder store mengder sarr og bunnis er dannet. Herunder samler der sig sarr og issørpe på steder, hvor elven ikke er islagt, og demmer til en viss grad elven. Det kan da, hvis mildvær inntreffer med snesmeltning, og kanskje regn, bli stor vannføring som river med sig sarrdemningene. Flommen kan bli så stor, at den bryter opp det faste isdekke den møter på sin vei, og fører både til oversvømmelse og jordskade. Denne slags isgang kalles *flomisgang*. Men der kan også oppstå isgang i elven uten regn og mildvær selv om lufttemperaturen holder sig under frysepunktet. En liten temperaturstigning kan være nok til at bunnisen løsner og isdammen brister. Denne slags isgang betegnes *kaldflo*. Dens skadevirkning er mindre enn flomisgangens, fordi vannføringen er mindre.

Spørsmålet om vinterisgangenes skadevirkning var øket efter Selbusjøens regulering kom opp før tapping hadde funnet sted fra de senere regulerte fjellsjøer. Der ble holdt en bevisopptagelse herom i okt. 1934, hvorunder erfarne grunneiere fikk anledning til offentlig å uttale sig om sin erfaring.

Trondheim Kommune fikk i 1919 konsesjon på å regulere Selbusjøen, hvori inngikk en liten oppdemning. Som følge av denne ble vannstanden i Nea oppstuvet under isleggingen om høsten nær utløpet, omtrent så langt som til prestegården. Det ble hevdet, at dette bevirket langsommere strøm i elven, som sammen med isleggingen i det hevede sjønivå førte til at isgangene stanset lengere oppe i elven enn de før hadde gjort, og at dette medførte større skadevirkninger. Efter sjøens regulering legger isen sig kompakt over ørene, og på elvestykker, «strømræs», hvor der tidligere ikke la sig is er der nu tykk is så langt oppover elven som oppstuvingen når. Selv om vannstanden i sjøen senkes utpå vinteren ligger dog isen, delvis fastfrosset til underlaget, som en solid dam for ismasser og vann under flom. Det er blitt en fast foreteelse, sa vitnene, at ismassene strømmer inn i det ubetydelige tilløp Gangså oppover jordene mot Kulset bro.

Det tremgikk av bevisopptaket, at også «strømræs» ovenfor Kulset bro som hadde pleiet å gå åpne selv i strenge vintre, nu efter Selbusjøens oppdemning isla sig hver vinter, selv i de mildeste. Dette skuldes mindre strømhastighet efter reguleringen, likesom opplegging av nye ører skulde ha samme årsak.

Som resultat av bevisopptaket fremkom et verdifuldt materiale om vinterisganger helt fra midten av 1870-årene.

Isgangene fører med sig sten og grus som blir liggende igjen

når isen smelter om våren. Med store flommer føres dette materiale videre nedover elven. Det groveste, rullestensgrus av hodestørrelse til nevestørrelse legges først igjen, og i Neas utløp nær Selbusjøen ligger kun sand i elvesengen og melene. Sanden ligger overalt i tilnærmedesvis vannrette lag, og dette medfører at grunnen er lett gjennemtregelig for vann.

På strekningen fra Rotlas utløp til Bogstadhølen har Nea gjennom lange tider forandret sitt leie, dels som følge av sten og grus utsmeltet av stansete isganger, dels som følge av graving og avleiring under flom. I løpet av de siste 50 år er inntaket til Libekkelva grunnet opp, og er nu iferd med å dekkes av løvskog. Kamløken er sannsynligvis en rest av et gammelt hovedløp. Gjennombruddet til det nye hovedløp fandt sted for 150 år siden. Store forandringer i holmenes form og beliggenhet fremgår ved å sammenligne rektangelkartet som ble målt opp i 1884 med Trondheim Elektrisitetsverks kart av 1953. Nye ører er oppstått i denne tid og gamle er ført vekk. Dette gjelder særlig elvestrekningen mellom Kviltskvalet og Bogstadhølen. Se kartet fig. 20.

Som sakkyndig for Neaskjønnene har forfatteren utarbeidet flere utredninger om årsaken til jordskaden i vassdraget. Den siste utredning er datert 10. mai 1954. Etter den tid har forfatteren ikke hatt anledning til å se andre elvebrudd enn et ved Morset som gikk 1. des. 1957 hvortil han ble anmodet av T.heim E-verk om å gi en uttalelse. Fra disse utredninger hitsettes:

- 1 1940 regulertes Stuesjø med magasin 12 mill. m³
- 1 1941 regulertes Essandsjø med magasin 30 mill. m³
- 1 1948 regulertes Essandsjø med magasin 145 mill. m³
- 1 1952 regulertes Sylsjøen med magasin 186 mill. m³.

Efterhvert som fjellsjøene ble regulert, og jo mere vintervannføringen tiltok, desto mere sarr ble der dannet. Den vannmengde som slippes, tiden for slippingen, temperatur og nedbør er bestemmende for hvor meget sarr og bunnis der oppstår.

Der har vært ulemper ved oppstuvningen i elven til alle tider. Men med den økede vannføring om vinteren går elven mere åpen enn den gjorde før reguleringen, og ismengden øker med vannføringen om enn ikke i samme forhold som denne. Vokser vannføringen i forholdet 1 : 1,7 så regnes ismengden å tilta i forholdet 1 : 1,2.

Gamle stenforbygninger viser, at også før reguleringen har det vært aktuelt å beskytte elvebreddene mot jordødeleggelse ved graving

av strømmen, og at grunneierne har tatt store omkostninger på sig for å beskytte sin jord.

Når vannet stuves opp etter en isgang besværliggjøres adkomsten til engområder og dyrket mark på holmer, vannet oversvømmer lavtliggende jorder, hvorved grunnvannstanden heves, brønner overflømmes likesom der blir kraftig telehivning i evjesanden som er en almindelig utbredt jordart under matjorden.

Utviklingen av et stort elvebrudd ved Hofsengen er fulgt av E-verket ved oppmåling og kartlegging siden 1906. Elven går her i en meander hvori der i årene fra 1906 til 1929 har foregått en erosjon i venstre elvebredd, 12—13 m har elven tæret på bredden over en lang strekning. I dette tidsrum er gått tapt et areal på 3120 m². I årene fra 1929 til 1954 har elvekanten påny flyttet sig 12—13 m innover, og i dette tidsrum er der gått tapt et areal på 7210 m². I de 48 år fra 1906 til 1954 er elvekanten flyttet inn 20 m på en lang strekning ved Hofsengene. Djupålen presses stadig over mot Hofsengene på grunn av oppøring i innersvingen ved Morset. Nedenfor elvens krappe sving ved Morset støter strømmen langs høyre bredd mot berggrunn så elveleiet her ikke kan utvides. På overgangen fra meandren til berggrunnen er elvemelen bratt, 5—6 m høy og består av sand. Her løsnest et elvebrudd 1. des. 1957 i ca. 90 m's lengde. Melen hadde da ikke tele. Ovenfor rasstedet er et gammelt, gressgrodd brudd, hvori et luftfotografi tatt sommeren 1957 viser et friskt «sår». Det var foten av denne rasmel som nu gled ut og efterlot en meget steil skråning.

Elven var stort sett islagt oppover til Kulset bro før raset gikk. Natt til 1. des løsnest isen efter de foregående dagers mildvær med regn i dagene 24., 26. og 27. nov., tilsammen 53 mm. Ismassen stanset mot Bukkøya. Elven rensset sig fullstendig så elvestykket var isfritt 3. des. Gjenliggende isflak på det tørre i Morsetsvingen viste en vannoppstuvning på godt og vel 1 m.

Den umiddelbare årsak til elvebruddet var isgangen efter regnværet. Efter 17. nov. ble der ikke foretatt nogen øket tapping fra de regulerte fjellsjøer.

Elven truer med å skjære nytt løp over tangen til en elvearm som går forbi Nestandsøya. I stor flom går rennende vann over her, således i aug. 1909, aug. 1940 og i vårflom 1934. Avstanden fra elvebredden til Vangsløkbekken er ikke mere enn 160 m. Grunnen består av fin sand og har liten motstandskraft mot erosjon.

At selv en måtelig oppstuvning kan trekke et betydelig erosjons-

arbeide efter sig viser gjennombruddet over en ør til Libekkelven. En isdam i hovedløpet sist i nov. 1948 forårsaket dette. Isdammen var såpass høy at vannet gikk opp på veien ved Lille-Evjen gård og trengte inn over engene på den andre siden av elven. Om våren, 19. april 1949 efter at tappingen av fjellsjøen var opphørt, erodertes et stort elvebrudd på hovedløpets venstre bredd i forbindelse med det eldre brudd nedenfor Kviltskvalet. Ved oppvatning hadde der lagt sig tykk og sterk is på bredden av Ånøya, hvorved strømmen ble rettet over mot det andre landet.

Av elvebrudd som er oppstått efter reguleringen er der, foruten dette ved Kviltskvalet, to ved Libekkelva, nemlig ett ved løkens utløp i hovedløpet og et annet der hvor veien ligger nær løken. Det siste gikk våren 1952 under tømmerfløtingen. Så er der brudd på Hestøya, Grasøya, Ånøya, på venstre bredd ved innløpet til Bogstadhølen og på høyre bredd ovenfor Libekkelva og kanskje flere steder på elvestrekningen mellem Stokkehølen og Bogstadhølen. Om ikke disse bruddene er nye så fremgår av deres friske utseende at strømmen arbeider i dem fremdeles. Hvor der er sand i elvebredden uten større tilblending av sten øker de betraktelig år for år. Elvebruddet på høyre bredd ovenfor innløpet til Libekkelva er gammelt. Det fortelles at her stod engang et hus på bredden. Det ble flyttet gjentatte ganger av frykt for at elven skulde ta det.

Mellem Kulset bro og sjøen er der et brudd i høyre bredd ved Storøra, et meget stort brudd er det ovenfor omtalte ved Hofsenge, og et mindre brudd er der i høyre bredd ved Nestandøya. Alle disse brudd har begynt før reguleringen ble iverksatt.

Ved at sarrmassen presses og stuves opp av strømmen strømmer vann snart i den ene snart i den annen retning og der fremkalles en stadig uro.

Oppstuvningen vinteren 1952—53 kunde spores oppover elven fra Gjelbakken. Ved Gjelbakken var den ubetydelig, men ved Kulset bro var den på det høyeste i vinterens løp henimot et par meter over almindelig vannstand i elven. Dette er høyere enn sarr nogensinde kunde stemme opp vannstanden før reguleringen. Ovenfor Kulset bro lå sarrdannet is over alle lavtliggende områder. Bare det høyeste av Libekøya stod over sarrflaten. Veien ved Lille-Evjen ble oversvømmet flere ganger, og på nordsiden av Moslet bro stod også vann over veien til ca. $\frac{1}{2}$ m's dybde, men det varte bare en ganske kort tid. Langs elvens venstre bredd tok vannet løp fra Kamløken over Mosletbrukenes slätte-



Fig. 21. Isdam ved Moslett bro febr. 1954.

Ice dam at Moslett bridge, Feb. 1954.

Kanavin fot. 7/2 1954.

land til Moløken. Vannstrømmen førte til nogen graving og etterlot sig spor av sand og grus.

Ovenfor Moslet bro var sarr sammenstuvet til et par meters høyde langt oppover elven. En isgang i desember ble stanset ved Nydalen av sarrmassen. Etter isgangen nådde ismassene oppover til Hestspranget.

En ny isgang gikk 4/5 1953 og ble liggende fra Lars Rolseths gård opp til Ørås, slik at det nu var sammenhengende «isdam» fra Kviltskvalet til Ørås, en strekning på ca. 13 km.

Elven gikk over sine bredder. Hos Lars Rolseth stod ca. 10 mål jord under vann, og på småbruket Rolsetøya 6 mål. På Rolsetøya trengte vannet inn i kjeldereren hvor det stod 80 cm over gulvet. Tydalsveien var oversvømmet på 4 forskjellige steder, 2 steder mellom Rolset og Rolsetøya, og hvert sted i en lengde av 30 m. Forbi «Storstenen» var Tydalsveien oversvømmet i 130 m's lengde og på det dypeste stod vannet her 80 cm over veibanen. Videre hadde vannet gått innover veien straks nedenfor Hestspranget. Oversvømmelsen ved «Storstenen» bevirket at veien ikke kunde trafikeres.

Denne isdammen ble oppbrudt så langt nedover som til Rolset av isgang 25. mars, som kom fra Nea og alle sideelver nedenfor Kista-foss. Veien ble blokert fra Rolsnes til Hestspranget og enkelte steder ovenfor Ørås, og dette varte i 14 dage.

Også vinteren 1953—54 var der en betydelig oppstuvning av sarr i løpene nedenfor Kviltskvalet. Den kunde merkes så langt ned som til Morset-Engene. På Evjeneset lå isdekket i overkant av elvemelen, og vannløp gikk nu og da over Evjeneset og Bønøyene og steg over brønnene til brukene på Evjemoen—Rødsetmoen. Ved Linløken var oppstuvningen ca. 2 m høy. Til denne høyde over elvens vannstand lå også sarrflaten på Mogårdsøya, Grusøya, Hestøya, Evjen-Libekkøya og Ånøya samt på lavlandet syd for elven ved Moslett og på Mogårds-moen innenfor Moløken. Ved Lille-Evjen stod vannet en tid 70 å 80 cm over veien, senere stod det over veien ved Bakketun, og tilsist på et tredje sted, ved Kråkkå. Ved sådanne store oversvømmelser kommer der vann i mange kjeldere.

Når vannstanden oppstuves har det flere gange hendt, at vann fra Kamløken skjærer sig ned i et far over Mosleteiendommene. Nedskjæringen begynner nedenfra og flyttes etterhvert oppover. I mars 1957 hadde vannet fra Kamløken erodert en renne i halvannen meters dybde og med en bredde av 8 å 9 m over en hundrede meter lang strekning. Vannet gikk i foss ut i rennen, og fossen flyttet sig raskt oppover etterhvert som gravingen skred frem. Et nytt flomløp var således under dannelse fra Kamløken til Moløken.

Så sent som i midten av desember 1961 beretter avisene om at ismasser stuver sig opp til flere meters høyde ved Kviltskvalet, og at vann oversvømmer jordene på begge sider av elven. Vann og is dekket dyrket mark på gården Lilleevjen. Den gamle Tydalsveien var overflødd og mange høløer og et småbruk, som tidligere var fraflyttet stod ute i elven. Sterk kulde og snefokk var skyld i isgangen.

Store isganger med høy oppstuvning av vannstanden fører ofte til jordskade. Hvor vannet når opp til elvemelens gresskledte skråning eller til krattskog langs bredden fryser jorden fast til isen. I vårløsningen kan det da hende at strømmen river med sig isflak med det fastfrosne underlag, eller når elven synker løsner isblokker, siger nedover melen og tar med sig trær og busker. Efter en isgang kan der fjernes jord i flere meters bredde fra elvekanten. Oppvatningen skyldes bare for en del den fra reguleringsmagasinene slupne vannmengde. I tillegg til den derved økede vintervannføring kommer produksjonen av

sarr som tetter løpene under isdekket. Denne tetning kan føre til en retningsforandring av strømmen og på sine steder til elvebrudd.

Efter vinteren 1952—53 kunde en på flere av holmene om sommeren se store furer i matjordlaget. De var øiensynlig kommet istand ved at jordsmonnet var frosset fast til den overliggende is, og i vårløsningen hadde bevegelse i isen pløyet de dype furer i underlaget. Hvor der var trevekst var trær med dypt rotsystem løftet og skjøvet tilside. Furene var så store at de var til hinder for ferdselen med kjøretøyer og på dyrket mark kunde de ikke jevnes med plog.

På spørsmål av Over-Tiltaksskjønnet i 1953 om isgangenenes antall og størrelse i Selbu kunde innskrenkes, ble forskjellige projekter drøftet. Det ble foreslått å bygge en demning i Nea ved Ørás, ovenfor hvilken der kunde etableres et 1500 m langt stillestrømmende elvestykke som vilde islegges og holde tilbake eventuelle isganger. Omkostningene hermed ble beregnet til 1,7 mill. kroner, og projektet fandt ikke bifall.

Det kom også forslag om å kanalisere Neas løp helt fra Kvilt-skalet til utløpet i Selbusjøen, men når nødvendige sikringstiltak ble tatt i betraktning vilde omkostningene også for dette projekt bli funnet for store.

Snarumselven som følge av oppdemning ved Kaggefoss.

Drammens Elektrisitetsverk fikk ved tillatelse av Samferdselsdepartementet 28/2 1946 anledning til å demme opp Snarumselven ovenfor Kaggefoss. Den laveste vintervannføring ved damstedet svarte til en vannstand på kote 99,3, og tillatelsen gjaldt en oppdemning til kote 104. Den oppdemte vannmengde tjener som utjevningsmagasin for Kaggefoss Kraftverk. Da elven har lite fall gjør oppdemningen sig gjeldende til Ramfoss, en strekning på 18 km, men avtar i høyde oppover elven. Den første oppdemning fandt sted 29/3 1951.

En typisk regulering i vintertiden foregår således, at vannstanden hver søndag heves fra kote 102,9 til kote 104,0. Gjennem ukens seks arbeidsdager senkes vannstanden trinvis, dog med en heving på ca. 10 cm om natten. Undtagelsesvis kan vannstandsforandringen bli større, således som tilfellet var i nov. 1958 da den nådde 2 m, og lå mellom kotene 102 og 104.

Vår og sommer foretas ingen ukeregulering. Da er der vann nok i vassdraget, og unyttet vann slippes forbi Kaggefoss.

Reguleringen har medført rasskader i elvens bredder, hvor disse består av lett eroderbar jordart.

Jordartene langs elven.

Snarumselvens løp mellem Krøderen og Kaggefoss følger en smal og lite utpreget dalsenkning i berggrunnen fylt av grus, sand og leir. Dalens avleiringer er beskrevet av lektor Andreas Samuelsen i Norsk Geografisk Tidsskrift B. IV, 1933. Beskrivelsen er ledsaget av et kart i målestokk meget nær 1 : 200 000.

Dalen er en gammel fjord hvori sjøen trengte inn eftersom breisen under istidens smeltningssperiode trakk sig tilbake for ca. 8000 år siden. I fjorden ble avsatt leir, sand og grus av brelvene. Som overalt i Norge ellers hevet berggrunnen med påliggende avsetninger sig når breisens vekt forsvant. Terrasser nedenfor Krøderen viser, at landet siden innlandsisen lå her har steget 190 m.

Under hevningen ble fjordbunnen etterhvert tørrlagt hvorved bølgeslaget og elven flyttet og omleiret havavsetningene. I disse har elven senket sitt leie, men kun undtagelsesvis sees fast berg i elvekanterne. Den mest utbredte jordart er en fin sand med liten motstandskraft mot strømmende vanns angrep. Dernest må nevnes elvebakker, som består av hvad grunneierne kalder «leir», en grå, meget finkornig jordart, som oppbløtes så sterkt i teleløsningen at den lett siger nedover skråninger og frembringer små rasgroper.

Elven før reguleringen.

I uregulert tilstand kunde elvens vannstand under flom ligge betydelig høyere enn den gjør efter reguleringen. Erosjonshakk efter flomvannstand ligger 1 til 1,5 m over vannstanden på kote 104, og der sees også et i berg innhugget flommerke fra år 1860, hvis nivå anslæes til ca. 5 m over 104-meters vannstanden. Flommen i 1860 var en usedvanlig stor vårflo, som kulminerte 20. juni med en vannstand på Hokksund vannmerke på 20 fot og 10 tommer over laveste sommervannstand, og 3 fot og 10 tommer høyere enn århundredets nesthøyeste flom i 1853 (se Kanalvesenets Historie B. IV, 1882).

Den høyeste vannstand, som er iagtatt ved Krøderen vannmerke siden dette ble opprettet inntraff 30/6 1927 på vannstanden 6,43, svarende til vannføring 1087 sm³, og laveste 1/3 samt 8/4 1940 på vannstand 0,86, svarende til 4,3 sm³. Disse tall viser, at der har vært

meget store forandringer i det uregulerte vassdrags vannføring. Store flommer har til alle tider erodert i de bratte, lett sårbare elvebredder.

Som følge av reguleringene i Hallingdalsvassdraget, først og fremst Hoelsvassdraget, er Snarumselvans vannføring nu blitt utjevnet i årets løp. De store snesmeltningssflommer om våren søkes tilbakeholdt i reguleringsmagasinene hvorved flomtoppene minskes, mens lavvannsføringen om vinteren økes. Vassdragets regulering ovenfor Kaggefoss nedsetter således hyppigheten av store flommer, og derved også risikoen for elvebrudd fremkaldt av flom. Imidlertid kan en relativt liten vannstandsforandring ha en merkbar innflydelse på strømhastigheten.

Jordskade som følge av reguleringen.

Reguleringen har medført en høyere, vekslende vannstand om vinteren som fremkalder glidninger og elvebrudd.

Langs Snarumselvans skogkledte bredder sees på strekningen mellom Kaggefoss og Ramfoss mange eldre gjengrodde utrasninger, øiensynlig fremkommet under stor flom. Ved oppdemningsgrensen, kote 104, ligger der imidlertid nu tallrike friske erosjonshakk, som viser at her er en ny strandlinje under dannelselse. Der sees mange steder loddrette brudd, og innunder trerøtter oppstår hulninger med utoverhengende torv, og ovenfor oppdemningsgrensen siger jorden nedover. Den slår sprekker, og nedgledne masser efterlater sig såkaldte «sår», små vegetasjonsløse rasgroper. Utbredt er den signing som gir sig tilkjende ved skråttstilte og veltede trær. Mange trær er glidd så langt ned, at deres røtter står under vannflaten.

Erosjonen arter sig som en utvaskning og delvis utrasning av jorden like under oppdemningsgrensen, særlig hvor elvebredden består av løs, fin sand. Elvebakken blir herved brattere, og utrasningen forplanter sig oppover skråningen.

I det nye oppdemningsnivå kan løpet om vinteren innsnevres av rekis. Dette bevirker endret strømhastighet i den åpne del av løpet, nye sandører opplegges og mange gamle forsvinner.

Årsaken til disse nyoppståtte erosjonsformer må søkes i de hyppige vannstandsvariasjoner i reguleringsmagasinet omkring oppdemningsnivået. Når is fastfrosset til bredden flyter opp på stigende vannstand river den med sig materiale. Isflak stanger mot breddene, samler sig og forandrer strømmens retning som kan rettes mot bredden og forårsake graving under drivisen. Ved rask senkning vil finmateriale fra

bredden transporteres ut i elven av utstrømmende grunnvann. I steile elvebakker, hvor grunnen består av «leir» oppstår teleglidninger. Når porevannet fryser til det dyp telen når dannes linser og lag av ren is i den frosne jord. I vårløsningen, når islagene tiner blir grunnen sterkt oppblødt og har lett for å gli.

Groper efter teleras sees både høyt oppe i skråningene og nede ved elven. De første har intet med reguleringen å gjøre. Men hvor elvebakken er disponert for denne slags ras i tilknytning til graving under oppdemningsgrensen, kan de øke jordskaden ovenfor 104 m's koten. Den erosjon, som begynner under oppdemningsgrensen kan i telefarlig grunn forplante sig til anseelig høyde over elven. Det er tilfelle selv så langt oppe i elven som ved Morud, tre km nedenfor Ramfoss, hvor oppdemningen ikke er mere enn 1 m ved vannføring på 115 sm³, og hvor uke- og døgnregulering gjør sig gjeldende med ca. 0,5 m's vannstandsforandring. Skråningen mot elven er bratt med stort vannsig og telefarlig grunn, finsand med underliggende leir. På et par steder vises spor av glidninger nede ved elven som kan skyldes døgnreguleringen. En av disse glidninger strekker sig til 40 m's avstand fra elven. Ialt kunde langs elven ved Morud påvises 6 forskjellige utrasninger, de fleste gamle og gjengrodde med trær, men hvori der fremdeles kunde være nogen bevegelse fra bratte raskanter.

De sakkyndige for Kaggefosskjønnene, overingeniør Ove Eide og forfatteren, ble forelagt spørsmål om der som følge av reguleringen var fare for skade på bebyggelse langs elven.

Husene på Svarterud, 5 km nedenfor Ramfoss, ligger på en flate, låvebygningen ikke mere enn 10 å 12 m fra kanten av den høye og bratte elvebakke. I elvebakken sees spor av signing, båtstøen er rast ut, og ringene i en vannkum har forskjøvet sig. I vannlinjen ligger utvaskede trerøtter.

Av brønngraving nær bebyggelsen fremgår at gruslag veksler med sandlag. Grunnen synes således ikke rasfarlig. Men situasjonen krever at stedet settes under observasjon, og i tilfelle noget foruroligende skulde inntreffe i retning av utrasing i vannkanten, kan det bli spørsmål om å styrke bredden ved stensetting.

Eieren av bruket Bøenstøen hadde henvendt sig til skjønnsretten for å få utført undersøkelser til belysning av hans oppfatning om at bebyggelsen på eiendommen var i glidning, og at kjeldereren var blitt fuktig som følge av oppdemningen.

Bebyggelsen er omgitt av dyrket mark i svak heldning mot elven.

Hovedbygningen ligger 32 m fra elvebredden, og kjellergulvet på kote 106,70. To lette uthus uten kjeller ligger nærmere elven.

Der ble etablert 5 vannstandsør i en linje vinkelrett på elvebredden innimellem husene i 10, 21, 32, 43 og 56 m's avstand fra elven, og grunnvannstanden i disse ble avlest 3 à 4 gange i måneden fra 15/7 1958 til 28/2 1959, og fra 18/3 1960 til 16/5 1960.

Vannstanden i de to rør nærmest elven, 10 og 21 m fra denne, varierte i takt med elvens vannstand, men med mindre utslag. Elvens vannstandsforandring var fra 13/11 til 19/11 1958 2 m og fra 23/2 til 28/2 1959 1 m. Hertil svarte i det rør, som stod 21 m fra elven i november en vannstandsforandring på 87 cm og i februar på 25 cm. Ved hovedbygningen hvor et vannstandsør stod 32 m fra elven, eller i de rør, som stod lengere bort fra elven, kunde ikke merkes nogen forandring i grunnvannstanden som følge av elvens vannstandsendringer.

Den høyest målte grunnvannstand i røret ved hovedbygningen lå 1,20 m under jordgulvet i kjelleren og alminnelig grunnvannstand om vinteren ble målt til 1,65 m under kjellergulvet. Om enn grunnvannstanden ved husene på Bøenstøen må forutsettes å ha ligget lavere om vinteren før reguleringen ved Kaggefossdammen tok til fremgår det ikke av de utførte målinger nærmest hovedbygningen, at en endring på 2 m's høyde av elvevannstanden fremkaller nogen virkning på grunnvannstanden under kjelleren. Det er derfor ikke sannsynlig at reguleringen har medført, at kjelleren er blitt nevneverdig mere fuktig enn den var før.

Under flom i elven stiger vannstanden i elven over oppdemningsgrensen. Flom bidrar til økning av grunnvannstanden i dens nærhet. Hvad gliding angår, som skulde kunne medføre skade på bygninger, så forutsetter dette, at flak av jorden slites ut av sin sammenheng og forskyves til lavere nivå. Før reguleringene i øvre del av Hallingdalsvassdraget ble satt i verk var flommene større enn nu. Det ble fortalt, at stor flom kunde nå opp til hovedbygningen på Bøenstøen, således nådde flommen i 1927 til trappen som ligger på kote 108. Da må også grunnvannstanden ha vært meget høy.

En sigende bevegelse i markens overflate krever stor jordfuktighet. Grunnvannet ligger nutildags ved hovedbygningen 3 m eller dyper, og da dets dybde ved husene ikke påviselig influeres av de vannstandsforandringer døgn- og ukereguleringen fremkaller kan denne gliding, så som sprekker eller oppstuede jordlag i valker er ikke å se.

glidning, så som sprekker eller oppstuede jordlag i valger er ikke å se.

Erosjonen i oppdemningsbeltet ovenfor Kaggefoss kan ikke anees for å være avsluttet på den tid da overskjønnet i juni 1960 fastsatte erstatningsbeløp for den jordskade som inntil da hadde funnet sted.

Som følge herav er det av betydning å kunne konstatere eventuell erstatningsgyldig jordskade, som vil innfinne sig i fremtiden. For å erkjenne hvilken jordskade er taksert og betalt og hvilken ikke, er kartlegging av rasområdene i stor målestokk en ofte brukt metode. Nogen steder kan kartleggingen innskrenkes ved istandbringelse av fastmerker, hvorfra måling til raskantene lar sig utføre. Langs den elvestrekning det her gjelder er imidlertid kartleggingsmetoden ikke å anbefale fordi elvebreddene gjennemgående er meget steile. I slikt terreng er det forbundet med store omkostninger å fremstille tilstrekkelig nøiaktige kart, og dertil kommer at rasene, selv om de enkeltvis er små, er utbredt over et meget stort område.

Der er tatt luftfotografier fra relativt lav høyde over oppdemningsområdet, men disse viser ikke gode nok detaljer til å fastslå rasenes utbredelse i fotograferingsøyeblikket. Bedre til orientering er de fotografier Drammens Elektrisitetsverk har tatt av rasene fra båt på elven. Det punkt hvorfra fotografiet er tatt er inntegnet på elvekartet, likesom fotografiapparatets billedvinkel er angitt på dette.

Nidelven mellom Fjæremfossen og Nordsetfossen.

Fjæremfossen Kommunale Kraftselskap er en sammenslutning mellom kommunene Klæbu, Tiller og Strinda. For å skaffe større fallhøyde til kraftstasjonen ved Fjæremfossen er det nødvendig å rive en gammel dam ved Nordsetfossen. Mellom de to fosser er det planlagt en utdypning og kanalisering av elven. Kanalprosjektet foreligger i to alternativer. Etter det dypeste alternativ skulde kanalbunnen innunder Fjæremfossen bli lagt på kote 75, hvilket betinger en vannstandsenkning i elven på 3,5 m. For å oppnå dette vilde en betydelig graving i elvebunnen bli nødvendig, på den ene elvebredd så meget som til 6 m under markens overflate.

Mellom de to fosser går elven i et trangt løp med bratte jordbakker på begge sider, og da det kjente, katastrofale leirfall, Tillerfallet, i 1816 løsnet straks nedenfor Nordsetfossen, ble omfattende grunn-

undersøkelser utført for å bringe jordarten på det rene i de bratte bakker og i elvebunnen. Der ble utført sonderingsboringer, seismiske målinger og prøvetaking, de siste ialt over 20 serier til 10 å 20 m's dyp.

Langs elvebredden stikker noen få steder berggrunnen frem. Jordarten består av leir og sand som enten er avsatt direkte på berggrunnen eller på et lag bunnmorene av liten tykkelse. Øverst i elvebakkene påtreffes gjerne grus og sand, nedentil veksler lag av leir med lag av mosand og mjele.

Over elvestrekningen foreligger detaljkart i målestokk 1:500 med terrengtegning inntil 200 m's avstand fra elven. På kartene er inntegnet koter for hver m's høideforskjell. Der er også foretatt lodding i elveleiet.

Tverrprofiler over elveløpet var opptatt 1920 og kontrollmålt 1951. Av disse målinger fremgår visse forandringer i elvens løp på 31 år.

Laboratorieundersøkelser av de opptatte prøver viser en forekomst av kvikkleir, 6 m tykt i 27 m's avstand fra høyre bredd, beliggende ca. 200 m ovenfor Nordsetfossen. Kvikkleirets øvre grense er dekket av et 4 m tykt, fast leirlag, og dets nedre grense ligger 7 m over elvebunnen. Også et annet lag av kvikkleir ble påtruffet i høyre bredd, 700 m ovenfor Nordsetfossen. Det er 2,5 m tykt og ligger et par meter under elvebunnen. Stabiliteten ble beregnet i forskjellige glidesnitt, og sikkerhetsfaktoren var tilfredsstillende i forhold til kanaltraseens beliggenhet når motvekter av de oppmudrede masser ble lagt på steder, hvor de stabilitetsmessig sett gjør størst mulig nytte. Kanalen skulde utstyres med steindemninger og sperredammer. Resultatet av grunnundersøkelsene, som ble forelagt geologene Rosenlund og G. Holmsen som sakkyndige viste, at elvestykkets kanalisering lot sig gjennomføre uten at farlige ras eller glidninger vilde inntreffe når arbeidet ble utført efter den oppstilte plan og med de deri angitte sikringstiltak.

Våren 1956 gikk der 2. april et ras i sandavleiringen på høyre bredd 400 m ovenfor Nordsetfossen. Årsaken til utrasningen var sterkt regn og stor snesmeltning i dagene før raset gikk. Rasområdet har en lengde langs skråningen på 95 m, i øvre del er bredden 40 m og i nedre del 45 m. Rasområdet dekker således et område på omkring 4000 m². Imidlertid må man anta at det egentlige ras bare omfatter den øvre bratte halvdel av skråningen mellom to veier. Et profil angir også beliggenheten av tre borhull som tidligere ble boret i skråningens nedre



Fig. 22. Ras i Nidelvens høyre bredd ca. 400 m ovenfor Nordsetfossen.

Break at the right bank of the Nidelva river about 400 metres upstream from Nordsetfossen.

del. Etter raset er der blottet en leirflate i øvre del av skråningen mellom kote 115 og 130. Da skråningens nedre del under kote 105 består av en leir(mjæle)-avsetning må man anta at hele skråningen mellom øvre vei og elven består av samme materiale. Den undersøkte del av skråningen viser at leiret her er meget fast.

Raset må oppfattes som et overflateras. Dets øvre begrensning går langs den øvre vei. Omtrent herfra videre oppover erstattes leiravsetningen av sand og grus og disse jordarter ligger helt til toppen av bakken. Ved slike grunnforhold er det vanlig at leirskråningen eller en del av denne er dekket av grus og sand som er glidd ovenfra i tidens løp. Dessuten er antagelig fylldt ut avdekningsmasser fra et nærliggende grustak. Under sterk vanttørførsel har all sanden glidd ut på det bratte leirunderlag og muligens også tatt med sig noe av dette.

Det første ledd i kanaliseringsplanen var rivning av dammen ved Nordsetfossen. Herved vilde den oppdemning av vannstanden som damanlegget hadde medført fjernes, og elvestykket ovenfor vilde med

hensyn til strøm og erosjon bli sådan som det var før dammens bygging.

Av de foreliggende profiler tvers over elven opptatt med 30 års mellomrom fremgår at betydelige forandringer har funnet sted i elveleiet på denne tid. Langs høyre bredd hadde elven gravet sig inn 20 å 30 m fra den gamle elvekant til en dybde av 1—3 m, og dypålen hadde skiftet plass. Langs venstre bredd hadde gravingen vært mindre undtagen på et sted hvor elven hadde gravet til 2,5 å 3 m's dybde og i en bredde på 20 m. Noen steder var der lagt opp sandører.

Dammen ved Nordsetfossen ble tatt av en høstflom 1957 efter at en bunnluke ble sprengt med dynamit. Herved ble elveprofilen utvidet, og vannhastigheten tiltok. Dette førte til fornyet erosjon.

På grunn av større omkostninger enn forutsett ved bygging av Fjæremsfossen Kraftstasjon, og vanskeligheten med å oppnå nye lån, besluttet styret i kraftselskapet sig i 1958 til foreløbig bare å utføre små korreksjoner av elveløpet mellom de to fosser. Denne beslutning ble forelagt de to sakkyndige til uttalelse.

I betragtning av elvens fornyede erosjon efter rivningen av Nordsetdammen, og med det foreliggende resultat av grunnundersøkelsene for øye fandt de sakkyndige det utilrådelig å overlate elven til sig selv med en foreslått mudring mellem hølene. Under en storflom vilde da risikoen for ras bli kritisk hvorfor de sakkyndige fremholdt nødvendigheten av visse sikringstiltak, såsom bygning av en kort sperredam langs høyre elvebredd og en liten omlegning av elveleiet hvorved avstanden blir større til det sted hvor der var påvist kvikkleir. Et annet sted skulde legges ut fylling som kontrabalans for å øke stabiliteten, og hvor mudringenes skråninger var sterkt utsatt for erosjon skulde de plastres med stein.

Nidelven mellem Nordsetfossen og Trondheims bygrense.

Langs elvens venstre bredd sees på eiendommen Kroppan i Tiller nedenfor Nedre Lorfoss merker efter et stort elvebrudd. Ifølge grunneierens beretning fremkom bruddet som følge av to utglidninger, hvorav den øverste løsnet i nov. 1939 og den nederste i aug. 1942. Efter et gårdskart over eiendommen å dømme er bruddenes lengde langs elven over 400 m, og det utraste areal sies å være 55 dekar. I nederste del av bruddet er nu anbragt en steinkledning for å beskytte mot elvens graving.

Om årsaken til disse brudd kan intet sies med sikkerhet. Den almindelige årsak til elvebrudd i leirterreng er elvens erosjon i melfoten. Der hvor rasene løsnet er elvemelen høi.

Høsten 1939 var regnfull. Derav følger høi grunnvannstand hvorved jordartens tilbøielighet til glidning øker. Er elvemelens tilstand blitt labil på grunn av erosjon i melfoten kan en oppbløtning av leirets tørrskorpe med den derved økede vekt ha vært nok til å fremkalle raset.

Raset i 1942 sies å ha gått på lav vannstand i elven.

I Nidelven varierte vannføringen sterkt i årets løp før regulering ble iverksatt, ifølge Vassdragsvesenets oppgave mellem en laveste vannføring på 7 sm³ og en høieste på 650 sm³ under stor flom. Da erosjonen under stor vannføring er kraftigst har reduksjonen av flommenes størrelse som er en følge av reguleringen motarbeidet rasfaren.

På elvestrekningen mellem Nedre og Øvre Lerfoss er på høire elvebredd høie og bratte leirbakker, hvor jorden er i glidning. Under mitt besøk der 17. sept. 1957 var leirbakkene på sine steder våte av vannsig. Den oppbløtde jordmasse har tildels glidd helt ned i elven, og langs bredden kan en se utveltede trær, som er kommet fra den bratte bakken. Ras iverksatt ved erosjon i vannkanten er ikke å se.

Ovenfor Øvre Lerfoss er elven oppdemmet til døgnreguleringsmagasin for Øvre Lerfoss Kraftstasjon. Her fremkaller den hyppige vannstandsændring utstrakte brudd i strandkanten. Jordarten er mjele og mosand, som lett utvaskes av bølgeslaget. Der står langs bredden et belte av oreskog, hvis hensikt er å motarbeide breddens nedbryting. På sine steder er skogbeltet tatt av erosjonen så røttene undergraves og trærne velter. Der fremkommer en brattkant som stadig forflyttes mot landsiden. Foruten bølgeslaget er is, som om vinteren river løs materiale under vannstandsforandringene, en virksom faktor til nedbryting av elvebreddene. Hertil kommer, at jordarten er sterkt tilbøielig til telehiving. I jordbakkene langs elven sees mange groper efter teleras.

I stor utstrekning ble bruddene steinkledt sist i 50-årene.

Et ras i Nidelven på høire bredd nedenfor Nedre Lerfoss, visstnok på Trondheims Elektrisitetsverks eiendom, løsnet under lav vannstand i elven 6. juli 1958. Mens der er tallrike eksempler på at ras i leirgrunn kommer som følge av vannstandssenkning i sjøer og tjern, er

det sjelden, at der kan påvises sammenheng mellom ras og lav vannstand i rennende vann. Dette synes å ha vært tilfelle med denne utrasning.

Eieren fortalte, at raset gikk ved middagstid. Dets bredde langs elven anslåes til 50 m og det strakte sig ca. 30 m fra den gamle elvebredd oppover den bratte bakken. Dets areal er således ca. 1,5 dekar, og omkring 5000 m³ raste temmelig samlet ut i elven. Jordmassen, lag av leir med tynne lag av mosand, demmet opp elveløpet langs høire bredd så strømmen ble forsterket langs venstre, hvor den tok med sig noget av en sandør. Nedenfor bruddstedet ble elven en tid sterkt slamførende.

Ved reguleringen er flommen blitt mindre og elvens graving i bunn og bredder har avtatt. Men med døgneruleringsmagasinet for Øvre Lersfoss følger, at vannføringen og dermed elvens vannstand senkes raskere enn tilfellet var i den uregulerte elv, og nettopp dette forhold kommer i betraktning av det foreliggende elvebrudds årsak. Ved en hurtig senkning av vannstanden får ikke porevannet i den del av elvebredden som tørregges renne ut like fort som vannstanden synker i elven. Bløt og tung som den er glir derfor den bratte elvebakkes fot ut, og når underlaget gir efter, innfinner raset sig.

Av driftsmessige hensyn ble vannføringen ved Øvre Lersfoss Kraftanlegg sterkt nedsatt søndag 6. juli 1958. Efter opplysninger Trondheims Elektrisitetsverk har meddelt forfatteren var vannets avstengning større og foretatt over et kortere tidsrum den dag raset gikk, enn vanlig. Vannføringen som måles hver dag kl. 7 var:

	3/7 -58:	250 sm ³
	4/7 -58:	256 sm ³
	5/7 -58:	256 sm ³
og kl. 7.45	6/7 -58:	155 sm ³
kl. 12.13	6/7 -58:	65 sm ³

Efter flere dages jevn vannføring uten nevneverdig nedbør, avtok altså i tiden umiddelbart før raset gikk, vannføringen fra 256 sm³ til 65 sm³. Hvor stor vannstandssenkning dette tilsvarer i elven utenfor rasstedet kan ikke oppgis, men da tidspunktet for utrasningen passer så godt med tiden for den reduserte vannføring er det sannsynlig, at den lave vannstand i elven utløste raset i den høie og bratte bakke.

Undersøkelse av jordryggene ved Labrofoss i Numedalslågen og Haugfoss i Simoa.

Amund Helland har gjort oppmerksom på at endel elver med fossefall over berggrunn kan skjære sig ned i leir, sand eller grus ved siden av berget, så fossen blir tørrlagt. Som eksempel herpå nevner han tørrleggelsen av Hærfossen i Vuku i 1893 og Breifossens forsvinning i Gittelven 1903.¹

Her skal omtales to andre jordrygger i en sådan situasjon hvor det var tenkelig, at elven kan ta nytt løp utenom berggrunnen som fossen renner over under stor flom. Fossefallenes stabilitet er derfor blitt undersøkt.

Fra sitt arbeide med geologisk kartlegging i Kongsbergområdet beretter statsgeolog dr. Arne Bugge i NGU's årbok for 1922 (Publikasjon nr. 98, s. 17) om noen geologiske iakttagelser han gjorde ved Labrofoss. Han skriver: «Ved Labrofossen må det vel ansees for utvilsomt at fossen faller ut for en tilfeldig avsats i dalsiden, og at den egentlige dalbunn ligger vestenfor og langt dypere . . . Efter kartet er det kun en ca. 70 m bred leirvoll, som hindrer Lågen i å bryte ut av sitt leie og løpe sammen med Kobberbergselven allerede ved Sunnegrenden. En grunn til å tro, at denne oppfatning er riktig, er også at der i partiet langs nedre kant av leirvollen, som demmer opp for Lågen er en rekke overordentlig rike oppkommer, som ikke mistet noget av sin vannføring i de tørre år som vi har hatt i den senere tid. En av oppsitterne på stedet mener, at vanntilgangen i oppkommene øket efterat Lågen for etpar år siden ble oppdemmet 1,5 m. Jeg tror, der er all grunn til å være oppmerksom på dette punkt, da en ulykke, som kan forårsakes ved et elvebrudd her er uberegnelig. Leirbakkene har vært utsatt for ras, særlig når man har pløid . . . En videre oppdemning av Lågen vil utvilsomt være forbundet med stor fare og det er vel også mulig at en regelmessig trafikk av tunge lastebiler på landeveien vil kunne være skadelig.»

Arne Bugges beskrivelse er ledsaget av en kartskisse over terrenget på det sted, hvor Lågens gjennombrudd til Kobberbergselven er tenkelig. Høideforskjellen mellem Lågen og Kobberbergselven er nær 20 m og jordryggen ved veien ligger 4—5 m over vannstanden i Lå-

¹ Amund Helland: Norges Land og Folk. Nordre Trondhjems Amt, B. I, s. 156.

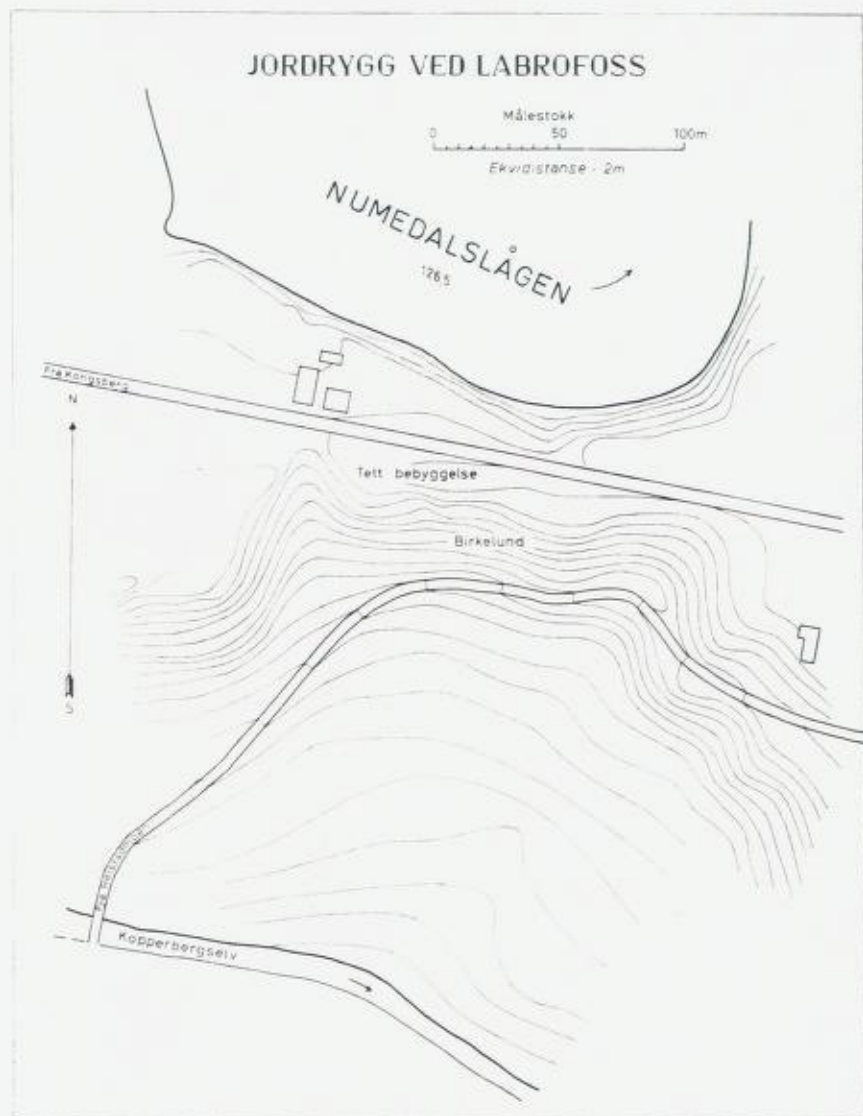


Fig. 23. Kart over jordryggen ved Labrofoss.

Map of the clay ridge at Labrofoss.

gen. Avstanden mellom elvene er noen hundre meter. Skråningen mot Kobberbergselven viser groper etter gamle utrasninger. Hvis ryggens indre består av blødt leir er der fare for at leirfall kan bane vei for Lågen forbi Labrofoss. Stor flom eller dambrudd i elvens reguleringsmagasiner, som kan føre til overløp over ryggen, er like farlig.

Efter en felles befaring på stedet av statsgeolog Bugge og forfatteren ble fylkesmannen i Buskerud gjort oppmerksom på geologenes initiativ til å få utført en undersøkelse av jordryggen. Norges Geologiske Undersøkelse kontaktet også Norges Vassdrags- og Elektrisitetsvesen, og Hovedstyret stilte midler til rådighet for en grunnundersøkelse. Utførelsen av denne ble overdratt til geolog Rosenlund ved Norges Statsbaner i samråd med geologene Bugge og Holmsen og fandt sted vinteren 1924—1925.

Av Rosenlunds beretning fremgår, at boringene ble ført ned til 8 å 12 m's dyp i den demmende jordrygg uten at berggrunnen ble nået i flere enn 4 huller av 44 boringer. Kun ved foten av ryggen langs Kobberbergselven ble berggrunn fundet på kotene 104, 105, 106 og 112, mens vannstanden i Lågen ovenfor ryggen ligger på kote 121. Grunnen består av vekslende lag av forholdsvis fast leir og fin sand. Der ble ikke påvist noget mykt, blødt leirlag. Der kan således *ikke mere næres frykt for at ryggen glir ut ved leirfall*. I etpar av de nederste borhull ble funnet trerester i omtrent 1 m's dyp under overflaten. Dette er rester efter utglidd jord, som har revet med sig trær.

De boringer som ble utført langs kanten av Lågen tyder ikke på at ryggens jordlag under elveleiet er nevneverdig oppblødt. Grunnen er imidlertid ikke ugjennemtregelig for vann, og de små utrasninger eller signinger efter teleløsning eller efter sterkt regn svekker ryggens stabilitet mot Kobberbergselven. En beplantning med trær og fredning av området for enhver graving tilrådes.

Ryggen angripes også fra den annen kant, nemlig av bølgeslaget i Lågen, som graver i det fine materialet. Dette må søkes hindret ved en forbygning langs elvekanten.

Skulde der nogensinde planlegges belastning av ryggen vil det bli påkrevet å foreta en undersøkelse av dens bæreevne. Så tørt som materialet i overflaten er ansees bæreevnen god nok for almindelig vei-trafikk.

Hovedstyret for Norges Vassdrags- og Elektrisitetsvesen bemerker i skriv til Norges Geologiske Undersøkelse av 7. mars 1925, at inn-

hentede opplysninger tyder på at der ikke er fare for at vannstanden i Lågen under flom vil kunne overstige ryggen.

Fylkets veivesen ordnet med opprettelse av et fredet areal på 6250 m² og med dets inngjerding og beplantning med birk. Overenskomst herom mellom grunneierne og veivesenet ble tinglest.

I årene 1930—31 utførte Vassdragsvesenet en 280 m lang forbygning med sten på oppsiden av jordryggen. Drammens Elektrisitetsverk bekostet denne.

I 1960 ble Norges Geotekniske Institutt anmodet av Hovedstyret om å gi uttalelse om stabiliteten av jordryggen. Etter en befaring av geoteknikerne, ingeniørene B. Kjærnsli og A. Eggestad leverte disse en rapport datert 10. sept. 1960. Heri uttales: «Overflateglidninger i skråningene ned mot Kopperbergselva, som således foregår i fin sand og leir, kan forårsakes både av tele og av strømmende vann. Slike utglidninger kan reduseres eller forhindres av vegetasjon med tilstrekkelig dyptgående røtter eller ved effektiv drenasje.

Oppkommer som er påvist i den flatere del av samme skråning viser at vanntrykket i grunnen er større enn tilsvarende grunnvannstand i høyde med terreng og er naturlig nok betinget av vannstanden i Numedalslågen, som for flere av oppkommenes vedkommende ligger 20 m høyere enn disse. Vannet som strømmer ut av oppkommet eller, som mindre påviselig, siger ut av skråninger har to uheldige virkninger i og med at vannet reduserer stabiliteten av jordlaget vannet strømmer i og dessuten, at vannet som strømmer kan medføre en transport av finere partikler.

Skader som følge av oppkommer eller vannsig i skråningen kan reduseres eller forhindres ved at terrenget dekkes av et filter eller ved at skråningen dreneres. Et filterlag med tilstrekkelig mektighet bestående av grus og stein vilde også kunne forhindre utglidninger som følge av tele.

Av de botemidler som er nevnt ovenfor er det imidlertid drenasje av skråningen som kan anbefales. En slik drenasje burde etter Instituttets mening best kunne utføres ved at det graves grøfter til frostfri dybde, d.v.s. ca. 2,0 m, som så fylles med grus og stein.

Instituttet mener ikke at de observerte overflateglidninger er av en slik art at man må foreslå at åsryggen ved Labro blir gjenstand for omfattende og kostbare grunnundersøkelser.

Man mener imidlertid at enhver videre form for overflateglidninger



Fig. 24. Kart over jordryggen ved Haugfoss.

Map of the clay ridge at Haugfoss.

bør forhindres og videre at vann som trenger frem av grunnen i form av oppkommer bør fanges opp av effektive filtre.

En effektiv drenering vil foruten å forhindre overflateutglidninger øke sikkerheten mot en dyperegående utrasning.»

Samtidig som grunnundersøkelsen av jordryggen ved Labro ble planlagt mottok Hovedstyret for Norges Vassdrags- og Elektrisitetsvesen henstilling fra Buskerud fylke om å undersøke oppbyggingen av en rygg i lignende situasjon ved Simoa, ca. 400 m ovenfor Haug-

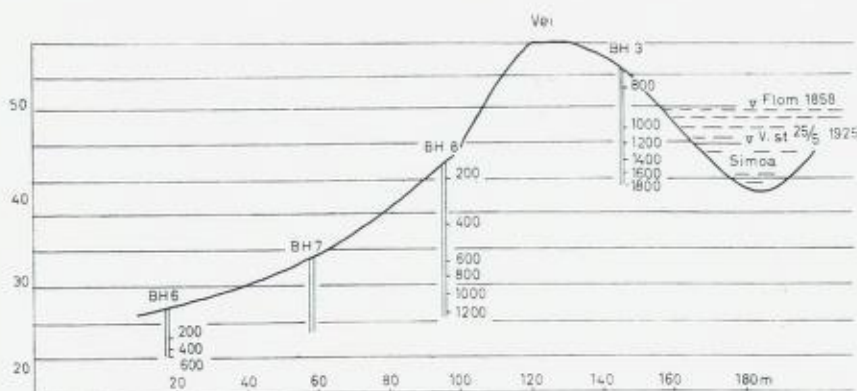


Fig. 25. Jordboringer i ryggen ved Haugfoss.
Ground investigations at Haugfoss clay ridge.

foss. Det var Buskerud Veikontor, som hadde gjort oppmerksom herpå i skriv av 3. des. 1924, hvori fremholdes:

«Bygdeveien fra Haugfoss bro—Overn går her på kanten av elvemelen etter elvens nordside, og på veiens annen side faller terrenget meget bratt, nesten ned til vannstanden under Haugfoss. På denne smale rygg er der kanskje heller ikke fjell i bunnen, her ser i det hele ikke pent ut. Det vilde være ønskelig snarest mulig at få undersøkt forholdene også her på samme måte som ved Labro.»

Henstillingen førte til at forfatteren sammen med Vassdragsvesenets overingeniør Kristofer Olsen tok stedet i øiesyn, hvorefter Vassdragsvesenet optok et kart i målestokk 1:1000 med 2 m's ekvidistanse over ryggen mellom Simoa og den dype nedskjæring i terrassen på østsiden. Etter forfatterens anvisning ble der utført sonderingsboring på 8 forskjellige punkter langs 2 profiler over ryggens mest utsatte del.

Av forfatterens innberetning over undersøkelsens resultat datert 10. juni 1925 hitsettes:

«Ryggen er en gjenstående del av en leirterrasse i ca. 75 meters høide over havet. Elven gjør en sving mot den høire dalside, hvor den faller ut over et berg og danner Haugfoss. Midt i dalen er der dype nedskjæringer i terrassen, 20—30 m under elvens nivå ovenfor fossen. Høideforskjellen mellom ryggen og bunnen av nedskjæringen midt i dalen er henimot 40 m. Fra ryggen går bratte bakker ned mot dalen, der innerst forgrener sig. Der er flere pæreformede forsenkninger i ryggen som tyder på gamle ras, se kartet. Situasjonen ligner den ved

Hærfossen før elvens gjennombrudd der, og ryggen ved Labrofoss. Ned mot elven er der fra ryggen ca. 10 m's fall. Der hadde nedenfor plassen Koplandshaugen i vinter gått et ras i elven i ca. 40 m's lengde.

Enkelte av borhullene ble ført ned til nesten 20 m under overflaten. På hosstående tegning av et av profilene med borhullene innlagt vises borets synkning for hver 200 hele omdreininger med en belastning av 100 kg på borstangen.

Ryggen synes at være bygget av leir uten mellemliggende sandlag så langt ned som sonderingene når. *Under fastskorpen er det seigt og av såpass stor fasthet at der ingen fare er for leirfall.* Vannførende lag ble ikke overskåret.

Elven setter i en bue inn mot ryggens smaleste del, og at den tiltrods for sin ringe strømhastighet her eroderer rett betydelig viser den avskalling som i år fandt sted nedenfor Koplandshaugen. Sikring av denne svake naturlige demning, som ryggen er, må til.»

Grunnvannsundersøkelser.

Den ved regulering endrede vannstand i en elv har virkning på grunnvannstanden i nærliggende elvesletter hvor grunnen er gjennomtrengelig.

Nea.

Fra Neas regulering kjennes eksempler på, at ved oppstuvning av isdammer kan vann fra elven sige gjennom grunnen og bryte frem som overflatevann.

Ingvard Moslett, hvis eiendom ligger langt fra elvekanten, vitnet om, at vann fra isgang i elven bryter frem av jorden og strømmer forbi husene. Efter den oppøring som i de siste år har funnet sted i elven står vannspeilet i brønnen hans høyere enn før.

Ved å samle opplysninger om endel brønner har jeg forvissnet mig om at vannspeilet i disse og vannstanden i elven til en viss grad følges ad. Dette skyldes imidlertid ikke elvens vannstand alene. En nedbørfattig periode bevirker at grunnvannstanden synker, likesom elven og dens tilløp da fører mindre vann.

Normalt stammer grunnvannet i elveslettene fra nedbør som trenger ned i jorden, og det siger gjennom grunnen fra dalsidene mot elven. Ved høy vannstand i elven stemmes grunnvannstanden i elveslettene opp, likesom dens avløp lettes ved lav vannstand. Ved isdannelse om vinteren vil grunnen nærmest elven mettes med grunnvann i grus- og sandlagene. Men når vannstanden faller i elven, vil dette grunnvann sige ut gjennom de porøse lag. Det øverste lag, evjesanden, er så fin-kornig at det holder godt på vannet.

Under reguleringskjønnene for Nea ble det fremhevet av grunneierne, at reguleringen hadde fremkalt vannmangel i endel gårdsbrønner beliggende nær elven både i Selbu og i Tydal. De brønner som er nevnt som skadelidende er gravet i gjennomslippelig sandjord til et dyp noget under den naturlige grunnvannstand.

Brønner i Selbu.

Lavvannstanden i et vassdrag senkes ettersom elven fordyper sitt leie. Ved at vannføringen minskes ved regulering av tilløp vil lavvannstanden også senkes under den naturlige.

Fyllingen av reguleringsmagasinene pågår vesentlig i flomtiden om våren. I juli og august er de som regel fylt og elven får da sin naturlige, uregulerte vannføring. Fra midten av november til ut i april slippes damvannet. Om noen brønn har gått tørr i den tid av året så kan dette ikke skyldes reguleringen.

Trondheim Elektrisitetsverk har utarbeidet vannføringskurver for Nea ved Stokke vannmerke, og for vannstanden ved Kulset bro for hver dag i året fra 1934 til 1954.

Under flom i elven stiger grunnvannets nivå i lavtliggende brønner nær elven raskere enn det atter synker når flommen går ned. Jo større flommen har vært desto lengere tid tar det før grunnvannet innstiller sig på det nivå det hadde før flommen kom. Følger flere flommer etter hverandre kan grunnvannspeilet bli liggende betydelig høyere enn elvens vannstand. En kan si, at flommen «mater» grunnvannstanden.

For å gi en forestilling om hvor meget flomtoppene gjennomsnittlig kan være senket i Nea har jeg regnet ut middelverdiene for høyeste vannstand ved Kulset bro for månedene juli, august og september i syv år med regulering fra 1948 til 1954 (Essandreguleringen ble ferdig 1948 og Sylsjøreguleringen i 1952) og sammenlignet disse med middelverdiene for høyeste vannstand for de 7 år fra 1934 til 1940. Jeg har funnet, at høyeste vannstand for juli måned i de to sammenlignede 7-årsperioder er senket 0,03 m, for aug. 0,54 og for sept. 0,13 m, altså i gjennomsnitt for de 3 sommermåneder 23 cm.

Om sommeren etter vårflommen, tildels også i september, er elven enkelte år svært liten. Det har hendt, at Neas vannføring ved Stokkes vannmerke har vært under 5 sm³. Det var tilfelle i siste halvdel av aug. 1937, og noen dage i aug. og sept. 1947. Det svarer til vannstanden 175,16 på vannmerket. I vintertiden, i jan.-febr.-mars vilde så lav vannføring som 5 sm³ eller derunder ofte ha vist sig om ikke den naturlige vannføring hadde fått et tillegg ved slipping fra reguleringsmagasinene.

Det hender at magasinene ikke blir fylt av vårflommen, og at vann, som uten regulering vilde kommet ned til Selbu om sommeren er holdt tilbake. Det har vært tilfelle i somrene 1940, -41, -42, -47,

-48, -50, -51 og 1954, men ifølge vannføringskurvene ikke i somrene 1943, -44, -45, -46, -49, -52 og 1953, da elven etter at magasinene ble fylt fikk den vannføring den vilde hatt uten regulering.

Det er når elvens vannføring er liten at foruroligende lav vannstand i brønnene kan inntre om samtidig noget vann oppsamles i magasinene for å fylle dem. Av år, hvor det av kurvene fremgår at vannmangel i brønnene kan skyldes reguleringen, vil jeg fremheve somrene 1948 og 1951. Av disse 2 år var elvens sommervannstand lavest i 1948 da der i begynnelsen og midten av august bare gikk 10 sm³ gjennom Stokkehølen. Reguleringen holdt da tilbake ca. 2 sm³. Det svarer til at reguleringen hadde senket vannstanden fra 175,28 til 175,25, altså 3 cm ved Stokke vannmerke. Vannstanden synker imidlertid ikke like meget alle steder i elven. På et sted hvor elveleiet er smalt og elvens fall lite vil vannstandsvariasjonen bli relativt stor, og hvor elveleiet er bredt og strømmen sterkere, vil den bli mindre.

Sammenlignes den regulerte vannføring somrene 1948 og 1951 med den beregnede, *uregulerte* vannføring i andre år, eksempelvis 1941 juli under 10 sm³, 1947 aug. under 5 sm³ og 1952 nov. 6 sm³, fremgår det at etter at reguleringen tok til i 1940 vilde der flere somre ha inntruffet lavere *naturlig* vannføring enn den regulerte i årene 1948 og 1951.

Den laveste sommervannføring elven har hatt i hele observasjonsperioden inntraff i begynnelsen av november 1951 før slipping fra magasinene tok til da den ifølge vannføringskurven viste 1 sm³. Så lav var ikke vannføringen selv i den tørre sommer 1947. Men sommeren 1951 var også meget tørr, og forut for den lave vannføring i november hadde der i månedene juli, aug. og sept. blitt holdt tilbake en betydelig vannmengde i reguleringsmagasinene. Det er trolig at dette kan ha øvet innflydelse på den lave vannføring i november, som ikke vilde blitt så lav i vassdraget om dette hadde vært uregulert. Selv om en lav vannføring inntreffer på en tid da reguleringsmagasinene ikke holder noget vann tilbake, vil en *forutgående* kunstig frembragt vannføring med derav følgende lav vannstand i elven kunne ha en merkbar senkning av grunnvannstanden langs elven til følge. Det må tas i betraktning, at grunnvannstrømmen er treg i forhold til elvens avrinning.

Den magasinering av vann som fandt sted i Essandsjø før 1945 kan neppe ha innvirket på brønnenes vannstand. Heller ikke kan vannføringene i somrene 1945, -46 og -49 således som de er fremstillet på vannføringskurvene være skyld i at noen brønn er gått tom. Dette

kan derimot ha vært tilfelle somrene 1947, -48 og 1951 etter at full regulering av Essandsjø var gjennomført. En særdeles lav vannføring i nov. 1950 må tilskrives Stuesjøens regulering.

Somrene 1952 og 1953 var Essanden og Sylsjøen fylt sist i juni. Under forutsetning av at Nea har gått med uregulert vannføring i de senere måneder før tapningen begynte kan reguleringen ikke legges til last om nogen brønn i den tid er blitt tørr.

Sommeren 1954 ble ikke Essand- og Sylsjømagasinene fylt under vårfloppen. Snemengden var i dette år bare 60 % av den normale. En betydelig vannmengde måtte derfor i sommerens løp holdes tilbake i magasinene, men tiltross herfor sank ikke vannføringen i elven under 20 sm³ før i sept.—okt.

Fyllingen av Stuesjø tar til fra først i september. Det vann som herved tilbakeholdes utgjør i Selbu ikke meget, men det har dog i enkelte tørre somre, eksempelvis 1950 og 1951 bidratt til å fremkalle elvens lave vannføring i november før vintertappingen tok til.

Det er i nedbørfattige år at fyllingen av reguleringsmagasinene strekker sig utover sommeren, men det er også i nedbørfattige år at grunnvannstanden ligger lavt. De somre hvori oppsamlingen av vann i magasinene kan ha medført en lavere vannstand i brønner nær elven enn den de vilde hatt om vassdraget hadde vært uregulert, er ifølge vannføringskurvene: 1947, -48, -50 og 1951. Ikke i nogen av de andre år etter at reguleringen ble iverksatt har den bidratt til å senke vannstanden i brønnene.

Brønner i Løvøya.

Grenden Løvøya ligger ved Tya, som kommer fra reguleringsmagasinet Stuesjø.

Det hevdes av brønneierne på Løvøya, at reguleringen har medført, at brønnene går tørre når dammen foran Stuesjøen stenges og elvens vannstand synker under det lavvannsnivå elven kunde ha i uregulert tilstand. Brønnene ligger i en avstand fra elven opptil etpar hundrede meter, er muret av gråsten og har en dybde av 4 å 5 m. Jordarten hvori de er utgravet er grus og sand med stor vanngjennemtregelighet.

Samtidige målinger av vannstanden i elven og i brønnene ble utført sommeren 1954. De viser at elvens vannstand og brønnenes går i

takt med hverandre, men ingen av de fire observerte brønner gikk tørr om sommeren. Elvens laveste vannstand inntraff 21/8 med en vannføring ved Fossan vannmerke på 1,7 sm³.

Trondheim Elektrisitetsverk fremla for erstatningskjønnene en tabell over den laveste vannstand, som inntraff i Tya ved Fossan VM sommermånedene juli, august og sept. for årene 1919 til 1954. Herav fremgår, at *middelverdien* for laveste vannstand innen de tre nevnte sommermånedes etter reguleringen av Stuesjø er sunket 9,3 cm.

Til vurdering av reguleringens betydning for brønnenes vannstand er en sådan enkel angivelse av sommerens laveste vannstand i elven i og for sig ikke nok. Vannstanden i brønnene er sterkt avhengig av hvor *varig* elvens lavvannsstand er. Med det forholdsvis konstante avløp fra Stuesjøen når dammen trer i funksjon får ikke elven stige etter nedbør som den vilde gjort i uregulert tilstand. Følgen er at grunnvannet renner ut mot elven som under vanlig tørke uten den avbrytelse som en flom i elven vilde gi.

Selv om minstevannstanden i elven som følge av reguleringen ikke har sunket mere enn 9,3 cm kan dette derfor ha bevirket påtagelig senkning av vannstanden i brønnene.

Avlingstap langs Otta og Laugen som følge av at flomhøyden om sommeren nedsettes.

Ottaflommen har innflydelse på avlingene av lavlendte områder langs Otta og Laugen. Grunneierne hevder, at den lavere vannstand i vassdraget om sommeren, og spesielt under flommen, har tilfølge en minsket avkastning av kulturplantene. Ved at reguleringsmagasinene holder vann tilbake i flomtiden så flommenes høyde blir redusert, får etter reguleringenes ikrafttreden lavtliggende mark ikke det tilskudd av vann den før fikk. Særlig betydningsfull er oversvømmelse under flom for de regnfattige strøk, som gjennomstrømmes av Otta og Laugen.

For planteproduksjonen er grunnvannspeilets beliggenhet en viktig faktor. Herom foreligger der ikke i norsk faglitteratur spesielle forsøksresultater, men i våre naboland er der i årenes løp utført mange. Da Vänerens regulering i midten av 20-årene skulde iverksettes var man i stor vildrede om hvordan oppdemningen vilde komme til å virke på jordens planteproduksjon. Før den tid var i litteraturen vidt for-

skjellige anskuelser fremholdt om den gunstigste grunnvannsdybde for kulturplantenes trivsel. For å skaffe tilveie eksakte opplysninger herom ble der i Sverige iverksatt undersøkelser ved Experimentalfältet gjennom årene 1920—1928. Resultatet av disse er offentliggjort i «Meddelande no. 358 från Centralanstalten för Försöksväsenet på jordbruksområdet». Her har O. Franck en avhandling med tittelen: Redogörelse för försök för utrönande av olika djupt under markytan stående grundvattens inverkan på åkerkulturväxternas avkastning. (Stockholm 1929, O. L. Svanbäcks boktryckeri.)

Forsøkene ved Experimentalfältet, hvor plantene ble dyrket i kar med konstant grunnvannstand, er nu blitt klassiske, og sammenfattes således: «På mullfattige lerjorder vilande på leralv med mindre goda fysikaliska egenskaper, är ett grundvattendjup av något mer än 75 cm önskvärd. För rotfrukter (rovor) är dock ett större grundvattendjup (ca. 125 cm) önskvärd.

Sandjordar fordra et något mindre grundvattendjup, omkring 75 cm, men rotfruktar (rovor) ha även i denna jordmån visat sig tack-samma för at grundvattnet står djupare under markytan, 100—125 cm.

På en djup mullhaltig, i kapillärt avseende godartad lerjord äro grundvattensdjup av 100—125 cm önskvärda för de flesta åkerkulturväxterna. Rovorna äro dock betjänta av ännu djupare grundvattenstånd.»

Den gunstigste dybde grunnvannspeilet kan ha for planteproduksjonen er således forskjellig for de ulike jordarter og de forskjellige kulturplanter. For planter med dyptgående rotsystem blir det under ellers like forhold størst avling hvor grunnvannet ligger forholdsvis dypt, mens gressvekster og kornsorter gir størst avling ved høyere grunnvannstand. For avling på sandjord, som jordarten består av på de lavtliggende voller ved Otta og Laugen, er det gunstigste grunnvannsdyp for korn og gress 50—75 cm under markens overflate, mens rotfrukter gir maksimal avling, hvor grunnvannet står 100—125 cm dypt.

Hvad angår avlingens avkastning på sandjord med forskjellig grunnvannspeil førte forsøkene ved Experimentalfältet til relativtall som vist i tabellen s. 139.

Hvor grunnvannstanden ligger under 150 cm innvirker den svært lite på avlingens størrelse.

Plantene tilgodegjør sig det vann som suges kapillært opp fra grunnvannsnivået eller som samler sig over dette nivå efter nedbør og kaldes for sigevannet. I distrikter med liten nedbør i veksttiden kan

Gr. v. dyp cm	Bygg	Havre	Rajgress slått 3 ganger	Vår- rug	Pote- ter	Erter som grønn- for	Vår- hvete	Tur- nips
50	100	100	100	97	100	100	96	72
75	97	85	94	100	98	95	100	89
100	85	78	91	95	89	90	80	94
125	84	69	85	88	76	60	67	100
150	79	65	81	89	71	40	66	89

den kapillære ledning fra grunnvannet vise en avgjørende betydning for planteveksten. Forutsetningen for dette er imidlertid at grunnvannet ikke ligger for dypt, og at jordarten har god kapillær ledningsevne. Når det gjelder plantenes vannbehov er det ikke bare den totale vanntilgang i vegetasjonstiden som gir et godt avlingsresultat, men det er av særlig betydning at der finns rikelig kapillært vann i jorden mens den største stoffproduksjon pågår.

De lavtliggende voller langs Laugen og Otta blir grundig gjennevannet under oversvømmelsene i flom. Kjennskapet til flommenes størrelse og tiden for deres kulminasjon, samt deres virkning på grunnvannstanden, er derfor viktig for erkjennelsen av deres innflytelse på vegetasjonen.

Der ble foretatt omfattende målinger av grunnvannstanden på elvesletter i somrene 1951, 1955 og 1956 for å klarlegge sammenhengen mellom denne og elvens vannstand.

Grunnvannet på holmer og tanger, som i flom blir helt omgitt av vannløp, er mere avhengig av flom i elven enn av regn. Anderledes er det med de landfaste elvesletter. De får tilskudd til sitt grunnvannsforråd også fra vann, som siger gjennom grunnen ned på dem fra lissidene. Når grunnvannstanden stiger er det ikke bare elvens vann som trenger inn i dem. Et høyt nivå i elven hemmer grunnvannets avløp, og grunnvannet stemmes opp. I almindelighet er derfor grunnvannspeilets høyde på de landfaste elvesletter høyere enn elvens nivå. Men når elven stiger raskt kan elvenivået være høyere enn grunnvannstanden i elvens nærhet. Dette pleier ikke å stå på mere enn ett døgn. I den tid er det trolig at vann fra elven siger inn i grunnen.

Grunnvannet siger fra høyere mot lavere nivå, og renner i den retning grunnvannspeilet faller. I grov sand siger det fortere enn i fin sand.

Holmer og øyer i elven består av vekslende lag sand og grus.

Gruslagene er vasket så de har lite finmateriale og derfor stor gjennomtrengelighet for grunnvann. Sådanne gruslag er på elveslettene almindeligvis dekket av sandlag. De er vel kjendt av grunneierne under navn av «fyru». Hvor de ligger høyere enn elvenivået har kulturplantene over fyrulag lett for å lide av tørke.

Som eksempel på hvordan grunnvannsnivået pleier å ligge på landsfaste elvesletter skal målingene ved Vågåmo og Tårud omtales.

Området mellom riksveien og Finna er en gruskjegle lagt opp av Finna og Nugga ved disse elvers utløp i Otta. Begge har voldsomme flommer, og elvene har ofte tatt nytt løp. Som følge herav veksler i undergrunnen lag av grus og sand. Det groveste materiale elvene har revet med sig finns fortrinsvis øverst i gruskjeglen, og den finere sand nederst ved Otta. Gruskjeglen faller 5 m på en strekning av 1 km. Kun gruskjeglens nederste del oversvømmes under stor flom i Otta.

På Vågåmo ble grunnvannstanden iaktatt i 6 rør i tiden fra 7de juni til 22de aug. 1955. Måling av grunnvannstanden ble foretatt i rør av en tommes diameter, som er åpne nedentil og hvis sider er gjennomboret med små huller i den nederste halve meter for å lette vannets strømning inn og ut av røret. Rørene ble satt ned i huller boret med skovlbør. Skovlboret hadde større diameter enn røret, og for å lette vanntilgangen til røret ble dette omgitt av sand så høyt som perforeringen gikk.

De 2,5 m lange rør ble satt vel 2 m ned i jorden. Rør 1 nådde ikke ned til grunnvannet og var tørt hele observasjonstiden. I rørene 2 og 6 viste der sig ikke vann før 7de juli.

Grunnvannstanden følger til en viss grad markens høyde. Høyest lå grunnvannsnivået i rør 2, hvor markens høyde var 12,98 m over et vilkårlig valgt 0-punkt. Lavest lå grunnvannsnivået i rør 6, hvor markens høyde var 8,50 m.

Det fremgår av fig. 26 at det er vannstanden i rør 4 som best følger elvens vannstand. Det stod på elvesletten ca. 100 m fra vannstandsmerket i elven. Rør 5 lå nærmere elven, men på grunn av elvens fall nedenfor vannstandsmerket ble dets vannstand undertidene lavere enn vannstandsmerkets. Vannstanden i rør 5 gjør lite utslag for flomtoppen i elven 13de juli. Dets høyeste vannstand følger 3 dage etter flomtoppens kulminasjon. Da røret stod innunder lifoten fikk det et betydelig tilskudd av grunnvann som siger nedover lien.

Tårud ligger i Nord-Fron på elvens vestsida. Målinger av grunnvannstanden ble foretatt i tiden 11/9 til 13/10 1951. Elvesletten be-

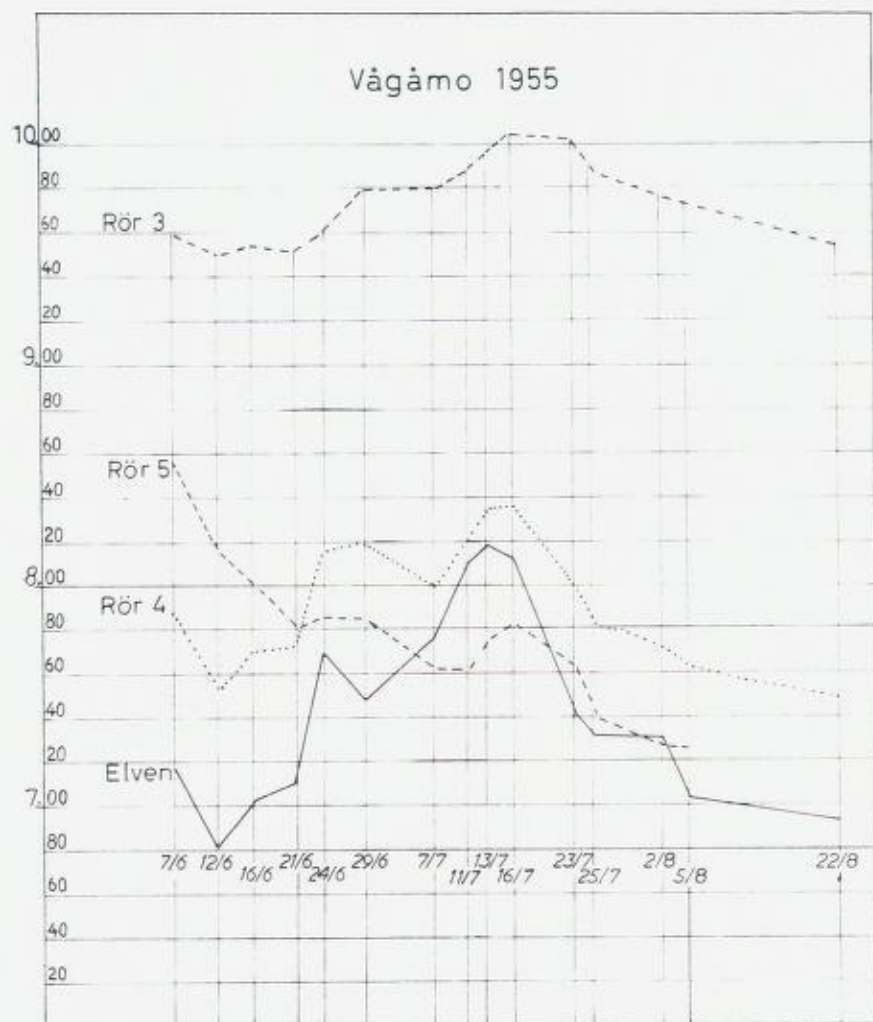


Fig. 26. Grunnvannsmålinger på Vågåmo 1955 fra 7/6—25/8.

Measurements of ground water levels June 7th—Aug. 28th 1955 at Vågåmo.

står av sand og har ytterst ved elven en høyde av 3 å 4 m over almindelig sommervannstand. Fra elvekanten falder den svakt i 100 m's avstand til lifoten. Der ble nedsatt 2 grunnvannsrør, rør nr. 1 i 80 m's avstand fra elven, nr. 2 40 m fra elven. Linjen mellom dem lå tvers på elvens retning.

Tårud 1951

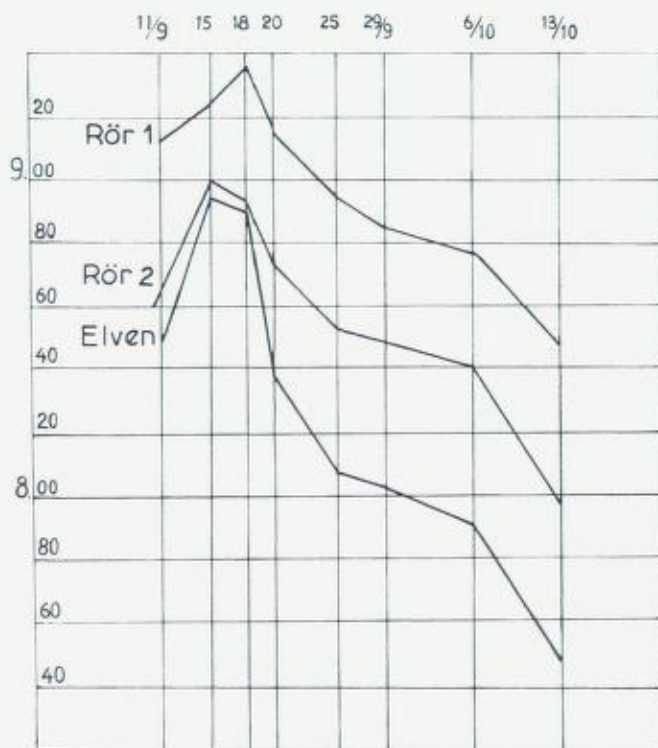


Fig. 27. Grunnvannsmålinger ved Tårud fra 11/9 til 13/10 1951.

Measurements of ground water levels from Sept. 11th to Oct. 13th 1951.

Som fig 27 viser inntraff flom i elven 15/9. Grunnvannstanden ligger i begge rør høyere enn elvens vannstand under hele observasjonstiden. Røret lengst fra elven viste den høyeste grunnvannstand. Det tyder på, at en grunnvannstrøm siger fra dalsiden gjennom elvesletten med avløp i elven. Når elven stiger hemmes grunnvannstrømmen så vannstanden stiger i begge rør, et par døgn forsinket i det rør, som ligger lengst fra elven.

For å klarlegge sammenhengen mellom elvens vannstand og grunnvannspeilet på helt omflytte øyer ble der sommeren 1956 foretatt daglige vannstandsmålinger i 28 rør fordelt på to lavtliggende øyer i Kvam, Storøya og Teigøya.

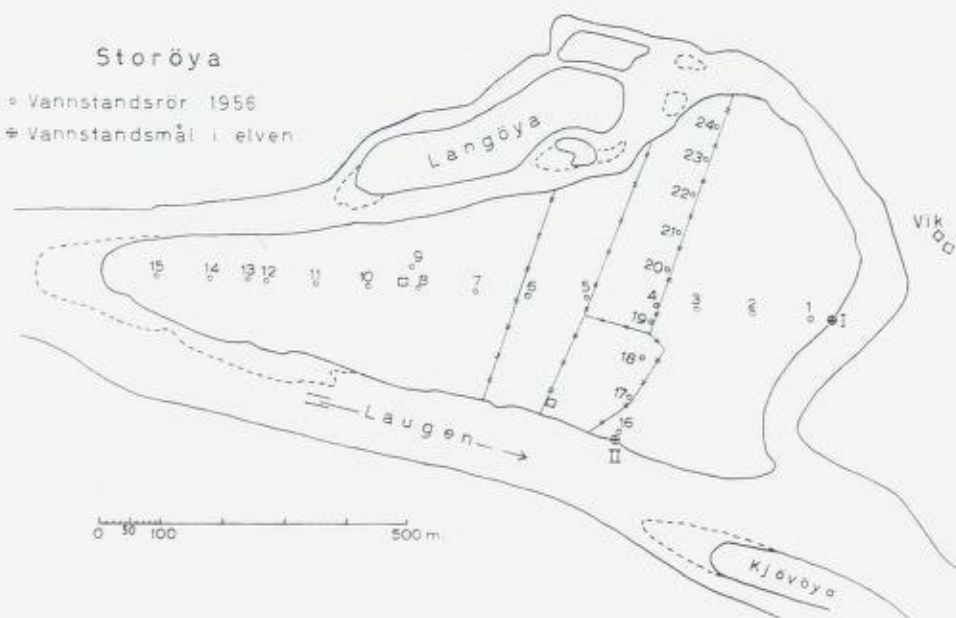


Fig. 28. Grunnvannsrørenes plasing på Storøya sommeren 1956.

Location of ground water pipes at Storøya in summer 1956.

På Storøya ble nedsatt 24 grunnvannsrør ordnet i 2 linjer, en langsefter øya og en tversover. Avlesing av vannstanden begynte 5te juni og varte til 25de aug. Av rørene var 19 1,80 m lange og 5 av dem var 2,50 m, da rørenes topp måtte rake litt opp over marken nådde de fleste ikke dypere enn til 1,60 å 1,70 m under markens overflate. Elvens vannstand ble målt på 2 steder. Grunnvannsrørenes topp og elvens vannstandsmerker ble forbundet ved nivellement.

Storøya er 1240 m lang i strømretningen, og med en største bredde på 600 m. Langs elvebakken er en stripe skog satt igjen til beskyttelse mot utrasing, ellers er øya for størstedelen dyrket. Den er så høy at det skal stor flom til før noe av dens dyrkede mark oversvømmes. Det fant sted nederst på øya i 1958 da Losna vannstandsmerke viste høyden 5,02.

Grunnen består av vekslende lag grus og sand. Øverst på øya ligger grus i dagen og i elvesengen. Denne «fyru» trekker elvevann inn i grunnen som sprer sig til de overliggende sandlag og siger i øyas lengderetning som grunnvann.

En kortvarig flom begynte 10de juni, kulminerte 13de hvorefter

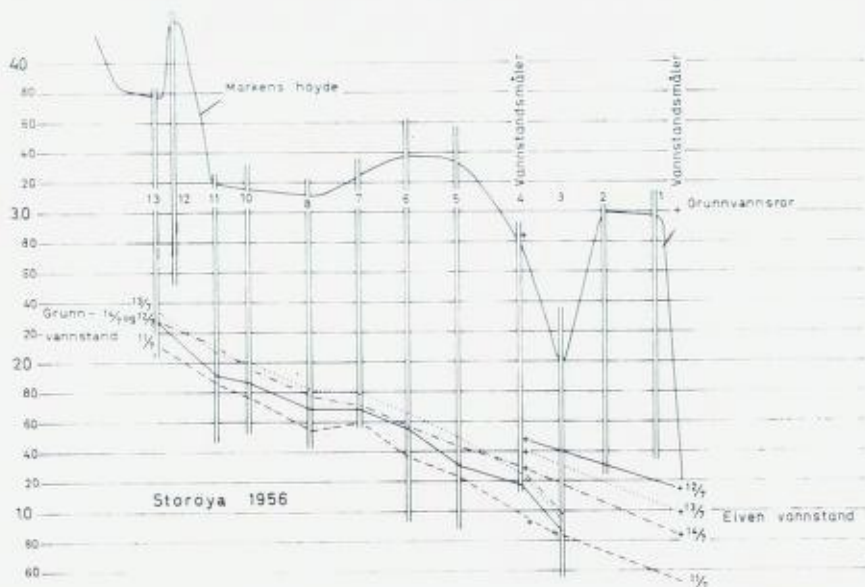


Fig. 29. Grunnvannstandens og elvenivåets forandringer i dagene 11/7 til 14/7 1956 på Storøya. Noen rør nådde ikke ned til grunnvannspeilet.

Changes in ground water and river levels at Storøya in the days of June 11th to June 14th 1956. Some water pipes did not extend to ground water level.

elven sank jevnt til omkring 20de juni. Vannstanden 13de var den høyeste i hele observasjonstiden. Andre flommer inntraff med stadig lavere høyder 6te juli, 12te juli og endelig en omkring 20de aug. Flomtoppene 6/7 og 12/7 er tydelig skilt fra hverandre ved lav vannstand 10/7 og 11/7.

Beliggenheten av grunnvannsrørene på Storøya fremgår av kartskissen fig. 28.

Av målingene fremgår at grunnvannspeilet stiger og synker med elvens vannstand, men med mindre høydeforskjell enn denne, og at den høyeste grunnvannstand er forsinket i forhold til elveflommens kulminasjon.

På fig. 29 er fremstillet beliggenheten av vannstands-rørene 1 til 13, og den relative høydeforskjell mellem elvens vannstand på målesteden I og II og grunnvannstanden. Dessuten er markens høyde angitt på de steder der grunnvannsrørene står.

Grunnvannsnivået faller i øyas lengderetning omtrent som elven

faller. Tversover øya har grunnvannet et svakt fall fra hovedløpet mot Løken.

På Teigøya ble nedsatt 4 grunnvannsrør langs en linje tversover øya og et vannstandsmerke i hovedløpet i samme linje. Målinger ble utført hver dag fra 29de mai til 23de aug. Grunnvannsrørenees topper ble forbundet med vannstandsmerket ved nivellement. I observasjonstiden stod der grunnvann bare i 2 av rørene. Grunnvannstanden kulminerte 1 døgn efter flommene.

Ved å sammenligne elvens vannstandsvariasjoner med grunnvannets fremgår, at grunnvannspeilets kulminasjon følger 1 til 3 døgn efter elvens. *Det tar imidlertid betydelig lengere tid før grunnvannet er sunket tilbake til det nivå det hadde før stigningen begynte, enn den tid som medgikk til at dets kulminasjon ble nådd.* Derfor vil flomtopper som følger tett på hinanden heve grunnvannspeilet mere enn om det er lang tid imellem dem.

Når flomtoppene er kuttet ned vil der akkumuleres mindre grunnvann på lavtliggende voller enn det gjorde i det uregulerte vassdrag. *Den økning i grunnvannspeilets høyde som en flom fremkaller varer kortere efter en liten flom enn efter en stor. Derfor har reguleringens flomreduksjon medført lavere grunnvannstand enn den naturlige på lavtliggende voller.*

Hvor meget har reguleringens reduksjon av flomtoppen senket grunnvannstanden?

Ottaflommene influerer sterkt på Laugens vannføring i vegetasjonens vekstperiode. I Sel og Nord-Fron forener Otta sig imidlertid med de uregulerte elver Laugen og Sjoa samt andre mindre tilløp, som gjør, at flomsenkningen her efter sammenløpet med Laugen gjør sig mindre gjeldende.

En vurdering av den innflytelse Ottaflommene har på vannstanden i Laugen nedover Sel, Nord-Fron og Kvam kan gjøres ved å sammenligne arealene innen Ottas, Laugens og Sjoas nedbørområder. Ottas nedbørområde er langt større enn Laugens der hvor de to elver møtes, likesom det har større nedbør som i høyere grad enn hvad der gjelder Laugens nedbørområde avleires som sne på høyfjellene. Det dominerer derfor på forsommeren vannføringen i Laugen langt nedenfor sammenløpet av de to elver.

Den flomsenkning Ottareguleringene medfører er av Glommens

og Laugens Brukseierforening angitt for målestedene Lalm og Vågåmo. Av disse danner Vågåmo det beste grunnlag for bedømmelse av den vannstands senkning som reguleringen fremkaller under flom i Sel og Nord-Fron fordi elveprofilen ved Vågåmo har større likhet med de elvestrekninger langs Laugen, hvor vannmangel gjør sig gjeldende for planteveksten, enn elveprofilen ved Lalm. Det siste er nemlig så trangt, at vannstandsvariasjonene blir særskilt store for forskjellig vannføring. De lavtliggende voller som sies å vannes av flommene ligger gjerne hvor elveprofilen i Laugen er bredt og romslig.

Alle Ottas reguleringsmagasiner ligger ovenfor vannmerket på Vågåmo. Ottas nedbørfelt ved dette målested er 3445 km². Etter å ha opptatt Otta har Laugen et nedbørfelt på 6006 km². Ottas nedbørområde ved Vågåmo utgjør således 57 % av Laugens ved Otta stasjon. I snesmeltingen på forsommeren når Ottaflommen kommer, økes Ottas vannføring forholdsvis mere av smeltet sne enn Laugens, og vi er antagelig på den sikre side når vi forutsetter, at Ottaflommen på forsommeren dominerer vannføringen ovenfor Sjoa med 70 %. Etterat Sjoa har tømt sig i Laugen blir Ottaflommens innflytelse på vannføringen forholdsvis mindre. Når Sjoas nedbørfelt ved utløpet i Laugen, 584 km², tas i betraktning sammen med vurdering av snemengdene innen Ottas og Sjoas nedbørfelter kan man regne at flommene i Kvam for 62 % vedkommende skriver sig fra Ottas vannføring.

Efter gjennomføring av den fulle regulering var flomtoppreduksjonen ved Vågåmo:

I 1952	15 cm	I 1956 (I)	25 cm
I 1953	19 cm	I 1956 (II)	23 cm
I 1954 (I)	25 cm	I 1957 (I)	25 cm
I 1954 (II)	17 cm	I 1957 (II)	7 cm
I 1955	20 cm	I 1958	30 cm

Disse 10 flommer gir i gjennomsnitt en senkning av flomtoppen på 21,1 cm. Etterat Laugen har forenet sig med Otta, men ovenfor Sjoas utløp utgjør Ottas innflytelse på vannføringen 70 %, svarende til en flomtoppreduksjon på 15 cm og nedenfor Sjoa, i Kvam, på samme måte 13 cm.

Størrelsen av grunnvannstandens variasjon som følge av elvens.

Elven steg ved elvemål (II) på Storøya fra 11/6 til 13/6 51 cm. Denne flom førte til at grunnvannet neste dag, 12/6, var steget opp

i de fleste rør. Grunnvannstanden kulminerte 1—4 døgn efter flommens kulminasjon. Således steg vannstanden:

i rør 3 fra 12/6 til kulminasjonen 16/6	48 cm
i rør 5 fra 12/6 til kulminasjonen 13/6	40 cm
i rør 7 fra 12/6 til kulminasjonen 14/6	31 cm
i rør 8 fra 12/6 til kulminasjonen 14/6	37 cm
i rør 10 fra 12/6 til kulminasjonen 15/6	42 cm
i rør 11 fra 12/6 til kulminasjonen 14/6	33 cm
i rør 13 fra 12/6 til kulminasjonen 15/6	32 cm
i rør 16 fra 12/6 til kulminasjonen 13/6	32 cm
i rør 18 fra 12/6 til kulminasjonen 15/6	47 cm
i rør 20 fra 12/6 til kulminasjonen 17/6	38 cm

i gjennemsnitt for alle rør fra 12/6 til kulminasjonen 38 cm svarende til 75 % av elvens stigning.

Ved Teigøya var elven i samme tidsrum, 11/6—13/6, steget 92 cm. Vannstanden i rør 2 steg fra 12/6 til kulminasjonen 14/6 62 cm, svarende til 68 % av elvens stigning.

Elvens stigning i hovedløpet ved Storøya fra 10/7 til 12/7 var 62 cm. Under denne flom steg vannstanden

i rør 3 fra 11/7 til kulminasjonen 14/7	16 cm
i rør 5 fra 11/7 til kulminasjonen 13/7	27 cm
i rør 6 fra 11/7 til kulminasjonen 13/7	30 cm
i rør 7 fra 11/7 til kulminasjonen 13/7	21 cm
i rør 8 fra 11/7 til kulminasjonen 13/7	28 cm
i rør 10 fra 11/7 til kulminasjonen 13/7	26 cm
i rør 11 fra 11/7 til kulminasjonen 14/7	26 cm
i rør 20 fra 11/7 til kulminasjonen 14/7	17 cm

i gjennemsnitt for alle rør fra 11/7 til kulminasjonen 24 cm svarende til 39 % av elvens stigning.

Ved Teigøya steg elvens vannstand fra 10/7 til 12/7 77 cm. Efter denne flom steg grunnvannstanden i rør 2 fra 11/7 til kulminasjonen 13/7 30 cm, svarende til 40 % av elvens stigning.

Av disse målinger må vi gå ut fra, at den flomsenkning i Kvam, som er en følge av reguleringen, senker grunnvannstanden med $\frac{2}{5}$ til $\frac{3}{4}$ av elvens flomtoppsenkning.

Når flommen synker hurtig, som den gjorde efter kulminasjonen 12/7, stiger grunnvannstanden forholdsvis lavere, bare til 40 % av elvens stigning, mens grunnvannstanden stiger til 75 % av elvens når flommen går langsomt tilbake, således som tilfellet var etter flomkulminasjonen 13/6.

Er flomsenkningen ved Vågåmo 21,1 cm som årene 1952—1958 viser i gjennomsnitt, og regnes grunnvannssenkningen å utgjøre 40—75 % herav som i Kvam blir den på Vågåmo liggende mellom 9 og 16 cm. Den tilsvarende vannstandssenkning langs Laugen på strekningen mellom Ottas og Sjoas utløp er beregnet til 15 cm. Hertil svarer en grunnvannssenkning liggende mellom 6 og 11 cm. I Kvam nedenfor Sjoa hvor flomtoppreduksjonen er 13 cm ligger den tilsvarende grunnvannssenkning eftersom flommen går raskt eller langsomt tilbake mellom 5 og 10 cm. Dette er små høyder sammenlignet med den vannstandsforskjell på høy og lav vannstand i elven som skyldes været, og som medfører langt større forandringer i grunnvannstanden.

Flomtoppreduksjonen på Losna vannmerke for årrekken 1952—1958 som følge av Otta-reguleringene er i middel 13,4 cm. Det er imidlertid ikke alene flomtoppenes reduksjon som har betydning for grunnvannspeilets høyde på lavtliggende voller. Der tilbakeholdes vann i Ottas reguleringsmagasiner hele forsommeren.

Brukseierforeningen har levert en beregning av Ottareguleringenes innflytelse på den gjennomsnittlige månedsvannføring ved Losna vannmerke for årrekken 1939—1948. Denne nedsettes:

i mai fra 379 sm³ til 361 sm³ svarende til en vannstands senkning på 6 cm
i juni fra 717 sm³ til 672 sm³ svarende til en vannstands senkning på 9 cm
i juli fra 653 sm³ til 619 sm³ svarende til en vannstands senkning på 7 cm

I gjennomsnitt for disse sommermånedene 7 cm

Dette betinger ved Losna en senkning av grunnvannstanden på høyst 5 cm.

Som resultat av sine studier og målinger av grunnvannstandens avhengighet av reguleringen på lavtliggende voller langs elven, kom de sakkyndige ved overskjønnet angående avlingstap til den konklusjon, at dette årlig utgjør omkring 0,4 % for hver centimeters senkning av grunnvannstanden mellom 100 og 150 cm.

Skade i Tynset og Alvdal som følge av Aursundsreguleringen.

Aursundens regulering skriver sig fra 1923. Fra middelvannstanden på kote 688,6 ble sjøen oppdemt til kote 690, og senket gjennom en tunnel ved utløpet 4,5 m til kote 684,1. Jordskaden som innfant sig i reguleringsmagasinet etter reguleringen er beskrevet av forfatteren og trykt i N.G.U.'s småskrift nr. 3, utgitt 1927.

Den jordskade som reguleringen bevirket i Glåma var gjenstand for senere erstatningsskjønn. Det siste av disse gjaldt skade i Tynset og Alvdal, hvorom overskjønn ble avholdt i 1960. I dette såvel som i underskjønnet var forfatteren engagert som grunneiernes sakkyndige i geologiske spørsmål. For å gi uttalelse for skjønnsrettene om innvirkning på jord og plantevekst som følge av Glåmas endrede vannføring ble som sakkyndig oppnevnt professor dr. Låg ved landbrukshøgskolen og direktør for Ny Jord Heggelund Smith.

Grunneierne fremholdt, at slippingen av vann fra Aursund fører til oppstuvning av elvens vannstand, så der på sine steder om vinteren oppstår vannløp over dyrket mark. Dette fører til nedsatt avling. Langs elvemelene legger sig tykk is som fremkaller elvebrudd i vårløsningen. Vårønnen blir forsinket, og om sommeren renner regnflommene senere ut av vassdraget enn de gjorde før Aursundreguleringen ble iverksatt.

Såvel ved Tynset som ved Alvdal stasjoner er dalbunnen flat og bred. Sand og grus avleiret av Glåma og dens sideelver ligger over en ujevn overflate av morenegrus. Nogen steder er sandlaget bare etpar meter tykt, og under det ligger bregrus med blokker. En fin sand, «kvabb», har stor utbredelse og sees i veiskjæringer og andre gravinger. Under bygging av en ny bro over Glåma i Tynset ble der til fundamentering av brokarene gravet dype groper gjennom sandlag av vekslende kornighet og fra fundamenteringsgropene ble pelet til 15 m's dyp gjennom sand. I gropen for et av kabelfestene fantes i 5 m's dyp et lag med trerøtter, furu, birk og vidje, sannsynligvis en gammel evjedannelse. Dette fund tyder på at elvesengen da trerestene sank til bunns lå dypere enn nu. Over den flate dalbunn sees meandre etter gamle løp både etter Glåma og Tunna.

Glåmas leie ligger i sand, og berg sees ikke i elvesengen nedenfor Eidsfossen i Tolga før ved Barkald. Sanden har liten motstandskraft mot erosjon og der sees mange store elvebrudd. Den gamle må-

ten å styrke bredden på var å fremelske treveksten i elvebakken. Dette beskyttelsesmiddel er nu mange steder bortrevet av elvebrudd.

Aursundreguleringen har befordret elvebruddene ved at der dannes tykkere is langs elvekanten enn det før gjorde. Den større vinter vannføring gjør, at sammenføket sne i elvemelene fuktes ved oppvatning og fryser til is. Når tappingen fra Aursunden opphører om våren synker elvens vannstand, og isen langs elvebakken glir ned og river med sig jord og trær. Enkelte år med voldsom isløsning tiltar de gamle elvebrudd såvel i dybde som i lengde, og nye brudd oppstår. Lange og høye nye brudd viser at ganske betraktelige jordmasser er tatt av elven. Om vinteren forekommer det også at isdemninger innsnevrer løpet så der oppstår kraftig strøm i den ellers langsomt rinnende elv. Strømløpene kan rettes mot land og fremkalle brudd.

Den jordmengde som stammer fra elvebruddene føres kortere eller lengere strekninger nedstrøms. Herunder sorteres sanden således at de fineste kornstørrelser ikke legger sig til ro på bunnen før der, hvor elven går riktig stille.

Sandmassene fra elvebruddene er så store, at de i vesentlig grad bidrar til å stemme opp elven. De legger sig til ro i evjer og på andre steder, hvor strømmen er svak og medvirker til at elvebunnen heves og vannspeilet stiger, således som trerestene ved kabelfestet for broen ved Tynset viser.

En oppdemning av elvens vannstand i Tynset blir forårsaket også av materialet som tverrelvene, særlig Auma og Tronsåen, river med sig og legger opp som demninger ved sine utløp i Glåma. For å motvirke materialtransporten er der bygget oppsamlingsbassenger for grus og sten i disse to tilløp.

I sin naturlige tilstand, før vassdragets regulering fant sted, førte store flommer med sig noget av det materiale tverrelvene hadde avleiret, og rensset løpet. Dette fremgår av en meddelelse i «Vannstandsobservasjoner i Norge». Straks ovenfor Aumas utløp ble i 1921 opprettet et vannstandsmerke i Glåma. Vannføringskurve basert på avlesningene av dette er utarbeidet og trykt i Vassdragsvesenets årbok for 1926 med den reservasjon, at Glåmas profil på grunn av materialtilførsel, forutsetningsvis fra Auma, er utsatt for forandringer så vannføringskurven ikke blir eksakt. Efter stor flom blir profilet rummeligere, således som det fremgikk av målinger efter flommen i 1934, og eftersom løpet forbi Auma blir rensset av flom eller tilsnevret av opplagt materiale kan vannstanden i Tynset variere merkbart. Da en

stor del av vårflommen holdes tilbake i Aursund blir elvens selvenskning ved Auma nedsatt. På forfatterens forespørsel i telefonen 15/6 1954 til overingeniør Klæbo i Vassdragsvesenets hydrologiske avdeling svarte denne, at på grunn av profilforandringene kan ikke en eksakt vannføringskurve for Glåma ved Auma vannmerke fremstilles. Profilets variasjon er så stor, at vannstandsvariasjonen i Tynset kan være 10—15 cm større eller mindre enn den man kan utlede av vannføringskurven.

Som sakkyndig for grunneierne satte forfatteren igang grunnvannsmålinger på lavtliggende enger nær elven. Utenfor hver peilebrønn ble elvens vannstand avlest fra toppen av en stake og vannstandsrorets topp og stakens ble forbundet ved nivellement. På denne måte ble forholdet mellom grunnvannstand og elvens vannstand målt på 7 eiendommer i 2 perioder. Den ene måleperiode ble henlagt til høsten 1953 fra begynnelsen av september til begynnelsen av november, og den annen måleperiode strakte sig fra midten av juni til midten av august 1954.

Av målingene fremgikk, at grunnvannspeilet på samtlige målesteder lå høyere over elvens vannstand i måleperioden om høsten 1953 enn det gjorde 1954. I det store og hele fulgte grunnvannstanden elvens vannstandsforandringer, men grunnvannstandens svingninger var ikke så store som elvens. En kortvarig forandring i elvens vannstand gir ikke alltid utslag i grunnvannsspeilet på steder hvor markens vanngjennemtregelighet er liten.

Det viste sig av grunnvannsmålingene sommeren 1954 at på 5 av de undersøkte eiendommer kunde grunnvannet hele sommeren stå helt opp i gressroten. I elveslettenes lite vanngjennemtregelige jordart kunde endog grunnvannet i forsenkninger stige opp så der samlet sig vannpytter. Dette kunde inntreffe selv om der ikke hadde vært regn av betydning i forveien. På lavtliggende voller har dette forekommet også før i tiden, men kjendtfolk påstår at det hermed er blitt verre «efter at Aursundreguleringen tok til». Tidligere tørket vannpyttene fort inn, nu derimot står vannet over åker og eng lange tider ad gangen. Verst er det naturligvis i regnrike somre med høy vannstand i elven, i tørre kan det være bra. Men sett over en årrekke, mener gårdbrukerne, har elvens sommervannstand steget. Erfaringene herom er så samstemmige, at de ikke kan avvises som grunnløse. Enkelte år er marken så gjennembløtt, at den ikke bærer hest og redskap i våronna. Dette kan dog tenkes å skyldes isrikere tele på grunn av høyere

vintervannstand. Vedrørende dette spørsmål henvises til Lågs og Heggelund Smiths utredning hvor det anføres, at høyere vintervannstand med isrikere tele kan i svakt kupert jord gjøre at smeltevann om våren samler sig i forsenkninger hvorfra det ikke finner avløp så lenge telen blir liggende. Mens jorden blir ferdig til arbeidning på høyere liggende partier og overvintrede planter begynner å spire her, står jorden under vann eller er vannmettet i forsenkningene.

Når reguleringsmagasinet Aursund står fylt er sjøens selvregulering nedsatt. Følgen er at sommer- og høstflommer blir større enn de vilde vært uten regulering. Denne omstendighet styrker også grunneiernes oppfatning av at elvens vannstand er øket med Aursundreguleringen ikke bare om vinteren, men også om sommeren. Med den stigende vannstand i Glåma vil også grunnvannstanden ha steget på lavtliggende voller i elvens nærhet.

Hvor stor elvens oppstuvning om vinteren har vært på forskjellige steder før og etter Aursunden ble regulert er ikke klarlagt. Visstnok er vannstanden på isfri elv beregnet. Herom anføres i utredningen fra skjønnsrettens sakkyndige, at når det gjelder vintervannstanden har reguleringen øket denne med ca. 20 cm i 1955—56 ved Telneset og med ca. 70 cm ved Åbrua og Steibrua, men de sakkyndige uttaler at den beregnede vannstand på isfri elv er av liten interesse.

Oppstuvningen om vinteren er størst lengst nord i Tynset. Ved gården Neset, nær Telneset, var vannstanden i januar 1960 så høy at der kom vann i kjelleren til 25 cm over kjellergulvet. Langs elven er lavtliggende sletter hvor grunnvannet steg opp og isla sig. Vannstanden i elven var så høy at den lå bare 17 cm lavere enn kjellergulvet. Så høy vannstand hadde der på dette sted ikke vært i manns minne.

Under skjønnsrettens befaringer ble i stor utstrekning påvist overløp over dyrket mark som følge av isoppstuvning i hovedløpet, og virkningen herav ble vurdert. Om oversvømmelse uttaler de sakkyndige Låg og Heggelund Smith: «Ved oversvømmelse av overflaten om vinteren vil det lett oppstå store skader på overvintrede planter. Verdifulle engvekster som kløver og timotei har lett for å gå ut, og åpne grøfter er under slike forhold utsatt for å bli liggende fulle av is utover våren. Jord som regelmessig blir utsatt for overdemning om vinteren med tilhørende isdannelse i overflaten, vil ikke kunne drives i vanlig omløp med kunsteng.» I forsenkninger på jordene vil kunsteng lett gå ut og erstattes av mindreverdige vegetasjon. Videre uttaler de sakkyndige: «Forholdsvis finkornede sandjordsarealer i nedbørfattige

innlandsstrøk hvor jorda hovedsakelig brukes til eng vil sannsynligvis kunne dyrkes uten særlige vanskeligheter ned til 0,5—0,6 m over flom som varer et lengere tidsrum i sommerhalvåret, opptil 30 dager, men overdemning må i det hele tatt ikke finne sted. Under samme forutsetninger må vintervannstanden ikke stå høyere enn 1,2 m under jordoverflate, med tillegg for nødvendig fall for eventuelle lukkede grøfter. Som foran nevnt kan en nok få skadevirkninger av isrik tele ved lavere grunnvannstand, men i almindelighet skulde ovennevnte avstand mellom markens overflate og grunnvannet være tilstrekkelig.»

Fra en meddelelse fra Österbygdens Vattendomstol i Sverige anfører de sakkyndige: «Engmark kan ikke gi nogensomhelst avling under forutsetning av vinteroverdemning. Vegetasjonen drepes etterhvert, og de nye vekster som muligens kommer istedet, består av mindreverdige ugras. Enga blir derfor praktisk talt verdiløs.»

Om beite, naturlig eller kultivert, gjelder det samme som for varig eng.

Om tele uttales: «Virkningen av høyere grunnvannstand i vinterhalvåret vil først og fremst bli en isrikere tele som følge av bedre vanntilgang under tilfrysingen. Dette kan da føre til større eller mindre telehevning i de øvre jordlag og til senere opptining av jorda om våren.» Telehevning bevirker «at overvintrende planter fryser opp eller at røttene skades. Mest utsatt er høstsæd og 1 års eng. Videre kan jorda bli så mett med vann i overflatelagene på grunn av den isrike telen, at opptøringen og dermed oppvarmingen om våren forsinkes. Denne siste virkningen har særlig betydning på steder med kort sommer».

Det har vært vanskelig å få sikre opplysninger om tele, sier de sakkyndige, som ellers anfører resultatet av observasjoner herom, vesentlig fra Storsteigen landbruksskole.

Mykstufoss Kraftanlegg.

Ved Kgl. resolusjon av 29/8 1958 fikk Buskerud Fylkeskommune tillatelse til å ekspropriere grunn og rettigheter, som trengs for utbygging av Mykstufossen i Numedalslågen.

Forfatteren ble 19. sept. 1959 oppnevnt som sakkyndig av skjønnsretten angående eventuelle skader utbyggingen vil kunne medføre for brønner, vannforsyning og tørkeskade på dyrket mark og beiteområder.

Mykstufossen utbygges med en kraftstasjon beliggende nord for Lågen nær sammenløpet av Tondra og Langvassåi, omtrent 3 km nedenfor Mykstufoss på gården Kvammen. Avløpsvannet ledes ut i Lågen i Laugi. Vannet tas inn i driftstunnel fra en 32 m høy dam over Lågen ved Kjerre. Fallhøyden ved kraftstasjonen blir 56 m. Bortsett fra flomvann og vann til tømmerfløtning og hvad tilløpene fører ut i Lågen mellom dammen ved Kjerre og utløpet fra kraftstasjonen vil elvens vannføring gå gjennom kraftstasjonens driftstunnel. Elvestrekningen med redusert vannføring er ca. 8 km lang. Fra utskrift av Rettsbok for Numedals Herredsrett angående vassdragsskjønnet, avhjemlet 16. nov. 1959 hitsettes, vedrørende vannføringen i elven mellom Kjerre og Laugi etter reguleringens iverksettelse:

Under flom vil den vannmengde som overstiger Kraftstasjonens behov, 78 sm³, gå i elveleiet. Ifølge ingeniør Ræstads undersøkelser basert på vannføringsmålinger for årene 1947—56 vil man få vann forbi dammen, i april gjennemsnittlig i 2 dager, i mai 20 dager, i juni 23, i juli 6, i aug. 5, i sept. 5, i okt. 3 dager og i nov. 1 dag. Ved eventuell vannslipping forbi dammen vil lukene bli åpnet langsomt, i løpet av minst ½ time. Det blir således god tid for folk til å fjerne sig fra elveleiet, og noget varslingsystem antas derfor å være unødvendig.

En følge av reguleringen på det elvestykke som her omtales blir, at en smalere eller bredere stripe lavtliggende mark som grenser til elven vil få nedsatt grunnvannstand i veksttiden.¹

Den tid som forfatteren fikk til disposisjon som sakkyndig, fra 21. sept. til 20. okt. 1959, var for knapp til å utføre omfattende undersøkelser og målinger til belysning av skade på jord fremkalt av elvens vannstandssenkning. I sin utredning av 17. okt. 1959 fremholder forfatteren, at før målinger blir utført over markens høyde i forhold til elvens nivå, samt over grunnvannspeilets høyde i veksttiden mai—august kan intet sikkert uttales om skadens omfang på de forskjellige eiendommer langs elven.

Den nedbørfattige sommer i år (1959) viste godt den gunstige innflydelse grunnvannet langs elvekanten har. Mens åker og eng i bakkene var adskillig skadet av tørke, stod avlingen på lavtliggende voller langs elven uskadd.

Når vannstanden stiger eller faller i et vassdrag følger grunn-

¹ Se side 186, Grunnvannsundersøkelser langs Vinjevassdraget.

vannspeilet i tilstøtende bredder til en viss grad med i vannstandsforandringen. Grunnvannspeilet er imidlertid ikke bare avhengig av elvens vannstand, men i høy grad også av nedbøren. Dybden ned til grunnvannet varierer i veksttiden således at grunnvannet står høyst om våren etter snesmeltningen. Utover sommeren synker det, raskt i tørkeperioder, men stiger atter noget efter rikelig regn.

På rålendt mark er en senkning av grunnvannstanden fordelaktig for planteproduksjonen, men på tørr bunn kan avlingen nedsettes. Langs Lågen er det bare små arealer med vannsyk mark som vil nyte godt av elvens tørrlegging fra dammen ved Kjerre til kanalutløpet i Laugi, mens arealer av betydelig størrelse, deriblandt dyrket mark, vil bli utsatt for eventuell senkning av grunnvannstanden, og som følge derav muligens skadelidende.

Hvor store arealer som vil bli påvirket av at elvens vannstand i veksttiden nedsettes kan ikke angis. Man kan kanskje forutsette, at vannstanden i elven tidvis senkes 1 à 2 m. Grunnvannstanden nærmest elvekanten vil følge med i denne senkning, men avta i størrelse eftersom avstanden til elven tiltar. Bredden av feltet med senket grunnvannstand avhenger både av markens heldning og av jordsmonnets kapillaritet. Jo større heldning marken har mot elven desto smalere blir beltet, og jo mere finkornig jordsmonnet er, desto kortere blir avstanden fra elvebredden til yttergrensen av det område hvor grunnvannsenkningen gjør sig gjeldende.

For å gi skjønnsretten en forestilling om sammenhenget mellem grunnvannstand og elvens nivå ble dette forhold undersøkt på 2 eiendommer. Den tilmålte tid tillot ikke mere omfattende grunnvannsundersøkelser. Der ble avlest 2 grunnvannsrør på hver av eiendommene T. nr. 68, Erik R. Tveiten og T. nr. 69 Halvor Kongsjorden.

På Tveitens eiendom sto et rør 10 m fra elvekanten, et annet rør 52 m. Markens høyde var ved rør 1 1,08 m over elvens vannspeil således som dette var 7. okt., og ved rør 2 var markens høyde 1,53 m. Grunnvannet i rør 1 hadde samme nivå som elven, i rør 2 sto det 8 cm høyere. Grunnvannstanden varierte i observasjonstiden, 7. okt. til 14. okt., nøyaktig som elvens vannstand utenfor eiendommen forandret sig.

Kongsjordens eiendom ligger på et flatt jorde med svakt fall fra elven. Her sto rør 1 i 65 m's avstand fra elven, hvor markens høyde over elven var 1,88 m og rør 2 i 106 m's avstand med 1,09 m's høyde over elvens vannstand. Grunnvannstanden sto i begge rør

høyere enn elvenivået. Dette forandret sig i observasjonstiden 19 cm mens grunnvannstanden bare forandret sig 5 og 7 cm henholdsvis i rør 1 og 2.

På lavtliggende områder som disse hvor grunnvannstanden influeres av elvens vannstand vil områder med grunnvannspeil høyere enn 1,5 m under markens overflate få nedsatt avling som følge av elvens reduserte vannføring.

For sikkert å kunne angi til hvilken høyde langs elven dens vannstand har betydning for grunnvannspeilet, og i hvilken grad reguleringen nedsetter avlingen, må grunnvannsmålinger utføres på samtlige berørte eiendommer i veksttiden om våren og forsommeren.

Brønner.

Der var for skjønnet anmeldt 23 brønner som eierne antok vilde bli skadelidende. Om alle disse ga den sakkyndige en beskrivelse i sin utredning. Der utpektes som grunnvannsbrønner en del som var uavhengige av Lågens vannstand. Men enkelte av dem ga så lite vann at der i tørre år, særlig om vinteren, måtte kjøres vann til eiendommene, og da særlig fra elven. Elvens minskede vannstand vil vanskeliggjøre vannhenting på steder hvor der før var fremkommelig med hest og slede.

Mange brønner ligger så nær elvekanten at de trekker vann fra elven. Disse vil bli satt ut av funksjon. Noen må flyttes, andre utdypes. Fra enkelte brønner taes vannet med elektrisk pumpe, og med brønnenes utdypning kan det forekomme at pumpens løftehøyde ikke strekker til.

For de brønners vedkommende hvor der var tvil om deres avhengighet av Lågens vannstand ble vannstandsmålinger utført og sammenlignet med tilsvarende målinger av elvens vannstand. Hvor vannstanden i brønnene fulgte i takt med elvens nivåforandring ble dette tydet som om kommunikasjon var tilstede.

På grunnlag av den sakkyndiges utredning uttalte skjønnsretten, ifølge utskrift av Rettsboken:

«Forsåvidt angår uttørring av jord og derav følgende nedsatt avling, har den sakkyndige uttalt at man først efter målinger av grunnvannstand, høydeforhold m. v. (målinger som må foretas over 2 eller flere år og i sommertiden) vil kunne danne sig en pålidelig oppfatning av virkningene av elvens tørrlegging. Retten er dessuten i tvil om

hvilke virkninger det rent skjønsmessig kan være tale om for de enkelte eiendommer det her gjelder. Det må også for enkelte av disse eiendommer regnes med muligheten av *gunstige* virkninger for eiendommer eller deler av sådan hvis jord hittil har måttet karakteriseres som vannsyk. *Skadene* må dessuten forutsettes å ville bli ganske varierende alt ettersom sommeren er tørr eller fuktig.

Under disse omstendigheter finner retten at den savner det nødvendige materiale for en holdbar vurdering og bestemmer derfor at avgjørelsen av de påstander det her gjelder må *utstå* til et senere skjønn hvis ikke partene skulde komme til mindelig ordning.

Brønnene på ialt 10 takstnummere kommuniserer med elvens vannstand og vil kunne gå tomme som følge av utbyggingen. For disse brønners vedkommende har imidlertid eksproprianten erklært at han vil foreta det nødvendige for å skaffe vannforsyning tilsvarende den vedkommende har hatt, enten ved utdypning eller omlegning av brønnene. Arbeidet skal være avsluttet før anlegget settes i drift. I tillegg til omkostningene ved det nevnte arbeide kan også komme omkostninger til flytning av pumpehus. Retten går ut fra at også dette besørges og bekostes av eksproprianten.

Forsåvidt angår påstått erstatning for omkostninger i forbindelse med vanningsanlegg skal retten bemerke at der ikke er ydet erstatning idet retten går ut fra at det vil bli tilstrekkelig vann for dette formål ved at det går fløtningsvann i mai og juni og det blir tilfeldig overvann på dammen samt naturlig tilsig nedenfor dammen.»

Virkningen av Seljordvatnets regulering på nærliggende brønner.

Ved konsesjon av 19. mai 1944 fikk Bø Kraftverk på visse betingelser rett til å tappe Seljordvatnet inntil vannstand 1,00 på Ulvenes vannmerke.

Regulering ble iverksatt 15/11 1945.

I de tørre somre 1947 og 1949 var vannstanden i Seljordvatnet særlig lav, og da samtidig mange brønner ble satt ut av funksjon fremsto spørsmålet om dette skyldtes Seljordvatnets tapning. I skriv av 9. april 1953 oppfordret overrettssakfører Olav Lien mig på vegne av endel brønneiere i Seljord om å iverksette undersøkelser vedrørende den betydning Seljordvatnets regulering har for brønnenes vanntil-

gang. Til denne oppfordring sluttet sig høyesterettsadvokat Arne Vislie i skriv til mig av 27. mai på vegne av Bø kommune.

Det ble begjært skjønn efter vassdragsloven for å få fastslått om og i hvilken utstrekning grunneierne har krav på erstatning for eventuell skade på brønner.

Efterat reguleringen var satt i verk kom nedbørfattige og tørre somre hvorunder flere brønner gikk tørre. For nærmere å bringe årsaken hertil på det rene iverksatte Bø Kraftverk en befaring av brønnene i mars 1952 med vitneopptagelser ledet av lennsmannsbetjent Sveinung Aase. Denne befaring førte til at 21 brønners vannstand ble målt ved nivellement i forhold til Seljordvatnets nivå 18. juli 1952. Sammen med fastsettelse av vannstanden ble vanddybden i brønnene målt.

Av befarings vitneførsel fremgikk, at noen brønner var blitt helt tomme, og andre, utstyrt med elektrisk pumpe, hadde så lite vann at pumpen ikke virket. I sådanne tilfeller hadde brønneierne måttet kjøre vann. 9 brønner, nemlig nr. 3, 11, 15, 17, 18, 20, 21, 27 og 28 (se kartet side 161), ble gravet dypere efter reguleringen. Den almindelige mening var, at tappingen av Seljordvatnet var årsaken til at dette måtte gjøres, kun etpar brønneiere tok avstand fra denne antagelse.

Som sakkyndig for skjønnsretten begynte jeg mine undersøkelser i juni 1953. Der ble iverksatt målinger 2 ganger i uken av vannstanden i 30 brønner beliggende omkring nordenden av Seljordvatnet. Brønnene er gravet gjennom sandjord ned til grunnvannsnivået. Deres dybde er et par meter under markens overflate til vel 10 m eftersom brønnstedet ligger lavt eller på en haug. 2 brønner ligger så nær stranden av Seljordvatnet at deres vannstand kommuniserer med vatnets, og en tredje så nær en bekk, at der til sine tider renner vann fra bekken til brønnen. Alle de andre er grunnvannsbrønner. Et merke i rammen av hver brønn ble nivellert i forhold til vannstanden i Seljordvatnet. Fra merket ble vannstanden i brønnen målt, så alle vannstander kan refereres til Ulvenes vannmerke nær Bøelvens utløp av Seljordvatnet.

Målingene strakte sig fra 28/6 til 20/9. Vannstanden i hver brønn ble på denne tid målt 21 gange. Da det krever for stor trykkested å referere listen over de utførte målinger skal her bare hitsettes en tabell, som viser vannstandens middelverdi i observasjonsrekken, høyeste og laveste vannstand, samt brønnbunnens nivå. Alle høyder

refert til Ulvenes vannmerke. Avløpet fra Seljordvatnet var i observasjonstiden det naturlige da Bø Kraftverk ikke brukte sitt reguleringsanlegg den sommer.

- Kolonne H viser høyeste vannstand i observasjonstiden
 » L » laveste vannstand i observasjonstiden.
 » M » vannstandens middelvei.
 » BN » brønnbundens nivå.

Ulvenes VM	H 3,10	L 2,25	M 2,52	BN
Brønn 1	3,01	2,43	2,63	2,11
3	3,00	2,42	2,61	1,57
4	3,21	2,36	2,70	1,82
6	2,95	2,48	2,66	1,80
7	2,91	2,41	2,60	1,65
8	3,00	2,54	2,71	2,28
9	2,91	2,42	2,61	1,51
10	2,96	2,49	2,74	1,95
11	3,02	2,56	2,74	1,70
12	3,02	2,46	2,66	1,80
13	2,96	2,60	2,77	2,31
14	3,02	2,59	2,75	1,82
15	2,99	2,51	2,67	1,93
16	3,87	3,65	3,73	3,01
17	3,83	3,65	3,74	2,91
18 ¹⁾	4,25	3,59	3,94	2,51
19	4,18	3,76	3,98	2,50
20	4,56	4,35	4,45	3,64
21	3,77	3,57	3,66	2,19
24	6,54	6,24	6,41	5,56
25	7,47	7,17	7,35	5,55
26	7,16	7,65	7,10	6,58
27	9,75	9,42	9,58	7,72
28	10,70	10,40	10,59	8,94
29	10,85	10,62	10,78	9,58

Som følge av grunnvannstandens høyde der hvor brønnene ligger fordeler brønnene sig i 4 grupper. Deres vannstandsvariasjoner såvel som Seljordvatnets følges ad og skyldes nedbør. Forskjellen på høyeste og laveste vannstand er mindre i brønnene enn i Vatnet. Vannstanden målt på Ulvenes vannmerke reagerer samme dag som nedbør av betyd-

¹ Brønn 18 får tilsig fra en bekk.

ning er notert på de nærmestliggende meteorologiske stasjoner Gvarv og Lifjell, mens de utslag som regn medfører i brønnenes vannstand kan være etpar døgn forsinket i forhold til Vatnets. Dette er en følge av at grunnvannsstrømmen som nærer brønnene er tregere enn strømmen i det åpne vassdrag.

Det vann som tas fra brønnene til husbruk har så liten innflytelse på grunnvannsnivået ved brønnplassen, at avlesningen av brønnens vannstand kan godtas som grunnvannstand.

I den første gruppe av brønner, 1 til 15, er sommerens gjennomsnittsvannstand bare 8—25 cm over Seljordvatnets middelvannstand i observasjonstiden. Lavest er vannstanden i de brønner, som ligger nær strandkanten. Brønnene 1, 2, 3 og 4 ligger i en grunnvannstrøm som kommer fra Klokkarstogmoen, de øvrige brønner i gruppen i et grunnvannsområde beliggende på en sandodde mellom Kjempa og Seljordvatnet. Begge områder har stor gjennomslippelighet.

Brønner av gruppe 2, brønnene 16—21, har et vannspeil som ligger mellom 1,21 og 1,93 m over Seljordvatnets middelnivå. Brønnene 19, 20 og 21 på sydsiden av Seljordvatnet og Bygdaråi tilhører et grunnvannsområde som får sitt tilsig fra den sydlige dalside.

Der hvor brønnene 24—29 ligger er grunnvannstanden ennu høyere, fra 4—8 m over Seljordvatnets middelnivå.

I alle brønnene 16—29 er vannstandsvariasjonene små i forhold til den første brønngruppes, som har betydelig større utslag mellom høyeste og laveste vannstand i brønnene. Dette tyder på, at begge grunnvannsområder med brønnene 1—15 har rask avrinning og derfor er avhengig av Seljordvatnets vannstand. De små variasjoner av vannstanden i brønnene 16—29 tyder på at de ligger i grunnvannsområder med treg avrinning. Jo mindre vannstandsvariasjonene er, desto sikrere holder brønnene vann.

På kartskissen figur 30 er inntegnet høydekurver for grunnvannstanden (isobather) for sommeren 1953 på grunnlag av den beregnede middelvei av brønnenes vannspeil referert til skalaen på Ulvenes vannmerke. Høydekurvene for grunnvannstanden skifter beliggenhet ved enhver forandring i grunnvannspeilet, men det antas, at kun de brønner, som har en sommervannstand under 3,00 på Ulvenes vannmerke vil influeres merkbart av Seljordvatnets tapping etter konsesjonstillatelsen.

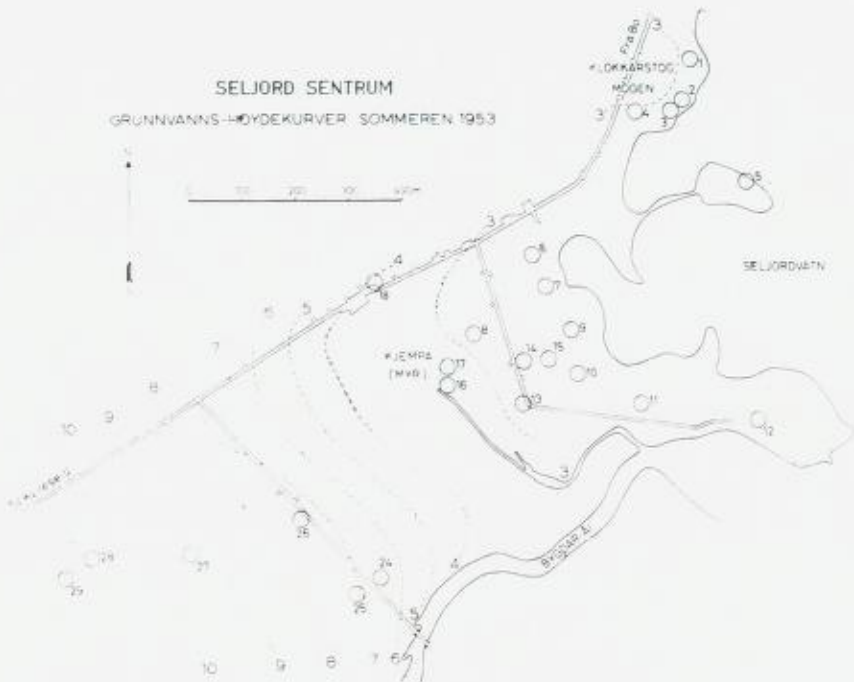


Fig. 30. De undersøkte brønner i Seljord.
Investigated wells at Seljord.

Arlige variasjoner i Seljordvatnets vannstand før og etter reguleringen.

I nedenstående tabell er referert vannstandsmålingene i Seljordvatnet fra år 1937 til og med 1951, offentliggjort i Norges Vassdrags- og Elektrisitetsvesens publikasjon «Vannstandsiakttagelser i Norge». Der anføres høyeste og laveste vannstand for hvert år i forhold til det vannstandsmerke ved Ulvenes som er brukt fra 21/9 1944.

Høyeste		Laveste	
1951	3,86 (26/5)	2,03 (11/1).	Laveste sommerv.st. 2,17 (1/7).
1950	3,97 (28/8)	3,75 (12/5)	2,07 (31/12). Laveste sommerv.st. 2,32 (10/8).
1949	3,58 (19/5)	1,77 (1/8 og 1/9).	V.st. under 1,90 fra 23/7 til 5/9.
1948	3,32 (25/4)	1,80 (8/3).	Laveste sommerv.st. 2,07 (8/8).
1947	3,79 (16/5)	1,49 (6—11/4 og 15—19/9).	Særlig lav v.st hele høsten.
1946	3,20 (7/4)	1,98 (17—19/3).	Laveste i sommertiden 2,24.
1945	3,74 (15/5)	1,84 (14/9).	Regulering iverksatt 15/11.

	<i>Høyeste</i>		<i>Laveste</i>	
1944	4,01 (18/10)	3,20 (14/5)	1,92 (1/4). Lav v.st. 21/2—12/4.	
1943	2,88 (30/5)		2,03 (12/2). Lav v.st. 4/1—27/2.	
1942	3,83 (13/8)	3,37 (29/5)	1,72 (16—25/3) 1,93 (8/8). Under 1,90 fra 25/1—14/4.	
1941	3,69 (28/5)		1,86 (21—28/2) 1,96 (13/7). Under 2,0 fra 8/7—17/7.	
1940	3,60 (15/9)	3,35 (22/5)	1,82 (17/3—1/4). 2,04 fra 9—11/7.	
1939	3,97 (18/7)	3,39 (18/5)	2,01 (4/2, 14—16/10 og 31/10—6/11).	
1938	4,55 (1/9)	2,80 (18/5)	1,97 (13/1). Laveste sommerv.st. 2,08 (28/8).	
1937	4,10 (6/5)		2,00 (21/3—6/4 og 21/12—31/12).	

Av tabellen fremgår, at vårtlom som regel inntreffer i mai, men kan også komme så tidlig som først i april. Sommerflom inntreffer ofte i aug. og sept., og høstflom undertiden så sent som midt i okt. I årene 1947 og 1949 var sommervannstanden i Seljordvatnet påfallende lav i forhold til hvad den var før reguleringen, og laveste vannstand inntraff i sommertiden. Før reguleringen ble iverksatt kom de lange lavvannsperioder om vinteren. Etter reguleringen kom brønnenes vanntilgang i faresonen også om sommeren.

Den laveste vannstand før reguleringen hadde Seljordvatnet 16—25/3 1942 med vannstanden 1,72. Vannstanden var dette år under 1,90 fra 28/1—14/4, ialt 77 dager. Da må flere av de under 1—15 oppførte brønner ha gått tørre.

Den laveste vannstand etterat reguleringen ble fremmet inntraff i 1947. I det år reguleringen begynte, 1945, ble der tappet fra 15/11, men den laveste vannstand, 2,0 den 2/12, stod på bare en dag. De fleste år før reguleringen ble iverksatt utviser lavere vannstand i Seljordvatnet. I 1946 var vannstanden gjennomgående høy hele året. Bare 5 dager sist på vinteren, 16—20/3, var vannstanden under 2,0. Heller ikke årene 1948, -50 eller -51 hadde nogen så lav eller langvarig lav vannstand, som den der hadde inntruffet i 1942 før reguleringen tok til. Om tapping har funnet sted i disse år har iallfall ikke Seljordvatnets nivå noen gang i denne tid sunket under det naturlige lavvannsnivå det kunde ha før reguleringen.

I året 1947 var Seljordvatnets vannstand nede i 1,49 både i april og i september. Vannstanden var under 1,90 fra 20/2 til og med 17/4 (57 dager), og fra 12/8 til 8/11 (98 dager), ialt 146 dager, under 1,80 fra 28/2 til 16/4 (48 dager) og fra 17/8 til 23/10 (68 dager), ialt 116 dager, under 1,70 fra 8/3 til 15/4 (39 dager) og fra

21/8 til 25/9 (36 dager), ialt 75 dager, under 1,60 fra 16/3 til 14/4 (30 dager) og fra 27/8 til 22/9 (27 dager), ialt 57 dager, og 1,50 eller derunder fra 3/4 til 12/4 (9 dager) og fra 11/9 til 19/9 (9 dager), ialt 18 dager. De brønner som er oppført under numrene 1 til 15 må dette år visstnok alle ha vært tørre.

Året 1949 hadde Seljordvatnet lav vannstand om sommeren, under 1,90 fra 23/7 til 5/9 (45 dager), under 1,80 fra 30/7 til 8/8 (10 dager) og fra 28/8 til 2/9 (6 dager). Da må også flere brønner ha vært tomme.

Så langvarig lav sommervannstand som årene 1947 og -49 viser hadde ikke inntruffet før reguleringen iverksattes, og det må herav slutes, at tørrlegging av brønner disse år må skyldes tappingen.

Brønnene utenom den første gruppe viser jevn vannstand med små forandringer. Der er ingen vesentlig forskjell i vannstandskurvenes forløp på de brønner hvis vannstand ligger 10 m over nullpunktet på Ulvenes vannmerke, og de med 4 m's middelvannstand. Forskjellen på høyeste og laveste vannstand i observasjonstiden 1953 dreier sig om 30 cm.

De utslag som vannstanden i brønnene 1—15 viser er større, fra 36 til 85 cm. Når vannstanden i Seljordvatnet stiger raskt, som det gjorde efter sterk nedbør 25/8, stod nivået i alle disse brønner under Vatnets som den dag var 3,06. Ellers var også disse brønners vannstand som alle de andres høyere enn vannstanden i Seljordvatnet.

Når Seljordvatnet stiger raskt kan det tenkes, at vann fra Vatnet kan trenge inn i de brønner, som ligger nærmest strandkanten. Samtidig vil grunnvannets avrenning hemmes fra de brønner, som ligger i større avstand fra Vatnet. På lav vannstand vil derimot grunnvannspeilets fall bli steilere.

Forskjellen mellem vannstanden i brønnene og i Seljordvatnet blir derfor større på lav vannstand i Vatnet enn på høy. Riktignok er denne forskjell avhengig av hvor lenge Vatnets lave vannstand står på, men det er trolig, at den tilsist stabiliserer sig til en bestemt høydeforskjell avhengig av hver brønns beliggenhet. Kjendte man denne vannstand, kunde det forutsies for hver brønn med kjendt dybde når den vilde gå tom.

Under målingsperioden sank ikke Seljordvatnets nivå lavere enn til 2,25 på Ulvenes vannmerke. Høydeforskjellen mellem brønnenes laveste vannstand og denne er oppført i nedenstående tabell. Når denne høydeforskjell trekkes fra nivået fra brønnbunnen får man en

vurdering for ved hvilken vannstand i Seljordvatnet brønnene står i fare for å gå tomme.

I nedenstående tabell betegner rubrikk C forskjell i høyde av brønnenes midlere vannstand og Seljordvatnets middelvannstand angitt i cm. Rubrikk D høyden av laveste vannstand i brønnene over Seljordvatnets vannstand samme dag angitt i cm, rubrikk E er brønnbunnens nivå over nullpunkt på Ulvenes vannmerke, rubrikk F er den vannstand Seljordvatnet beregnes å få når brønnen står i fare for å gå tom.

Brønn	C	D	B	E	F	(F)
1	14	24		2,11	1,87	
3	14	19		1,57	1,38	
6	18	25		1,80	1,55	
7	12	17		1,65	1,48	
8	23	29		2,28	1,99	
9	13	19	22	1,51	1,32	(1,29)
10	26	29	33	1,95	1,66	(1,62)
11	26	33		1,70	1,37	
12	18	24	30	1,80	1,56	(1,50)
13	29	35	55	2,31	1,96	(1,76)
14	27	34	37	1,82	1,48	(1,45)
15	19	28	34	1,93	1,65	(1,59)

Av sammenstillingen fremgår, at brønnenes vannstand er høyere i forhold til Seljordvatnet når dettes nivå er 2,25, enn når det er 2,52. For noen av disse brønners vedkommende ble vannstanden målt også på ennu lavere nivå, nemlig av Norsk Opmåling og Planlegging ved Kristian Bjørgul 18/7 1952 da Seljordvatnets nivå var 2,06. Forskjellen mellem brønnenes vannstand og Seljordvatnets nivå er oppført i cm under rubrikk B. Alle målte brønners vannstand stod på dette, det lavest målte nivå, ennu høyere over Seljordvatnets.

Når det tappes vann fra et grunnvannsområde synker grunnvannstanden. I området mellem Kjempa og Seljordvatnet ligger brønnene tett, og den vannmengde som tas opp fra dem er ikke ubetydelig i forhold til grunnvannsområdets tilførsel. Om brønnene går tørre vil derfor ikke alene avhenge av vannstanden i Seljordvatnet, men også av vannforbruket. Hvis dette øker i fremtiden vil vi ved måling av brønnenes vannstand finne at den gjennomsnittlig ligger lavere. Dette vil føre til at såvel høydeforskjellen mellem brønnenes laveste vannstand og Seljordvatnets samme dag (tallene i rubrikk D) vil bli min-

dre. Utregningen av det nivå i Seljordvatnet ved hvilken brønnene står i fare for å gå tørre vil derfor, om vannforbruket stiger i fremtiden, bli høyere enn det som er oppført i kolonne F og F'.

Innflytelsen av Hjartdal-Tuddalsvassdragets regulering på grunnvannstanden langs vassdraget i Sauland og Heddal.

Hjartdøla Kraftverk har tillatelse til å overføre øvre del av Skorva og Vesleåi til driftstunnellen, og til overføring av øvre del av Heiåi i Amotsdalsvassdraget til Skjesvatn, og ved Kgl. resolusjon av 29. juni 1957 fikk Kraftverket adgang til å råde over alt vannet i Hjartdal—Tuddalsvassdraget i reguleringsformål.

Reguleringen medfører, at vannføringen i Hjartdøla og Heddøla økes betydelig om vinteren mens sommervannføringen blir mindre. Som vanlig ved vassdragsreguleringer ble der oppnevnt en skjønnsrett til å dømme om Kraftverkets erstatningsplikt for skade fremkalt av den forandrede vannføring.

Skjønnsretten avsluttet sitt normale arbeide i 1960. Enkelte spørsmål ble imidlertid utsatt til skadens utstrekning var godtgjort ved erfaring. Således fant skjønnsretten, at skader frembragt av utgraving og annen erosjon skulde holdes utenfor skjønnet for senere, efter innhentet erfaring, å kunne kreves opptatt til vurdering ved et tilleggs-skjønn. Skade på mark og grunn ved oppstuvning som følge av isdannelser i elven kunde ikke med noen slags sikkerhet bedømmes før efter flere års forløp, og retten mente, at der burde gå minst 5 år før man tok standpunkt til skadevirkningen.

Forfatteren av dette skrift ble oppnevnt som sakkyndig for skjønnsretten i spørsmål vedrørende de forandringer reguleringen vilde fremkalde i grunnvannstanden langs Hjartdøla og Heddøla.

Når vannstanden i en elv eller sjø senkes eller heves følger grunnvannspeilet de tilstøtende bredder til en viss grad med i vannstandsforandringene. Sådanne forandringer har betydning for planteveksten såvelsom for vannforsyning fra brønner. Elvens vannstand influerer merkbart på grunnvannstanden langs dens bredder, særlig hvor elvens leie ligger i grus eller sand. I elvekanten blir grunnvannsenkningen like stor som elvenivåets senkning. Men elvevannets innvirkning på grunnvannstanden avtar med avstanden fra elven. Jordarten har betydning. I tette jordarter som mjele og mosand kan elvens

vannstandsforandring merkes bare i kort avstand, i grov sand og grus merkes den lengere borte fra elven. På svakt heldende sandjord i Sau-land kunde en vannstandsengkning på $\frac{1}{2}$ m i elven fremkalle målbar grunnvannsenkning så langt som inntil 200 m fra elvekanten.

Såvel vannstanden i vassdraget som grunnvannstanden influeres av nedbøren. Da nedbøren om sommeren for en del tilbakeholdes i reguleringsmagasinene blir elvens vannstand nedenfor disse redusert ved reguleringen, mens nedbørens innvirkning på grunnvannstanden er den samme etter som før reguleringen.

Da vassdragets innflydelse på grunnvannstanden avhenger av flere faktorer, således 1) av jordens porøsitet, 2) av avstanden til elven, og 3) av markens høyde over elven må der i hvert enkelt tilfelle hvor spørsmålet dukker opp foretas omfattende undersøkelser av grunnvannstand, jordart, markens heldning og vannstand i vassdraget, samt nedbøriakttagelser.

Grunneiere langs Hjartdøla og Heddøla hevdet, at vassdragets regulering vilde kunne føre til vannmangel i brønnene om sommeren, og til skadelig fuktighet i kjellerne om vinteren, når vannføringen i elven ble større enn den hadde vært i naturlig tilstand.

Elvevannstandens betydning for brønnenes vannstand.

Vassdragsvesenet har et vannstandsmerke ved Omnesfoss, nedenfor sammenløpet av Hjartdøla og Skogsåi, og et annet nedenfor utløpet av Hjartsjå.

I somrene 1958 og 1959 måltes grunnvannstanden såvelsom elvens vannstand på de steder, som er angitt på figurene 31 og 32. I 1958 ble målinger utført daglig i tiden 11/7 til 31/8, og i 1959 fra 26/6 til 20/8. Resultatet av målingene er grafisk fremstillet sammen med nedbøren i nærmeste nedbørsstasjon, Notodden. Grunnvannstanden måltes dels i brønner, dels i nedsatte grunnvannsrør. De iaktatte brønner er alle grunnvannsbrønner hvori vannstanden viser grunnvannspeilet.

Av de to somre var 1958 temmelig normal med hensyn til nedbør og vannføring mens 1959 var utpreget tørr.

For å belyse hvor meget lavere elvens vannstand var i vekstperioden, mai, juni og juli i 1959 enn normalt har jeg regnet ut middelverdien gjennom årene 1937—1957 for høyeste og laveste vannstand på Omnesfossens og Hjartsjås vannmerker, og sammenlignet disse verdier med månedenes høyeste og laveste vannstand sommeren 1959.

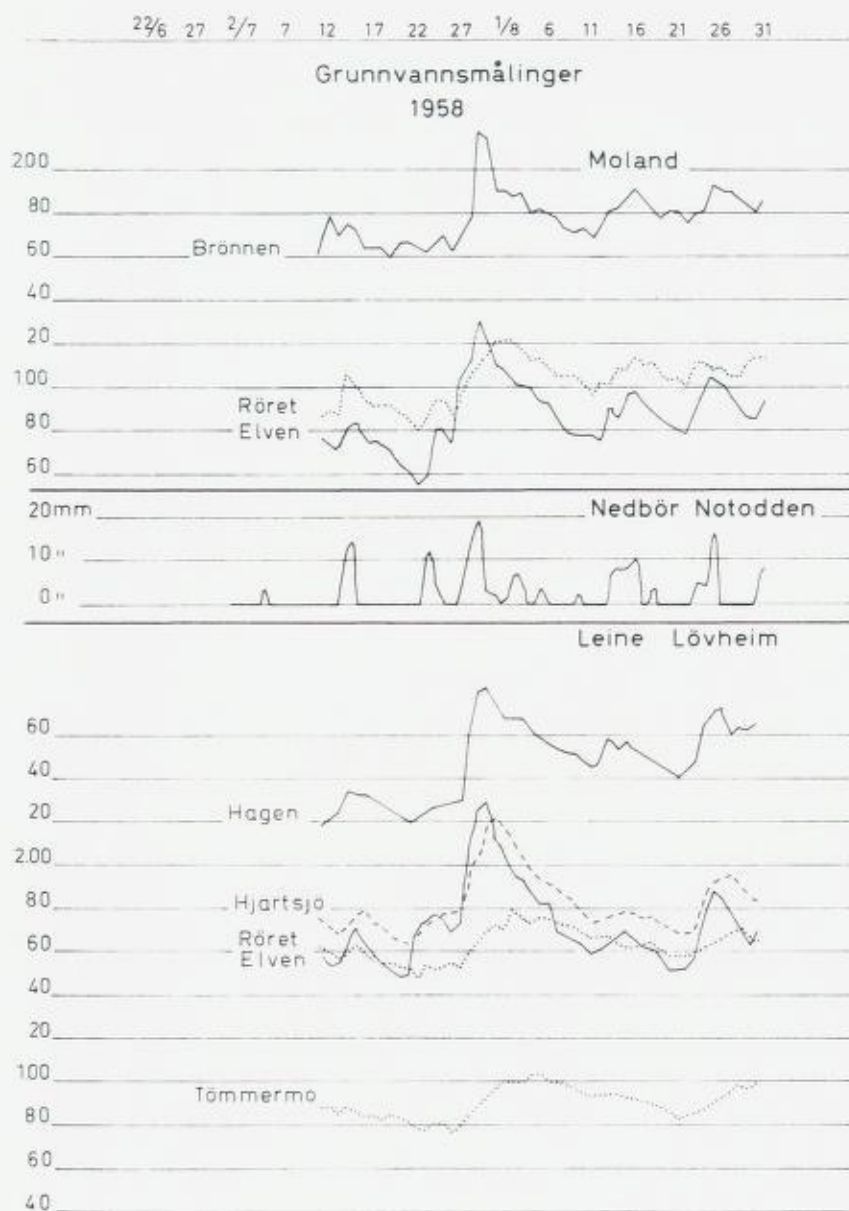


Fig. 31. Grunnvannsmålinger ved Moland i Heddal og ved Leine i Sauland 1958. Nedbør i Notodden i observasjonstiden.

Measurements of ground water levels at Moland in Heddal and at Leine in Sauland. Precipitation at Notodden July—Aug. 1958.

Omnesfoss			Hjartsjå	
	Høyeste vannstand	Laveste vannstand	Høyeste vannstand	Laveste vannstand
mai	6,09	5,07	2,70	1,42
juni	5,62	4,95	1,88	1,55
juli	5,33	4,70	2,18	1,71
for 1959				
mai	5,56	4,73	2,01	1,39
juni	4,86	3,87	1,57	1,10
juli	4,67	3,32		

Det fremgår herav at vannstanden i 1959 ved målestasjonene var betydelig lavere enn middelveiden av de foregående 11 år. Således ligger høyeste og laveste vannstand ved Omnesfoss for 1959 i mai henholdsvis 53 og 34 cm lavere enn gjennomsnittet for høyeste og laveste vannstand i 11-årsperioden. I juni er de tilsvarende tall 76 og 108 cm lavere, og i juli 66 og 138 cm. På et elvestykke med trangt tverrsnitt som det ved Omnesfoss VM gir dette en vannstand som i 1959 for mai måned ble 44 cm lavere enn gjennomsnittet for de forutgående 11 år, for juni 92 og for juli 102 cm. Det er av betydning å legge merke til, at den lavere vannstand i Heddøla en tørr sommer medfører en betydelig større vannstandsennkning enn den som skyldes vann tilbakeholdt i reguleringsmagasinene. Hjartdøla Kraftverk har meddelt, at det i magasinene tilbakeholdte vann i 1959 beløp sig ved Omnesfoss til en vannstandssenkning

i mai i gjennomsnitt 25 cm

i juni i gjennomsnitt 30 cm

i juli i gjennomsnitt 17 cm

Ved Hjartsjå VM ble elveleiet utdypet i 1959 så sammenligning bare kan gjøres for månedene mai og juni, da vannstanden i mai lå henholdsvis 69 og 3 cm, og i juni 31 og 41 cm lavere enn 11-års midlet.

Som det fremgår av figurene 31 og 32 var såvel Hjartdølas vannstand som grunnvannstanden i Sauland lavere den tørre sommer 1959 enn i den mere normale 1958. Lavvannstand i elven ved Løvheim var ca. 20 cm lavere i 1959 enn den var i 1958, og forskjellen i grunnvannstanden var endnu større. I vannstandsørret «Hagen» var lavvannstanden 40 cm, i Hjartsjås brønn 24 cm, i Tømmermos 30 cm og i øret ved veien 50 cm lavere i 1959 enn den hadde vært i 1958.

Grunnvannets nivåforandring som følge av elvens kan bestemmes etter de data som fig. 32 fremstiller.

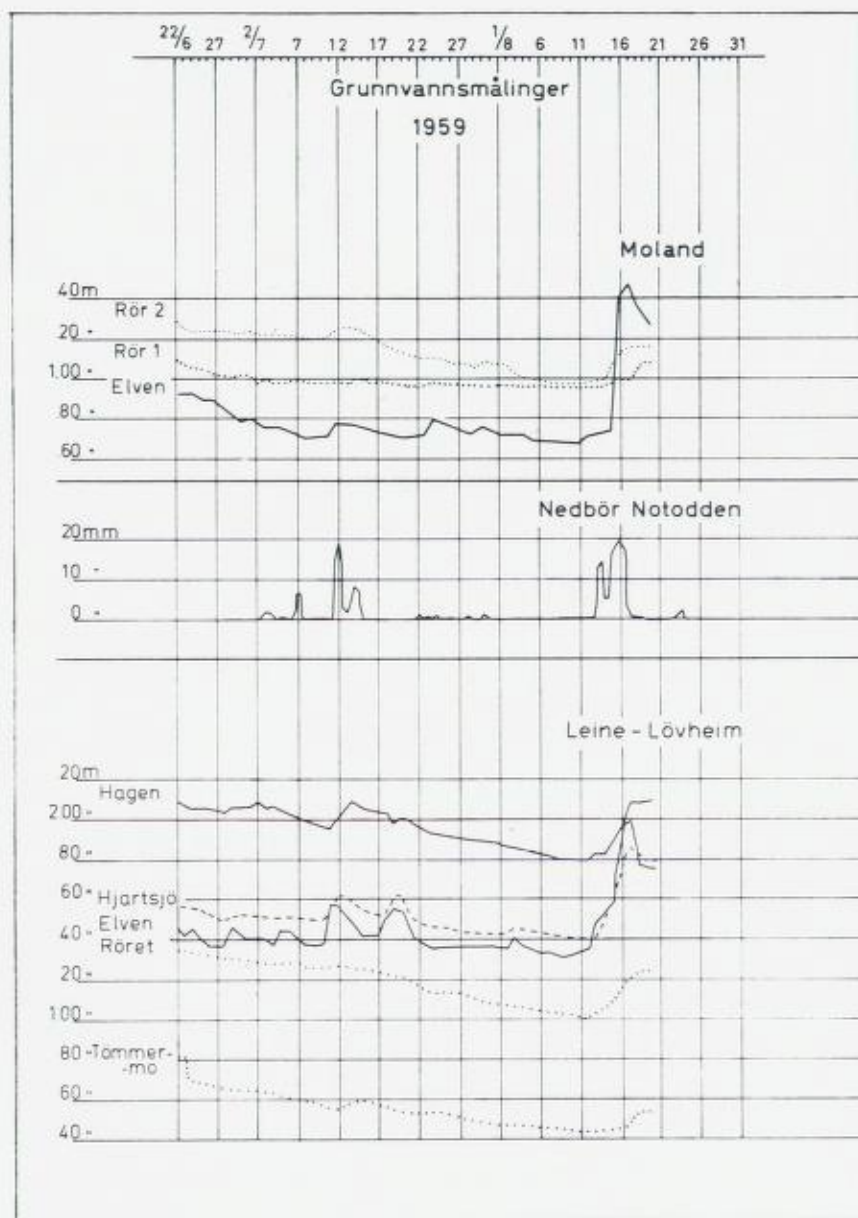


Fig. 32. Grunnvannsmålinger og nedbør 22/6—21/8 1959 på de samme steder som vist på fig. 31.

Measurements of ground water level and precipitation June 22nd—Aug. 21st 1959 at locations indicated on Fig. 31.

Der falt litt regn 12/7 som førte til noen stigning av elven og av grunnvannstanden, men fra 15/7 til 12/8 var nedbørmengden målt på Notodden nedbørstasjon høyst ubetydelig, og grunnvannstanden var jevnt synkende på alle målesteder. Mellom 13/8 og 16/8 kom der imidlertid regn, ialt 55 mm, som førte til at elven ved Leine—Løvheim steg 50 cm og grunnvannstanden på de fire målestedene forholdsvis mindre. I Hjartsjøs brønn, som ligger 80 m fra elvekanten 45 cm, i rør «Hagen» 110 m fra elven 30 cm, i røret ved veien, også 110 m fra elven, 25 cm, og i Tømmermos brønn 150 m fra elven 12 cm.

Ved Løvheim er marken flat og jordsmonnet ensartet sandjord, så markens forskjelligartede gjennemtregelighet ikke gjør sig særlig gjeldende. Målingene her viser derfor til hvilken avstand fra elven dennes vannstand innvirker på grunnvannstanden under disse ensartede forhold.

Vannstigningen i Tømmermos brønn i regndagene 13/8 til 16/8 skyldes formentlig utelukkende nedbøren, og var ikke avhengig av elvens stigning. Grunnvannet i dalbunnens sandområder samler vann fra lisidene og stiger derfor mere enn den målte regnhøyde, og vi gjør neppe noen feil når vi antar, at en nedbørmengde på 55 mm fremkalder en grunnvannstigning på 12 cm i elvesletten ved Løvheim. Av observasjonsstedene her ligger Tømmermos brønn lengst borte fra elven, 150 m. Nærmere elven, i 110 m's avstand, stiger grunnvannet i rørene henholdsvis ved veien og ved «Hagen» 25 og 30 cm, hvorav 12 cm skyldes regn. Dette svarer til henholdsvis 26% og 36% av elvens stigning. I Hjartsjås brønn 80 m fra elven har elvens stigning fremkaldt 66% av vannivåets stigning i brønnen. Disse forholdstill tillater en vurdering av den innflydelse elvens vannstandsforandring medfører på grunnvannstanden i forskjellig avstand fra elven.

Den betraktning som her er gjennomført for grunnvannstigningen ved Løvheim støttes av observasjonene ved Moland, hvor vannstanden i rør 1 også bare steg 12 cm under regndagene i august tiltross for at elven, i 75 m's avstand fra røret, i samme tidsrum steg 76 cm. Men på dette sted består jordarten av finsand med liten vanngjennemtregelighet.

Når grunnvannstanden stiger i elvens nærhet som følge av at elven vokser, så behøver ikke dette å bety at vann fra elven trenger inn i grunnen.¹

¹ Se herom side 139 i jordskade i Gudbrandsdals-Laugen.

Det fremgår av andre målinger at når elvens vannstand er fallende synker grunnvannsnivået i elvens nærhet i samme forhold som det stiger når elvens vannstand er stigende. Vi kan derfor regne med, at på lavt liggende, flate områder langs vassdraget med sandholdig grunn kan en vannstandsending på 50 cm i vassdraget merkes i en avstand av 150, høyst 200 m. Ligger marken i heldning blir den avstand hvori elvenivået har innflydelse på grunnvannstanden betydelig kortere. Likeså hvor jordarten har høy kapillaritet, som eksempelvis «leir» eller kvabb.

Så meget som 50 cm forandres ikke elvens vannstand om sommeren som følge av reguleringen. Hjartdøla Kraftverk opplyser, at den midlere vannstandssenkning ved Omnesfoss fremkaldt av reguleringen

blir for mai måned 23 cm
for juni måned 18 cm
for juli måned 13 cm

I tørre somre er der fare for at reguleringens vannstandssenkning i elven kan fremkalde vannmangel i nærliggende brønner. Som tillegg til en tørr sommers naturlige lave vannstand kommer også da reguleringens inngrep.

Den laveste vannstand som er observert på Omnesfoss VM inntraff 31/8 1947 da der notertes 3,10 på VM. Vannstanden var under 4,00 fra 13/8 til 20/9.

I 1959 inntraff så lav vannstand som 3,32 på Omnesfoss VM. Denne vannstand ligger 22 cm over det laveste som kan påregnes, men det er tvilsomt, om noen brønn i elvens nærhet ble satt ut av funksjon som følge av lav vannstand i elven. Av mangel på regn sank grunnvannstanden jevnt utover sommeren helt til 13. aug. hvorved flere brønner *utenfor* elvens virkningsområde ble tørrlagt.

Økningen i elvens vintervannstand går opp i større høyde som følge av reguleringen enn senkningen av vannstanden om sommeren. I månedskiftet febr.—mars 1960 øket vannstanden ved slipping fra reguleringsmagasinene 85 cm på Omnesfoss VM fra en uregulert vannføring på etpar sm^3 til 15 cm^3 .¹

På denne tid av året er grunnvannstanden på det laveste.

Under skjønnsrettens befaringer i okt. 1960 ble der fra flere grunneiere påstått erstatning for skade frembragt av høy vannstand

¹ Ifølge Kraftverkets vannføringskurver for 1960.

i elven, hvorfor erstatningsskjønnet for noen eiendommers vedkommende ble utsatt i påvente av nytt utredningsmateriale. For å belyse forholdet hadde noen grunneiere iverksatt målinger av grunnvannstanden i kjellere på eiendommer, hvor skjønnets kjennelse var utsatt.

Efter en befaring 8. nov. 1961 ble der av Hjartdøla Kraftverk fremlagt for skjønnet 3 plansjer med kurver for årene 1959, 1960 og 1961 som viser:

A den målte vannstand og vannføring ved Omnesfoss VM efter reguleringsens ikrafttreden og

B en beregnet kurve som viser hvad vannstanden og vannføringen vilde ha vært ved Omnesfoss uten regulering, samt

C en kurve, som viser middelvannstand og middelvannføring for 10-årsperioden 1940—1958.

På plansjene er dessuten avsatt en skala, som viser vannstanden i elven ved Husås mellem vannstandene 4,90 og 5,38 på Omnesfoss VM svarende til vannføringer fra 7 til 46 sm³. De tilsvarende vannstander på et provisorisk vannmerke ved Husås ligger mellem 0,22 og 0,54. Dessuten er inntegnet en kurve som viser selvreguleringenes innflydelse før reguleringen ble iverksatt og på plansjen for 1961 er avmerket øvre Heiås overføring til Skjesvatnet 24. okt. d. å.

Grunneierne fremla ved sin sakfører målinger over grunnvannstand fra forskjellige kjellere og noen målinger av elvens vannstand.

På grunnlag av det fremlagte materiale er nedenstående beretning utarbeidet.

Sommervannføringen utenom flommene blir noen år større, andre år mindre enn de vilde blitt uten regulering, og vintervannføringen er større nu enn den var i det uregulerte vassdrag. Økningen i vintervannføring er imidlertid liten i forhold til hvad vannføringen vokser til under flom. Vintervannføringen ved Omnesfoss kan nu være øket til 15—20 sm³, maksimalt til 23 sm³ som følge av vannslipping fra reguleringsmagasinene, mens derimot flommene før reguleringen kunde ha en 6 ganger så stor vannføring eller mere, og vannstanden på Omnesfoss VM kunde ligge 1 m høyere under flom enn under vinterens vannstand.

Av de målinger grunneierne fremla er de som ble tatt i Øystein Husås' kjeller de mest fuldstendige. Hans eiendom ligger nær Rekås utløp i Heddøla.

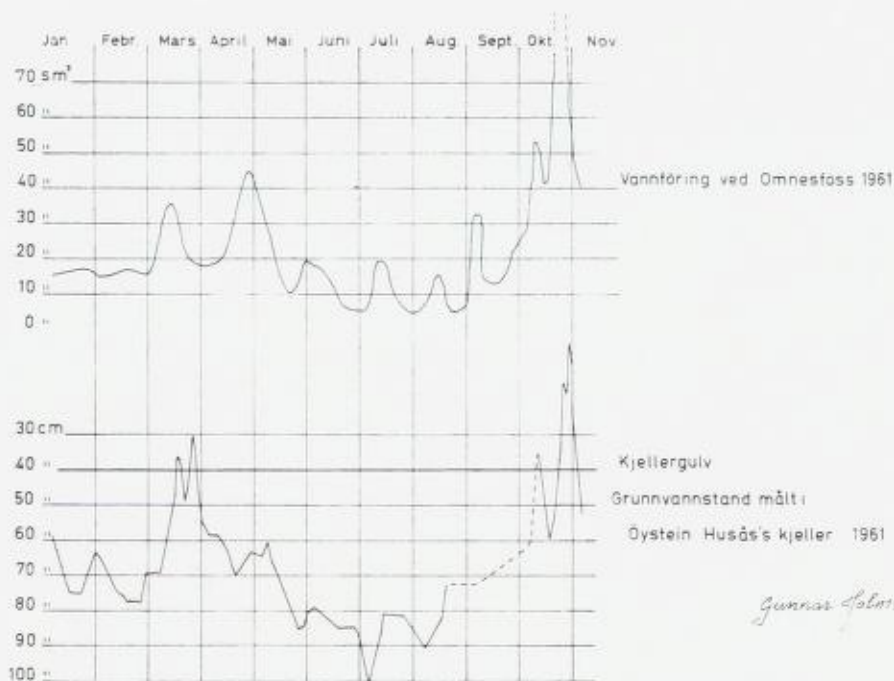


Fig. 33. Sammenligning mellom Heddølas vannføring og grunnvannstanden i en kjeller nær elven 1961.

Comparison between runoff of Heddøla and ground water level in local basement 1961.

Den grafiske kurve på fig. 33 fremstiller vannstanden således som den ble målt av Husås i et hull i kjellergulvet, og til sammenligning er på figuren tegnet Kraftverkets vannføringskurve. Målingene begynte 2. jan. 1961 og ble avsluttet 6. nov. 1961.

Med en vannføring i jan.—febr. mellom 15 og 18 sm^3 svarende til vannstand 0,29—0,31 på vannmerket ved Husås stod vannet fra 13 til 36 cm under kjellergulvet.

I mars steg vannføringen i Heddøla fra 15 sm^3 til 35 sm^3 svarende til at vannstanden på Husås VM steg fra 0,29 til 0,49, altså 20 cm. Vannstanden i kjelleren steg samtidig 40 cm (i Moens kjeller 35 cm) dvs. til den dobbelte høyde av elvens stigning. Herav fremgår, at stigningen i elvens nivå ikke strekker til til å forklare den høye grunnvannstand i kjellerne.

Den store vannføring i elven såvelsom den høye grunnvannstand i mars var forårsaket av sterk snesmeltning. Nedbøren notert i Notodden var ubetydelig, 0,7 mm den 3. og 18., og mellom disse dager ingen, mens de nærmest liggende meteorologiske stasjoner hvor temperaturen måles, Gvarv og Kongsberg, viste fra 6/3 til 26/3 usedvanlig varmt vær i forhold til årstiden. Hver dag var maksimumstemperaturen på begge stasjoner 11 til 12°C eller derover, 14/3 13,9° i Gvarv, og 9/3 14,8° i Kongsberg, og først fra 27/3 ble været kaldere.

Fra denne tid sank såvel elvens vannstand som grunnvannstanden, inntil elven begynte å stige først i april, og kulminerte med en større flom på 45 sm³ sist i måneden, hvorunder vannstanden ved Husås VM var på 0,54. Herunder holdt grunnvannet hos Husås sig 20—30 cm under kjellergulvet. Det vilde det ikke gjort om elvens vannstand var bestemmende for vannstanden i kjelleren.

Den laveste grunnvannstand ble observert 7. juli, 60 cm under kjellergulvet, og den høyeste sist i oktober, da den kulminerte den 28. med en vannhøyde *over* kjellergulvet på 37 cm. Vannføringen var da 140 sm³, og vannstanden ved Omnesfoss 6,06. Hvad den var på vannmerket ved Husås kan ikke angis, da skalaen ikke går så høyt. Den høye grunnvannstand og flommen i elven skyldtes kraftig regn.

Som iakttagelser i nærmeste nedbørstasjon, Notodden, viser var der ubetydelig nedbør om våren og forsommeren inntil 9., 10. og 11. juli da der på 3 døgn kom 43 mm regn. Der var en liten stigning av vannstanden i kjelleren 6. mai etter 13 mm regn i dagene 3., 4. og 5. mai, og senere synkende vannstand til den laveste inntraff 7. juli. Fra denne observasjonsdag til den neste, 11. juli, var vannstanden steget 12 cm, og dagen etter påny 20 cm. Elvens vannstand steg ved Husås som følge av regnet 9 cm til en vannføring på 17 sm³. Uten regulering vilde vannføringen ha vært 22 sm³, og vannstanden ved Husås tilsvarende høyere.

Disse iakttagelser viser, at en eventuell skadevirkning frembragt ved stigning i grunnvannstanden om våren må tilskrives snesmeltning og nedbør, og at elvens bidrag hertil om sommeren har vært uvesentlig, om den overhodet har hatt noen virkning. I ethvert fald har den vært mindre enn den vilde vært uten vassdragets regulering.

Fra 8. til 18. aug. steg vannstanden i kjelleren 12 cm mens nedbøren i samme tidsrum var 21,3 mm og elven ved Husås steg 8 cm til en vannføring på 16 sm³ som uten regulering vilde nådd 25 sm³.

De siste 3 dager av sept. kom der meget regn, ialt 60,6 mm som

førte til stor flom, men vannstandsmålingene i kjelleren er fra 18. aug. til 12. okt. så sparsomme at målinger bare ble utført i 2 dager. Først fra 12. okt. ble vannstanden atter målt regelmessig. Den var faldende til 18. okt., men fra denne dag til 26. okt. steg vannstanden i kjelleren 46 cm. Nedbøren i samme tid utgjorde 74,9 mm og elvens vannføring steg fra 60 sm³ til 140 sm³. Mere regn, 44,5 mm, i dagene 27., 28. og 29. okt. øket vannstanden over kjellergulvet til den foran omtalte maksimumshøyde 37 cm. Fra 30. okt. til målingene ble innstillet 6. nov. sank såvel grunnvannstanden som elvens vannstand raskt da det voldsomme regnet ga sig.

Der ble også utført målinger av grunnvannstanden i Hans G. Moens kjeller. Eiendommen ligger ikke langt fra Husås, på den annen side av Rekåi. Målingene begynte 29. nov. 1960, men ble avbrudt fra 11. des. til 10. febr. 1961. Vannstanden ble heller ikke senere målt hver dag, bare etpar ganger for uken i mars og april, og 3 dager i begynnelsen av mai. Fra 1. juni til midten av okt. foreligger ingen målinger. Fra 16. okt. ble målinger atter iverksatt inntil 4. nov.

Grunnvannstanden i Moens kjeller går i takt med vannstanden i Husås'. Vannstandsforandringene hos Moen er litt større enn hos Husås. Fra 21/2 til 26/3 stiger vannstanden i Moens kjeller 52 cm, i Husås' 45 cm, og likeså stiger vannstanden fra 16/10 til 28/10 hos Moen 67,5 cm, mens hos Husås bare 55 cm. Regnet først i mai, 13 mm, bevirker at vannstanden i Moens kjeller fra 2/5 til 6/5 stiger 14 cm, i Husås' 4 cm. Noen vannstandsstigning i forbindelse med flommen i elven sist i april fremgår ikke av målingene i Moens kjeller.

Den høyeste grunnvannstand om våren inntraff i begge kjellere 25.—26. mars da vannet hos Moen sto 30 cm over kjellergulvet og hos Husås 12 cm. Tidligere på vinteren i jan. og febr. inntil midten av mars hadde vannet stått 30—40 cm under kjellergulvet hos Husås og såvidt de sparsomme målinger hos Moen viser, her ca. 10—20 cm under gulvet.

Resultatet av grunnvannsmålingene, såvel av de som ble utført om sommeren som av de som ble utført i vintertiden mens slipping fra reguleringsmagasinene pågår, viser således at reguleringen ikke kan lastes for å ha medført skade ved øket vannstand i kjellerne.

Det forekom før reguleringens iverksettelse flere steder, at der under flom sto vann over kjellergulvene. Hvis dette virkelig skyldtes høy vannstand i elven, må forholdet ha bedret sig efter reguleringen fordi denne bevirker en reduksjon av flomtoppene. Det er imidlertid

så, at flom i elven så vel som høy grunnvannstand skyldes en felles årsak, nemlig nedbør eller snesmeltning, og det er nødvendig å ha dette klart for øye for de eiendommers vedkommende som ligger i elvens nærhet, når en eventuell skades årsak skal bringes på det rene.

Om der ikke er fremlagt materiale som tyder på skade som følge av tappingen om vinteren kan det imidlertid tenkes, at sådan skade kan inntreffe. Den økede vintervannføring frembringer større isdannelse i elven enn før, hvorved der kan oppstå lokal oppstuvning av elvens vannstand. Kraftverkets ingeniør Borg har muntlig meddelt mig, at når isdam legger sig i hovedløpet kan vannstanden i Kvisla ved Moland stige opp til 1,0 m over normal vintervannstand. Det er mulig, at en så høy oppstuvning kan føre til høy grunnvannstand i nærliggende kjellere, men der er ikke opplyst om at dette har hendt.

Totak.

I Totak er tillatt en regulering med 1,2 m's oppdemning over almindelig vannstand på kote 686,1 og senkning 6,1 m under denne. Sjøen skal efter vinterens tapping i alle år være fylt til kote 686,0 innen 1. juli.

Rauland Kirkegård ligger ved sjøen i lav høyde over vannet mellom kotene 688,4 og 689,2. Grunnen består av lett vanngjennemtregelig sand og kirkegården har som ulempe at på dens lavestliggende område står grunnvannet til enkelte tider over de begravede kister. Ved gjennomføring av oppdemning om sommeren vil dette forhold forverres.

For å sammenligne grunnvannstanden med Totaks vannstand ble 2 vannstandsrør nedsatt, det ene på kirkegårdens laveste del, det annet på dens høyeste. Rørenes avstand ble avlest i tiden fra 18/7 til 27/8 1958. I dette tidsrum viste Totak 42 cm's vannstandsforandring. Rørenes grunnvannstand fulgte sjøens vannstandsforandring, men med mindre utslag. Til sjøens maksimale vannstandsændring svarte i røret nærmest sjøen en vannstandsforandring på 26 cm og i det som lå lengst fra sjøen 21 cm.

Totaks nivå varierte i observasjonsperioden mellom kotene 686,35 og 685,93. Grunnvannstanden i den lavestliggende del av kirkegården lå 0,85 til 1,00 m høyere enn Totaks nivå, og i den højestliggende var den mellom 1,65 og 1,85 m over Totak. Grunnvannspeilet lå i det laveste rør mellom 1,20 og 1,46 m under markens overflate under observasjonstiden, og i det øverste mellom 1,15 og 1,36 m.

Ved hevning av Totaks sommervannstand, som ifølge den gjeldende reguleringsplan kan nå kote 687,3, vil grunnvannstanden på kirkegården stige. I observasjonstiden lå Totaks nivå godt og vel 1 m under det nivå sjøen vil få etter reguleringen. Under flom har Totaks vannspeil også tidligere vært så høyt som det vil bli etter reguleringen, men da bare i en forholdsvis kort tid. Med reguleringen må man gjøre regning på at Totaks vannstand kommer til å ligge på kote 687,3 en lang tid av året. Det er å forutse, at grunnvannstanden innen kirkegården da vil stige til henimot 1 m over det nivå, som ble målt sommeren 1958.

Brønner.

Ved Totaks senkning vil vannforsyningen til bebyggelse i sjøens nærhet besværliggjøres så vel for dem, der henter vann i sjøen som for dem, der har brønner i sjøens nærhet.

Åmyr er en liten grend beliggende mellom Bituåi og Sandbekken i liten høyde over sjøen og 300—400 m fra denne. Her ligger 5 brønner gravet i sandjord. Vannstanden i disse ble målt hver dag fra 18/7 til 15/9 1958 fra et merke i brønnkanten, hvis høyde var nivellert i forhold til Totaks vannstand.

I observasjonstiden varierte Totaks nivå mellom kotene 686,32 og 685,75, 57 cm, og de forskjellige brønners vannstand mellom 22 og 46 cm. Vannstanden i brønnene gikk i takt med Totaks, men med mindre utslag. I den brønn som lå nærmest sjøen var den laveste vannstand 2,30 m over Totaks nivå, og i den lengst fra sjøen 4,29 m. Høydeforskjellen mellom Totaks vannflate og brønnenes var størst på lav vannstand i sjøen, noe mindre på høy vannstand.

Når vannstanden i Totak senkes om vinteren vil også grunnvannspeilet ved Åmyr senkes. De forskjellige brønners bunn ligger mellom kotene 689,65 og 688,05. Da vannstanden var på det laveste i observasjonstiden sto vannet i brønnene bare 30—40 cm over bunnen. Det er derfor sannsynlig at brønnene vil gå tørre når Totak senkes til kote 680. Hvor meget grunnvannspeilet vil senkes under tappingen av Totak kan ikke forutsies, da grunnvannstanden på Åmyr også kan være influert av vannstanden i Bituåi og Sandbekken, som skar sig dypt ned under tappingen av sjøen i 1959. Hvis de senker sine leier helt til Åmyr vil grunnvannstanden synke i et visst forhold til nedskjæringens størrelse. Hvad Bituåi angår er der for full utbygning av Tokke kraft-

verk planlagt at Bitdalsvatn, hvorfra elven kommer, skal overføres til Songa. Herved vil Bituåis vannføring og erosjonsevne sterkt nedsettes.

Som sakkyndig for erstatningsskjønnet uttalte forfatteren, at etter hans vurdering vil 6 m's senkning av Totak ikke føre til større grunnvannssenkning ved Åmyr enn maksimum 2 m.

Tokke-anleggene foretok en befaring av brønnene vinteren 1959 da vannstanden i Totak var på det laveste. Der var da vann i alle brønnene.

Grunnvannsmålinger langs Tokkeåi i Dalen og Vistad.

Direktoratet for statskraftverkene har utarbeidet en prognose, daterert 27/2 1960 signert Olav Stokkebø, over hvad vassføringen blir etter forskjellige reguleringsstadier ved Tokkeåis utløp i Bandak. Den gjennomsnittlige månedsvannføring såvelsom den største og minste påregnelige vannføring er beregnet for de forskjellige utbygningstrin, og for det naturlige avløp før reguleringene grep inn.

I det uregulerte vassdrag angis for vintermånedene okt.—apr. den naturlige gjennomsnittsvannføring ved Tokkeåis utløp i Bandak til 35,6 sm³, vekslende mellom en maksimalverdi på 66,6 sm³ og en minimumsverdi på 14,2 sm³. Etter at Tokke 4 er utbygget blir de tilsvarende verdier: gjennomsnitt 5,2 sm³, maks. 9,8 sm³, min. 2,1 sm³, og for Tokke 5 når Børte med Rukkes og Daleåis reguleringer kommer til blir vintervannføringen ved Tokkeåis utløp henholdsvis 2,4, 4,4 og 0,9 sm³. Det kan vel da kunne hende at Tokkeåi går helt «tørr» i en kuldeperiode.

Som sakkyndig med hensyn til skade på brønner i Dalen og Vistad som reguleringen vil medføre, ble forfatteren anmodet om å ta rede på 40 brønner. I et utvalg av disse ble med grunneiernes hjelp vinteren 1958—1959 målt den varierende vannstand, samtidig som elvens vannstand ble målt på limnigrafer under dosent Harildstads kontroll.

Fra den sakkyndiges utredning dat. 5/2 1960 er nedenstående data referert. De observerte brønner er alle grunnvannsbrønner, gravet i lett vanngjennemsliplig sandjord.

Elvens vannstand varierte meget nær i samme forhold som vannstanden i de nærmest liggende brønner. Tokkeåis vannføring fikk vinteren 1958—1959 et tilskudd til sin naturlige vannføring ved at vann

ble sluppet fra reguleringsmagasinet Totak. Gjennemslaget ved Kolos fant sted 15. des. 58 og senkning av vannstanden i Totak pågikk til ut i januar 1959. Dette ga sig utslag i høy vannstand i Tokkeåi ved Dalen og Vistad fra 20. des. til 15. jan. da det naturlige avløp atter ble restituert. Alle brønner fulgte med i elvens vannstandsforandring. Ingen av de observerte brønner hadde gått tørre, og på forespørsel ble det opplyst at heller ingen annen brønn, som for skjønnet ble utpekt som skadelidende hadde vist vannmangel.

I regelen vil vannstanden i brønner som ligger i gjennomslippelig grunn og nær et vassdrag stige og falde i takt med dettes vannstand. Det kan skyldes nedbør (eller tørke) som får elven til å svulme (eller falle) samtidig som regn eller tørke også virker til at grunnvannet stiger eller faller.

Brønnenes vannstand ble målt hver 8. dag fra et merke i brønnkanten hvis høyde var nivellert. Et sammenhengende nivellement forbandt samtlige brønner med limnigrafene. Brønneierne ble instruert om hvordan målingene skulde gjøres, og målinger ble utført fra begynnelsen av desember til ut i april.

I Dalen ble vannstanden avlest i 9 brønner beliggende fra 35—190 m fra elvekanten og i Vistad 6 brønner med avstand fra elven mellom 30 og 40 m. De brønner som ligger relativt langt fra elven viste større vannstandsforandringer i vinterens løp enn de som ligger nærmere elven. I Dalen ovenfor veibroen fantes minste variasjon i en brønn, 89 cm. Den ligger i 75 m's avstand fra elven, og mest varierte vannstanden i en brønn som ligger 190 m fra elven, 141 cm. I mellom disse og på samme linje ligger en brønn 160 m fra elvekanten hvori vannstanden varierte 129 cm.

Nedenfor veibroen i Dalen ligger en brønn 40 m fra elven hvori vannstandens variasjon i vinterens løp var 72 cm. Til en annen brønn er avstanden fra elven 100 m og vannstandsvariasjonen 100 cm. I Vistad er der så liten forskjell i brønnenes avstand fra elven at alle viste omtrent samme vannstandsforandring i vinterens løp.

Målingsresultatet av brønnene i Dalen er fremstillet grafisk på fig. 34 og på fig. 35. Ikke alle vannstandsnoteringer er tatt med på fig. 34. Noen vannstandskurver ligger nemlig så tett sammen at bildet vilde bli utydelig om de skulde inntegnes på samme plansje. Kurven som betegner vannstandsforandringen i en av brønnene på fig. 35 er invertert fordi eieren målte fra brønnbunnen, istedenfor fra det nivellerte merke i brønnrammen.

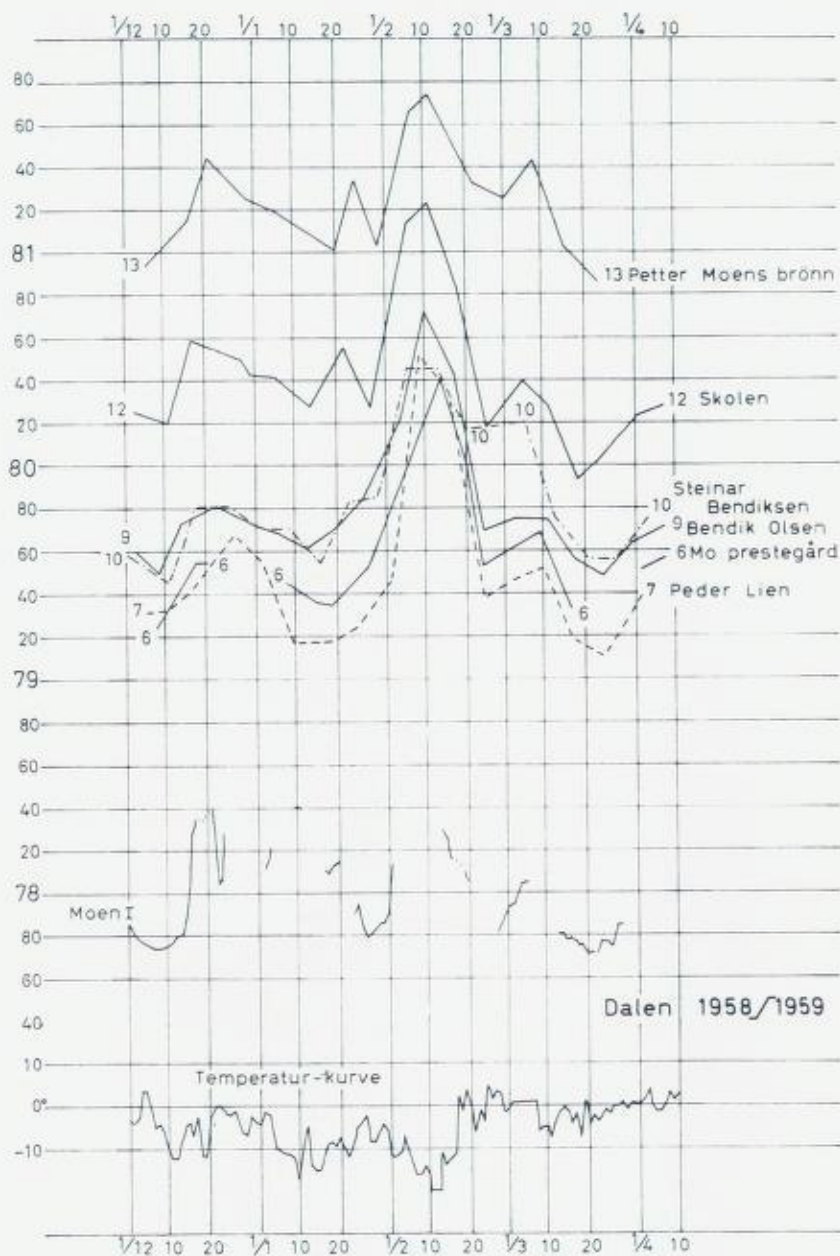


Fig. 34. Vannstanden i brønner og i elven (limnigrafmåling) ved Dalen vinteren 1958—1959.

Water level in wells and in the river (the last by automatical measurement) at Dalen in winter 1958—1959.

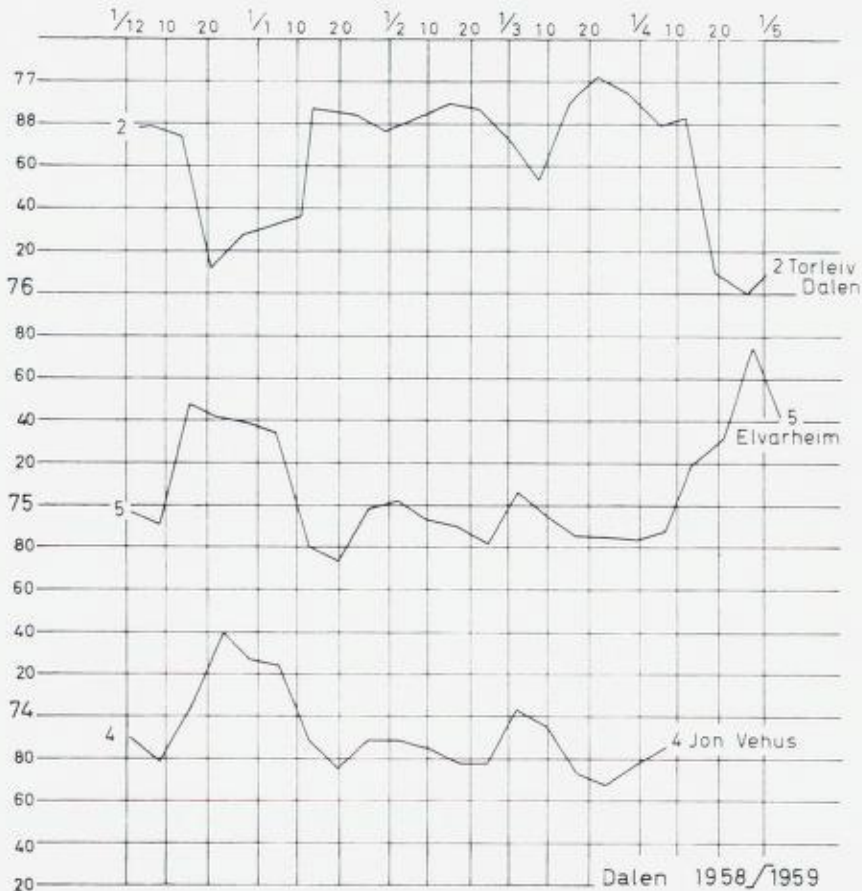


Fig. 35. Vannstandsmålinger i brønner ved Dalen vinteren 1958—1959. Vannstanden i brønn 2 er målt fra brønnbunnen.

Measurements of water level in wells at Dalen in winter 1958—1959. In well No. 2 water level is referred to the wells bottom.

Regelen er, at vannstanden i hver enkelt brønn var lavest sist i mars da grunnvannstanden som følge av vinterens tele er på det laveste. Noen av de observerte brønner har dog sin laveste vannstand tidligere på vinteren, men forskjellen på denne og vannstanden sist i mars er bare noen få cm. De brønner som har den minste dybde under almindelig grunnvannstand blir først tomme.

Linnigrafen Moen I viste i første halvdel av desember 1958 lav vannstand, kote 77,75, men steg fra 12/12 til 19/12 til vinterens høyeste elvevannstand på kote 78,35. Fra 26/12 faller vannstanden med avbrytelser til et minimum sist i januar, 26/1, på kote 77,79. Fra denne dag stiger vannstanden i elven til 7/2, da den er 78,29, hvor den holder sig til 13/2. Omkring denne datum viser de fleste brønner sin høyeste vannstand. Herfra faller linnigrafenes vannstand med en avbrytelse omkring 5/3 til 21/3, da den oppnår sitt minimum på kote 79,72. Forskjellen i Moen I på høyeste vannstand 19/12 på kote 78,35 og laveste 21/3 på kote 77,72 er 0,63 m.

Av den grafiske fremstilling på fig. 34 fremgår det at i samtlige brønner er der høy vannstand omkring 10. febr. De meteorologiske data nedbør og temperatur, hvorav temperaturen er inntegnet på plansjen, viser for Dalens vedkommende at den høye vannstand skyldes *sterk kulde*. Fra 7. til 14. febr. var temperaturen i Dalen (på plansjen er fremstillet kurven for minimumstemperaturen kl. 19 vedkommende dag) nede i 16 til 20 kuldegrader, og dette faller sammen med brønnenes og linnigrafenes høye vannstand som derfor antas å skyldes isoppstuvning i elven. Linnigrafen Moen I har dessverre et avbrudd i registreringskurven for dette tidsrum, mens linnigrafen Moen II viser en vannstand bare 5 cm lavere enn den maksimale for 21/12. Denne antagelse om isdam i elven støttes av at kurvene for Vistadbrønnenes vedkommende ikke viser noe utpreget maksimum på samme tid som brønnene i Dalen ovenfor veibroen frembyr et sådant. Brønnene nedenfor veibroen over Tokke har ikke det karakteristiske høyvannsnivå som brønnene ovenfor viser, se herom fig. 35. Vi må derfor slutte at disse lå nedenfor isdemningen hvor elven ikke var stemmet opp.

Hvad målinger av brønnene i Vistad angår henvises til den grafiske fremstilling på fig. 36. Av samme årsak som nevnt for fig. 34's vedkommende er ikke alle vannstandsmålinger tatt med for ikke å gjøre bildet overlesset.

Tone Nystads brønn ligger nær elvekanten og formodes å ha samme vannstand som elven. Linnigrafen montert på brønnløkket viser stigende vannstand fra 13/12, fra kote 85,12 til 26/12 da kote 85,75 ble nådd. Fra denne dag sank vannstanden med en liten avbrytelse 25/1 til lav vannstand 30/1 på kote 85,16. I februar steg vannstanden med et maksimum 7/2 til 85,81, som var den høyeste vintervannstand. Senere sank vannstanden, med små svingninger, til

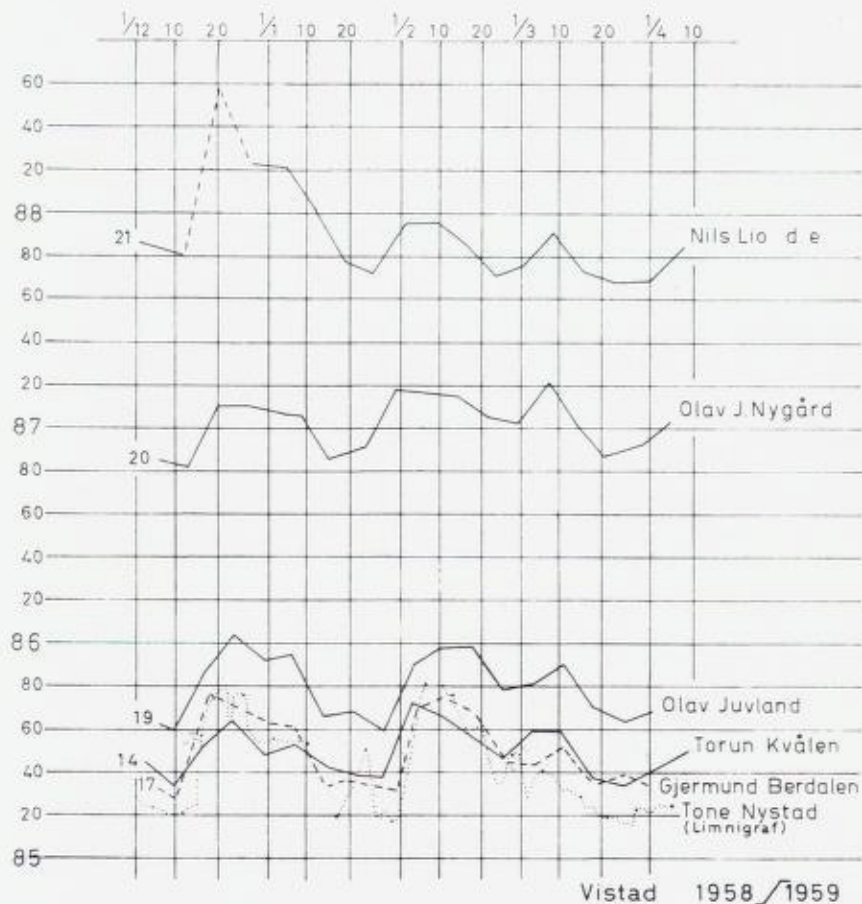


Fig. 36. Vannstanden i brønner og i elven (limnigrafmåling) ved Vistad vinteren 1958—1959.

Water level of wells and river at Vistad in winter 1958—1959.

lavvannstand 25/3 på kote 85,17. Forskjellen på elvens høyeste og laveste vannstand i observasjonstiden er således 0,69 m.

Da brønnene i Vistad ikke har det utpregede høyvannsmaksimum som brønnene i Dalen ovenfor broen viser i tiden omkring 10. febr. kan isoppstuvningen i elven ikke ha nådd så langt oppover vassdraget som i Vistad.

De samme brønners vannstand ble også målt av eierne vinteren 1959/1960 i tiden fra november til slutten av april. Den laveste vann-

stand inntraff sist i mars, for de fleste brønners vedkommende 28. mars. Vannstanden sank da så meget at 2 brønner ikke leverte vann. Slipping av vann fra Totak bragte 30. mars vannstanden opp i elven og brønnene.

Men ennu lavere vannstand hadde inntruffet sist i september og først i oktober efter den tørre sommer 1959, da 6 brønner ble satt ut av funksjon i Vistad og 3 i Dalen. Situasjonen var sådan at Kraftverket på henstilling fra grunneierne begynte å slippe vann fra Totak den 5. okt. om eftermiddagen, og dette førte til at vannstanden steg i alle brønnene.

Av de utførte målinger fremgår at brønnene er meget følsomme for elvens vannstandsforandringer. Dette fremgår av at vannet straks steg i brønnene når vann ble sluppet fra Totak 5/10 59 og 30/3 60. Likeså viser vannstandsøkningen i elven omkring 10/2 58, som sannsynligvis skyldtes isdam i elven, at vannstanden steg i alle observerte brønner i Dalen ovenfor veibroen.

Noe eksakt mål for hvor meget brønnenes vannstand vil senkes kan ikke angis. Mange usikkerhetsmomenter gjør sig gjeldende. Når såvel Tokke som Vinjeåi blir ført i tunnel til kraftstasjonen i Dalen vil elveleiet ved Vistad og Dalen om vinteren få vann bare fra små, uregulerte tilløp. Den minskede vannmengde vil føre til en dypere teledannelse i elvebredden og hemme vanntilførselen fra elven til elveslettens grunnvann, og trolig vil den også føre til større kjøying.

Grunnvannet i elveslettene stammer ikke bare fra vann, som har trengt inn fra elven. Der siger også vann i jorden under markens overflate fra dalsidene til elven. Når de brønner, som ligger nær elven viser mindre vannstandsforandringer enn de fjernere tyder dette på at en viss stigning i elvenivået har sitt virkningsområde begrenset til elvens nærhet. Ved reguleringens gjennomføring vil der imidlertid ikke komme flommer i elven. Brønnene må derfor utdypes betydelig om de skal bli årsikre.

Brønnvannets hygiene.

Bebyggelsen i Dalen så vel som i Vistad er sammentrengt, og da hver huseier skal ha sin egen brønn, ligger brønner og utslagskummer mange steder tett sammen. Hvor der ikke finnes ordnet kloakklop, blir sølevannet ledet til synkebrønner hvorfra det siger ukontrollert ut i grunnen. Herved er der i den tette bebyggelse fare for infeksjon av grunnvannet, som taes fra brønnene.

For nærmere å bringe infeksjonsfaren på det rene ble vannprøver fra 17 brønner sendt Statens Institutt for Folkehelsen til bakteriologisk undersøkelse. Den første sending med 8 vannprøver ankom til instituttet 19. juni, og en senere sending på 9 prøver kom 14. okt. 1959. Noen forskjell på prøver tatt i juni og de som ble tatt i oktober synes ikke å være tilstede.

Av 8 undersøkte brønner i Vistad tilfredsstillende 6 de bakteriologiske krav til drikkevann og 2 ikke. Av 9 undersøkte brønner i Dalen var forholdet mellom tilfredsstillende og ikke tilfredsstillende 6 til 3.

Vannet i de infiserte brønner får tilsig fra utslagskummer eller fra septiktanker uten ordnet avløp. Forurenset vann fra en utslagskum til en brønn hadde et sted en avstand så liten som 5 m. Andre steder var avstanden litt større, opptil 16 m.

Vinjevassdraget.

Vinjevatnets reguleringshøyde er fastsatt til 3,5 m hvorav oppdemning 1,3 m. Under flom kunde vannstanden stige like høyt før reguleringen. En brønn som ligger like i vannkanten er gravet til 2 m's dybde i sand og dens vannstand følger vatnets. Brønnens bund vil bli tørrlagt med 2,5 m's senkning av vatnet, og den ligger så lavt, at brønnkanten vil oversvømmes under oppdemning.

Ved reguleringen vil vannføringen ved sammenløpet av Bora og Flothylåi bli vesentlig redusert som følge av overføring til Totak av elvenes øvre nedbørsområder. Dette vil medføre lavere grunnvannstand i Edland og langs Smørkleppåi, og skjønnsretten ga den sakkundige geolog i oppdrag å gi uttalelse om den virkning dette vilde få for brønner og planteproduksjon i Edland og langs Smørkleppåi.

Den tilmålte tidsfrist tillot ikke omfattende undersøkelser av grunnvannstanden langs det vassdrag hvori vannføringen vilde minskes. Oppfordringen fra skjønnsretten er datert 19/10 1959, og det fremholdes, at det vilde være ønskelig at den sakkundiges uttalelse skulde foreligge ved nyttårstid. Uttalelsen dat. 23. des. 1959, hvorfra nedenstående beretning refereres, bygger bare på befaringer av området og samtaler med enkelte grunneiere.

Det var spørsmål om hvordan det vilde gå med vanntilgangen til 2 brønner, som ligger nær bredden av Bora. Ved besiktigelsen av brønnene 28/10 var vannstanden på Grungedal vannmerke 1,12. Det

ble uttalt av grunneiernes tillidsmann, Halvor Edland, at denne vannstand ligger nær almindelig sommervannstand i veksttiden, og at i elven ovenfor Grungevatnet kan vannstanden under flom nå 1,0 til 1,5 m høyere. Begge brønner kommuniserer med elven, og hadde under forfatterens besøk samme vannstand som denne. Fra brønnene går pumpeledning til forbruksstedene. Når der pumpes siger vann fra elven til brønnene gjennom grunnen. Efter overføringen av Bora vil brønnenes vannstand synke i samme forhold som elvens. For å tilfredsstille vannbehovet må da brønnene utdypes. En utgraving på 1 m antas å strekke til.

Den dybde hvori grunnvannspeilet ligger har innflytelse på utbyttet av de almindelige kulturvekster såsant det ikke ligger dypere enn 1,5 m regnet fra markens overflate. Ved dypere grunnvannstand har utbyttet i sandjord lite å si for avlingsresultatet. Når vassdragets vannstand senkes, vil grunnvannspeilet nær sjøen eller elven følge med. Bredden av det belte, hvor grunnvannstanden senkes beror foruten på vassdragets vannstandssenkning, også på markens heldning og på jordens kapillaritet. Jo brattere heldning marken har desto smalere blir beltet, men på steder hvor heldningen er den samme, blir beltet bredere i grov sandjord enn i finkornig. Spørsmålet om hvor stort areal av en eiendom langs vassdraget vil rammes av en vannstandssenkning, enten det blir til fordel eller til ulempe, er således komplisert.

I Edland ligger vollene langs elvens venstre bredd så lavt, at jorden tildels er vannsyk. Vollene gjødsles og de pløyes med 4 å 5 års mellomrum. Der dyrkes bare høy. På den dyrkede marks laveste partier stod grunnvannet helt opp til gressroten under forfatterens befaring enda vannstanden i elven ikke var høyere enn den pleier være om sommeren. Her og der såes vanddammer. Den vannsyke jord vil bedres som følge av reguleringen. Det samme er tilfelle langs elvens høyre bredd på eiendommen Søndre Bratland hvor et stort areal tidligere var dyrket, men aldri har vært bebygget. Nu er det dyrkede område sterkt redusert og lagt ut til beite og skogproduksjon. Vannfylde groper viser høy grunnvannstand.

Der hører flere holmer med til eiendommen. Flommene over den dyrkede del av eiendommen vil minske betydelig med elvens vannstandssenkning og dyrkningsmulighetene vil bedres. Det antas, at grunnvannstanden nærmest elven vil synke ca. en halv meter som følge av reguleringen, hvorved drengrofter vil få brukbart fald.

På begge elvens sider ligger et matjordlag av et par desimeters tykkelse over grov grus og sand. Jordsmonnet er derfor lett drenerbart, og en grunnvannssenkning på en halv meter vil nedsette avlingen på steder hvor grunnvannstanden i vekstperioden før lå høyere enn 1,5 m under markens overflate. Det gjør den trolig hvor marken nær elven ikke overskrider 3 m's høyde over sommervannstanden i vassdraget. Er markens høyde over elvens sommernivå større enn 3 m pleier grunnvannstanden i bratte bakker langs elven som den langs Smørkleppåi, å ligge dypere enn 1,5 m under terrengoverflaten.

Langs Smørkleppåi ligger den dyrkede mark gjennomgående så høyt over elven, at elvens vannstand ikke influerer på grunnvannstanden. Av 34 eiendommer kan bare 11 rammes av grunnvannssenkning når vassdraget blir fuldt regulert, og mange av disse på så små arealer som under 1 dekar. På en enkelt eiendom, som en vinter ble rammet av isbrand etter isoppstuvning i elven, er muligens en senkning av elvens vannstand endog til fordel for avlingsresultatet.

Sandflukt.

Når sandbund tørregges i reguleringsmagasinene kan sandflukt oppstå. Der omtales i litteraturen mange eksempler herpå, men de nærmere omstendigheter som betinger sandflukten er utilstrekkelig belyst.

Efter uttapping av sjøer i forrige århundre for å skaffe dyrkningsjord såvel på Jæren som i Lesja fremkom plagsom sandflukt. I Lesja er nu det meste av den uttørrede sjøbund kledd av gress eller vidjekratt, men ennu fyker det sand fra endel bare flekker.

Fra enhver vegetasjonsløs sandflate kan vinden sette i verk sandflukt, d.v.s. der blåser sand utover omgivelsene. Kornenes størrelse beror på vindstyrken. Vi kan skjelne mellom sand hvis korn vesentlig triller på marken eller fraktes i liten høyde over denne, og den sand som fyker høyt i luften. Den første slags blåser ikke langt. Den legger sig til ro i le bak stener, tuer og stubber, og kalles *dynesand*. Den er grovere enn den sand, som kommer opp i luften, og som her skal betegnes *fyksand*.

Dynesand fra kysten (Jæren) består av sand med kornstørrelse fra 0,1 til 0,5 mm's diameter. Dynesand fra innlandet (Røros) er ikke så godt sortert som kystens idet den inneholder 73% av kornstørrelse mellom 0,1 og 0,5 mm, mens 27% av den består av korn mindre enn 0,1 mm diameter. Den fineste sand, fyksanden, med kornstørrelse fra 0,05 nedover til 0,01 mm gir skyer av støv i luften og kan føres langt vekk. Et tilfelle med sandfukk omkring sjøen Rødungen i Holsanlegget er omtalt i St.prp. nr. 32, 1956, s. 7. Sjøen har et areal på 3,8 km², ligger på høyde 1015 m. o.h. og ble 18/5 1942 senket 16 m. Derved ble tørrlagt områder med mjele og finmo (kornstørrelse under 0,06 mm) og sjøens areal ble under tappingen redusert til 1,78 km². I 7 år stod den på det lave nivå. Når det blåste føk sandgøvet hen over omgivelsene, og først sommeren 1948 da sjøen atter fylldtes stanset fokket. I vedtak fra Rauland herredsstyre av 1/3 1955 står: «På fra-

stand såg sandgøvet ut som skyer over fjellvidda, og bilar som køyrde forbi på veg til Djup fleire kilometer undan, fekk eit lag sand på taket og andre flater dei dagane det var hard vind.»

Den samme kornstørrelse som fyksanden fra Rødungen har veistøvet som hvirvles opp under kjøring på våre grusveier og spredes over aker og eng. En prøve av veistøv fra skvettskjermene på en bil som hadde vært kjørt på grusvei i Spydeberg lå hovedsakelig mellom kornstørrelsene 0,01 og 0,05 mm.

Sand som hvirvles opp av «togvind» langs visse jernbanelinjer, således eksempelvis i Østerdalen, og trenger inn i kupeene, er litt grovere idet den har kornstørrelse mellom 0,06 og 0,6 mm. Et effektivt botemiddel mot denne støvplage er å dekke ballastens finsand med et belegg grus eller singels.

Også den sand som under flom føres inn på lavtliggende voller langs Gudbrandsdals-Laugen og andre norske vassdrag har en lignende kornstørrelse. Flomsanden har samme skadevirkning som veistøvet når den kommer i høyet. Når en slår på det tørre høy i hesjene fyker sandgøvet ut av det, og det klages over at sanden i foret sliter på besetningens tyggeredskaper så kuenes levealder nedsettes. Hertil kommer det ubehag som følger støvet fra foret for dem som steller fjøset.

Av fyksand i Lesja har forfatteren siktet endel innsamlede prøver både av den blåste sand og av det gjenværende, urørte bunnsediment i det uttappede Lesjavatn.

<i>Dynesand</i>	<i>Kornfordeling m/m</i>			
	<i>over 0,5</i>	<i>0,5-0,2</i>	<i>0,2-0,1</i>	<i>under 0,1</i>
Liten dyne på flat mark	4%	14%	55%	27%
Liten dyne bak gjerde	0%	24%	64%	12%
<i>Urørt bunnsediment</i>				
Elvemel syd for Lesja kirke	2%	19%	41%	38%
Elvemel syd for Hage bro	4%	25%	31%	44%
Marebakke ved Prestegården	0%	0%	0%	100%

Herav fremgår, at den blåste sand er grovere enn den sand den stammer fra. Med vinden er de minste sandkorn ført høyere opp i luften og har blåst lengere vekk enn den sand som erkjennes som dynesand. Fyksanden var det som ga opprindelse til sandfokket over bygden. Det må ha vært av samme art som det, der i Rauland herredsstyres vedtak er omtalt fra Rødungen.

På forfatterens spørsmål om hvilke ulemper sandflukt nu til dags medførte ble svart, at knivene på slåmaskinen fort ble sløve, og efter sandfukk om vinteren ble sledeføret trått.

Fra den vegetasjonsløse Kvitsanden på Røros blåser sand inn over dyrket mark i nabolaget og på veier. Det siste har gjort veiene tungkjørte for hjulredskap.

Det klassiske område for bekjempelse av sandflukt efter regulering av en sjø er Gäddede, en liten landsby ved østre ende av Kvarnbärgvatnet, hvortil elven fra Limingen render. Vatnets vestre ende ligger på norsk side av riksgrensen. Kvarnbärgvatnet er regulert mellom kotehøydene 312 og 302, nesten utelukkende senkning. Det for sandflukt disponerte område av vatnets bund utenfor Gäddede ligger mellom 3 og 7 m's dyp og har et areal på 85 dekar. Sandflukten i byen kommer med nordlig til vestlig vind i tørt vær når vindstyrken er over 3,4 m/sek. Ifølge observasjoner 1950—1956 har sandflukt forekommet ialt 24 dager, dog tidligst 20 dager efterat sjøen har begynt å stige. Bare 3 sandfluktdager har forekommet på så lavt nivå som kote 304. Den sand som i tørt vær føres med vinden fra den tørrlagte sjøbund inn over vatnets omgivelser er meget finkornet. Den betegnes i en uttalelse av Ragnar Abrahamsen dat. jan. 1957 som leirig mo. Dette betinger en kornstørrelse mindre enn 0,06 mm. Denne fyksand legger sig på skog og mark i såpass stor mengde at løvet og gressveksten får et synlig grått støvbelegg, og den trenger inn i husene. Byggegrunden i byen består av sand. I tørt vær fyker der sand også fra åpne grøfter.

Av tiltak for å hindre sandflukten er brukt overrisling på den tørrlagte bunn. Dette regnes som en temporær nødhjelp. Der er også forsøkt oppumping av den fine sand med slampumpe. Det oppumpede materiale legges på stranden, dekkes med grus og matjord, som tilsåes og skal tjene til parkanlegg og fritidsområde.

Der er kjendt eksempler på sandflukt fra flere av våre reguleringsmagasiner således både fra Bygdin og Tessevatn.

Om sandflukt fra sjøer som berøres av Namsenoverføringen har forfatteren innhentet noen opplysninger sommeren 1959.

I Tunsjøen er der til ca. 150 m's avstand fra Stallvikelvans utløp en sandbanke som tørregges under senkningen. Banken består av fin sand. Det har hendt, sa Gunvald Stallviken, at fyksand kunde merkes over innmarken helt opp til bebyggelsen på gården når vannstanden i sjøen hadde vært nær nedre reguleringsgrense. Senkningen er 3,5



Fig. 37. Sand oppumpet fra bunnen ved Gäddede.

Sand pumped from the lakes bottom at Gäddede.

Bagøien fot. 29/5 1952.

m under uregulert sommervannstand. — På andre steder i Tunsjøen, hvor der er bund med sand og gjørme (humusholdig sand) hadde sandflukt aldri vært merket.

Langs Limingen berettes om sandflukt på 1 gård i Slåttvika, på 1 gård i Devika og på 2 gårder ved Lille Limingen.

Bunden i Slåttvika består av hvit, ren sand. I slutten av juli 1954 før slåtten var begynt drev der så meget sand fra den tørrlagte bund at marken ble aldeles grå. Vannstanden var da 1,80 m under normal lavvannstand. Rokket stod ikke på mere enn en halv time, da der kom en kraftig tordenskur som fuktet sanden, bandt sandflukten og skyllet finsanden ned fra gresset og trærnes blade. Noen forringelse av høyets kvalitet var ikke å merke, fortaltes der.

Otto Pedersen Devik berettet at der i 2 somre efterat reguleringen var iverksatt, 1954 og 1955, hadde forekommet sandflukt i Devika. Støv la sig på birkeskogen og på innmarken. Han merket i slåttonna at ljåen fort ble skjemt som følge av sand i gresset. — Utenfor gården

tørrelgges et belte med sandbund av 100—200 m's bredde. Sanden er finkornig, og så fast at de kjører med motorsykkel på den.

Eieren av Liminglien fortalte, at sandflukt også her var merket i 2 somre. Støvet vises som et grått belegg på skog og eng.

Storsanden heter en liten bukt mellom Røyrvika og Nyvika. Her ligger sandbund av den beskaffenhet at den kan gi sandflukt. Men der er ikke dyrket mark i nærheten, og heller ingen bebyggelse så der mangler opplysning om at der her har forekommet sandflukt.

Beretningene samstemmer om at der ikke blir sandflukt fra gjørmeholdig bund. Således fortalte Severin Rørvik i Røyrvikbukten om en ør av særlig fin sand, at der i somrene 1953 og 1954 var «noen bevegelse» i sanden derute på lav regulert vannstand, men sandflukt inn på land hadde ikke forekommet. — Der ble under forfatterens opphold på stedet opptatt 2 prøver av bunden på henholdsvis 1,7 og 2,7 m under uregulert middelvannstand. Begge prøver viste humusholdig sand med rotrester etter vannplanter. — Likeledes ble der tatt prøver utenfor jeteen i Gjersvikbukta fra 2—3 m's dybde under uregulert middelvannstand. Disse viste også rikelig med organisk tilblending. Bund som den i Røyrvikbukta og Gjersvikbukta gir ikke opprindelse til sandflukt idet der legger sig et humusholdig sandlag over den, som bevirker at den ikke blir så tørr at den flyker.

Hvor bunden består av finsand og mo er kapillariteten så høy at sanden holdes fuktig selv om vannivået ligger betydelig under den tørrlagte bund. Hvor sanden dertil er humusholdig øker dette kapillariteten. Som oftest veksler i sjøbunden lag med forskjellig kornstørrelse, og det er sjelden at finkornige lag har tykkelse større enn deres kapillære stighøyde. Lag av grus og sand bryter kapillariteten. Hvor sådanne relativt grovkornige lag ligger på bunden og blir tørre, må molagene over dem ha en tykkelse på ca. 1 m om de skal kunne medføre sandflukt. Dennes størrelsesorden avhenger av om været er tørt, og av vindstyrken.

Det er vanskelig å forutsi om sandflukt vil oppstå etter senkning av en vannflate. Forfatteren henvendte sig i 1957 til sine kolleger i Sverige for å høre om noen av disse har gjort iakttagelser til hjelp for en forhånds vurdering av hvad der vil skje med hensyn til dette spørsmål når en sjø senkes i reguleringsøyemed. Men heller ikke i Sverige var der på den tid innvunnet erfaring av betydning som vi kan nyttiggjøre oss for vårt lands vedkommende. Min i dette spørsmål meget ansette kollega, statsgeolog phil. dr. Caldenius, svarte således:

«Sandflykten från sjöbotnar som efter islossningen på våren genom reglering torrlagts till djupare nivå än under normala förhållanden har på sina håll i Norrland hos oss blivit besvärande. Det är också här finkornigare sand och grovmo [kornstörrelser 0,6—0,06] som vålla de största besvärigheterna. För Kultsjön, en av Ångermanälvens källsjöar nära norska gränsen, där jag just avslutat en undersökning för utrönandet av sandflyktrisken, har jag funnit att den främst är bunden till deltaplanen i sjön där grovmo har den största utbredningen.

Man har försökt att dämpa sandflykten på några av regleringar torrlagda sjöbotnar, men ännu ej funnit något effektivt medel. Sandflykten från sjöregleringarna har först under de senare åren börjat vålla sådana olägenheter, att man börjat inse dess alvarliga natur. Det är anledningen till att vi ännu treva oss fram för att söka lösningar på de olika därmed förknippade problem, och att jag har så litet att meddela dig i ämnet.

I litteraturen finnes mig veterligt ännu intet publicerad derom.»

Planene for Totaks regulering har skiftet siden forfatteren første gang ble tilkaldt av Norges Vassdrags- og Elektricitetsvesen for å gi rettleiding i undersøkelser som skulde utføres for å kunne vurdere kommende jordskade.

Opprindelig var sjøens regulering planlagt med en så stor senkning som 24,2 m. Under denne forutsetning uttafte forfatteren i en utredning av 24/9 1928 frykt for at vinden om våren kunne blåse sand fra den tørrlagte bund innover land. Denne uttalelse førte til at Norges Vassdrags- og Elektricitetsvesen, Bygningsavdelingen, i 1954 utbad sig en tilleggsutredning om hvordan forfatteren antok en mindre senkning, på 10,1 m, vilde arte sig med hensyn til sandflukt. Der var ved hjelp av froskemenn opptatt 8 bunnprøver, hvorav Oslo Materialprøveanstalt hadde utført stikkprøver. Prøvene skrev sig fra et begrenset område omkring Bituåis utløp, mellem Kirkeneset og Sporanaset på vanndybder mellem 1,0 og 7,0 m. Da noen av dem, betegnet som tatt fra grusbund, viste større gjennomgangsprocent gjennom 0,15 mm sikt enn de, der betegnes som tatt fra sandbund, synes det som om en bortslemming av sandens finmateriale har funnet sted under prøvetakingen. Man må derfor gå ut fra at sanden på bunden inneholder mere støvsand enn sikteanalysene gir uttrykk for. Forfatteren konkluderer, at hvor der er sandbund i Totak vil sjøbundens senkning til den planlagte reguleringsgrense etablere mulighet for sandflukt. Jo større

sandarealer der blir tørrlagt desto større sandmengder vil vinden kunne føre med sig. En del vil blåse inn på land og avleires ovenfor den gamle strandlinje. Her blir den neppe liggende i ro, men vil flyttes eftersom vinden blåser.

Totaks regulering ble ifølge konsesjon av 10/3 1956 imidlertid gjennomført med en mindre senkning, 6,1 m, og med bestemmelse om at Totak i alle år innen 1. juli skal være fylt til kote 686,0, en vannstand meget nær sommervannstand. Under denne forutsetning ble forfatteren som sakkyndig for erstatningsskjønnet anmodet om på ny å undersøke stranden rundt Totak med hensyn til fare for sandflukt. Av forfatterens utredning herom av 10/7 1957 hitsettes nedenstående utdrag.

«Ved Totak har jeg sett blåst sand i et stort sandtak nær utløpsosen av Tansåi. Her er skogen og skogjorden fjernet så sanden ligger bar og vinden får tak i den. På det vegetasjonsløse området blåser sand sammen i små dyner i ly bak stener og i bulldozerspor. Da det er å vente at sand som denne også er avleiret i sjøen og kan blåse inn over stranden i Totak når sjøen står nedtappet, tok jeg en prøve av den for å undersøke dens kornfordeling.

Dynesand fra sandtak ved Tansåi.

Kornfordeling m/m			
over 0,5	0,5—0,2	0,2—0,1	under 0,1
2%	14%	47%	37%

Dette er sand som er transportert kort vei, og dens kornfordeling er meget nær den samme som i dynesand fra Lesja.

Tapningen av Totak vil medføre, at vinterisen legger sig på bunnen over 680 m's nivået og beskytter mot sandflukt. Isløsningen på sjøen begynner i et medianår 11/5 og Totak er isfri 22/5 og vi må gå ut fra at sjøen er fylt til sommervannstand før 1. juli. Erfaring fra Aursund, Bygdin og andre fjellsjøer viser, at vinterisen blir liggende langs stranden på den tørrlagte bund ennå en tid efter at sjøens isløsning har funnet sted, og lengst blir isen liggende hvor det er mest langgrunnt. Eventuell sandflukt vil derfor bli begrenset til tiden fra vinterisen smelter på den tørrlagte bund til sist i juni. På de fleste av sandflukt truede steder ligger der i strandsonen hvor dypet er mindre enn 2 à 3 m grus eller stebund.

Jeg har sett sandbund som vil bli tørrlagt ved 6 m's senkning på følgende steder:

1. Tansåis utløp.
2. Stranden utenfor Haddeland.
3. Sporaneset, utløpene av Bituåi og Sandbekken til Rauland.
4. Sandviki i Arabygdi, og
5. De øverste gårdene i Arabygdi.

På disse steder har jeg undersøkt strandbeltet ved å sondere bunnens art med et sonderingsbor. Enkle prøver fra bunnen er tatt opp til besiktigelse på stedet.

De nevnte sandgrunner har sannsynligvis nok finsand til å kunne gi opprindelse til sandflukt, men jeg vil i denne forbindelse meddele en iakttagelse jeg har gjort i Selbu, som taler i mot at sanden blåser inn over land. Selbusjøen er regulert, og tappes om vinteren til flere meter under normalvannstanden. Derved tørregges om våren en større sandstrekning utenfor Neas utløp. Under en befarig 9. mai 1957 da sandbeltet lå tørt i etpar hundre meters bredde la jeg merke til, at grusører, som før hadde vært overleiret av et sandlag, her og der stakk opp av sandavsetningen. Dette kommer øyensynlig av at den fine sand i strandbeltet er ført ut på større dyp av bølgeslaget under den stigende vannstand om våren når sjøen fylles. Det samme vil sannsynligvis også komme til å finne sted på Totaks sandører. Når dertil kommer, at finsanden har så stor kapillaritet at bare dens overflatelag vil tørke så meget at vinden kan ta den er det grunn til å anta, at som følge av den planlagte regulering med 6,1 m's senkning av Totak, vil der ikke innfinne sig sandfokk som kan sammenlignes med det foran omtalte fra Lesja og Rødungen.»

Efter den første senkning april—mai 1959 var der ifølge meddelelse fra Tokke-anleggene ikke innkommet noen melding fra grunneierne om sandflukt. Bortsett fra den første tapning våren 1959 hadde Totak senere, i okt.—nov. og våren 1960, kun vært tappet 2 à 3 m av hensyn til anleggsarbeidene i elven nedenfor. Grunner med sand hadde da vært tørrlagt, men såvidt Tokke-anleggene vet, hadde sandflukt heller ikke da forekommet.

SUMMARY

Case-histories of destruction of land resulting from the regulating of drainage systems.

Prior to the carrying out of the work permitted by a regulation licence, it is the practice in Norway to establish a court of enquiry to investigate the possible economic consequences of damage resulting from the regulating. This court comprises a public law official who acts as chairman and who is supplemented by experts in the various fields in which economic interests are involved. These fields include the floating of timber along the drainage system, agriculture, communications, fishing etc. In addition to the above members of the court, the number of whom can be often between 4 and 8, additional professional experts are usually called in to assist the judges in the assessment of the evidence, for example, experts to predict the damage resulting to agriculture and fishing, and from the formation of ice on river and lake waters etc. In order to obtain evidence to support their predictions the experts are given the opportunity to carry out practical investigations.

The author has, in the course of his 40 years as professional geologist, observed and studied many cases of erosion and other damage to land which were consequential upon the regulation of drainage systems.

Such damage, which results from the effect of the regulation upon the natural flow in the drainage system, must be compensated. The damage may consist of water-bogging, land slides, the deepening of the tributaries to reservoirs where the water level has been lowered, changes in the load of rivers and alterations in the ground water level along the drainage system. The author has over the years accumulated many observations which illustrate the effects of erosion both inside the reservoirs and in the drainage systems downstream from them. The results of the investigations which he has carried out are to be

found in statements made before the courts of enquiry, but these are available only with difficulty. Descriptions of damage occurring within only a few reservoirs has been previously published.¹

As the result of requests from various quarters, including Norges geologiske undersøkelse, the author has prepared the present report on his experiences to date.

The first section of the report deals with:

1. *Soil damage in regulating reservoirs resulting from altered water level.*

Slides at seven lakes situated in clay country beneath the Marine Limit (MG) are described. Lakes at such altitudes are more exposed to land slides when their water level is lowered than are lakes situated above MG. Where the lake bottom slopes steeply from the shore line, these slides will be transmitted inwards above the highwater line. Steep river mouths are especially exposed, and if the terrain is flat inland from the line of break, the landslide may reach to 200 m behind the high water level. In lake Laugen in Børsa there occurred on 24.9.20, during the initial lowering of the water level, a land slide which reached 150 m back from the shore line.

Lake Selbusjø has been severely exposed to slides as a result of the lowering of the water level 5 m below the lake's natural average level. A slide in 1950 had a length measured along the shore line of 600 m, while a short distance off shore in the water it had a length of 1000—1100 m. The narrow strip of land which was destroyed by the slide, was insignificant compared with the enormous masses which slid out to the bottom of the lake. The wave of water resulting from this slide was so large that it appeared to initiate bottom slides in other parts of the lake. Another land slide at the mouth of the Amdal river in April 1955, fig. 14, stretched 170 m back from the shore. This slide was released during a lowering of 4.26 m below the lake's lowest observed water level for the years 1902 to 1917, that is, before the regulating was carried out.

The large land slides in clay country are due to the sediments on the bottom of the lake being so fine-grained that the expulsion of the water contained in their pores does not keep pace with the lowering of

¹ Erfaringer om jordskade ved innsjøreguleringer. Norges geologiske undersøkelse, Småskrift 3, Oslo 1927.

the water level. When this level is lowered and the pressure of the water on the exposed bottom is reduced, the underlying layers fail beneath the weight of the heavy and steeply sloping bottom, whereby the land slide is set in motion. In addition, in winter a covering of ice can increase the weight of the exposed part of the lake bottom. In all probability the danger of slides increases when the lowering of the water level takes place abruptly.

Regulating reservoirs which are established above MG are not exposed to so much land-sliding as those which lie in the regions of raised clayey salt water sediments.

The largest damage to ground in lakes *above MG* are also connected with the lowering of the water level. Due to such lowering, the tributary rivers are given new base levels of erosion, which can lead to considerable down-cutting of the stream, often stretching a long way beyond the natural high water line. This has occurred at Tessevatn in Lom, Osensjø in Hedmark and at Limingen in Nord-Trøndelag.

The regulating of Tessevatn began in 1944 with an initial lowering of 11.6 m. Considerable erosion occurred almost immediately the lowering began along the tributary rivers Smådøla and Ilva. A map showing the erosion along the Ilva was made in 1960. In the course of 14 years the eroded area along this stream and its branches had reached a total of 64 dekar. See fig. 3.

In Osensjø thresholds were built at the mouths of the largest tributaries in an attempt to prevent receding erosion. The lowering of the lake amounts to 4.50 m below the natural low water level.

In Limingen permission was given to lower the water level 5.5 m below the summer level. This led to considerable downcutting of the beds of the tributary rivers. The foundations of a bridge over the Røyrvik river were destroyed by this process. (Fig. 9.)

Due to the damming-up of regulating reservoirs a new shore line will be eroded at the new, raised level, in reservoirs situated both below and above the MG. Land slides can also occur due to this erosion, but they are normally of little importance compared to those caused by the lowering of the water level.

The second section of the report deals with:

2. *Ground damage in running rivers and streams due to regulation.*

The greatest damage in rivers is usually caused by flooding. The most damaging flood concerning which written records exist was due

to heavy rain and occurred in Eastern Norway in the month of July 1789. The catastrophic effects of this flood are recounted in the discussion of the regulating of Gudbrandsdals-Laugen and Otta rivers on pp. 92—94.

As a result of the regulating of a drainage system the amount of water during the spring and summer floods is reduced and so is the amount of damage accompanying them. However, it appears that such regulating has also led to considerable damage, in that the amount of water carried during the winter has been increased, even though it is still far below that of the natural floods.

The regulation of a river system has as its object the accumulation of water in reservoirs, preferentially at the time of snow-melting in the spring, so that it may be used in power stations situated downstream at times when the natural flow in the river is at a minimum, which normally occurs during the winter.

It is the places where the river divides into several courses between sandbanks and islets which are most exposed to damage. An increased winter flow in the river leads to increased quantities of ice along its course. Bottom ice, together with slush and ice floes, becomes attached to shallow places and forms dams so that the water is diverted and takes new courses. A branch of a river, which would have been dry or completely frozen before the regulating of the river, now runs full of water. It can thus occur that an arm of a river, the banks and bed of which commonly may tolerate a certain speed of flow without failure, must now accommodate a greater streamflow, causing breaches in its banks.

In fine-grained sediments erosion can take place beneath the ice cover (fig. 19), such that the banks become very steep. Where the islands are cultivated, which is usual along the larger rivers, their banks have in places become so steep that vehicles can no longer negotiate them.

Damming up by ice can be so effective that it completely changes the stream direction and the rivers can burst their banks, even in the most resistant type of ground. Following a flood carrying a heavy iceload in the river Otta in January 1954, the ice grounded in a shallow and diverted the stream against a high gravel bank, on the Slettmoen farm at Sel. The stream still flows so fast at this locality that it tears away large stones, and every year a part of the steep, boulder-bearing, gravel bank falls away. The break is 200 m long.

From 27.7.1955 till 19.9.1958 the edge of the break had penetrated distances of from 0.05 to 1.8 m into the river terrace, corresponding to the removal of 126 m² of ground by the river.

Damage to ground is greatest in those rivers where winter floods carrying ice arise or are accentuated by the regulating of the flow. The river Nea in Trøndelag is an example of this, the reader is referred to the Sketch map, Fig. 20, showing the river's meandering island-studded course through Selbu. Ice drift in winter, "kald flo", occurs after a severe cold spell gives way to milder conditions. During the cold spell ice-slush forms and is partly attached to the bed as bottom-ice and partly removed by the stream. Fragile ice, "sarr", collects beneath the ice cover as well as becoming fastened to stones where the river is icefree, and dams up the flow of water. When milder weather occurs, even though the air temperature remains below freezing point, the flow of water increases and tears away the dams of ice-slush. If the mild conditions are accompanied by melting of the snow, or perhaps, rain, the flood may become so great that it breaks up the firm ice-cover that it meets along its path, and, together with the floating ice beneath the ice cover, this will lead to a damming up of the river and consequent overflowing of its banks (Fig. 21). As a result of icedrift the Nea, besides ice, carries a heavy load of sediment, and large changes in the shape and situation of the islands of the river can be studied by comparing old maps with newer ones.

The frequency and magnitude of ice drift in winter on the Nea have increased as the work of regulating the river has proceeded. The quantity of ice increases with flow of water during the winter time. If this flow in the open river increases in the ratio 1:1.7, it has been calculated that the amount of ice formed increases in the ratio 1:1.2.

When the water is dammed up following an ice drift, access to the river islands is made difficult, and these are usually valuable agricultural areas. The water floods over low-lying river meadows, where the water table is raised and wells overflow. Water penetrates into low-lying cellars. The damming-up can amount to 2 to 3 m. Roads become impassable.

The streams can take completely different courses due to this damming up of their flows. Water from Kamløken (see Fig. 20) cut itself a new course over Moslettangen to Hestøyløken. The down-cutting began downstream and proceeded gradually upstream. In March 1957 the stream had eroded a channel 1½ m deep and 8 to 9

m wide over a length of 100 meters. The water fell into this channel over a waterfall which moved rapidly upstream as the downcutting proceeded.

Where the water reaches up into the river banks the ice freezes solidly to the earth. In the spring floods the current tears away both the ice and its frozen bottom layer of soil along the bank of the river. During the ice drifts large quantities of solidly frozen gravel and stones are transported down the river courses.

In this section are also recounted two instances of erosion in surge reservoirs for power stations (Øvre Lerfoss in Nidelven and Kaggefoss in Snarumselven). The surge reservoirs are located in easily erodable ground, where rupture occur as a result of the frequent changes in water level.

Further, ground investigations are described from two clay ridges at Labrofoss on the Numedalslågen and at Haugfoss on the Simoa.

Having in mind the example of the break through which the Verdals river suffered through its downcutting past Hærfossen in 1893, it was considered that the danger might exist that one or both of the two mentioned rivers could take new courses during a period of floods at the sites investigated.

The result of the ground investigations was that the clay ridges could not be considered as being exposed to slides, which could lead to the river either breaking through them or cutting past them, when the recommended preventive measures had been carried out.

In Section 3, Ground Water Investigations

are recounted observations on and the influence of the changes in ground water level near rivers, which are brought about by their regulation. The increased winter flow of water in a river leads to increased ice formation and consequent flooding as recounted in Section 2. It has been established in the case of the river Nea, that when ice dams occur the water from these can seep through the earth and break out as surface water at a considerable distance from the river. A high water table during the winter is detrimental to the survival of cultivated plants. The agricultural experts, Professor dr. Låg and Director Heggelund-Smith, have given accounts of this in a report on ground damage suffered at Tynset as a result of the regulating of

lake Aursund: "Due to flooding of the surface during the winter considerable damage can easily occur to perennial plants in the ground. Valuable grazing is liable to be lost, and open ditches will under such conditions remain full of ice well into the spring. Earth which is regularly subjected to flooding during the winter can not be cultivated by the usual pasture rotation methods."

In fine-grained soil the winter water table should not stand higher than 1.2 m beneath the surface of the fields if damage to crops is to be avoided.

In order to elucidate the problem of reduced crops as a result of the regulation of the Otta and Laugen rivers having reduced the spring floods, a comprehensive programme of investigations was carried out during the years 1955—1958. In the upper part of Gudbrandsdalen the rainfall is rather low, and the climate is so dry that the size of the crops is greatly dependent on the amount of rain. Irrigation has been used in this area for as long as tradition can recall. The spring flood is regarded as providing a thorough saturation of low lying meadows along the river. The owners of these meadows thus demanded compensation for reduced crops resulting from the reduction of the flood level due to regulating of the river.

The water table level is decisive for the plant roots' access to water. The connection between the water level in the river and the water table level in the river meadows and islands was therefore investigated along the river all the way from Vågåmo to Vinstra.

There is a difference in the nature of the supply of ground water in the river meadows and that on the islands in the river. The river meadows receive in addition to rainfall, ground water seepage from the valley slopes above them. On the low lying gravelly islands, on the other hand, the water table level is strongly dependent, apart from rainfall, on the level of water in the river. The subsurface, both of the islands and of the river meadows, consists of varying, irregular layers of gravel and sand. One special type of subsurface is called locally "fyru", a very permeable gravelly ground derived from silted-up river beds.

The Association for the regulation of the rivers Glommen and Lågen supplied information from which the reduction in the tops of the floods could be calculated at various places along the course of the river. This reduction is dependent in the first place on the width

of the river profile and secondly on the quantity of water supplied by unregulated tributaries.

The reduction in the highest flood point after completion of the regulating works, based on the average of 10 floods at Vågåmo, was calculated as 21.1 cm. Below the junction of the Otta with Laugen, but before the Sjoa joins it, the Otta accounts for 70 % of the quantity of water flowing in the river system, which corresponds to a flood reduction of 15 cm where the river profile is similar to that at Vågåmo. Below the junction of the Sjoa, at Kvam, the reduction is calculated to 13 cm, presupposing similar conditions.

Measurements of water table level, compared with the river level, shows that the former sinks less than the latter, from $\frac{2}{5}$ (40 %) of the fall of the river level in the meadows beside the river, to $\frac{3}{4}$ (75 %) on the islands. It is possible to estimate that the reduction of the flood maximum at Vågåmo due to regulating has led to a lowering of the water table of between 9 and 16 cm, which figures are approximately $\frac{2}{5}$ and $\frac{3}{4}$, respectively, of the reduction in the flood top of 21.1 cm. The corresponding water table lowering in the river meadows along the Laugen and on the islands in the river, between the confluences of the Otta and the Sjoa, are 6 and 11 cm. In Kvam, where the flood maximum was reduced by 13 cm, the water table level in the period of floods has been lowered between 5 and 10 cm at places where the river profile is the same as at Vågåmo.

The reduction of flood maxima in spring is estimated by the professional experts to cause a loss of crops corresponding to 0.4 % for each centimeter it has reduced the ground water level.

Where habitations lie along regulated water courses the question often arises as to the consequences the alterations in water level can have for capacity of wells.

An investigation of the relation between the level of a reservoir (Seljordvatn) and nearby wells, 29 in all, was carried out in the Summer of 1953. All the wells lie in very permeable, sandy ground and, in the event of lack of water, can easily be deepened or redug. On the sketchmap, Fig. 30, are shown the locations of most of the wells, together with the median curve for the water table level, drawn in relation to datum line of Seljordvatn.

It was clear from the water level measurements that wells 1 to 15 would be markedly affected and partly dried up by the lowering of

Seljordvatn. In the concession agreement a lowering of 2 meters, to a point 1.0 m above datum, was allowed.

As will be seen from the sketch map, all the wells 1 to 15 lie within a distance of 200 m from Seljordvatn.

The difference between the water level in an unregulated river in a dry and in a wet summer, was measured in Hjartdøla. In the comparatively dry summer of 1959, the river was for a considerable period at Løvheim observation station, 20 cm lower than in the normal summer of 1958. A heavy rainfall in the period 13/8 to 16/8 1959, in which 55 mm rain fell, caused the river to rise 50 cm at Løvheim. This rise in the river's level caused a rise in the water table which could be noticed at a distance of 150 m from the river. The meadows along the river are flat and the ground is a homogeneous sandy type. At a distance of 80 m from the river the rise in the water table level was 66 % of the rise in the level of the river, while at 110 m it was about 30 %.

The flow of water in a regulated river is not dependent solely on the release of water from the reservoirs. The river also rises due to precipitation and, in winter as a result of snow melting. The further away the reservoir lies the greater is the rise in the river due to melting of snow. Close to the river, where the water table level follows closely that of the river, this can result in the river regulating being held responsible, without cause, for damage resulting from a high water level. An example of this, where water found its way into a local basement during the winter, is described on pp. 172—176.

As a result of the transfer of water from one river system to another, both the flow of water and the water level in the diverted river will be reduced. The regulating of the Tokke system has led to greatly reduced winter flow in the river Tokkeåi between lakes Totak and Bandak. Along the Tokkeåi are situated many wells in the Dalen and Vistad districts, which suffered from lack of water as a result of the river regulating. The ground water measurements described on pp. 179—184 illustrate this case.

As an appendix to this account to experiences gained from the regulating of river courses comes section

4. *Sand-drift.*

It has often been feared that damage due to blown sand would result from the lowering of the water levels of lakes.

There exist records of this from lakes in the Jæren and Lesja areas, which were lowered in the last century in order to reclaim land for cultivation. In the Lesja area most of the drained lake bed is now covered with grass and willow scrub, but even now, 98 years after the draining, sand still blows from a number of bare patches.

Fine sand with a grain size from 0.05 to 0.01 mm can cause clouds of air borne dust at considerable distances from the dried up lake bed. A lake with an area of 3.8 km², lying at an elevation of 1015 m. a.s.l. was lowered 16 metres in the process of building a power station at Hol during the 1940's. Thus fine-grained sediments were exposed from which the wind blew clouds of dust across the mountain plateau.

Troublesome sand storms have been reported following a 12 m lowering of the level of Kvarnbärgvatn in Sweden, into which the river from the Norwegian lake Limingen flows. Large amounts of sand blew across woods and fields so that leaves and grass become covered in grey dust, and dust infiltrated into houses in the nearby town of Gäddede.

Measures taken to reduce the sand-drift include irrigation of the dried up lake beds. Attempts have also been made to pump up the fine sand with sand pumps, and to cover the fine-grained bottom sediments, from which the dust blows, with gravel.

Sand drift has resulted from the regulating of the lakes Tunsjø and Limingen in Nord-Trøndelag as well as from lakes Bygdin and Tessevatn in Jotunheimen. Habitation around these lakes is very sparse and no measures have been taken to reduce the drift of sand.