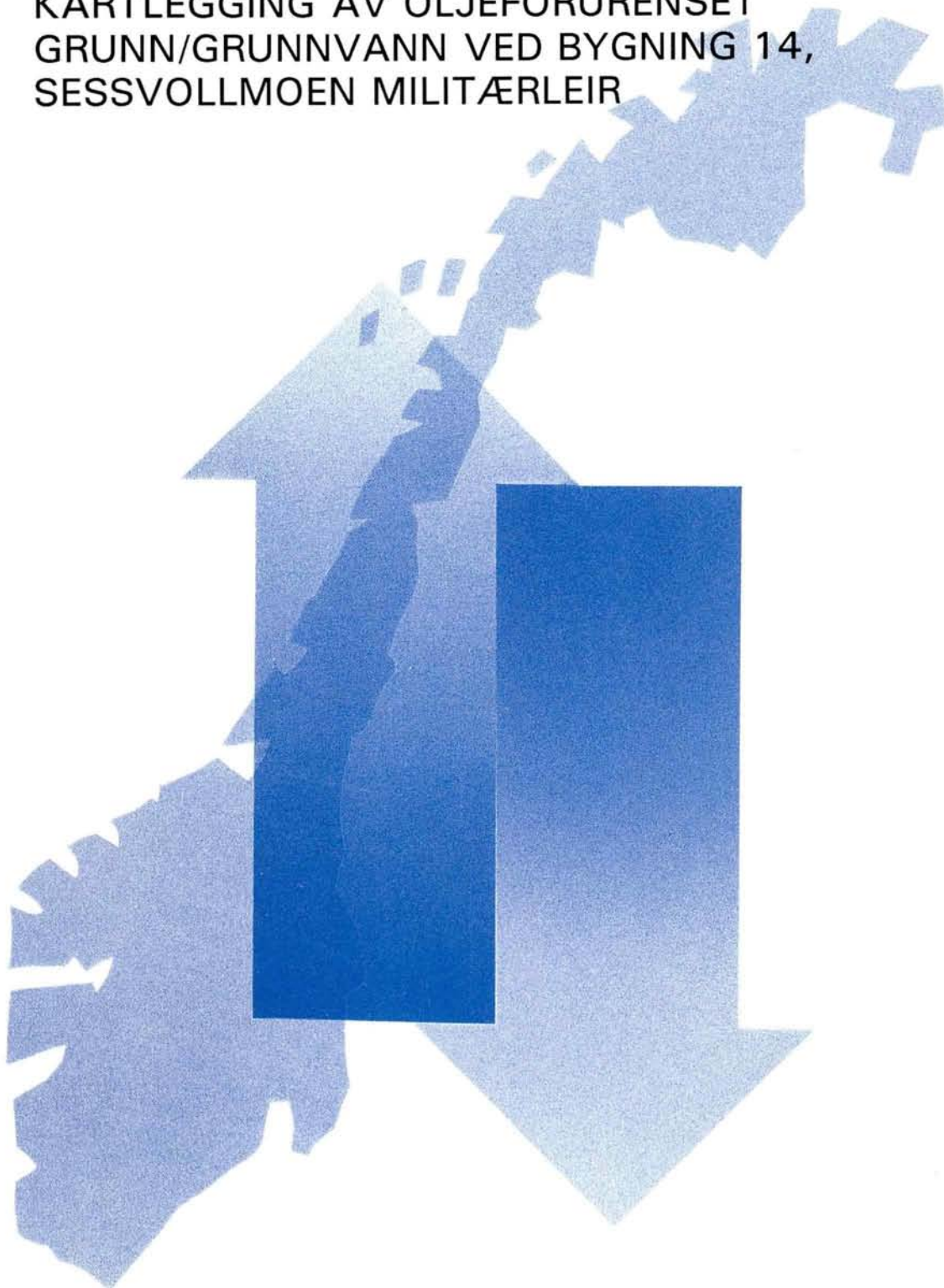




KARTLEGGING AV OLJEFORURENSET
GRUNN/GRUNNVANN VED BYGNING 14,
SESSVOLLMOEN MILITÆRLEIR



Program for grunnvann og miljøkjemi

Rapport nr. 91.190		ISSN 0800-3416		Åpen/Forfattetil Forfattetil	
Tittel:					
Kartlegging av oljeforurenset grunn/grunnvann ved bygning 14, Sessvollmoen militærleir					
Forfatter:			Oppdragsgiver:		
David Banks			Forsvarets bygningstjeneste, Avdeling Hamar		
Fylke:			Kommune:		
Akershus			Ullensaker		
Kartbladnavn (M. 1:250 000)			Kartbladnr. og -navn (M. 1:50 000)		
Hamar			1915 II Ullensaker		
Forekomstens navn og koordinater:			Sidetall: 148		Pris: 280.-
			Kartbilag:		
Feltarbeid utført:		Rapportdato:		Prosjektnr.:	
Des. -90 - Apr. 1991		10.06.91		63.2564.00	
				Seksjonssjef:	
				GAUTE SKJURVÅG	
Sammendrag:					
<p>Den 13. desember 1990 ble det oppdaget en lekkasje av opp til 10.000 liter fyringsolje fra et tankanlegg ved bygning nr. 14 ved Sessvollmoen militærleir. Det er funnet at opp til ca. 600 m³ av jord kan være forurenset av mineralolje pr. 21. mars 1991. Den høyeste målte konsentrasjon er 14 g/kg tørr masse. Oljeinnholdet ser ut til å være mindre enn massenes retensjonskapasitet, slik at det ikke forutsettes stor videre nedtrengning av ojekroppen mot grunnvannet.</p> <p>Det er boret en pumpebrønn for å samle opp evt. olje som når ned til grunnvannsspeilet. Grunnvannet fra denne brønnen inneholder ca. 0,06 - 0,08 mg/l olje.</p> <p>Naturlige strømningshastigheter i akviferen er beregnet til 0,003 m/d i de fineste lag, og 0,15 m/d i grovere lag.</p> <p>Den eksisterende pumpebrønnen ansees som ikke helt tilfredsstillende for å fange opp all evt. forurensning fra lekkasjeområdet. Brønnen bør pumpes på en høyere rate, ellers bør en ny brønn etableres med en mer egnet lokalisering.</p>					
Emneord		Hydrogeologi		Forurenset vann	
Geologisk risiko		Forurensning		Grunnvann	
Løsmasser		Miljøgeologi		Fagrapport	

INNHALDSFORTEGNELSE

	SIDE
1. SAMMENDRAG	2
2. INNLEDNING	3
3. FORMÅL OG STRATEGI	5
4. BESKRIVELSE AV LOKALITETEN	7
5. FELTARBEID, METODER OG ANALYSER	8
5.1 Boringer og prøvetaking	8
5.2 Analyser	10
6. RESULTATER OG VURDERINGER	11
6.1 Løsmasseforhold	11
6.2 Hydrogeologi	12
6.3 Resultater fra analyser av jordprøver	16
6.4 Resultater fra analyser av vannprøver	21
6.5 Empiriske regler for vurdering av forurensningstilfeller	23
7. OVERVÅKING OG BEREDSKAP	26
8. FORSLAG TIL TILTAK	26
9. KONKLUSJON	29
LITTERATURREFERANSER	32
TEGNINGER	35
VEDLEGG	60
APPENDIKS	78

1. SAMMENDRAG

Den 13. desember 1990 ble det oppdaget en lekkasje av opp til 10.000 liter fyringsolje fra et tankanlegg ved bygning nr. 14 ved Sessvollmoen militærleir. Rapporten beskriver forurensningssituasjonen for jord og grunnvann i det aktuelle området.

Det er funnet at opp til ca. 600 m³ jord kan være forurenset av mineralolje pr 21. mars. Midlere oljekonsentrasjon i forurensningens kjerneområde er beregnet til ca. 8 g/Kg tørr masse. Den høyeste målte konsentrasjon er 14 g/Kg. Dersom kriterier benyttet i Nederland legges til grunn er dette såvidt høye konsentrasjoner at opprensningstiltak er påkrevet.

Oljeinnholdet ser likevel ut til å være mindre enn massenes retensjonskapasitet, slik at det ikke forventes stor videre nedtrengning av oljekroppen mot grunnvann. Avsetningene er i dag ikke i bruk som grunnvannsforsyning, og hydraulisk avskjæring (pumping) er opprettet i området, slik at det ikke foreligger noen umiddelbar fare for omfattende grunnvannsforurensning.

Målinger av hydrokarboninnhold i grunnvann fra området gir verdier fra 2,4 mg/l til 0,06 mg/l. Den lavere verdien ansees som mest pålitelig, men videre prøvetaking er nødvendig for å avklare grad av forurensning i grunnvannet. I naturlig tilstand (uten pumping), vil strømningshastigheter i den mettede sonen være av størrelsesorden 0,15 m/d i grovere lag, og 0,003 m/d i de fineste lag.

Den eksisterende pumpebrønnen (hydraulisk avskjæring) ansees ikke som helt

tilfredstillende for full innfangning av eventuelle forurensninger fra lekkasjeområdet. Det anbefales enten at brønnen pumpes på en høyere rate for å øke innstrømningsområdet, eller at en supplerende brønn etableres med en mer egnet lokalisering.

Det er vurdert diverse tiltaksmetoder. Disse er alle relativt kostbare i forhold til lekkasjens trussel mot grunnvann. Kontinuerlig pumping (med naturlig nedbryting) over en flere-års-periode ansees derfor som den beste kontroll-metoden. Dersom umiddelbart tiltak kreves, er bio restaurering, eller oppgraving med spunting, vurdert som de mest aktuelle metodene.

2. INNLEDNING

Fyringshuset (bygning nr.14) ved Sessvollmoen militærleir benytter fyringsolje nr.2 fra Norol. Oljen blir lagret i en tank ca. 5 m øst for fyringshuset. Derifra føres oljen til ovnen i selve fyringshuset via en ledning. Ubrukt overskudds-olje ledes ut via en annen ledning til en returtank, som ligger like nord for lagringstanken (Tegning 1).

Den 2.11.90 ble anlegget rutinesmessig inspisert og verken lekkasje eller tap av olje ble rapportert. Den 13.12.90 ble tanken inspisert igjen, og kalkulasjoner av forbruk av olje sammenlignet med oljenivå i returtanken tydet på et oljetap av opp til 10 m³. Det antas at lekkasjen har oppstått på inngangsrøret til returtanken, og skyldes skade fra gravearbeid i nærheten.

Det er ikke mulig å fastslå verken eksakt størrelse, det nøyaktige stedet

eller datoen for lekkasjen. Det kan sies at lekkasjen er på mellom 0 og 10 m³ fyringssole nr.2, og at den sannsynligvis skjedde ved innløpet til returtanken mellom den 2. november og den 13. desember 1990.

NGU ble kontaktet umiddelbart etter lekkasjens oppdagelse, og den 15. desember deltok representanter fra Forsvaret og NGU i en befaring på området. Lekkasjen ble meddelt forurensningsmyndighetene, og det ble besluttet satt ned en oppsamlingsbrønn for å hindre spredning av forurensning. Denne oppsamlingsbrønnen ble ferdig den 19. desember 1990. Den ligger omtrent 6 m fra stedet der lekkasjen antas å ha funnet sted.

Forsvaret, ved Forsvarets bygningstjeneste, Avdeling Hamar (FBT/HR), fikk pålegg fra Statens forurensningstilsyn (SFT), den 22. januar 1991, om å undersøke forurensningsfaren og spredningen ved fyringshuset og å foreslå eventuelle tiltaksmetoder. NGU ble engasjert som konsulent for å utføre slike undersøkelser og utarbeide forslag til tiltak.

Forsvaret hadde nettopp gjennomført lignende undersøkelser, i samarbeid med NGU, i forbindelse med et utslipp av ca. 20 m³ fyringsolje nr.1 fra en oljetank på den nærliggende Trandum militærleir. Dette førte uten tvil til økt bevissthet innen Forsvaret om problemtypen og en rask gjenkjennelse av lekkasjen ved Sessvollmoen. Den tidlige Trandum-lekkasjen er rapportert av Storrø (1991). Den ligner i det vesentlige på Sessvollmoen-saken, men det kan nevnes noen viktige forskjeller:

- 1) På Trandum er massene langt mer grovkornig og permeable over grunnvannspeilet, men under grunnvannspeilet er massene mindre permeable enn på Sessvollmoen.

2) På Trandum er avsetningen i bruk til en aktuell grunnvannsforsyning. På Sessvoll er de nærliggende deler av avsetningen ubrukt som grunnvannsressurs.

3) På Sessvoll er grunnvannspeilet høyere enn på Trandum (ca. 17 m under bakken, sammenlignet med 30 m ved Trandum).

Den samme undersøkelsesmetodikk har stort sett blitt brukt på Sessvollmoen som på Trandum. Undersøkellesprogrammet ble litt mindre omfattende enn på Trandum på grunn av de mindre mengder olje involvert, og på grunn av at ulykket ikke truet eksisterende grunnvannsforsyninger.

Lekkasjen på Trandum besto av Norols fyringsolje nr.1. Ifølge Norol er de fysiske og kjemiske egenskapene praktisk talt det samme som fyringsolje nr.2 (Vedlegg 1). Oljetyperne består av en blanding av aromatiske og alifatiske hydrocarboner med mellom ti til tjue karbon-atomer per molekyl. Aromatiske forbindelser utgjør ca. 10 til 30 % av det totale. Disse (f.eks. benzen, toluen) pleier å være mer vannløslige enn de alifatiske komponentene (Hauge, 1990; Nyer & Skladany, 1989).

3. FORMÅL OG STRATEGI

Formålet med de gjennomførte undersøkelsene er å besvare de spørsmål og å imøtekomme de krav som er gitt i pålegg til FBT/HR fra SFT. Pålegget omfatter følgende punkter:

- Etablering av sikring av grunnvannet i området ved pumpe- og observasjonsbrønner.
- Avklare forurensningens utbredelse
- Avklare forurensningens aktuelle og potensielle spredningsvei samt transporthastighet i grunnvann
- Framlegge forslag til alternative tiltaksløsninger.

For å besvare disse spørsmålene ble følgende strategi valgt:

- 1) Etablering av en pumpebrønn for å kontrollere grunnvannsstrømningen og derigjennom hindre forurensningsspredning.
- 2) Etablering av fire 5/4" og tre 2" observasjonsrør for å overvåke grunnvannsnivået. De tre største rør kan eventuelt benyttes til videre pumping av grunnvann, om dette blir nødvendig i fremtiden.
- 3) Prøvetakingsboringer for uttak av masseprøver for analysering.
- 4) Prøvetaking av vannet fra pumpebrønnen for analysering.

Metodikken bygger i det vesentlige på den som ble brukt, med vellykket utfall, i Trandum-undersøkelsen (Storrø, 1991).

4. BESKRIVELSE AV LOKALITETEN

Oversiktskart for Gardermoen/Sessvollmoen-området er gitt i tegning 2. Sessvollmoen militærleir ligger litt mot nord-øst for den sentrale delen av Gardermoen-sletta, i Ullensaker kommune. I hydrogeologisk sammensetning betegnes området ofte som "Øvre Romerike grunnvannsmagasin". Dette er et selvmatende grunnvannsfelt som i hovedsak drenerer mot Hersjøen og Risa-elva. Risa-elva ligger ca. 1 km ØSØ fra lekkasjestedet. Uttrykket "selvmatende" innebærer at grunnvannsnydannelse i hovedsak skjer ved direkte infiltrasjon av nedbør og smeltevann, og ikke ved infiltrasjon fra sjøer og vassdrag. Transport av forurensning vil dermed skje først ved infiltrasjon gjennom den umettede sonen og deretter ved grunnvannsstrømning i den mettede sone. Romerike-akviferens hydrauliske og hydrokjemiske egenskaper er forholdsvis godt kjent, og er beskrevet i henholdsvis Jørgensen & Østmo (1990) & Jørgensen et al (1991). Østmo (1976) har også utarbeidet et hydrogeologisk kart over akviferen. Et utsnitt av dette vises i Tegning 4.

Grunnvannet i Øvre Romerikes avsetninger er ansett som en viktig naturressurs (drikkevann) som bør vernes for fremtidig utnyttelse. Forurensningsmyndighetene og geofaglige institusjoner har derfor i den senere tid i særlig grad fokusert på "potensielt forurensende aktivitet" i dette området. Det bør likevel i denne forbindelse nevnes at alle deler av Romerike-"akviferen" ikke er like egnet til uttak av grunnvann. For eksempel, er avsetningene ved Trandum benyttet til aktuelt grunnvannsuttak. I motsetning har Sessvollmoens avsetninger tidligere blitt betraktet som

for finkornige for praktisk uttak av grunnvann. Denne antagelsen synes å måtte revideres noe utfra de data som foreligger i denne undersøkelsen.

En karttegning av lekkasjeområdet er vist i Tegning 3. Fyringshuset er etablert i bygning 14. Det finnes også andre aktiviteter i Sessvollmoen-området som kan ha ført til forurensning av grunnvannet. Noen av disse fremgår av Morland et al (1990). Her kan det særlig nevnes Østli avfallsfylling (id. nr. 0235 014) som inneholder bilvrak, olje, bilbatterier osv. og det tekniske verkstedet på Sessvollmoen (id. nr. 0235 025) hvor det er mistanke om spill av oljeprodukter til grunnen (Tegning 2). I tillegg er det en plass for vasking og rengjøring av biler omtrent 20 m fra bygning 14 på Sessvold. Dette kan heller ikke utelukkes som mulig forurensningskilde. Militær og sivil flyplass, samt en rekke andre militære og sivile aktiviteter, må også betegnes som "potensielt forurensende".

5. FELTARBEID; METODER OG ANALYSER

5.1 Boring og prøvetaking

Beliggenhet av alle prøvetakingspunkter og brønnetableringer er vist i Tegning 3.

Pumpebrønnen ble boret mellom den 17. og 19. desember 1990 av firma Brødre Myhre, ved ODEX metoden. Brønnens utforming er vist i Tegning 6. Dens totale dyp er 24m. Prøvene ble tatt med intervaller på mellom 1 og 2 meter, ved bruk av egnete prøvetakingsrør. Det ble overhodet ikke benyttet

spylevann under boringene, og soyaolje ble benyttet for smøring av senkborhammer.

5/4" observasjonsrør (nr. 1 - 4) ble satt ned av NGUs Borro lett belterigg mellom den 21. desember 1990 og den 8. januar 1991, for å overvåke grunnvannspeilet. Det ble ikke tatt jordprøver under disse boringene. Alle observasjonsrør ble grundig sandblåst før installasjon for å fjerne potensielt kontaminerende stoffer.

De øvrige hull (nr. 5 - 10) ble prøvetatt med intervaller på 4 m. De ble alle boret av NGUs Borro belterigg mellom den 19. og den 21. mars 1991. Det ble benyttet en gjennomstrømningsprøvetaker med mål som angitt i Tegning 5. Prinsippet for denne er at materialet strømmer tilnærmet fritt gjennom prøvetakeren under neddriving. Materiale fra det dyp hvor neddrivingen stanses forblir i prøvetakeren. Det er kun benyttet slag og tildels rotasjon (ikke spyling med luft eller vann) under denne prøvetakingen. Vegetabilsk olje ble benyttet der smøring av deler var nødvendig. I hull nr. 5 og 6 er det også installert 2" observasjonsrør etter prøvetaking.

Observasjonsrør 1 - 6 ble satt ned til et dyp på 20m (dvs like under grunnvannspeilet i finkornige lag). Prøvene fra pumpebrønnen og hydraulisk testing tydet på at det eksisterer et annet, mer grovkornig lag under ca. 20-21 m, som pumpebrønnen trekker mye av sitt vann fra. Det ble derfor bestemt å installere et ekstra observasjonsrør nr. 11 til 26,5 m i dette grove laget. Dette ble gjort av NGUs Borro rigg den 23.4.91. Hullet ble ikke prøvetatt. På samme dato ble observasjonsrør 4 installert til et dypere nivå, på grunn av tetting med finstoff. Fordi dette førte til et forskjellig rørtoppnivå, har de blitt kalt henholdsvis 4a og 4b (Vedlegg

3).

Sedimentprøvene fra pumpebrønnen ble samlet i polyetylen-lynlåposer. Prøvene fra de øvrige prøvetakingshullene ble samlet i glass-flasker med gummi-pakning på lokk. Glass vurderes som bedre egnet til innsamling av oljeholdige prøver enn plast (Kjeldsen et al, 1989).

Vannprøvene som senere ble analysert for total karbon (TC), "non-purgeable" (dvs. ikke flyktig) karbon (NPC) og total hydrokarbon innhold (THC), ble innsamlet i 1 liters glass-flasker. Vannprøver for uorganiske analyser ble innsamlet i mindre polyetelen- flasker.

Alle prøver ble brakt til kjølerommet på NGU (5°C), og analysert så snart som mulig etter innsamling. Totalt ble det samlet inn 44 sedimentprøver og 6 vannprøver.

5.2 Analyser

Analyse av mineraloljeinnhold i jordprøver er utført v.h.a. gass-kromatografi (GC) hos IKU i Trondheim. Sluttresultat m.h.t. kvantifisering av oljeinnhold i jordprøver er gitt i vedlegg 6 og appendiks 4 & 5.

Grunnvannsprøver er tatt ut fra pumpebrønnene (PB) v.h.a. konvensjonelt senkpumpeutstyr. Analyse av mineraloljeinnhold i grunnvannprøver er utført v.h.a. gass-kromatografi (GC) samt TC- og NPC-analyser. Analyseresultatene er presentert i vedlegg 7 og appendiks 3 & 5.

Grunnvannsprøver er også analysert m.h.t. uorganisk kjemisk sammensetning. NGUs standard prosedyrer for bestemmelse av kationer (plasma-spektrometri)

og anioner (ionekromatografi) i vann er benyttet. Resultatene er gitt i vedlegg 8. Prøvene for kation-analysering ble filtrert og surgjort med saltpetersyre før analysering. Dette er standard prosedyre for å hindre utfelling og adsorbering av kationer i prøveflasken.

6. Resultater og Vurderinger

6.1 Løsmasseforhold

Det ble utført kornfordelingsvurderinger for samtlige prøver fra hull nr. 6 og på enkelte andre masseprøver (Vedlegg 4). Visuelle vurderinger av prøvene gir inntrykk av at de undersøkte massene stort sett er finsand og silt over grunnvannspeilet. På ca. 8 m dyp i flere av hullene kan det sees relativt godt-sorterte masser med middels-sand kornstørrelse. Dette tyder på et mer eller mindre kontinuerlig lag av grovere sand, ca. 4 m tykt, i finsand/silt-avsetningen. I pumpebrønnen ble det funnet et annet slikt lag på ca. 15 m. Under grunnvannspeilet finner en finkornige masser (finsand/silt) ned til ca. 20 m, men i pumpebrønnen ble det funnet mer grovkornige masser igjen under 20 m's nivået. Akviferen er derfor lagdelt, med et (antakelig) mindre permeabelt lag som overligger et mer permeabelt lag. Dette støttes av de utførte hydrauliske undersøkelsene. Sedimenttypen under 24 m er ukjent, heller ikke akviferens totale mektighet. Alle obsevasjonsrør, untatt nr. 11, måler hydrauliske forhold i det finkornige lag. En vurdering av kornstørrelses-resultatene, og deres stratigrafisk tolkning gis i Tegninger 7 og 8 og i Vedlegg 2 og 4.

Ved veiling og tørking av masseprøvene fra hull nr.8, er vanninnhold i

umettet sonen funnet å ligge i området 5 - 16 vekt% Om man antar et romvekt på 1700 Kg/m^3 , svarer dette til 9 - 28 volum% (Vedlegg 4e).

6.2 Hydrogeologi

Under boring av pumpebrønnen ble grunnvannstanden truffet på ca. 16.5 m dyp under brønn-topp. Pumping ble umiddelbart satt i gang; derfor ble grunnvannsnivået i observasjonsrørene under naturlige forhold ikke registrert. Det antatte (Østmo, 1976) grunnvannpeilet er vist i Tegning 4. Dette er basert på en tolkning fra relativt få datapunkter (det nærmeste ligger ca. 500 m fra bygning 14). Grunnvannskart som er basert på målinger i dette prosjektet, er vist i Tegning 9a,b, 10 & 11c. Grunnvannstanden (ca. 180 - 181 m.o.h.) og gradienten (ca. 1,1 - 1,2%) samsvarer godt med Østmos (1976) kart. Grunnvann-strømningsretning ser likevel ut til å være mot SSØ, (sammenlignet med en ØSØ retning på Østmos kart).

For å få en noe bedre oversikt over akviferens hydrauliske egenskaper, ble det utført en kort "recovery" test den 11.4.91. Analysen av resultatene fra denne testen er omtalt nærmere i Appendiks 1.

Til tross for de grove beregningsmetodene som måtte benyttes til analysering av resultatene, ser den kalkulerede transmissivitets-(T)-verdien ut til å være av størrelsesorden $100 \text{ m}^2/\text{d}$. Dette er en ganske høy verdi, men det bør legges merke til at prøvene fra under ca. 20 m viste forholdsvis sandige masser. Hvis man antar at mektigheten (D) av akviferen er av størrelsesorden flere titalls metre, gir T-verdien en permeabilitet (k) på noen få m/d (fra $k = T/D$). Dette må likevel ansees som en slags

"gjennomsnittlig" permeabilitet for en lagdelt akvifer (hvor k-verdier i finere lag er lavere, og i grovere lag er større, enn gjennomsnittet). Dette støttes ved at observasjonsrør nr.11 (i det grove laget) gir en forholdsvis stor og rask reaksjon på recovery-testen den 23.april, mens nr.1 (i det fine laget) har en veldig liten response.

En k-verdi på noen få m/d svarer ganske bra til den oppgitte permeabiliteten for finsand i Todd (1980) på 2,5 m/d ($3 \cdot 10^{-5}$ m/s). Det svarer også bra mot Jørgensen & Østmos (1990) sine tall for permeabiliteten i Romerike-akviferen; dvs. 5 m/d ($6 \cdot 10^{-5}$ m/s) for forholdsvis grov sand, 0.06 m/d ($7 \cdot 10^{-7}$ m/s) for silt.

Hvis det ikke foregikk pumping ved bygning 14, ville grunnvannet (med sitt innhold av vannløslige kjemikalier) strømme mot SSØ med en hastighet gitt av:

$$V = \frac{k * i}{P}$$

where k = permeabiliteten

i = grunnvannsgradienten

P = effektiv-porositeten

Hvis vi derfor bruker k = 5 m/d ($6 \cdot 10^{-5}$ m/s); i = 0.011 og P = 0.36 (Jørgensen & Østmo, 1990), får vi en strømningshastighet på 0.15 m/d. Dette må sees som en maksimal verdi for spredningshastigheten for forurensende stoffer i forholdsvis grovkornige lag. I realiteten vil en stor del av eventuelle oljeforurensning havne i de øverste delene av den mettede sonen, dvs i det finkornig lag. Benytter man k = 0.1 m/d ($1.2 \cdot 10^{-6}$ m/s), får man en strømningshastighet på 0.003 m/d. Man må også huske at organiske

forbindelser vil adsorberes på avsetningens organiske innhold. Dette holder tilbake vannløslige forurensningsstoffer, og reduserer spredningshastigheten.

Det antas at vann fra det finkornige laget også beveger seg ned mot det grovkornige laget (dvs en viss vertikal gradient i det fine laget) under pumping, men datamaskinebasert modellering kreves for noe mer omfattende avklaring av det hydrogeologiske forhold mellom lagene.

Resultatene fra recovery-testen, sammen med grunnvannskotekartene, viser at pumpebrønnen har lite effekt i observasjonsrørene som ligger mer enn 5m borte ved pumpestrate på 1800 l/time. Under recovery-testen, synes det at vannstanden i observasjonsrørene (spesielt nr. 1) ikke nådde deres "naturlig" nivået, på grunn av testens korte varighet. Utifra kotekartene (Tegning 10, 11c), kan man forutsette at det naturlige nivået ved pumpebrønnen den 8.4.91 var ca. 180.32 moh. Dette betyr at pumpingen senker vannnivået omkring 29 cm i rør nr. 1 (1 m borte fra pumpebrønnen) til 180.03 moh. Total senkning ved nr. 6 (5 m borte) vurderes som 5 cm. I rør nr. 3 & 5 ble det observert en stigning på 1 cm under recovery-testen. Dette kan skyldes naturlige variasjoner i grunnvannspeilet, men fordi været under testen var tørt, ansees dette som en reelle effekt. På denne måten kan man konstruere senkningskonen omkring pumpebrønnen. Hvis man legger dette til den naturlige gradienten under Sessvollmoen (Tegning 11a), kan man kalkulere grunnvannspeilet som resulterer (Tegning 11b). Det kan sees fra Tegning 11b at området som brønnen trekker vann inn fra, ikke er det samme som senkningskonens område. **Selv om et punkt ligger innenfor influens-området til en brønn er ikke dette ensebytende med at vannet fra dette punktet fanges inn mot brønnen.** På tegning 11b er det området som man

kan si er brønnens "innstrømningsområde" skissert. Forurensning som når grunnvannspeilet utenfor dette området ikke vil fanges opp av brønnen. Hvis man tegner dette området på kartet (Tegning 11d) vil man oppdage at dette innstrømningsområdet dekker mesteparten av tankområdet, men ikke fyrhuset eller ledningene like ved fyrhuset. Når olje siger ned mot grunnvannspeilet fra en forurensningskilde, vil den også spredes utover i en horisontal retning (Tegning 12). Jo mer fornkornige massene i umettete sone er, desto større er denne effekten. Til tross for at en forurensningskilde ligger direkte over innstrømningsområdet til en pumpebrønn, kan derfor en betydelig del av oljen likevel nå grunnvannspeilet utenfor dette området.

Appendiks 2 viser at det beregnede innstrømningsområdet er konsistent med resultatene fra prøvepumping. Utfra dette må man si at det nåværende oppsamlingsområdet ikke er stort nok til å beskytte akviferen mot spredning av forurensning. Det derfor anbefales at :

- i) pumpen settes på et lavere nivå i den eksisterende brønnen, og pumpes med høyere rate.
- ii) en ny brønn bores slik at innstrømningsområdet gir en bedre dekning av lekkasje-området.

Dette diskuteres nærmere i avsnittet "forslag til tiltak".

Det er ikke foretatt undersøkelser for beregning av strømningshastighet i umettet sone. Jørgensen & Østmo (1990) rapporterer filterhastigheter opp mot 0,2 m/d under snøsmelting i ganske grovkornige masser.

6.3 Resultater fra analyse av jordprøver

I Norge er det ikke fremlagt retningslinjer for hvilke konsentrasjoner av mineralolje som kan aksepteres i jord. Nederlandske retningslinjer har vært benyttet i en del sammenhenger og disse er i korte trekk som følger;

A-verdi = 100 mg mineralolje/ kg jordprøve. Konsentrasjoner som er lavere enn A-verdien betraktes som "bakgrunnsverdier" i dette systemet (dvs. jord kan av naturlige årsaker ha "mineralolje"-innhold opp mot A-verdi).

B-verdi = 1000 mg mineralolje / kg jordprøve. Retningslinjene anbefaler at mere detaljert kartlegging av forurensningens omfang gjennomføres dersom konsentrasjoner overskrider B-verdien.

C-verdi = 5000 mg mineralolje / kg jordprøve. Ved konsentrasjoner høyere enn C-verdien anbefales iverksetting av opprensningstiltak.

Det Nederlandske ABC-systemet er ikke utformet som bastante grenseverdier, men heller som en veiledning som kan benyttes sammen med en vurdering av forurensningens konflikt med omkringliggende brukerinteresser.

Olje fra en oljelekkasje siger stadig videre ned i den umettede sonen med tid pga gravitasjonskrefter. Noe holdes likevel tilbake i avsetningens porerom og adsorberes til jordpartikler. Denne effekten heter **retensjonskapasiteten**. På grunn av dispersjon og hårrørs-effekten vil oljen også sprede seg i en horisontal retning, mens den siger ned. Jo mer finkornige sedimentene er, desto større er retensjons-kapasiteten, og desto større vil den horisontale spredningen av oljen være (Tegning 12 - etter Concawe,

1979). I tillegg vil en del av oljen (særlig de lettere komponentene) avdampe og nedbrytes av mikroorganismer. På grunn av alle disse effektene vil oljekonsentrasjonen avta med dypet i den umettede sonen.

Tverrsnitt som viser innhold av mineralolje (målt ved GC metoder som total hydrokarbon innhold - THC) er gitt i vedlegg 6, og tegninger 13 og 14. Undersøkelser av analysemetoden hos IKU ved bruk av kontroll-prøver (Johnsen, 1991 - Appendiks 4) har vist at omkring 90 % av oljeinnholdet i prøvene blir utvunnet under ekstraksjon. Derfor bør de oppgitte analyseresultatene multipliseres med 1,11 for å gi det "virkelige" oljeinnholdet i prøven.

Det er valgt å definere kjerneområdet for forurensning som; den del av jordmassene hvor innholdet av mineralolje i jordprøver er større enn 1000 mg/l (Nederlandsk B-verdi).

I pumpebrønnen, som ligger ca. 6 m fra lekkasjestedet, ble det ikke funnet noe sporbar oljeforurensning i prøven fra 3m dyp. (Maksimalene i kromatogrammen fra 3m, som ligger mellom tid = 10 og 14 minutter, er naturlige oljer/alkaner.) I prøven fra 4,5 m er det funnet et meget høyt oljeinnhold på 14 g/kg. Det antas derfor at oljen har spredd seg mye i horisontal retning mellom 3 og 4,5 m dyp. Det bemerkes at omkring 4,5 m ble det funnet et lag av veldig finkornig siltig/leirig masse. Oljen har muligens spredd seg oppå og inne i dette laget (se Tegninger 6,7 & 8). Oljeinnholdet i prøvene fra pumpebrønnen avtar deretter med dypet. Under ca. 7 m er oljeinnholdet mindre enn C-verdien, under ca. 11m er innholdet mindre enn B-verdien, og under ca. 13 m er det under A-verdien. Mellom 13,5m og grunnvannspeillet på ca. 16,5 m er det også en minkende tendense.

Dette tyder på at det muligens også i nivå 13-16 m finnes spor av olje som følge av denne eller tidligere lekkasjer. Den virkelige, naturlige bakgrunnsverdien er trolig betydelig lavere enn A-verdi, som ble påvist i prøven fra 3 m dyp. Under grunnvannspeilet er oljeinnholdet i massene noe fluktuerende, men mindre enn A-verdien. Under boring ble det bare benyttet luft for fjerning av borekaks. Det ble benyttet vegetabilsk olje som smøreolje. Det kan likevel ikke utelukkes at små mengder mineralisk smøreolje (f.eks. fra trykkluften) kan ha kontaminert prøvene. Dette ansees likevel som en ubetydelig feilkilde.

Vegetabilsk smøreolje skal ikke påvirke analyseresultatene på grunn av at det ble benyttet en ekstraksjonsmetode som i hovedsak trekker ut ikke-polare forbindelser (f.eks. de fleste alkaner og aromater i mineralolje) og ikke polare vegetabiliske oljer. Lagring av prøver i plast-poser kan tilføre en eller to lett gjenkjennbare maksimaler til kromatogrammer. Disse ble ikke funnet, altså var det ikke synlig påvirkning fra plasten.

I masser fra de øvrige prøvetakingshullene, ble det funnet høye oljekonsentrasjoner kun i hull 7, og i hull 5 ved 8 m. I hull 7 er det 13000 mg/Kg ved 4 m dyp, men dette avtar raskt med dyp slik at ved 8 m er det kun 709 mg/Kg. Ved 12 m er oljeinnholdet i massene meget lavt. I hull 5 ved 8 m er det ca. 2400 mg/Kg olje. Med bakgrunn i tegning 13 finner en det ikke sannsynlig at oljen som er påvist i hull 5 har noen sammenheng med lekkasje fra oljetankene ved fyrhuset. De øvrige prøvene fra prøvetakingshullene viser oljeinnhold under A-verdien.

GC-analysene av jordprøver gir et godt grunnlag for en kvalitativ vurdering av hydrokarbonene i de ulike deler av forurensningsområdet. Tegning 15

(etter Storrø, 1991) viser 4 typer kromatogrammer som kan fremkomme av analysene. Toppene i kromatogrammene viser innholdet av n-alkaner med ulike antall karbonatomer i molekylene. En n-alkan med f.eks 12 karbonatomer betegnes C₁₂. Type 1 er en forholdsvis fersk olje, med et betydelig innhold av de lettere komponentene (ned til C₁₀). Maksimum-verdien finnes her ved C₁₄. Type 2 viser en avdampet prøve, hvor de lettere, mer flyktige, komponentene har forsvunnet (maksimum-verdien finnes her ved C₁₇). Type 3 viser et kromatogram som ansees som typisk for en naturlig uforurenset jordprøve. Type 4 representerer enten en kraftig forvitret/nedbrutt og avdampet olje, eller kontaminasjon på grunn av smøreolje. Biologisk nedbryting resulterer i at lettere komponenter forsvinner (omdannes til eventuelt CO₂ og vann), og i tillegg at det dannes noen tyngere restkomponenter (Ståle Johnsen, 1991, pers. henv.). Maksimum-verdien i type 4 ligger ved C₂₇. Kort sagt kan man si at med økt grad av avdamping / nedbryting, flyttes maksimum-verdien til høyre på kromatogrammet.

I pumpebrønnen tilsvareer kromatogrammet fra 3 m, type 3 i tegning 15 (dvs naturlig bakgrunn). Prøven fra 4,5 m viser et mønster som ligner på type 1 (dvs ganske fersk olje), med maksimum-verdien ved C₁₃. Ned mot grunnvannspeilet blir oljemengder (dvs området under kromatogrammen) stadig mindre. Maksimum-verdien flytter også mot høyre (dvs oljen blir stadig mer avdampet) og på 16,5 m blir maksimum-verdien omkring C₁₅ eller C₁₆. Oljen må likevel ansees som ganske fersk i hele den umettede sonen. Ved 16,5 m kan man se en komponent av type 3 kurven, omkring tid = 12 min. Dette kan skyldes nedbryting, eller spor av smøreolje, ellers kan det være naturlig bakgrunn. Under grunnvannspeilet er kurven mellom type 1 og 2, med maksimum-verdien ved C₁₅ eller C₁₆. Ved 22,5 m og 24 m finnes det i tillegg komponenter med maksimum-verdi ved tid 10,5 - 11 min. Dette ser ikke ut som

naturlig bakgrunn (sammenlign med kromatogrammen for 3 m dyp). Dette kan skyldes:

- i) kontaminasjon med smøreolje fra boreriggen (usannsynlig siden dette ikke er påvist i prøver høyere oppe i borhullet).
- ii) forvitring/biodegradering av oljen
- iii) olje (smøreolje/spillolje ?) som er transportert i grunnvannet fra en annen forurensningskilde.

Kromatogramtypene for de øvrige prøvetakingshullene vises i Tegninger 16 og 17.

Utfra resultatene fra pumpebrønnen ser det ut som små konsentrasjoner av oljeforurensning har nådd grunnvannspeilet. Om dette skyldes "hoved"lekkasjen (nov.- des. 1990), eller tidligere, mindre kontinuerlig utsig av olje, er ikke kjent.

Forurensningens utbredelse vurderes i Tegninger 18, 19 & 20. Det er vanskelig å beregne den forurensede jordas volum fordi pumpebrønnen ser ut til å ligge i kantet av det forurensede området. I områdets senter er det sannsynligvis en større mektighet av forurenset jord. For en vurdering av volumet av det forurensede kjerneområdet (over B-verdi) er det tatt utgangspunkt i en dobbel kon med maks. høyde 16 m (11 m C-verdi), og radius 6 m (5,5 m C-verdi). Dette gir 348 m^3 masser som er forurenset til over C-verdien, og 603 m^3 forurenset til over B-verdien. Antar man et utslipp på 10 m^3 , romvekt på 1700 Kg/m^3 , og oljedensitet på 850 Kg/m^3 (Vedlegg 1), gir

dette en gjennomsnittlig konsentrasjon på 16.6 l/m^3 eller 8 g/Kg tørr masse i kjerneområdet. Hvis porøsiteten er ca. 0.36, svarer oljen til 4,6 % metningsgrad.

Concawe (1976) og Testa & Paczkowski (1989) oppgir mellom $40 - 80 \text{ l/m}^3$ som retensjons-kapasitet for fyringsolje i umettet finsand og silt. Testa & Paczkowski (1989) rapporterer at API oppgir et retensjonsinnhold på 15% av porerommet for lett fyringsolje i en typisk jord. I følge begge metoder ligger den gjennomsnittlige metningsgraden ved Sessvoll lavere enn teoretiske retensjonskapasiteten. Dette kan skyldes at en del av det forurensede volumet består av middels sand (med mindre retensjonskapasitet), at man har overvurdert kjerneområdets volum, eller at mindre enn 10 m^3 olje ble sluppet ut. Det forventes derfor ikke at hovedkroppen av oljen skal sige videre ned i grunnen. Derfor er det lite fare for at det dannes en linse av olje på grunnvannspeilet. Det største problemet er sannsynligvis utvasking av vannløslige komponenter fra oljekroppen.

6.4 Resultater fra analyse av vannprøver

Det bemerkes at det har hittil ikke vært påvist smak eller lukt på vannet som pumpes ut fra pumpebrønnen. Det har heller ikke blitt observert noen oljefilm i oljeavskilleren (bortsatt fra et isolert tilfelle der det syntes å være en veldig tynn film den 8. mars 1991).

Resultater fra analyse av mineralolje i grunnvannsprøvene er gitt i vedlegg 7. Prøvene er analysert både med hensyn på totalt hydrokarboninnhold (THC) vha. gasskromatografi, og med hensyn på totalt organisk karbon (TOC) med oksydering vha. O_2/UV -bestråling. Ved TOC-analysen ble det analysert både

på uluftet prøve (dvs. TC) og prøve luftet med nitrogengass (dette gjøres for å ta bort oppløst CO_2 og HCO_3^-). Slik lufting tar også bort de mer flyktige komponenter (bl.a. lettolje komponenter) slik at bare de tyngre organiske komponentene finnes igjen. Resultaten fra luftete prøver er derfor et uttrykk for NPC.

Den første prøven (10.01.91) viste et overraskende høyt innhold av hydrokarboner; 2,4 mg/l (Nederlandske verdier for grunnvann; A = 0,02; B = 0,2; C = 0,6 mg/l). Innholdet ligger altså over den nederlandske C-verdien. Likevel er det ingen klar oljefase påvist i prøven fra den 10.1.91; hydrokarboninnholdet skyldes hovedsakelig den vannløslige delen av en oljefraksjon (Johnsen & Thorvaldsen, 1991 in Storrø, 1991 - Appendiks 3). Senere prøver har påvist langt lavere innhold av hydrokarboner; 0,08 mg/l (8.3.91) & 0,06 mg/l (21.3.91). Denne variasjonen kan muligens være reelle, men kan også skyldes andre årsaker:

i) at det under boring ble noen kontaminasjon av grunnvannet med olje fra f.eks. innfall av masser fra et høyere nivå. Dette kan ha påvirket den første grunnvannsprøven (10.1.91)

ii) det bemerkes at grunnvannsnivået ikke alltid er i flukt med pumpeivået. Det har blitt observert at grunnvannstand under pumping kan bevege seg opp og ned et par meter, på grunn av pumpens hydrauliske egenskaper. Oljeinnholdet i prøven kan muligens avhenge av vannnivået under prøvetaking.

Det ansees at forklaring i) er den mest sannsynlige forklaring av den første høye målingen, og derfor at de lavere verdiene (0,06 - 0,08 mg/l) er

mest pålitelige. Videre prøvetaking av grunnvannet er likevel nødvendig for å avklare dette.

Med hensyn til TOC-målinger, viser prøven fra den 10.01.90 19,6 mg/l før gassing (TC), og 7,3 mg/l etter gassing (NPC). En senere prøve (17.04.91) viser henholdsvis 19,0 & 1,3 mg/l (Vedlegg 7). SIFF grenseverdien for TOC i drikkevann ligger på 3 mg/l.

Det ansees som noe overraskende at det har ikke blitt observert smak eller lukt av olje på vannet fra Sessvollmoens pumpebrønn (heller ikke fra Trandum). Data fra SIFF sier at oljelukt/smak kan registreres ved et oljeinnhold ned mot 0,001 mg/l. En mulig forklaring, foreslått av Storror (1991), er at de lettere, lukt/smak tilførende, komponentene er tilnærmet fullstendig avdampet i umettet sone og dermed ikke er tilstede i grunnvannet.

Uorganiske analyseresultater viser et noe mindre ioneinnhold i prøver fra Sessvold enn prøver fra Trandum og Transjøen (vedlegg 8). Den kjemiske sammensetning er likevel samsvarende, bortsett fra et lavt innhold av kalium. Fra et uorganisk synspunkt er grunnvannskvaliteten meget bra. Ingen parametre overstiger SIFF-grenseverdier. Det meget lave innholdet av jern og mangan, samt innholdet av nitrat, tyder på at vannet har et relativt høyt oksygen innhold. Dette, sammen med nitrat-innholdet, er fordelaktig når det gjelder nedbryting av oljen i grunnvannssonen.

6.5 Empiriske regler for vurdering av forurensningstilfeller

Etter et oljeutslipp siger oljen nedover i den umettete sonen ved hjelp av

gravitasjonskraften. Flere andre effekter motvirker denne nedtrengningen:

- i) tilbakeholdning i massenes porerom/ adsorpsjon på jordpartikler. Denne effekten (**retensjonskapasiteten**) blir større i mer finkornige sedimenter.
- ii) horisontal spredning pga dispersjon og hårrørseffekter. Denne effekten blir større i mer finkornige sedimenter.
- iii) avdamping av oljen
- iv) nedbrytelse av oljen

Concawe (1979) mener at det maksimale nedtrengningsdyp av en oljelekkasje bestemmes av **retensjonskapasiteten**. Concawe oppgir følgende retensjonskapasiteter for ulike sedimenter:

Stein, grov grus	$R = 6 \text{ l/m}^3$
Grus, grovsand	$R = 8 \text{ l/m}^3$
Grov - middels sand	$R = 15 \text{ l/m}^3$
Middels - finsand	$R = 25 \text{ l/m}^3$
Finsand - silt	$R = 40 \text{ l/m}^3$

Penetrasjonsdyp (D) kan kalkuleres fra følgende ligning:

$$D = \frac{1000 V}{A \cdot R \cdot k}$$

hvor V = volum av olje (m^3) = maks. 10 m^3

R = retensjonskapasitet = ca. 40 l/m^3 (finsand/silt)

A = areal av infiltrasjon på overflaten (m^2)

k = viskositetsfaktor (0,5 for bensin; 1,0 for kerosin, gassolje og

lignende; 2 for mere viskøse oljetyper - f.eks. lett fyringsolje),

A er vanskelig å vurdere for en punktlekkasje, men tar vi 10 m^2 , så blir $D = 12,5 \text{ m}$. Dette svarer ganske bra til grensen til kjerneområdet ($> 1 \text{ g/kg}$), i pumpebrønnen, men penetrasjons-dyp i det sentrale området kan være noe mer. Tommereglen avhenger veldig mye av hva som velges som infiltrasjonsarealet. Reglen antar også homogene grunnforhold. Det må også bemerkes at antagelsen om et permanent penetrasjons-dyp er noe forenklet. Til tross for at en stor del av oljen kan holdes tilbake i jorda i en lang periode, vil det alltid være noe utvasking av vannløslige komponenter og videre nedtrengning av noe olje. Dette vises klart i prøvene fra Sessvollmoen der det kan påvises et mindre, men reelt, oljeinnhold under kjerneområdet. Reglen kan derfor være brukbar for en grov vurdering, men den kan ikke avendes i stedet for aktuelle undersøkelser for å vurdere en forurensnings omfang.

7. OVERVÅKING OG BEREDSKAP

Det er utarbeidet en dagbok for overvåking av oljeforurensningen og senkningstrakten. Denne vises i Appendiks 6. Overvåkingen består i manuell kontroll av teknisk installasjoner og vannkvalitet (lukt, smak, oljefilm i oljeavskilleren), manuell måling av grunnvannsstand i observasjonsrørene, kontroll av ytelsen og vannstand i pumpebrønnen samt systematisk innsamling av vannprøver for analyse.

På grunn av de finkornige massene i den umettete sonen, vil videre utvasking av olje fra kjerneområdet foregå relativt sakte. Det ansees derfor som en forsvarlig overvåking at vannet analyseres regelmessig m.h.p. TOC (luftet + uluftet). Dette vil gi et rimelig bilde av eventuelle forandringer i olje-innholdet i grunnvannet. I startfasen analyseres TOC ukentlig, senere forslagsvis en gang per måned. Fordi TOC målinger kan påvirkes av andre faktorer enn olje-innhold anbefales det at vannprøver sendes for mer nøyaktig THC analysering hver tredje måned.

8. FORSLAG TIL TILTAK

Så snart som mulig må alle tanker og ledninger ved fyrhuset inspiseres for å avklare mulige lekkasjepunkter, for å og vurdere tilstanden av anlegget.

Når oljen siger ned i grunnen vil den eksistere i tre faser: i **gass-fase** som damp i den umettete sonens porerom; som **olje-fase** som holdes tilbake/adsorberes på jordpartikler i den umettete sonen, og som eventuelt

flyter på grunnvannspeilet; og som oppløst fase i grunnvann. Fordi det synes som om den umettete sonens retensjonskapasitet er stor nok til å hindre at oljefasen når ned til grunnvannspeilet og danne en linse, bør tiltak fokuseres på oljefasen i den umettete sonen og oppløste oljekomponenter i grunnvann.

Det har allerede blitt nevnt at det kan være andre forurensningskilder enn en akutt lekkasje ved bygning 14 som bidrar til olje-forurensning i den mettede sonens grunnvann. Det er derfor ikke riktig å foreslå omfattende tiltak mot grunnvannsforurensning før dens regionale omfang er avklart ved videre prøvetaking og undersøkelser. Det er likevel riktig å fortsette med hydraulisk avskjæring (pumping) av grunnvannet under bygning 14 i første rekke for å ta ut vannprøver for analyse, men også for at evt. forurensning i grunnvannet som skyldes lekkasjen, ikke forlater området.

Det finnes flere metoder som kan anvendes for å hindre spredning av forurensning og rengjøre grunnen. Hauge (1990) har vurdert flere av disse mulighetene i forbindelse med Trandum-lekkasjen. De samme metodene er vurdert i Appendiks 7 for Sessvoll-lekkasjen, og de oppgitte prisene bygger i hovedsak på Hauges rapport. De vurderte metodene er:

- 1) Isolering av kilden
- 2) Oppgraving av massene
 - a) ved massetak
 - b) ved sjakting
- 3) In-situ biorestaurering
- 4) In-situ luft-fjerning
- 5) Bruk av overflatekemikalier
- 6) Hydraulisk avgrensning med naturlig nedbryting

Kostnadene for de ulike tiltaksmetoden er vist i tabellen nedenfor;

Massetak (B-verdi med biofarming)	1,5 - 3.5 million
Massetak (C-verdi med biofarming)	0,6 - 1,4 million
Massetak (B-verdi uten biofarming)	0,3 - 0,5 million
Massetak (C-verdi uten biofarming)	185.000 - 235.000
Sjakting (B-verdi med biofarming)	2,1 - 2,5 million
Sjakting (C-verdi med biofarming)	1,3 - 1,8 million
Sjakting (B-verdi uten biofarming)	ca. 1,5 million
Sjakting (C-verdi uten biofarming)	1,0 - 1,1 million
Biorestaurering	980.000
Hydraulisk avskjæring (fordoblet rate)	108.000
Hydraulisk avskjæring (ny brønn)	170.000

På grunn av at oljeforurensningen er av begrenset omfang, at den ikke truer eksisterende grunnvannsressurser, og at det ikke er noe umiddelbart behov for fjerning av forurensningen, vurderes hydraulisk tiltak som den mest relevante metode. Metoden sikrer mot utbredt spredning av forurensningen i grunnvannet, og gir utfra et langtids-perspektiv en naturlig nedbryting av oljen uten behov for dyrt og estetisk uønskelig, oppgravingsarbeid.

Dersom en korttids rensning av avsetningen ansees som absolutt nødvendig er et forsøk med biorestaurering, eller fjerning av de mest forurensede massene å anbefale. Det må med biorestaurering aksepteres et behov for omfattende laboratorieundersøkelser, og en viss grad av usikkerhet når det gjelder utfall.

På grunn av at det finnes andre mulige forurensningskilder i nærheten av Bygning 14, som kan bidra til grunnvannsforurensningen og som er anbefalt undersøkt, kan det være riktig å vente med aktivt tiltak til etter at undersøkelser av disse andre lokaliteter eventuelt er blitt gjennomført. På denne måten kan det utarbeides en mer helhetlig løsning på problemet. Av denne grunn vil NGU anbefale at det kun opprettes hydraulisk avgrensning (med passiv nedbryting) på dette tidspunktet.

9. KONKLUSJON

Med hensyn til de 4 hovedpunkter som er gitt i pålegg fra SFT (kapittel 3), gis følgende konklusjoner.

Etablering av en pumpebrønn var gjennomført i samråd med SFT pr. 19.12.90. Pumping fra pumpebrønnen til oljeavskiller på 1800 l/t ble igangsatt, uten at lukt/smak av olje ble observert. Innstrømningsområdet til brønnen er ikke helt tilfredstillende i forhold til lekkasjens omfang. Etablering av et nett av permanente overvåkingsrør ble gjennomført pr. den 23.04.91 (obs.rør 1-6, 11).

Kvantitativ og kvalitativ fremstilling av oljeforurensningen er gitt i tegninger 13 - 20. I massene som ble tatt fra pumpebrønnen ble det funnet oljeinnhold på opp til 14 g/Kg. Det maksimale volum av jord som er forurenset over den nederlandske B-verdi er vurdert å være ca. 600 m³. Ca. 350 m³ kan være forurenset over C-verdien. Middelkonsentrasjonen i kjerneområdet (over B-verdien) synes å være ca. 8 g/Kg. Fordi oljeinnholdet er mindre enn jordas retensjonskapasitet, antas det å foregå lite videre

nedtregning av hovedkroppen av olje ned i grunnen. Det er likevel fare for at vannløslige forbindelser og mindre mengder av oljefasen vaskes ned mot grunnvannet. I pumpebrønnen finnes det spor av olje helt ned til grunnvannspeilet. Analyser av grunnvannsprøver tyder på et hydrokarboninnhold på ca. 0,06 - 0,08 mg/l. Denne verdien er mer enn den nederlandske A-verdien. Dette tyder på at det er en viss grad av forurensning i grunnvannet.

Akviferen er lagdelt, og naturlige strømningshastigheter i mettet sone er beregnet til mellom 0,3 cm/d (i finkornige lag) og 15 cm/d (i grovere lag).

Instruks og dagbok for overvåking av forurensningen oversendes til FBT/HR sammen med denne rapporten, og er her gitt i appendiks 6. Overvåkingen består i manuell kontroll av tekniske installasjoner og vannkvalitet, samt innsamling av vannprøver for analyse i laboratorium.

Fordi innstrømningsområdet til pumpebrønnen ikke ser tilfredstillende ut, anbefales det enten at pumperaten i brønnen økes til ca. 3600 l/t, eller at en ny brønn PB2 etableres SSØ for lekkasjestedet og pumpes på 1800 l/t.

Fordi avsetningen ikke er i bruk som grunnvannsforsyning, og fordi forurensningen kan kontrolleres ved pumping, ansees det ikke å være behov for aktivt rensningstiltak. Kontinuerlig pumping skal fange opp utvasking av forurensninger fra oljekroppen, og naturlig nedbryting skal eventuelt bryte ned oljekroppen i den umettete sonen. Dersom aktivt tiltak kreves, er biorestaurering eller oppgraving med sjakting de mest aktuelle tiltaksmetodene. Kostnadene avhenger mye av behandlingsmuligheter for oppgravd jord og indirekte kostnader forbundet med riving av deler av

fyrhuset.

Fordi det kan finnes andre kilder for oljeforurensning i grunnvannet ved Sessvollmoen-området, vil det være riktig å vente med aktivt tiltak inntil man har fått et mer helhetlig bilde av forurensende aktivitet i området.

LITTERATURREFERANSER.

CONCAWE (1979): Protection og groundwater from oil pollution - CONCAWE's
Special Task Force No. 11, CONCAWE, Den Haag, April 1979.

DRISCOLL, F.C. 1989: Groundwater and wells. Second edition, Johnson
filtration systems, St.Paul, Minnesota, 1089 ss.

HAUGE, A. 1990: Plan for rensing av oljeforurenset grunn på Trandum. Norges
geotekniske institutt, rapport 902542-01.

JOHNSEN, S. 1991: Analyse av hydrokarboner i jord. IKU - SINTEF gruppen,
Rapport Nr. 22.1885.34/01/91.

JOHNSEN S., & THORVALDSEN, B. 1991: Analyse av hydrokarboner og organisk
karbon i vannprøver. Rapport II. IKU - SINTEF gruppen, Rapport Nr.
22.1885.30/01/91.

JØRGENSEN, P. & ØSTMO, S.R. 1990: Hydrogeology in the Romerike area,
Southern Norway. Nor. geol. unders. Bull. 418, 19-26.

JØRGENSEN, P., STUANES, A. O. & ØSTMO, S.R. 1991: Aqueous geochemistry of
the Romerike area, Southern Norway. Nor. geol. unders. Bull. 420, in print.

KJELDSEN, P. med flere, 1989: Grundvandsprøvetagning og feltmåling.
Utredningsrapport U3, Lossepladsprosjektet, april 1989.

KRUSEMAN, G.P. & DE RIDDER, N.A. 1990: **Analysis and evaluation of pumping-test data**. 2. utgave, ILRI publication nr.47, International Institute for Land Reclamation and Improvement, Wageningen.

MORLAND, G., FOLKESTAD, B., HAUGE, A., KOLSTAD, P., & FORSBERG, C.F., 1990: **Kartlegging av spesialavfall i deponier og forurenset grunn i Akershus fylke**. Nor. geol. unders. rapport nr. 90.084.

MUTCH, R.D. 1989: **Aquifer restoration: basic principles**. Kurs - "Clean-up of waste-disposal sites", 13-15 nov. 1989, Centre for Professional Enhancement, Den Haag.

MUTCH, R.D. & CLARKE, J.H. 1989: **In-situ treatment of contaminated soil**. Kurs - "Clean-up of waste-disposal sites", 13-15 nov. 1989, Centre for Professional Enhancement, Den Haag.

NYER, E.K. & SKLADANY G.J. (1989): **Relating the physical and chemical properties of petroleum hydrocarbons to soil and aquifer remediation**. Groundwater Monitoring Review, Winter 1989, ss.54-60.

STORRØ, G. (1991): **Kartlegging av oljeforurenset grunn/grunnvann ved bygning 111, Trandum militærleir**. Nor.geol.unders. rapport 91.155

TESTA, S.M. & PACZKOWSKI, M.T. (1989): **Volume determination and recoverability of free hydrocarbon**. Groundwater Monitoring Review, Winter 1989, ss.120-128

TODD D.K. 1980: **Groundwater hydrology**. 2. utgave, John Wiley & Sons, 535

ss.

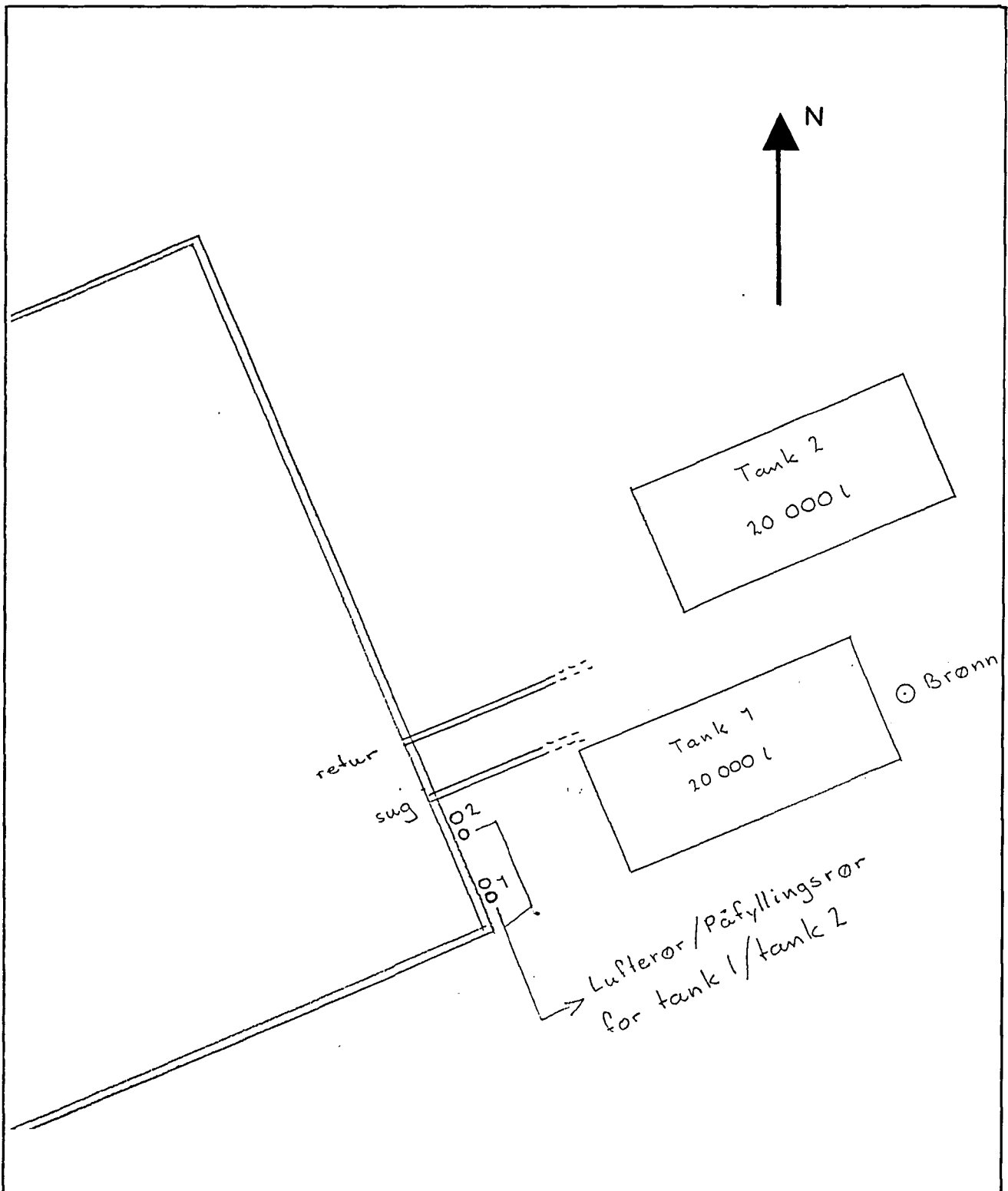
ØSTMO, S. R. 1976: **Hydrogeologisk kart over Øvre Romerike,**

M 1:20.000. Nor. geol. unders.

Tegninger

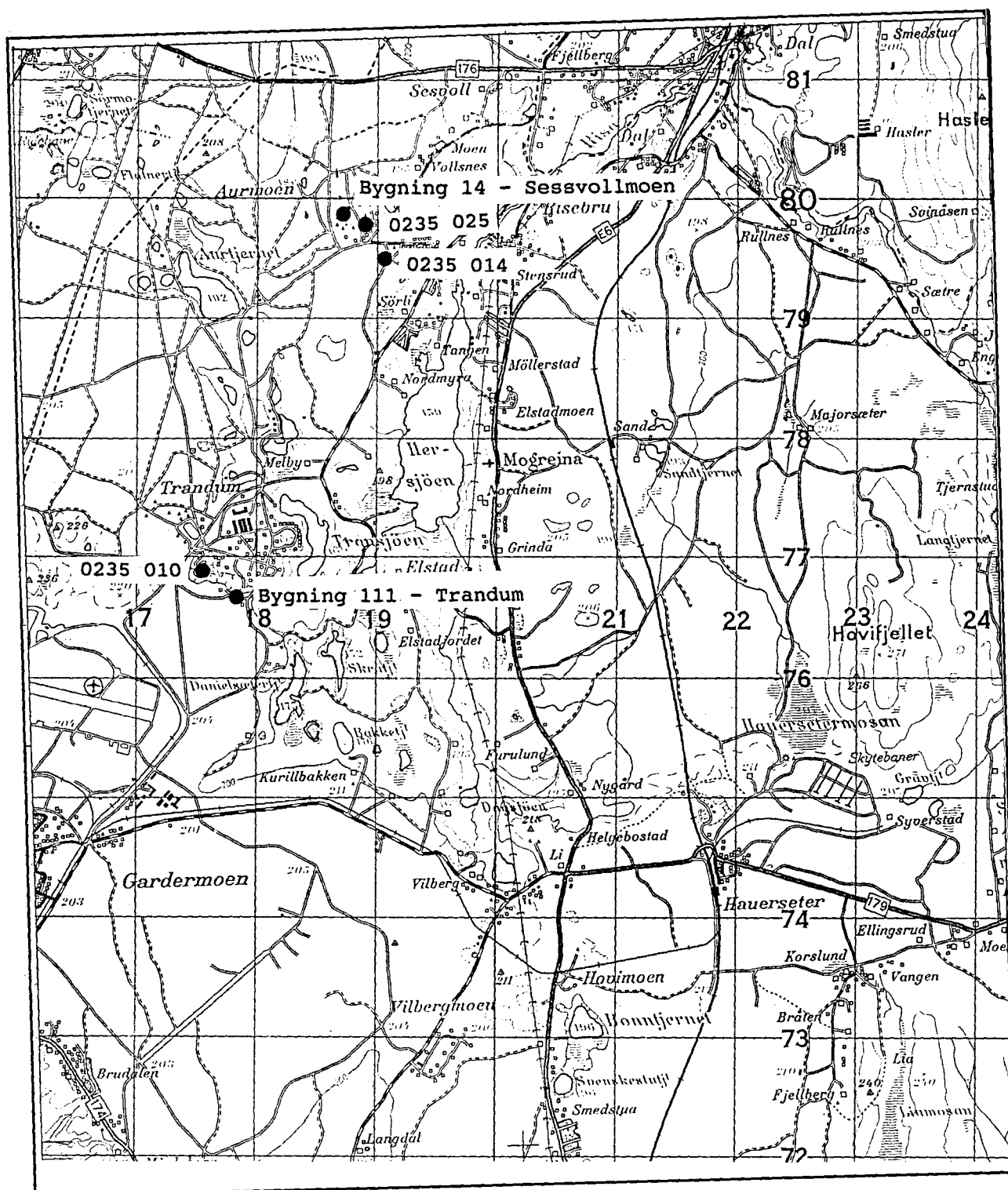
- 1: Skissekart over tankanleggetet, Sessvollmoen
- 2: 1:50.000 kart over Trandum/Sessvollmoen-området
- 3: Oversiktskart over fyrhusområdet, Sessvollmoen
- 4: Utsnitt fra Østmos (1976) hydrogeologiske kart
- 5: Skisse av gjennomstrømnings-prøvetaker
- 6: Utforming av pumpebrønnen
- 7,8: Vurdering av stratigrafi
- 9a,b: Grunnvannspeilet ved fyrhuset (21/3/91 & 23/4/91)
- 10: Antatt "naturlig" grunnvannspeil (11/4/91)
- 11a,b,c,d: Vurdering av innstrømningsområdet til pumpebrønnen
- 12: Spredning av olje i grunnen
- 13,14: Oljeinnhold i masseprøver fra Sessvollmoen
- 15: Fire hovedtyper av kromatogrammer
- 16,17: Kvalitativ vurdering av olje i jordprøver fra Sessvollmoen
- 18,19,20: Omfang av forurenset jord ved Sessvollmoen

Tegning 1 - 1:100 skisse av tankanlegg ved fyrhuset, Sessvollmoen



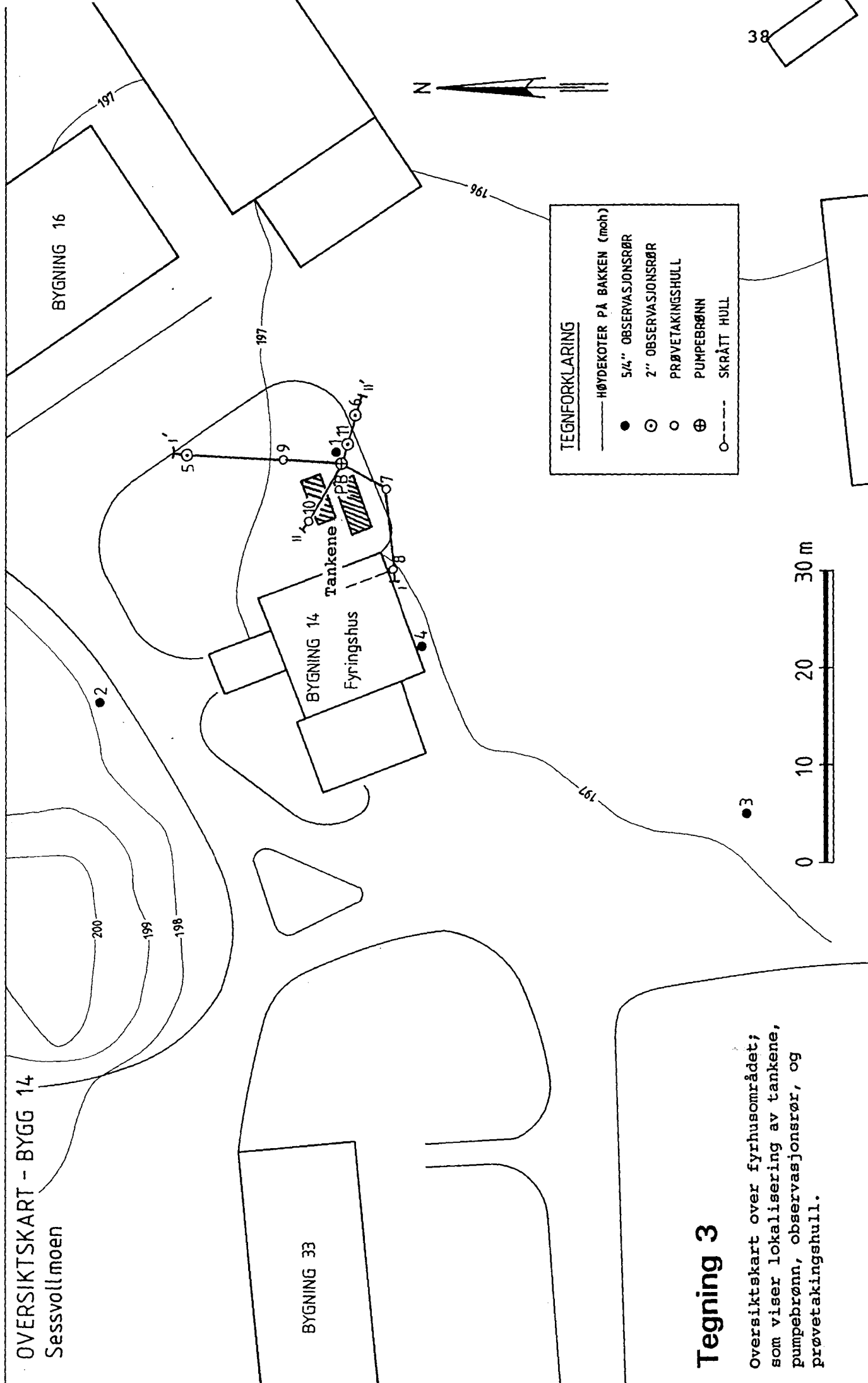
Tegnet 9/4/91 av V.Østaas (Forsvaret). Plassering av tanker/ledninger er noe usikker.

Tegning 2 – 1:50000 kart; Trandum / Sessvollmoen området



Referansenummer viser til lokaliteter som er registrert i Morland et al, 1990

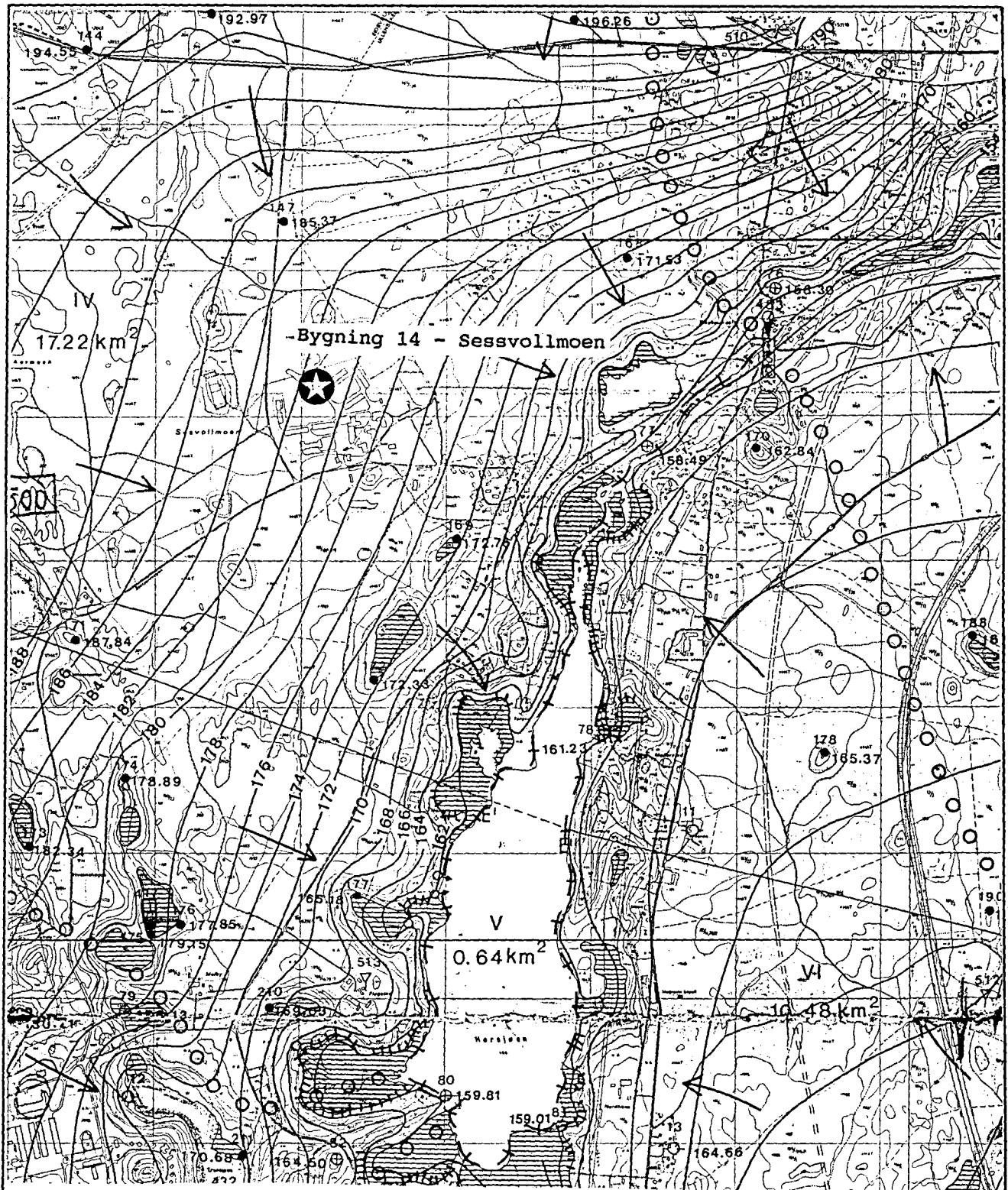
OVERSIKTSKART - BYGG 14
Sessvollmoen



Tegning 3

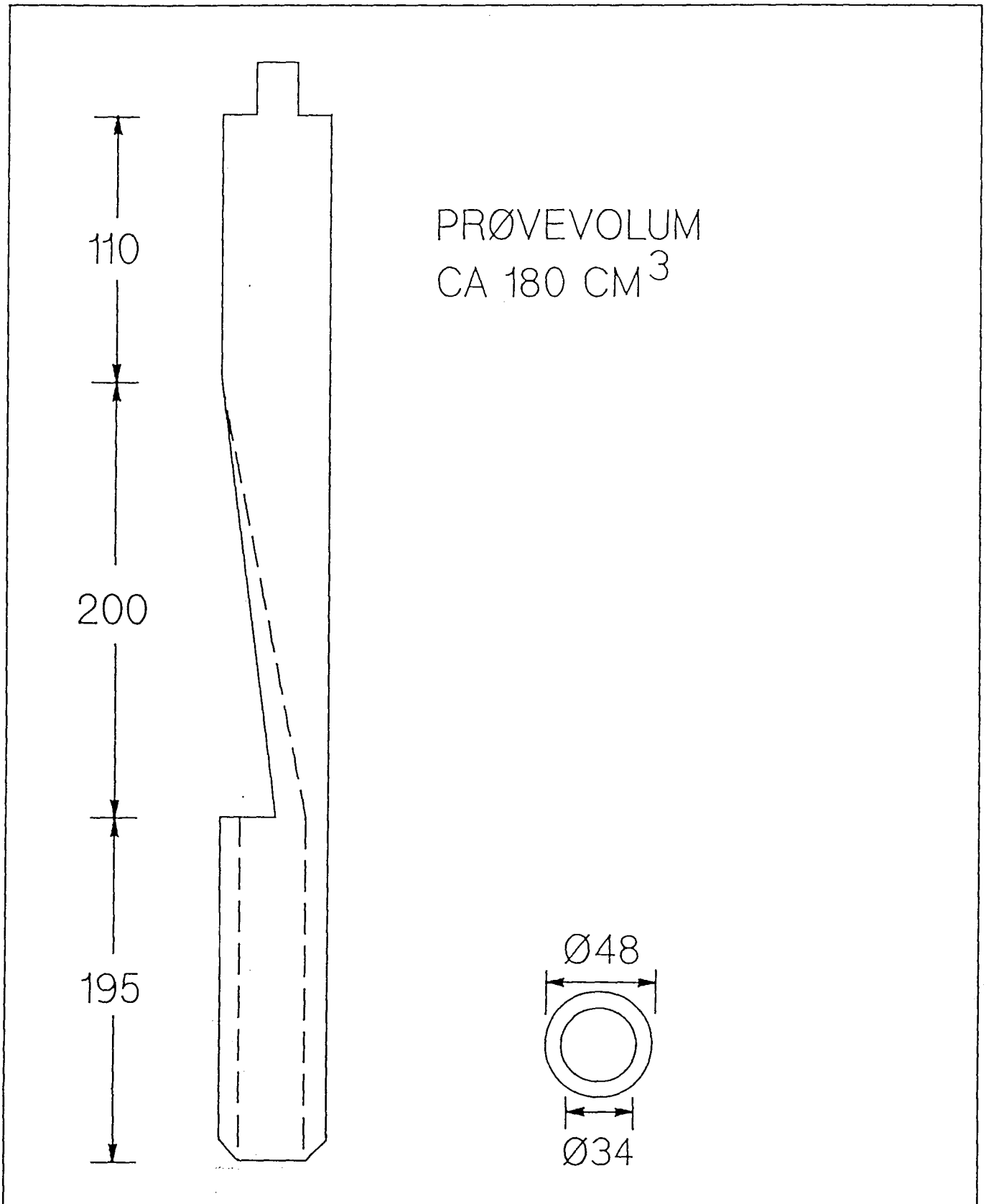
Oversiktskart over fyrhusområdet; som viser lokalisering av tankene, pumpebrønn, observasjonsrør, og prøvetakingshull.

Tegning 4 - 1:20000 hydrogeologisk kart; Østmo, 1976

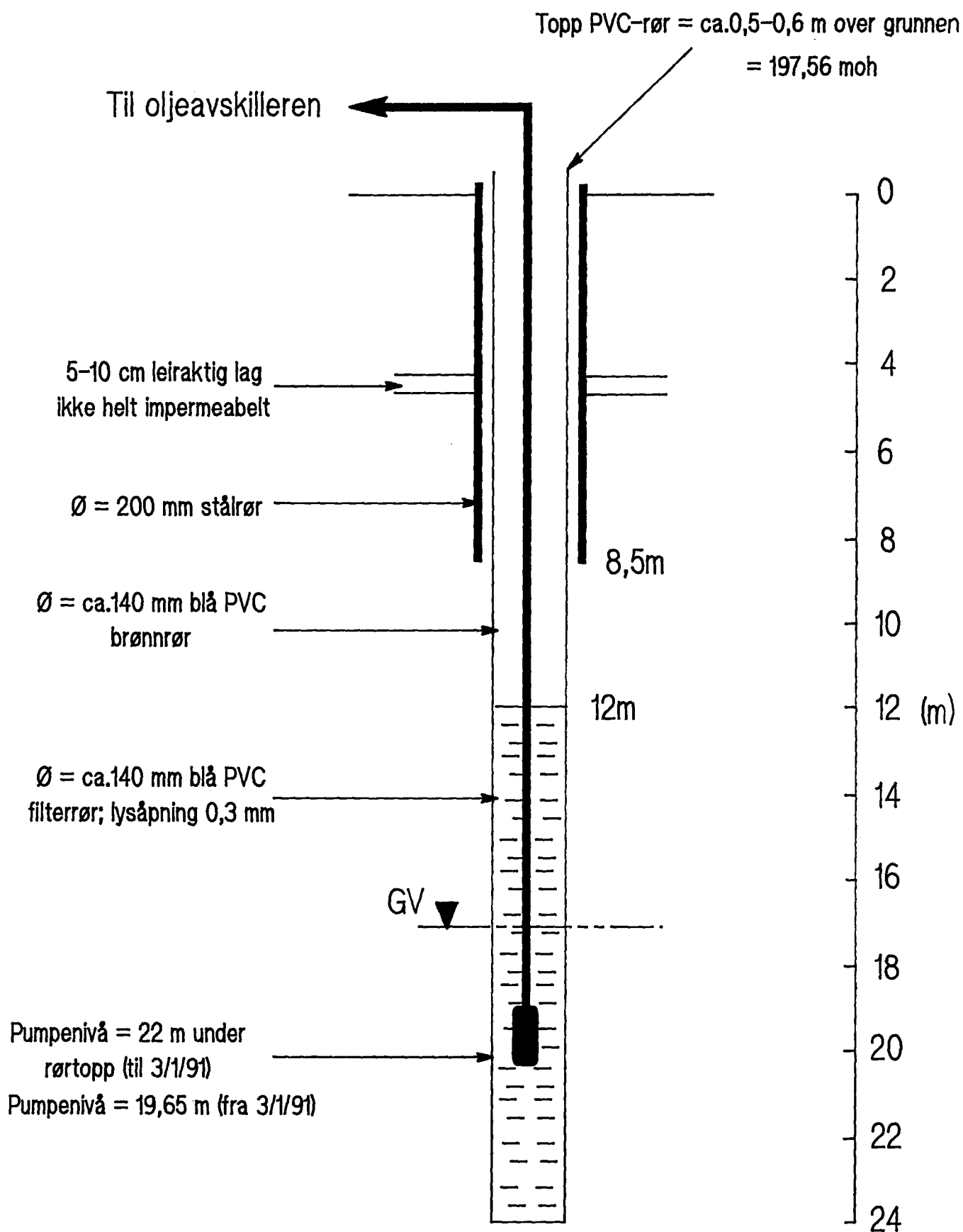


— 184 — = høydekurver for grunnvannsstand m.o.h
 • = Observasjonspunkt

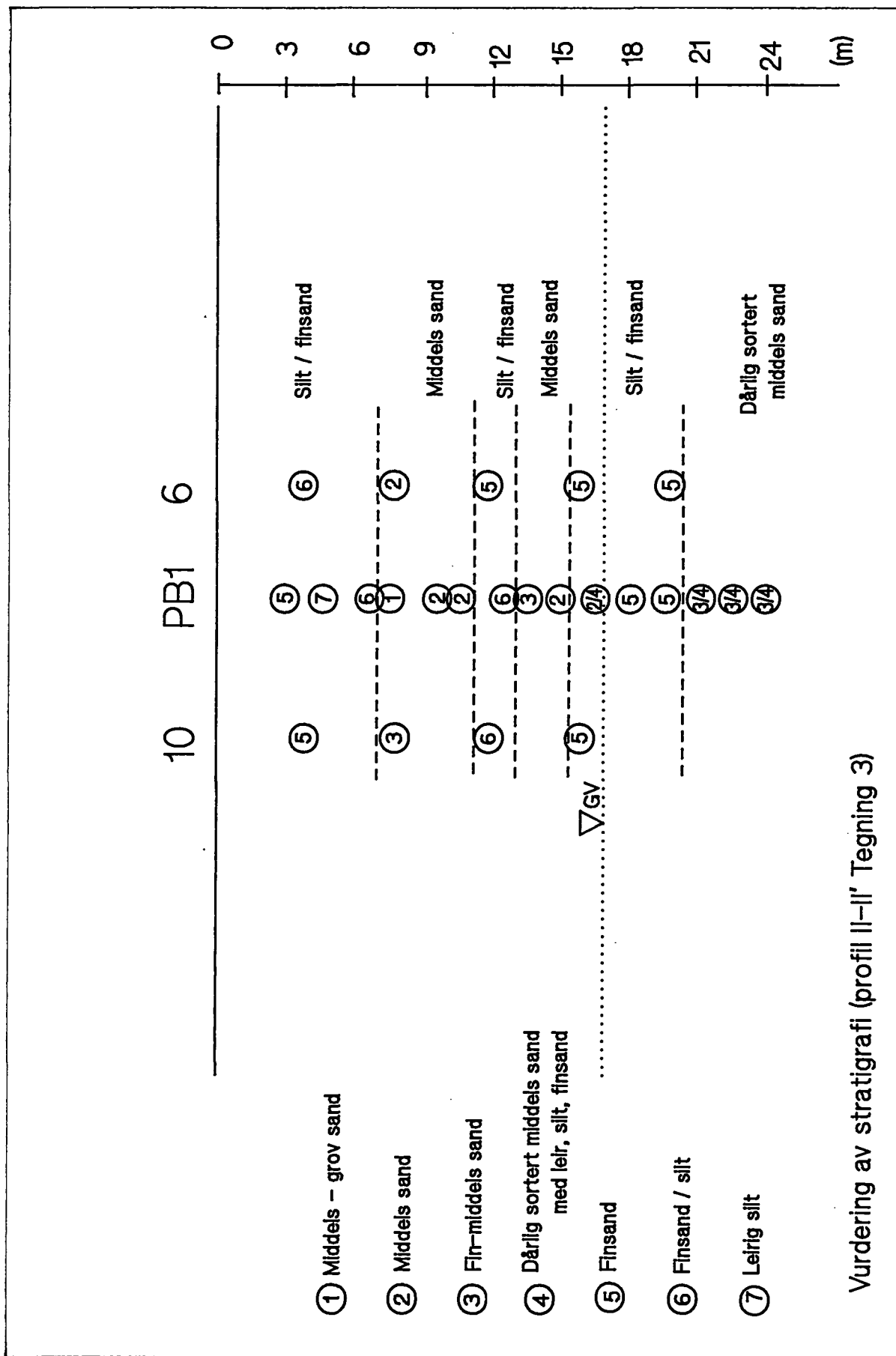
Skisse av gjennomstrømnings-prøvetaker.



Tegning 6 – Utforming av pumpebrønnen

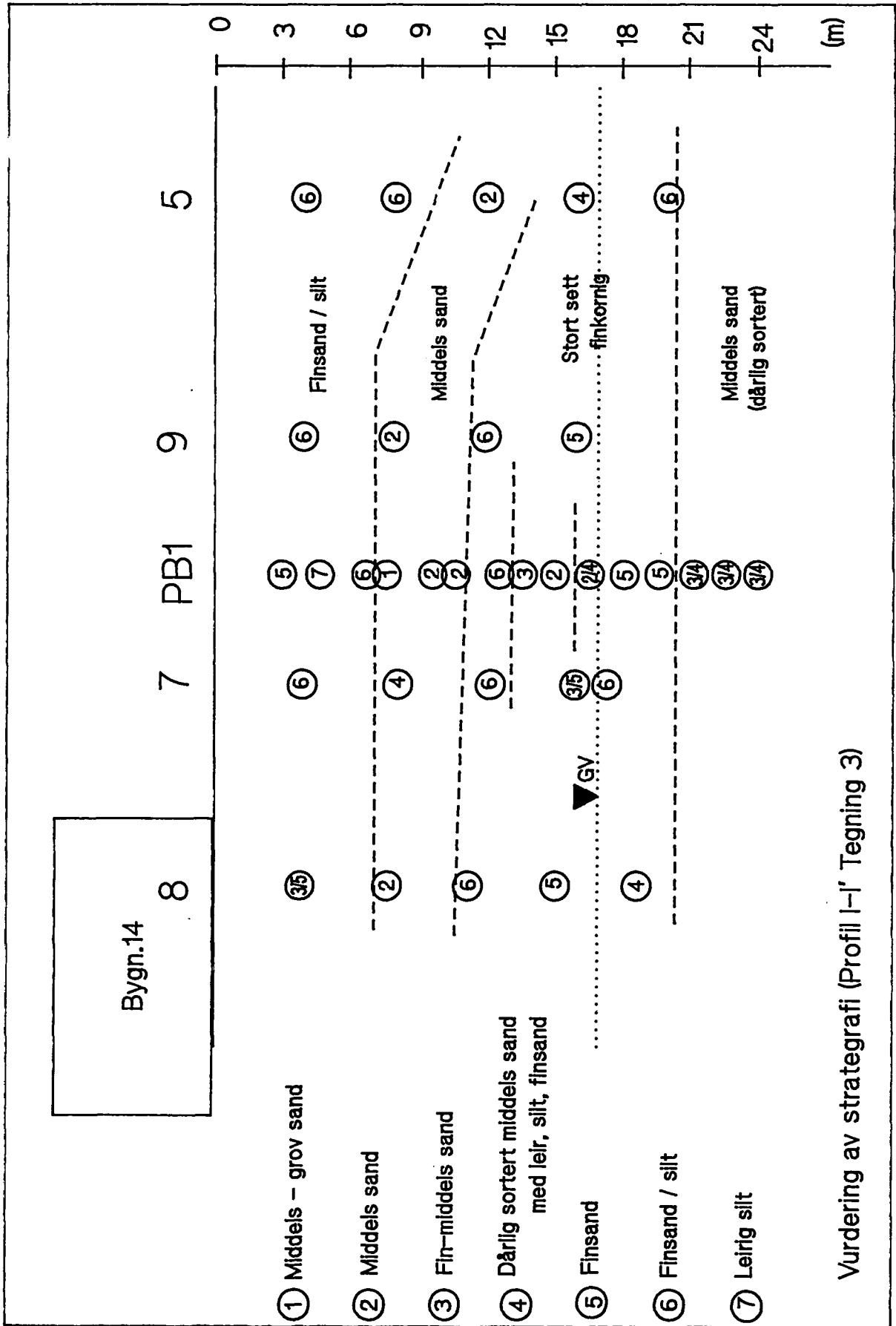


Tegning 7



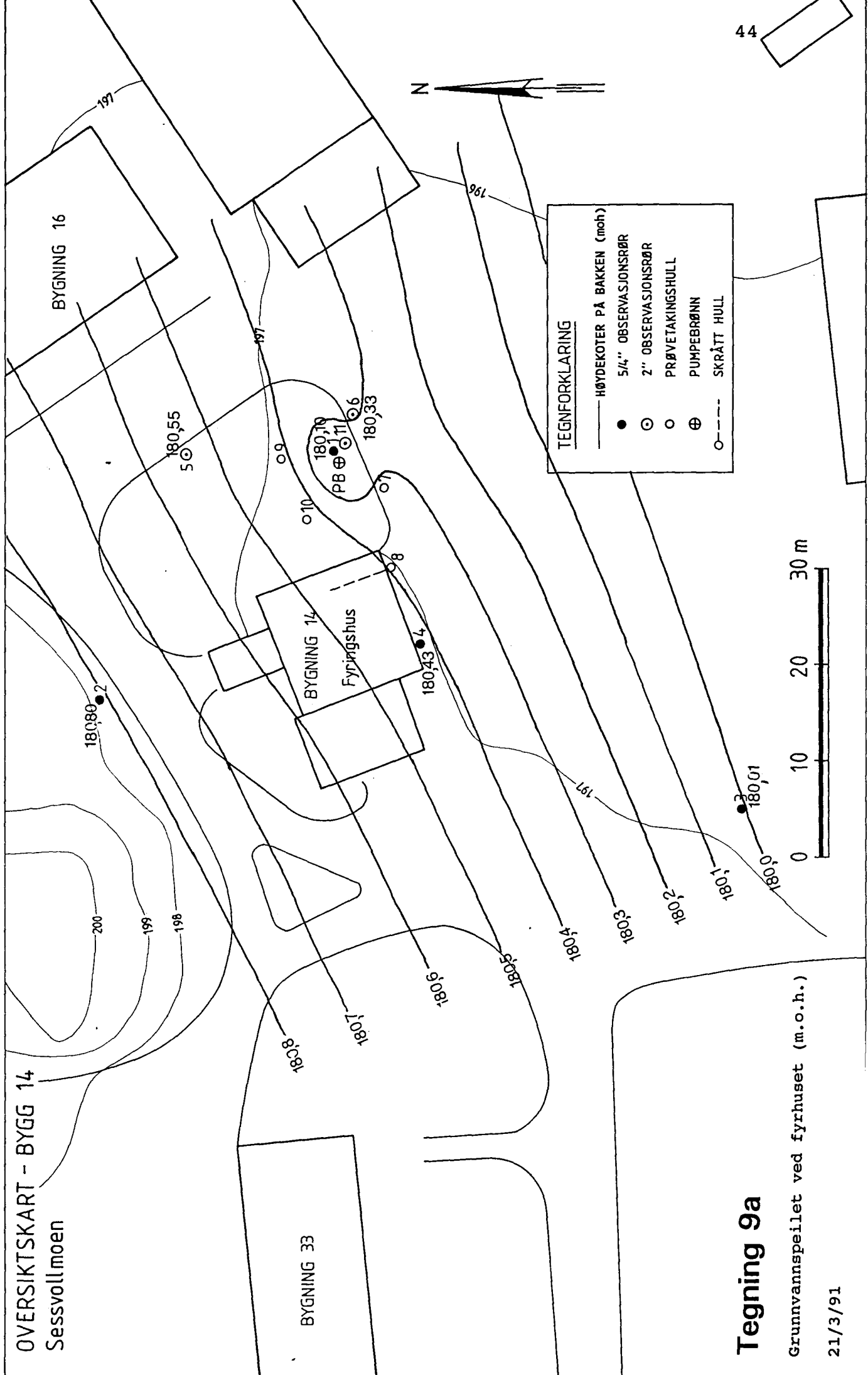
Vurdering av stratigrafi (profil II-II' Tegning 3)

Tegning 8



Vurdering av strategiflora (Profil I-I' Tegning 3)

OVERSIKTSKART - BYGG 14
Sessvollmoen

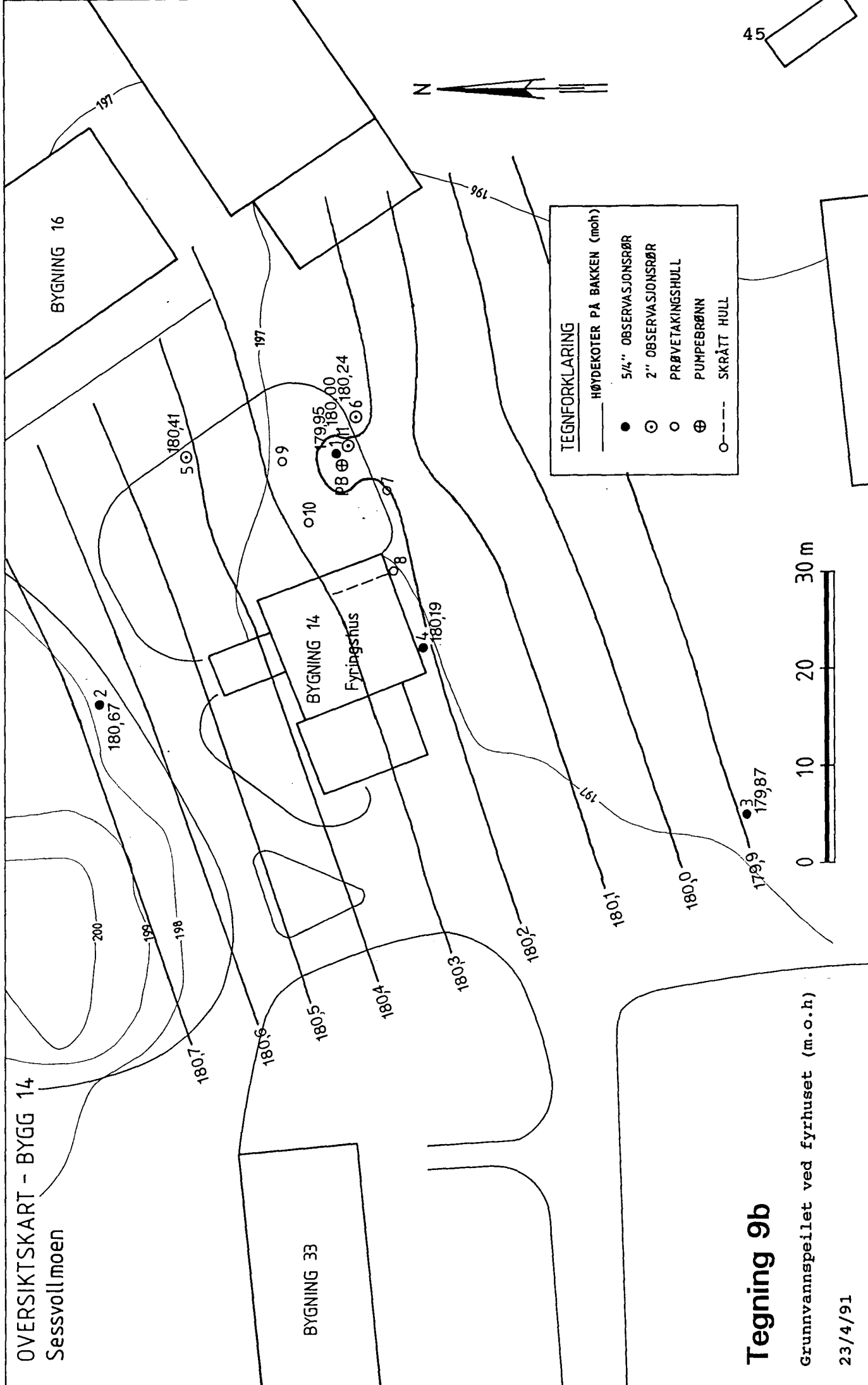


Tegning 9a

Grunnvannspeilet ved fyrhuset (m.o.h..)

21/3/91

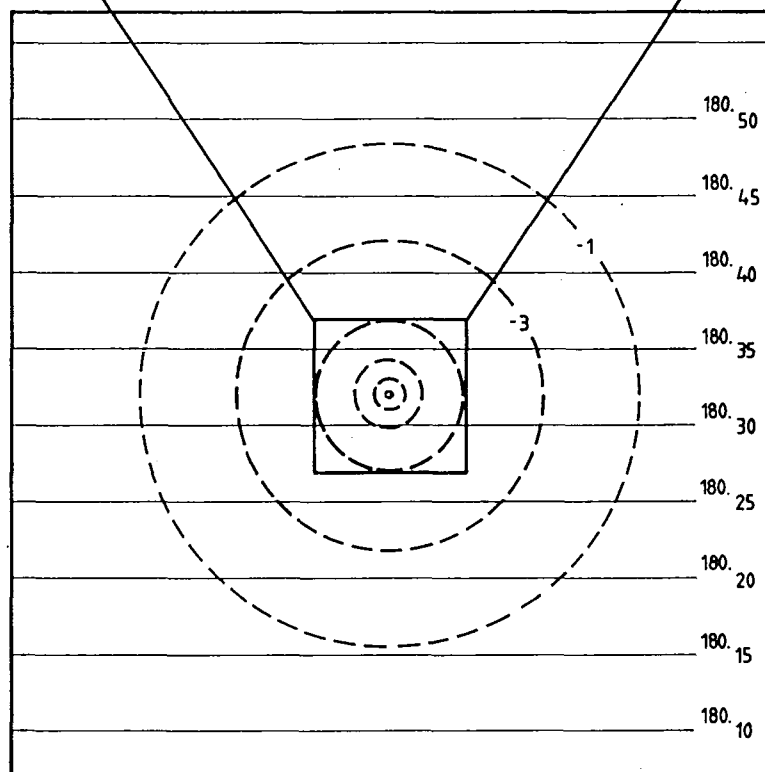
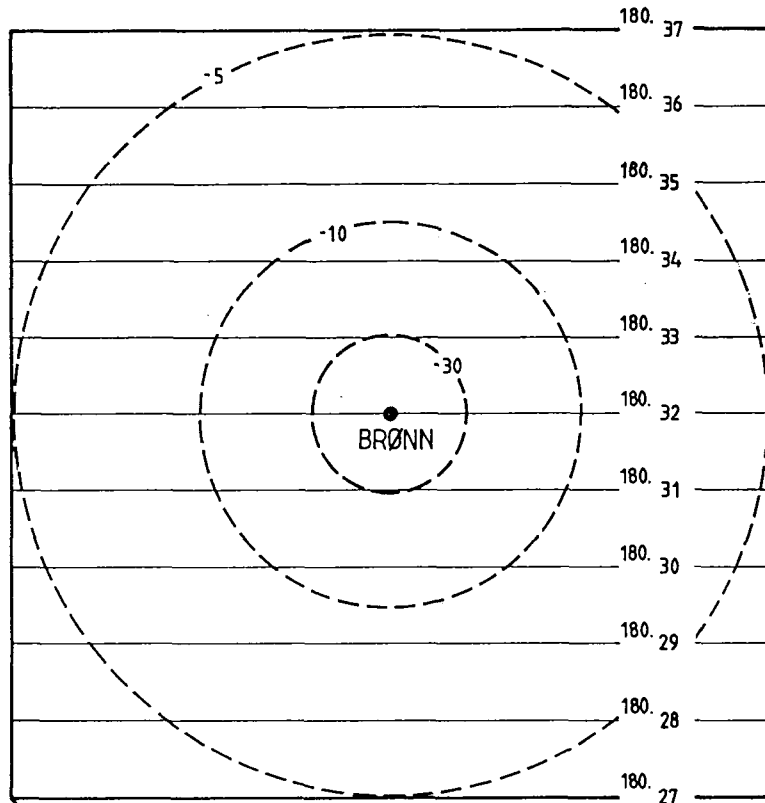
OVERSIKTSKART - BYGG 14
Sessvollmoen



Tegning 9b

Grunnvannspeillet ved fyrhuset (m.o.h)

23/4/91

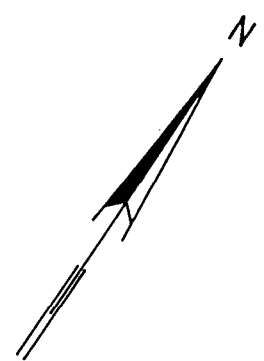


TEGNFORKLARING

- Konturer på det upumpede grunnvannspeilet (m.o.h.)
- - - Senkning som følge av pumping (cm)

1m 47

5m



Tegning 11a

Effekt av en senkningskjegle kombinert med en naturlig gradient av - 1.0%.
(se Tegn 11c)

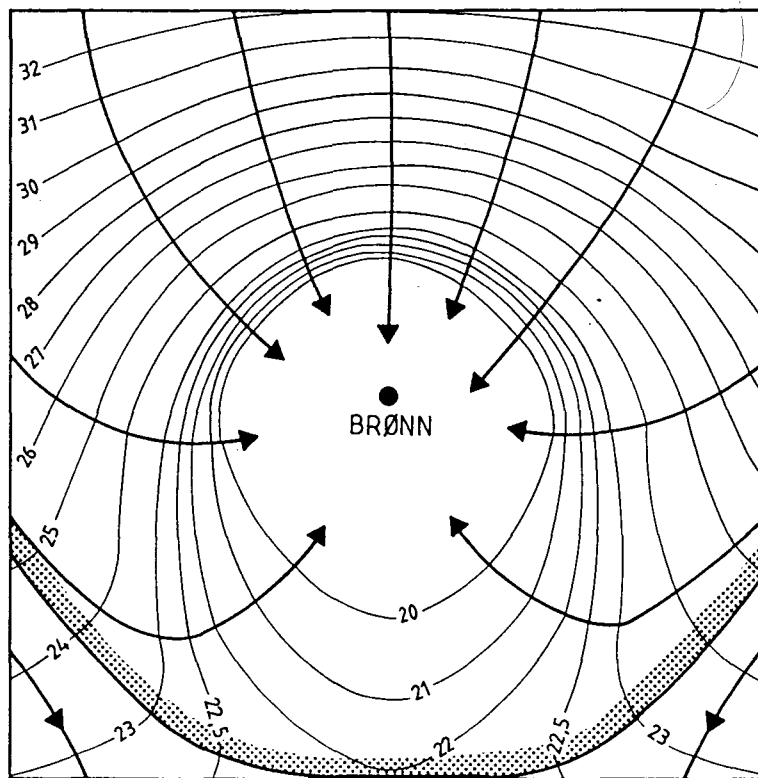
MÅLESTOKK

OBS.		
TEGN.		
TRAC.	IL	APRIL 1991
KFR.		

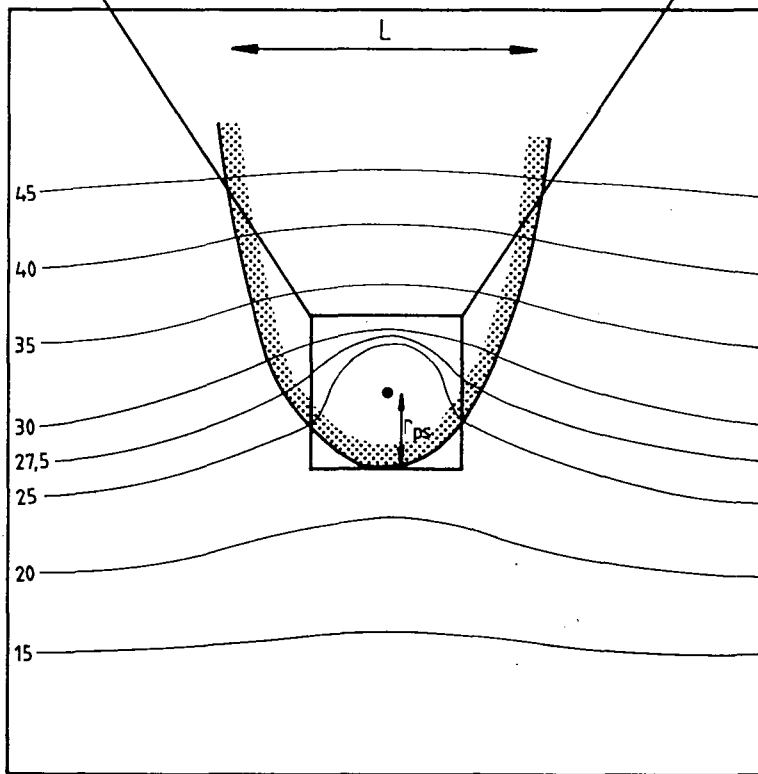
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
TRONDHEIM

TEGNING NR.

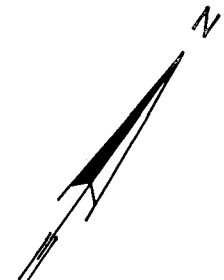
KARTBLAD NR.



1 m 48



5 m



TEGNFORKLARING

- 20 — Konturer på det pumpede grunnvannspeilet (cm + 180 m.o.h.)
- Strømningsretninger
- ▨ Innstrømningsområdet til brønnen

Tegning 11b

Effekt av en senkningskjegle kombinert med en naturlig gradient - 1.0%.
(se Tegn 11d)

MÅLESTOKK

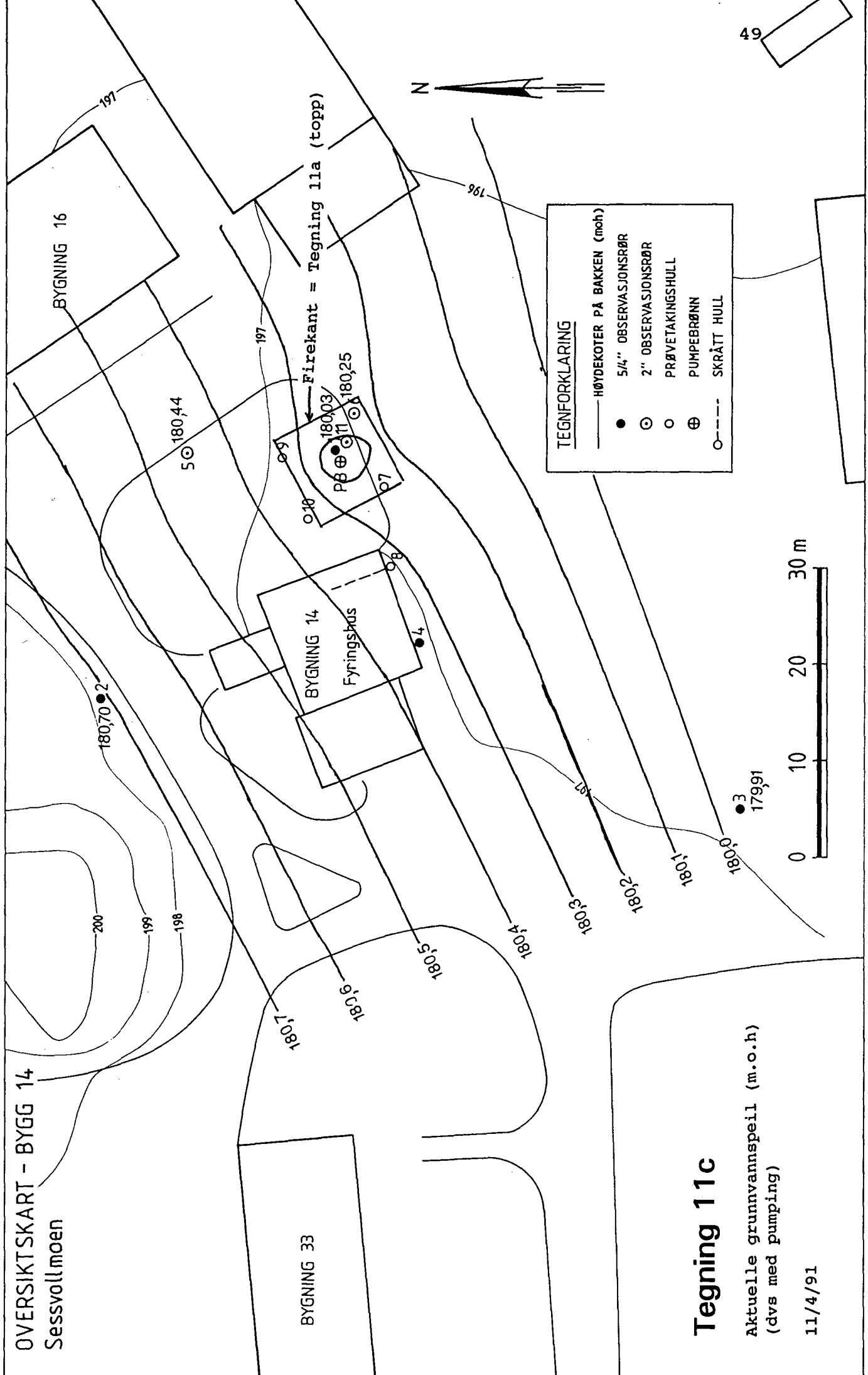
OBS.	
TEGN.	
TRAC. IL	APRIL 1991
KFR.	

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
TRONDHEIM

TEGNING NR.

KARTBLAD NR.

OVERSIKTSKART - BYGG 14
Sessvollmoen

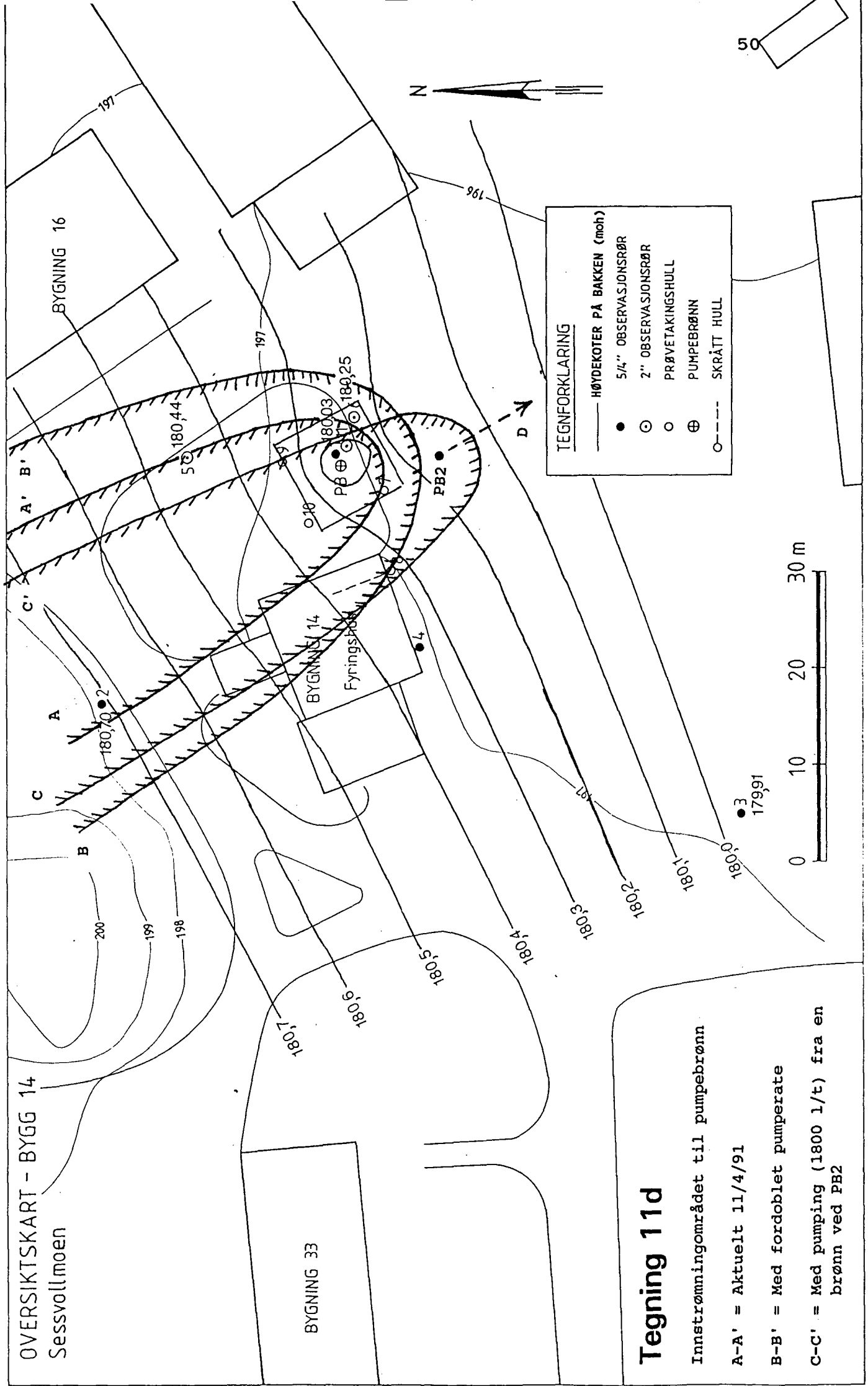


Tegning 11c

Aktuelle grunnvannspeil (m.o.h)
(dvs med pumping)

11/4/91

OVERSIKTSKART - BYGG 14
Sessvollmoen



Tegning 11d

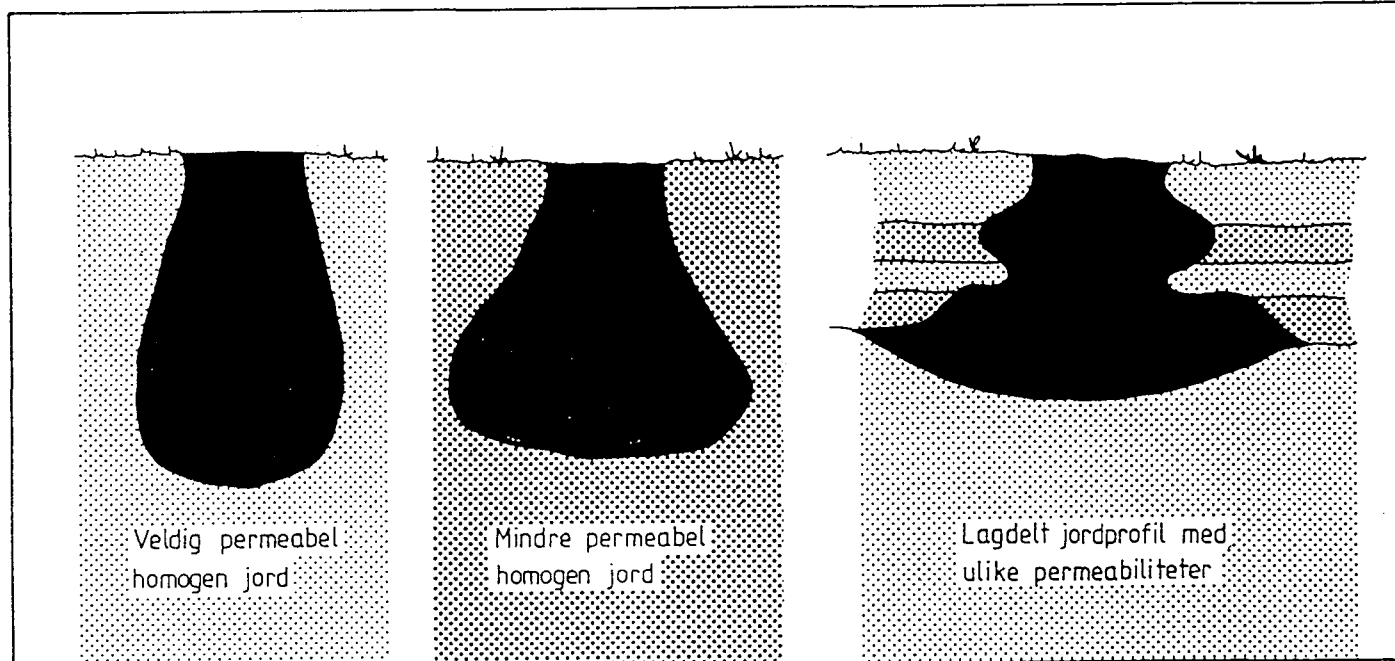
Innstrømningsområdet til pumpebrønn

A-A' = Aktuelt 11/4/91

B-B' = Med fordoblet pumperate

C-C' = Med pumping (1800 l/t) fra en brønn ved PB2

SPREDNING AV OLJE I GRUNNEN
Etter Concawe (1979)

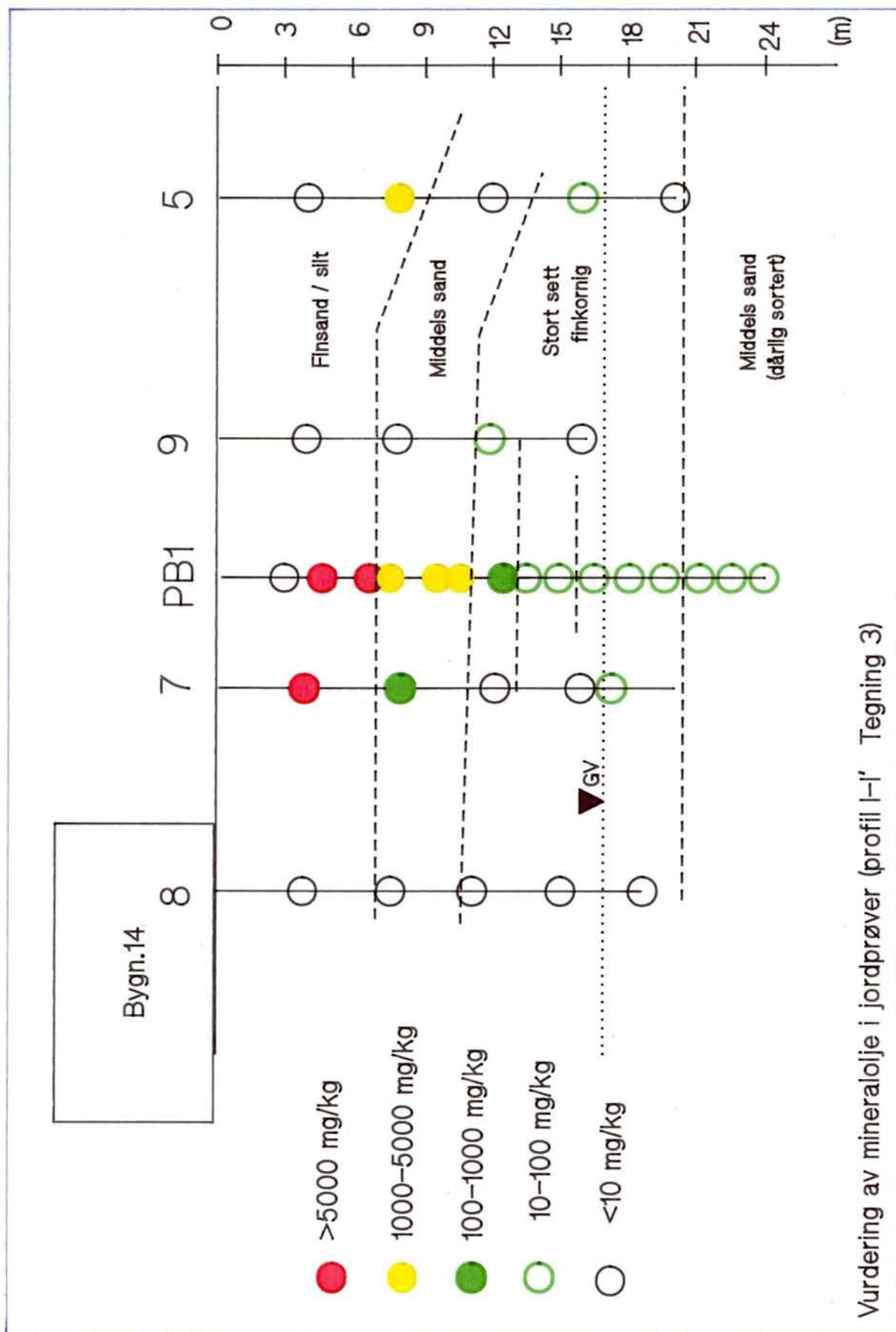


Tegning 12 - Spredning av olje i grunnen

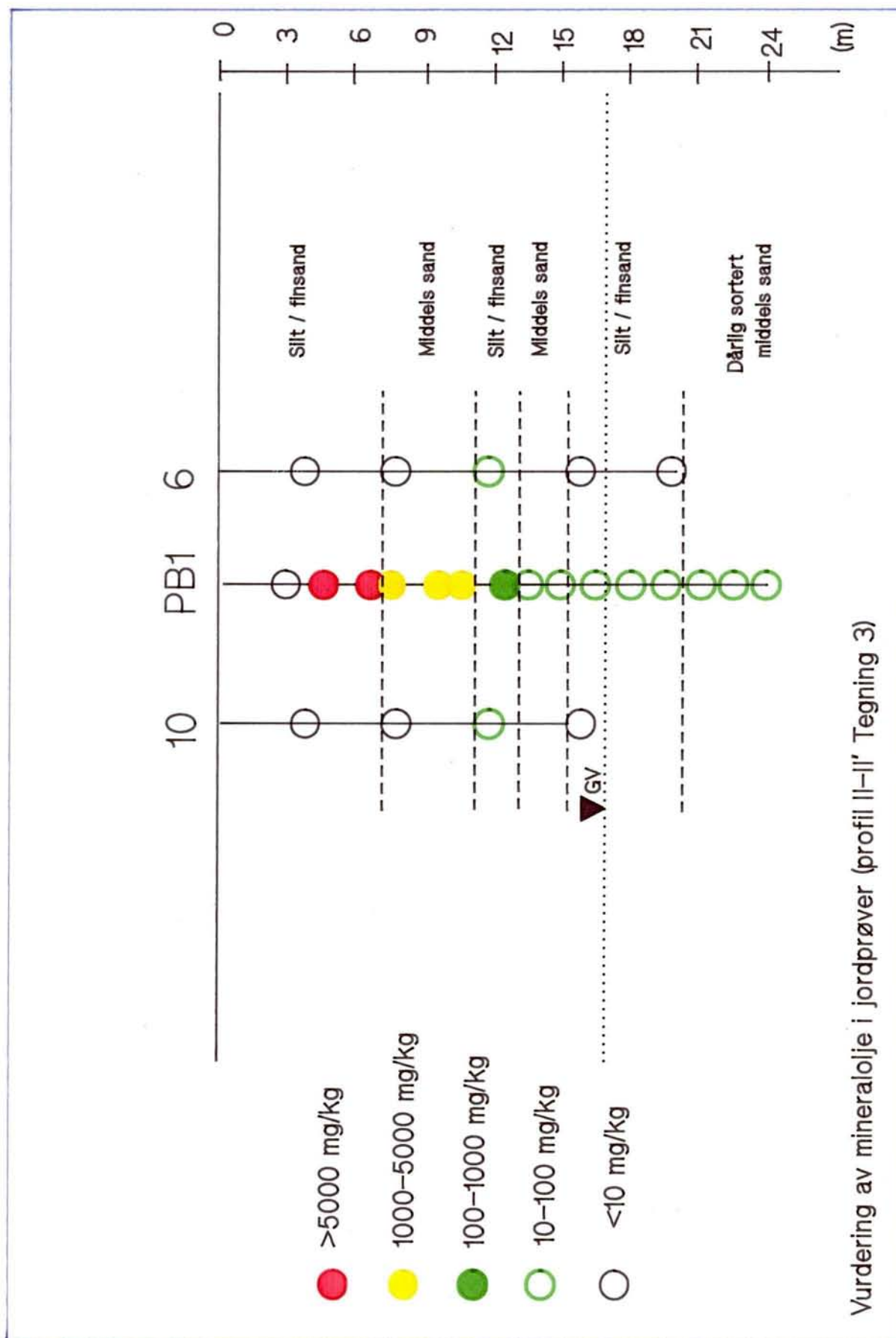
Etter Concawe (1979)

OBS.	
TEGN.	
TRAC. IL	APRIL 1991
KFR.	

Tegning 13



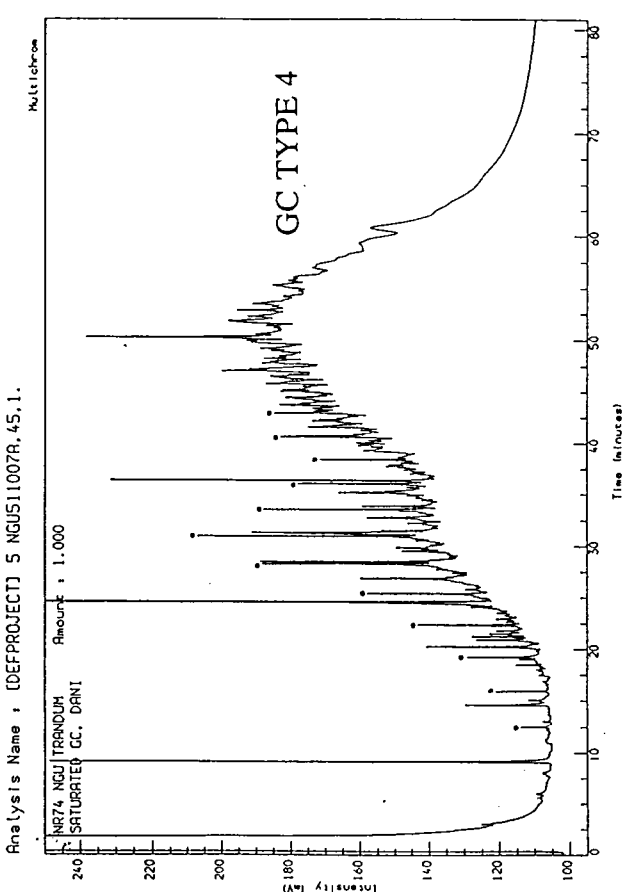
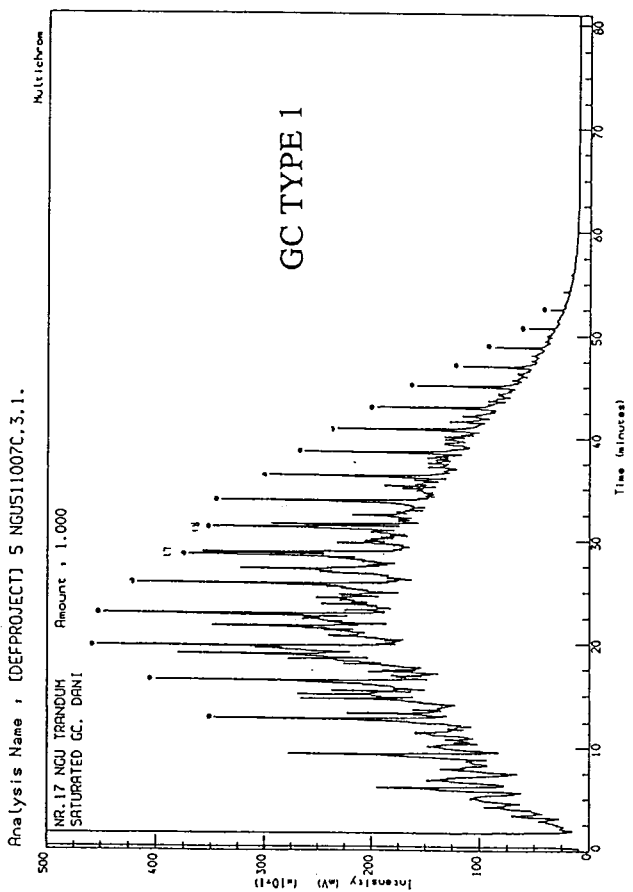
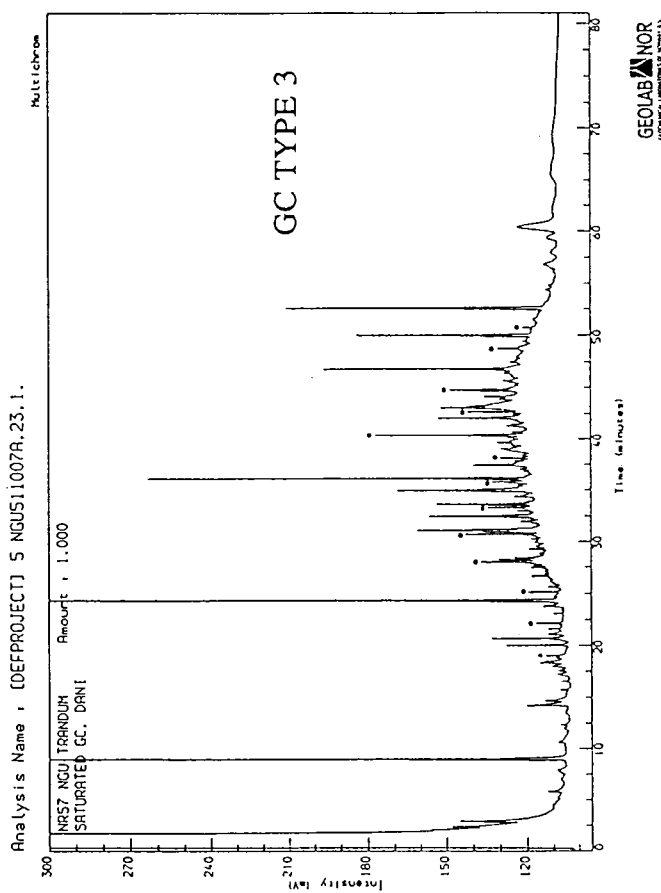
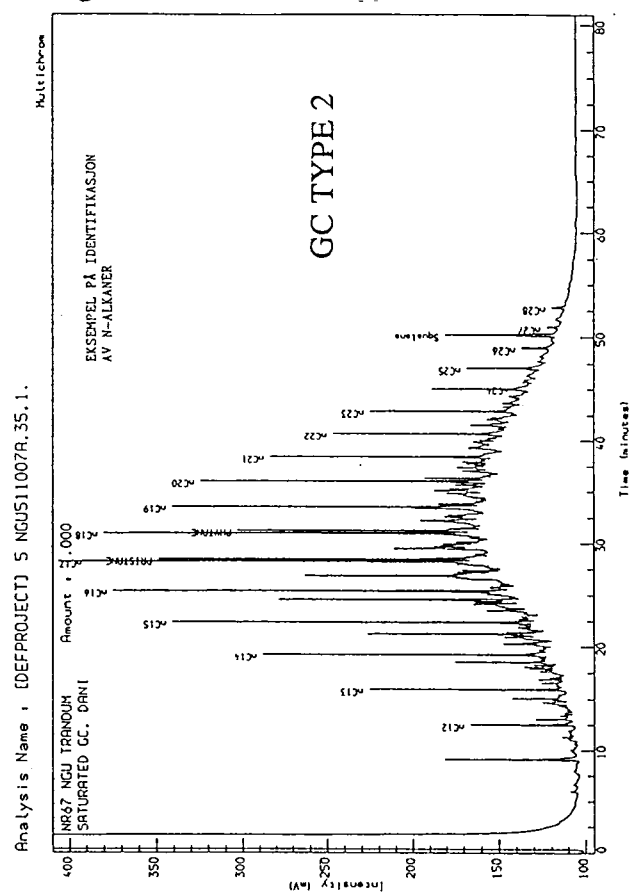
Tegning 14



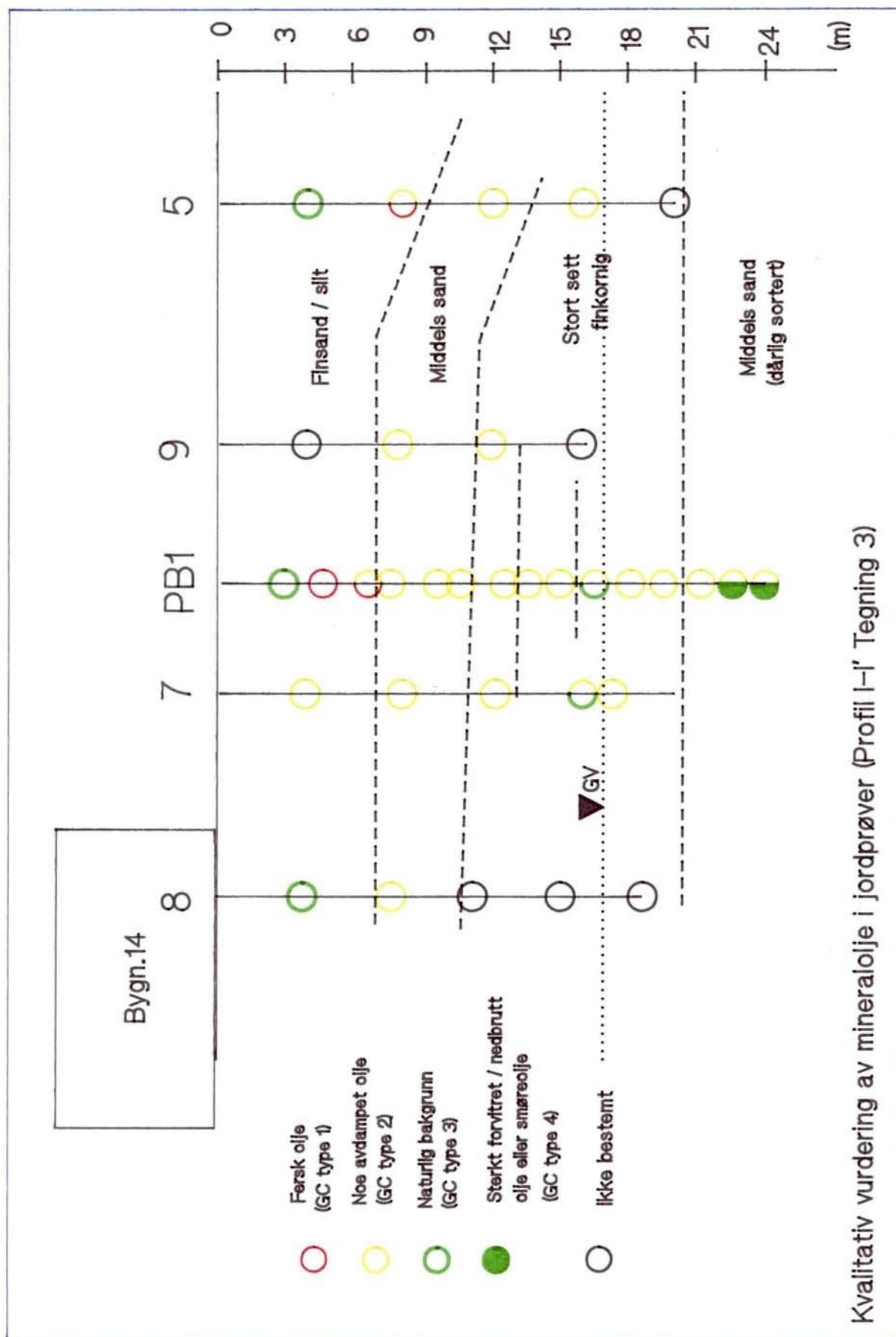
Vurdering av mineralolje i jordprøver (profil II-II' Tegning 3)

Tegning 15

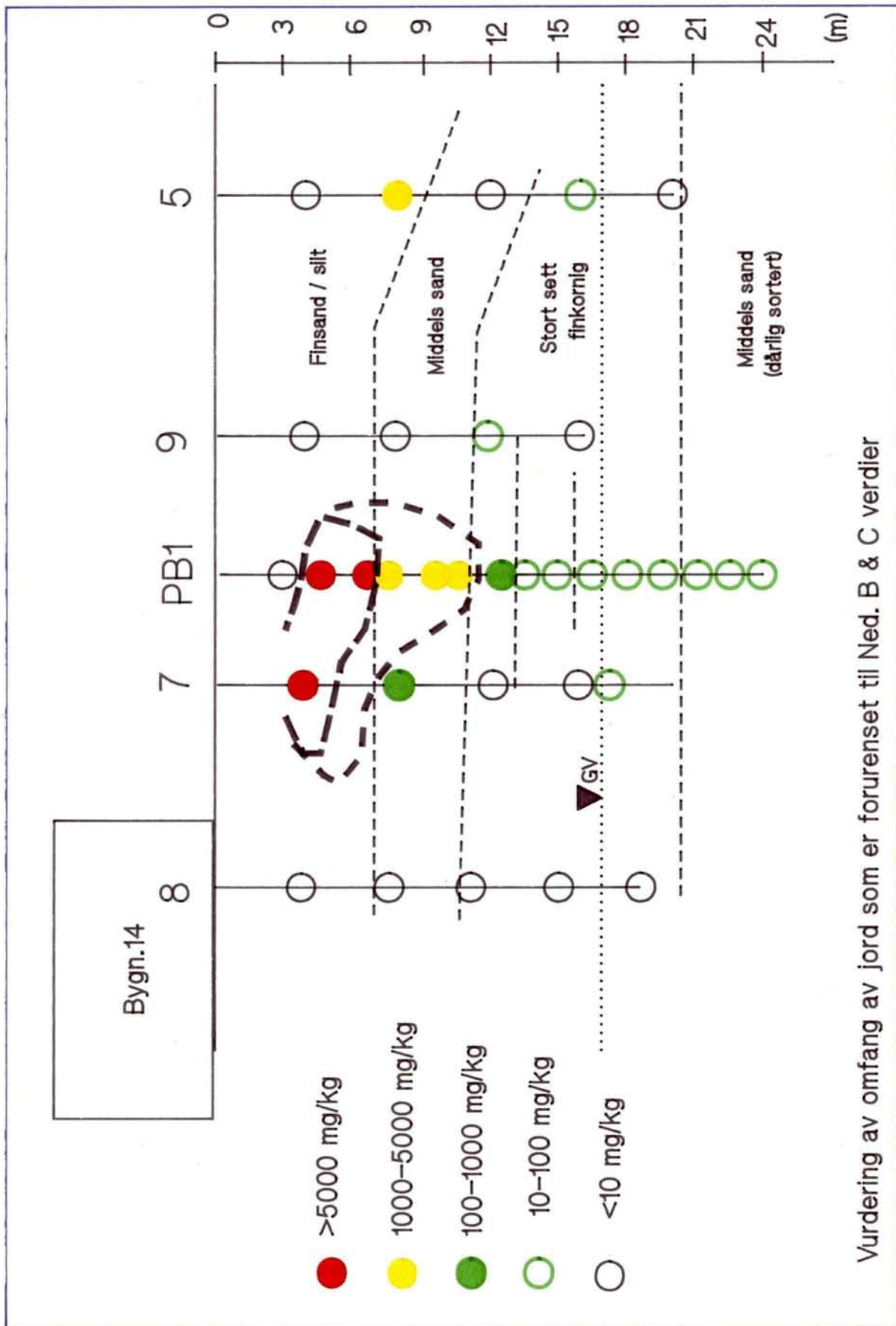
Kvalitativ vurdering av mineralolje i jordprøver. Tegningen viser de fire hovedtyper av gasskromatogrammer (GC) under analyse av jordprøver fra bygg 111 Trandum.



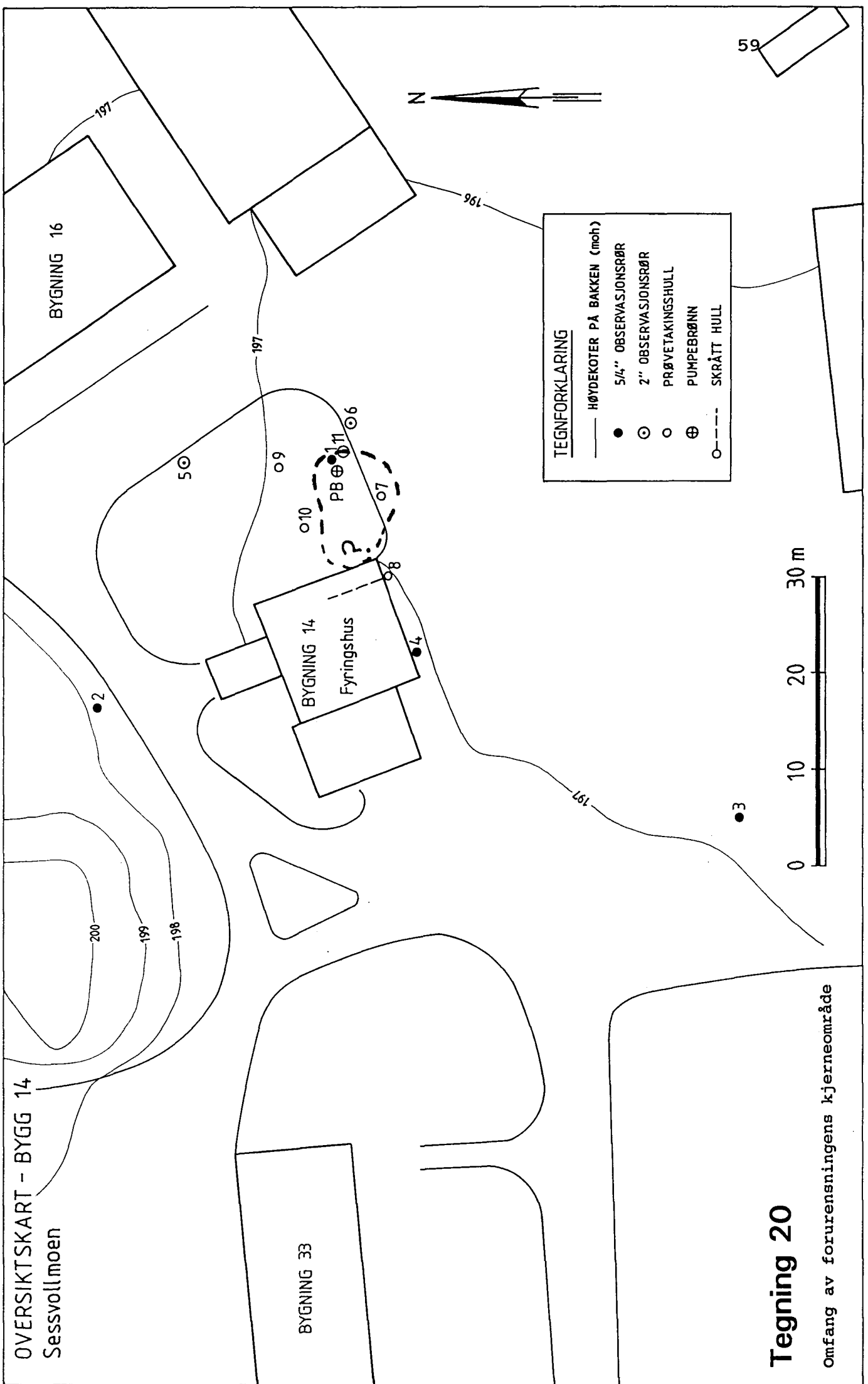
Tegning 16



Tegning 18



OVERSIKTSKART - BYGG 14
Sessvollmoen



TEGNFORKLARING

—	HØYDEKOTER PÅ BAKKEN (moh)
●	5/4" OBSERVASJONSØRØR
⊙	2" OBSERVASJONSØRØR
○	PRØVETAKINGSHULL
⊕	PUMPEBRØNN
○- - -	SKRÅTT HULL

Tegning 20

Omfang av forurensningens kjerneområde



● 3

59

Vedlegg

1. Datablad - fyringsolje nr.2 ; Norol
2. Beskrivelse av prøver
3. Detaljer om observasjonsrør
- 4 a-d. Kornfordelingskurvene
- 4 e. Vanninnhold i masseprøver
5. Grunnvannsmålinger i observasjonsrør
6. Sammendrag - oljeinnhold i masseprøvene
7. Sammendrag - TOC og THC i vannprøvene
8. Grunnvannets uorganiske kjemi



INTERNT NR. : HF-2
UTGIVELSESDATO: 15.02.90
UTARBEIDET AV : Produktteknisk avdeling
ERSTATTER DATO: September 1985

MERKING:
Xn (Helseskadelig)

0.1 PRODUKT/HANDELSNAVN:

FYRINGSOLJE NR.2

0.2 PRODUSENT/IMPORTØR: Norsk Olje a.s, P.boks 1176, 0107 Oslo 1
Tlf.:02 - 96 20 00

0.3 SAMMENSETNING: Blanding av aromatiske og alifatiske hydrokarboner (C₁₀-C₂₀)
Aromater: 10-30%

0.4 ADMINISTRATIV NORM (1989): Ikke kjent.

0.5 ANVENDELSE: Brukes i sentralkjeler og trykkforstøvningsbrennere. Kvaliteten må ikke benyttes i pottEBrennere, men er meget benyttet i korntørkere, byggtørkere og bakerovner. Videre benyttes produktet som blandekomponent i bitumenløsninger.

1. FORM/KONSISTENS: Flytende
FARGE : Lys gul
LUKT : Karakteristisk

3. HELSEFARE

Helsefare ved akutt og kronisk inhalering og hudkontakt er liten.
Helsefaren ved inntak er høy.
Den vesentlige risiko ligger i å få produktet i lungene med derpå følgende lungebetennelse.

INNÅNDING: Produktet er lite flyktig, og innebærer i alminnelighet ingen innåndingsfare.

HUD: Produktet virker fettløsende, og kan ved gjentatt kontakt forårsake sårhet, utslett eller eksem.

ØYNE: Produktet virker irriterende på øynene.

4. FØRSTEHJELP:

GENERELT: Vedkommende bringes snarest mulig vekk fra eksponeringskilden. Vanlig førstehjelp, ro, varme, frisk luft. Ved bevisstløshet: Løs stramt-sittende klær, stabilt sideleie. Ved åndedrettsstans: Kunstig åndedrett. Ved hjertestans: Hjertekompresjon. Ved åndedrettssvikt: Eventuelt oksygen-tilførsel. Kontakt lege.



HANDELSNAVN: Fyringsolje nr.2 / HF-3 / 15.02.90

side 2

STOFF I ØYET: Skyll øyet straks med mye vann i 15 minutter mens øyelokkene løftes. Ved fortsatt ubehag - kontakt lege.

HUDKONTAKT: Kroppsdeler som har vært i kontakt med produktet vaskes grundig med såpe og vann. Fjern tilsølt tøy.

SVELGING: Er vedkommende ved bevissthet, gi straks 100-200 ml kull-suspensjon, evt. 50-100 g medisinsk kull utrørt i vann, samt et par spise-skjeer matolje etterfulgt av ca. 10 g natriumsulfat i et glass vann. Fremkall ikke brekning. Konsulter lege for særskilt råd.

5. INFORMASJON TIL LEGE OG HELSEPERSONELL:

Fare for aspirasjon med kjemisk lungebetennelse som følge. Man skal derfor ligge til observasjon på sykehus.

OBS! Bruk ikke (nor)adrenalin, efedrin o.l. - fare for hjerterytme-forstyrrelser.

Ved svelging: Behandles symptomatisk. Vær oppmerksom på kjemisk lungebetennelse.

Ved hudkontakt: Behandle enhver form for eksem som har oppstått p.g.a. gjentatt kontakt. Produktet er lite flyktig og representerer derfor normalt ingen innåndingsfare, mens sprut i øynene gir irritasjon.

HELSEKONTROLL: Generell årlig helsekontroll.

6. VERNETILTAK:

VERNEKLÆR, ETC.: Øyevern. Øyespylingsmuligheter. Dusj nær arbeidsplassen. Bruk hensiktsmessige verneklær for beskyttelse ved mulig hudkontakt.

ARBEIDSHANSKER: Ugjennomtrengelig materiale, neopren, vinyl etc.

ØYEBESKYTTELSE: Ved fare for sprut bruk godkjent øyevern. Kontaktlinser bør ikke brukes ved arbeid med dette produktet.

FORSIKTIGHETSREGLER VED LAGRING:

Brannfarlig stoff: Holdes vekk fra oksiderende stoff, varme og flammer.

Kan angripe enkelte plaststoffer, gummi og overtrekksmaling.

Oppbevar i kjølig, tørt og ventilert lager og i lukkede beholdere.

Beholder og overføringsutstyr må jordes. Unngå gnist v/statisk elektrisitet.

Utendørs eller separat lagring foretrekkes. Lagring: Brennbar væske.



HANDELSNAVN: Fyringsolje nr.2 / HF-3 / 15.02.90

side 3

FORSIKTIGHETSREGLER VED BRUK:

Unngå oppvarming, gnister og åpen flamme. Unngå søl, hud- og øyenkontakt. Unngå å puste inn eventuelle damper. Bruk ikke kontakt-linser.

HYGIENISKE ARBEIDSRUTINER:

Vask hendene ved slutten av hvert skift og før spising, røyking og bruk av toalett. Vask straks hud som er blitt våt. Ta straks av alle klær som er blitt våte eller forurenset. Vask forurensete klær før de brukes igjen.

7. REAKTIVITET OG SPEIELLE FORHOLDSREGLER:

Produktet skader pakninger, lakkerte og malte flater, beskyttende og tettende fett og oljebelegg, samt klær og redskaper av gummi. P.g.a. brann- og eksplosjonsfare er røyking og åpen ild forbudt.

8. AVFALLSDISPONERING:

Mindre rester tas vare på og kan destrueres ved brenning. Større mengder må leveres til godkjent behandlingsanlegg eller mottaksstasjon for problemavfall, med opplysninger om avfallets mengde, egenskaper og faremomenter. Avtal avfallsdisponeringen med kommuneingeniøren, kfr. forskriftene. Avfallsgruppe 1.1. Utstyr kan vaskes med vann og vanlig vaskemiddel.

- 9. TILTAK VED SØL OG LEKKASJE:** Produkt som lekker ut innebærer ingen direkte brannfare. Det kan suges opp med slamsuger eller bruk av egnet absorpsjonsmiddel., sagflis, bark e.l. Sperr av området p.g.a. fare for glatte veier. Fjern alle potensielle tenkilder. Ved større uhell, meld fra til politi, brannvesen eller kommunalt oljevernvalg.

UTSLIPP TIL VANN: Produktet flyter på vann og løses praktisk talt ikke. Samles opp med lenser. Vær oppmerksom på mulige vanninntak og varsle impliserte brukere. Fjern alle potensielle tenkilder.

UTSLIPP PÅ GATER, MARK etc.: Tett til rennestener, avløp osv. Demm opp for spredning med f.eks. jord og sand. Deretter foretas opprensning som beskrevet.

Vedlegg 2

Beskrivelse av masseprøver

<u>Hull</u>	<u>Dyp (m)</u>	<u>Beskrivelse</u>	
PB	3	Brun siltig FINSAND	
	4,5	Gråbrun fin leiraktig SILT	
	6,5	Mørkebrun SILT/FINSAND	
	7,5	Mørkebrun MIDDELS (TIL GROV) SAND	
	9,5	Mørkebrun MIDDELS SAND, noe grovsand og silt	
	10,5	Mørkebrun MIDDELS SAND, ganske godt-sortert, med noe finsand	
	12,5	Lysere brun SILT, med noe finsand	
	13,5	Mørkebrun siltig FIN/MIDDELS SAND	
	15	Brun MIDDELS SAND, ganske godt-sortert, noe finsand	
	16,5	Ganske dårlig sortert mørkebrun MIDDELS SAND (inneholder alt fra leir/silt til grov sand)	
	18	Leirig, siltig FINSAND	
	19,5	Mørkebrun siltig (leirig) FINSAND, muligens litt middels sand	
	21	Mørkebrun MIDDELS SAND med silt og finsand (og noe leire ?)	
	22,5	Dårlig sortert, mørkebrun MIDDELS SAND med silt og finsand (og noe leire ?)	
	24	Mørkebrun MIDDELS SAND med silt og finsand (og noe leire ?)	
	5	4	Brun FINSAND / SILT
		8	Brun FINSAND / SILT
12		Brun/svart MIDDELS SAND	
16		Brun dårlig-sortert, veldig leirig/siltig MIDDELS SAND	
20		Brun FINSAND / SILT	
6	4	Brun FINSAND /SILT	
	8	Gråbrun MIDDELS SAND	
	12	Brun siltig FINSAND	
	16	Mørkebrun siltig FINSAND (grovere enn 12 m)	
	20	Mørkebrun siltig FINSAND, noe leire	
7	4	Brun FINSAND / SILT	
	8	Brun dårlig-sortert, leirig, siltig, FIN/MIDDELS SAND	
	12	Brun SILT (finsand ?)	
	16	Mørkebrun siltig FIN/MIDDELS SAND	
	17	BRUN SILT / FINSAND (noe leire ?)	
8	4	Brun, siltig FIN/MIDDELS SAND	
	8	Brun MIDDELS SAND (noe silt)	
	12	Brun, ganske godt-sortert, SILT	
	16	Brun FINSAND med silt	
	20	Mørkebrun, dårlig sortert, leirig, siltig, FIN / MIDDELS SAND	

<u>Hull</u>	<u>Dyp (m)</u>	<u>Beskrivelse</u>
9	4	Brun SILT
	8	Brun MIDDELS SAND med noe finsand/silt
	12	Godt-sortert fin SILT
	16	Brun, siltig FINSAND (muligens noe middels sand og leire)
10	4	Brun siltig FINSAND
	8	Mørkebrun FIN / MIDDELS SAND
	12	Fin, brun SILT, muligens noe sand
	16	Mørkebrun veldig siltig FINSAND

Vedlegg 3 – Observasjonsrør ved Sessvollmoen

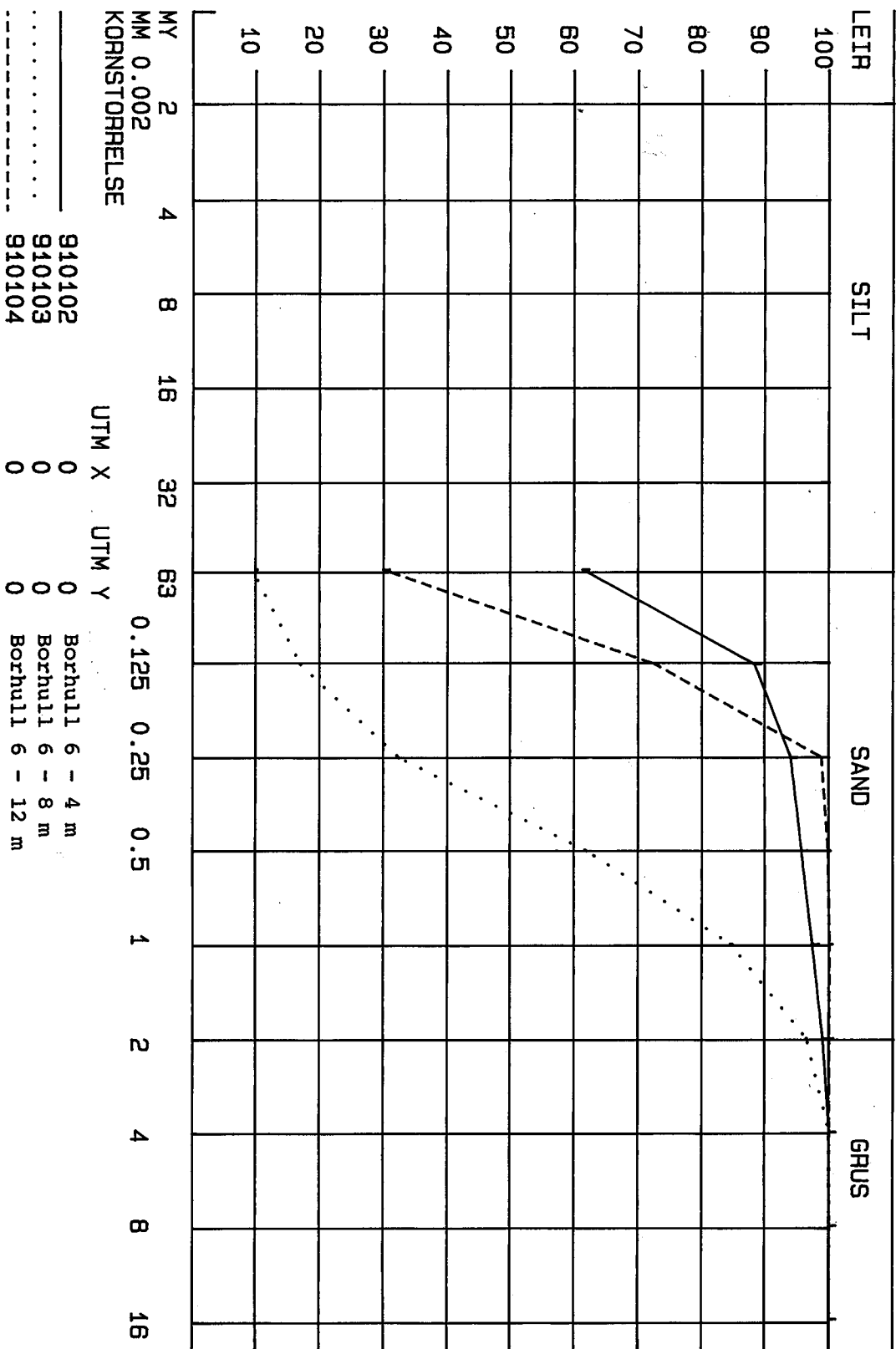
Nr	Kote Topprør m.o.h	Materiale	Dim.	Total dyp (m)	Filter slisset 1.5 mm	Avstand fra pumpebrønnen (m)	Prøver tatt (m)
1	197.399	Jern	5/4"	20	18 – 20 m	1	Ingen
2	198.620	Jern	5/4"	20	18 – 20 m	35	Ingen
3	197.411	Jern	5/4"	20	18 – 20 m	55	Ingen
4 a b	197.309 197.41	Jern	5/4"	20 22	16 – 20 m 18 – 22 m	20	Ingen
5	198.509	Jern	2"	20	16 – 20 m	16,5	4, 8, 12, 16, 20 m
6	196.899	Jern	2"	20	16 – 20 m	5	4, 8, 12, 16, 20 m
11	197.75	Jern	2"	26,5	25,5 – 26,5 m	2	Ingen
Pumpebrønn	197.56	Plast	140 mm	24	12 – 24 m	0	Mange

Prøvetakingshull	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11						
Avstand fra pumpebrønnen (m)	1	35	55	20	16,5	5	5	12	6	6	2						

Vedlegg 4a - Kornfordelingskurver

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
SEDIMENTLABORATORIET

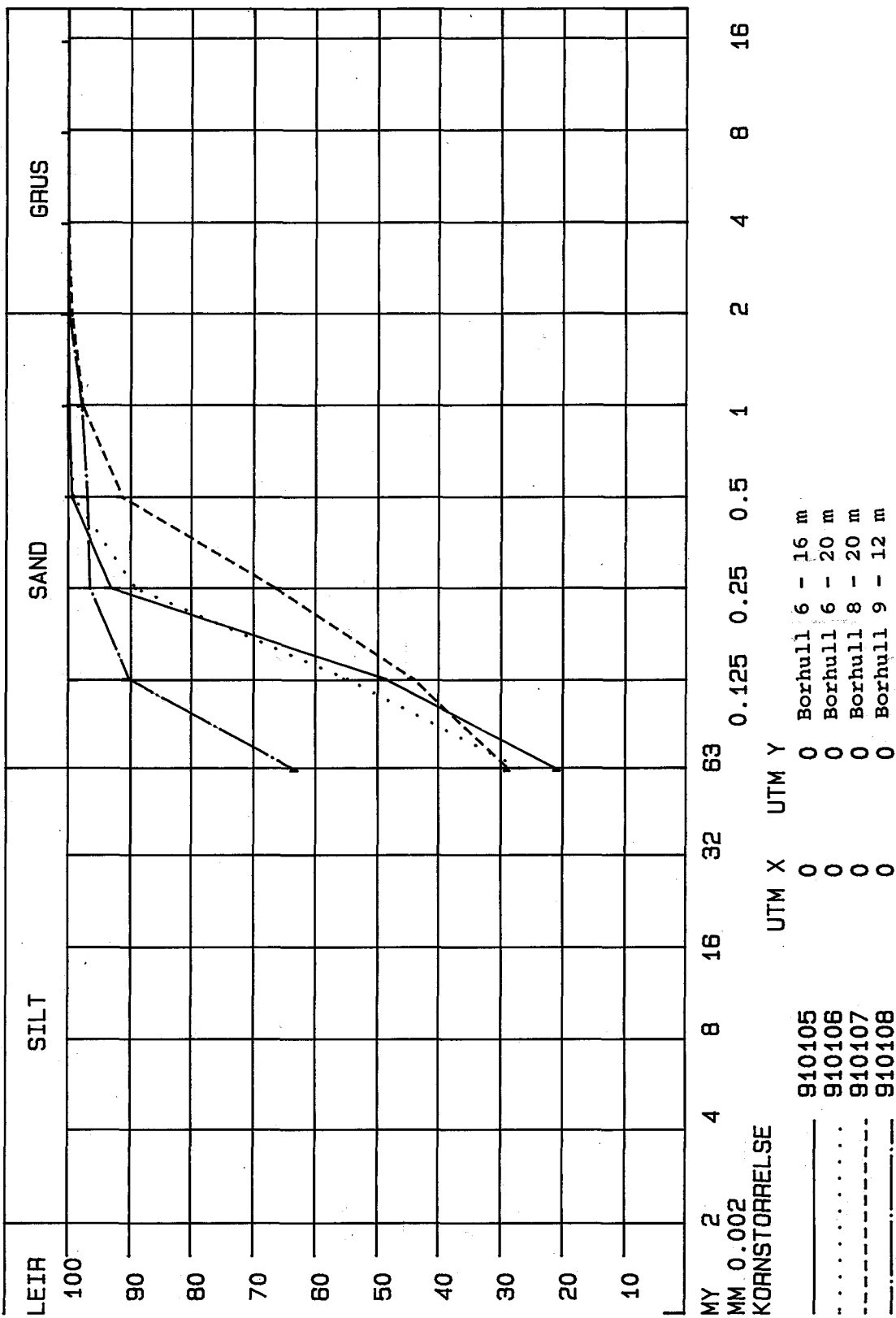
KORNFORDELINGSKURVE
ULLENSAKER XXXXX



Vedlegg 4b - Kornfordelingskurver

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
 SEDIMENTLABORATORIET

KORNFORDELINGSKURVE
 ULLENSAKER XXXXX

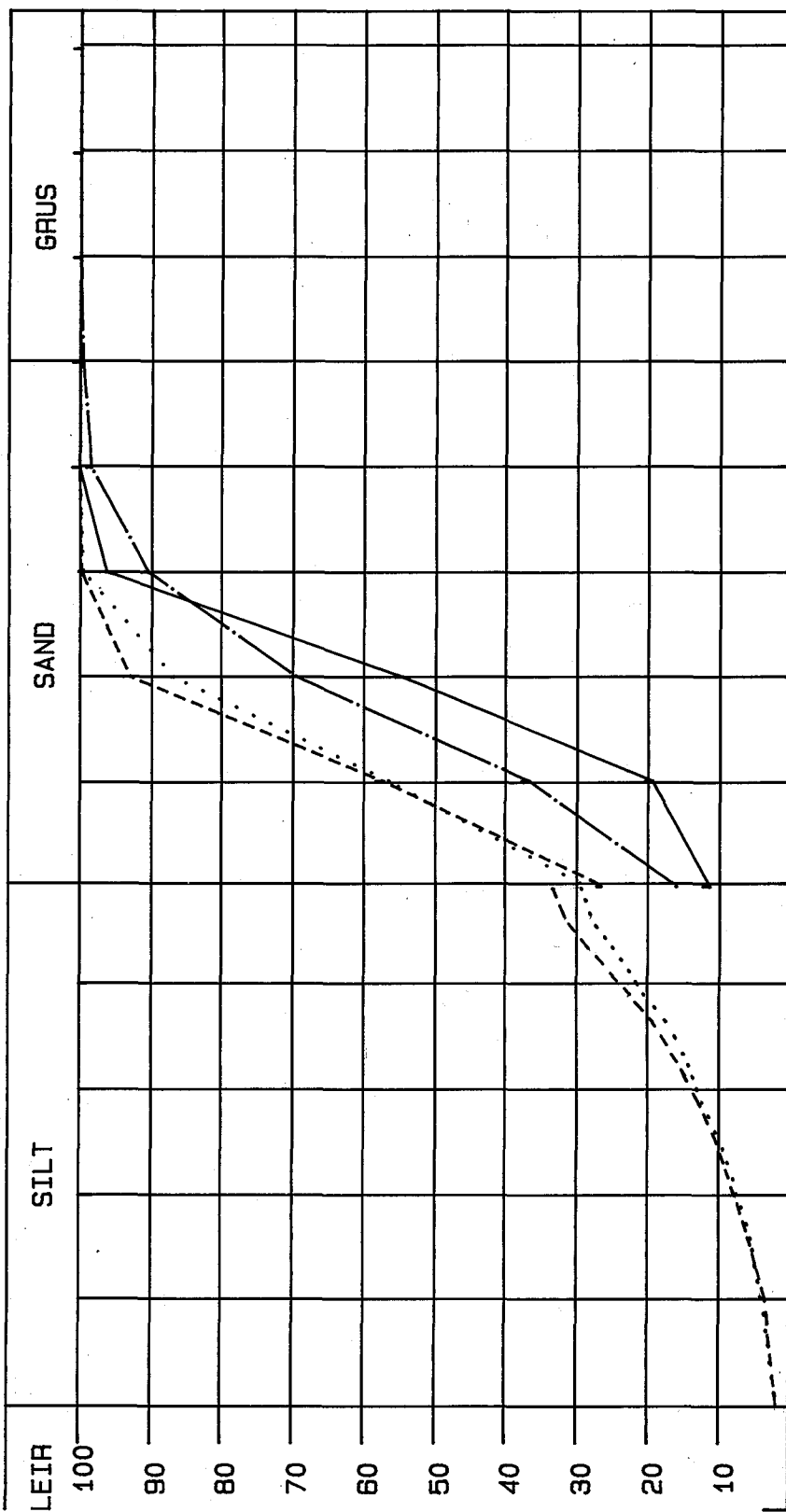


910105	0	0	0	0	Borhull 6 - 16 m
910106	0	0	0	0	Borhull 6 - 20 m
910107	0	0	0	0	Borhull 8 - 20 m
910108	0	0	0	0	Borhull 9 - 12 m

Vedlegg 4c - Kornfordelingskurver

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
 SEDIMENTLABORATORIET

KORNFORDELINGSKURVE
 ULLENSAKER XXXXX



MY 2 4 8 16 32 63 0.125 0.25 0.5 1 2 4 8 16

MM 0.002

KORNSTØRREELSE

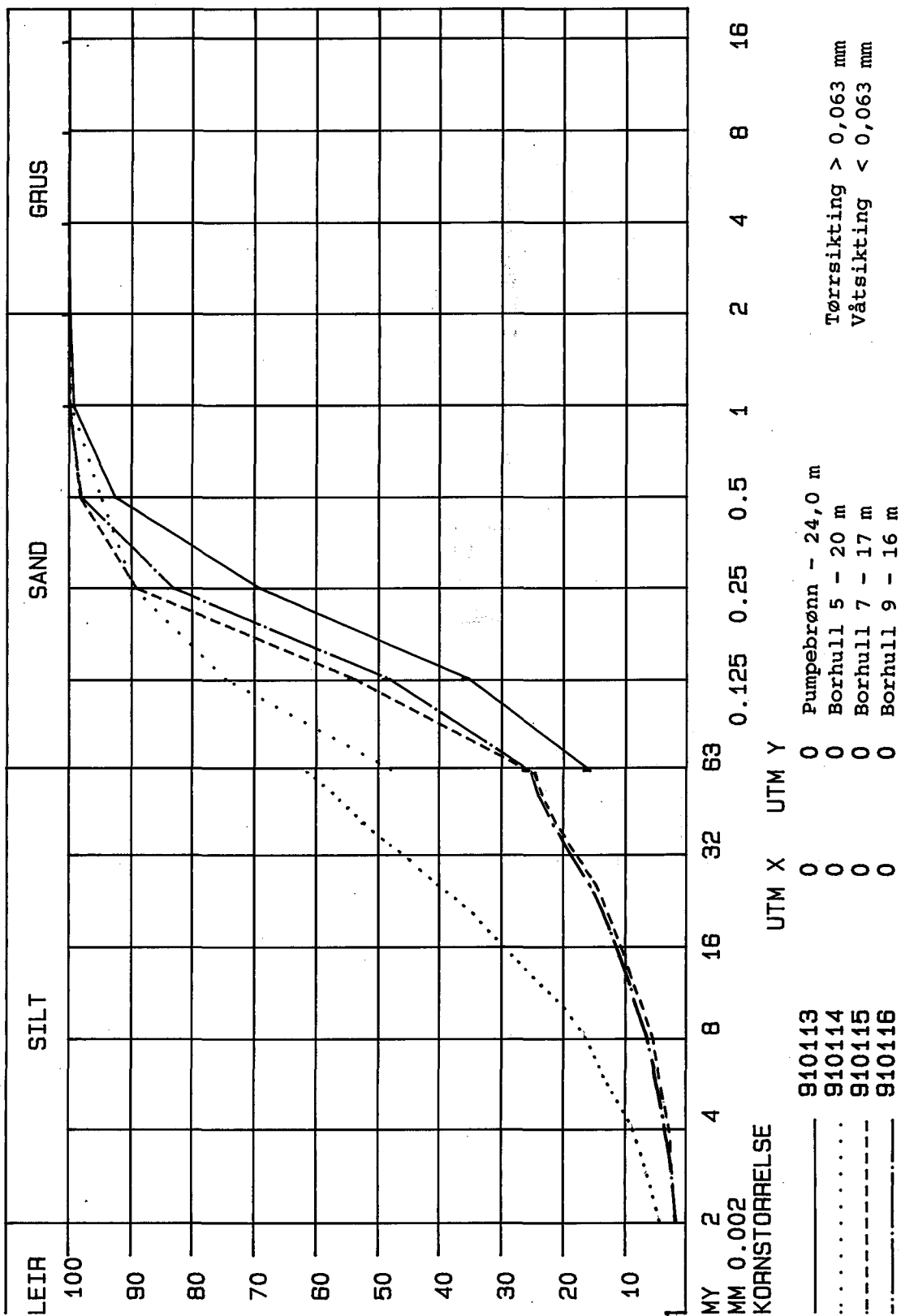
—	910108	0	0	0	0	Pumpebrønn - 16,5 m
.....	910110	0	0	0	0	Pumpebrønn - 18,0 m
-----	910111	0	0	0	0	Pumpebrønn - 19,5 m
.....	910112	0	0	0	0	Pumpebrønn - 22,5 m

Tørrsiktning > 0,063 mm
 Våtsiktning < 0,063 mm

Vedlegg 4d - Kornfordelingskurver

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
 SEDIMENTLABORATORIET

KORNFORDELINGSKURVE
 ULLENSAKER XXXXX



Tørrsiktning > 0,063 mm
 Våtsiktning < 0,063 mm

Pumpebrønn - 24,0 m
 Borhull 5 - 20 m
 Borhull 7 - 17 m
 Borhull 9 - 16 m

910113
 910114
 910115
 910116

MY 2 4 8 16 32 63
 MM 0.002
 KORNSTØRRELSE

0.125 0.25 0.5 1 2 4 8 16
 UTM X UTM Y

Vedlegg 4e - Vanninnhold i masseprøvene

<u>Prøve</u>	<u>Vekt % vanninnhold</u> g/g tørr masse	<u>Volum % vanninnhold</u> l/l tørr masse
Bh 8 - 4m	7,4 %	12,6 %
8 - 8m	5,7 %	9,7 %
8 - 12m	16,3 %	27,7 %
8 - 16m	5,4 %	9,2 %

Antatt romvekt = 1700 Kg/m^3 for massene

Vedlegg 5 - Grunnvannsmålinger i observasjonshullene

Date	Datum m.o.h.	7/1/91		8/1/91		08/3/91		21/3/91		11/4/91	
		m under rør topp	m.o.h	m under rør topp	m.o.h	m under rør topp	m.o.h	m under rør topp	m.o.h	m under rør topp	m.o.h
PB1	197.56	19.55	178.01	19.55	178.01	17.43 - 19.65	180.13 - 177.91			19.7	177.9
1	197.399	17.10	180.30	17.48	179.92	17.26	180.14	17.30	180.10	17.37	180.03
2	198.620	17.53	181.09	18.10	180.52	17.80	180.82	17.82	180.80	17.92	180.70
3	197.411	17.25	180.16	17.25	180.16	17.39	180.02	17.40	180.01	17.50	179.91
4a 4b	197.309 197.41			16.80	180.51	Tett på 16.74	<180.57	16.88	180.43	Tett	
5	198.509							17.96	180.55	18.07	180.44
6	196.899							16.57	180.33	16.65	180.25
11											
Date		11/4/91 *		23/4/91 (pumping)		23/4/91 (pumpe av 18 min)					
	Datum m.o.h.	m under rør topp	m.o.h	m under rør topp	m.o.h	m under rør topp	m.o.h	m under rør topp	m.o.h	m under rør topp	m.o.h
PB1	197.56	17.28	180.28	19.56	178.00	17.35	180.21				
1	197.399	17.32	180.08	17.45	179.95	17.44	179.96				
2	198.620	17.92	180.70	17.95	180.67						
3	197.411	17.49	179.92	17.54	179.87						
4a 4b	197.309 197.41	Tett		17.22	180.19						
5	198.509	18.06	180.45	18.10	180.41						
6	196.899	16.61	180.29	16.66	180.24						
11	197.75			17.75	180.00	17.62	180.13				

* etter "recovery-test"

Masseprøver fra Sessvollmoen

Vedlegg 6

Oljeinnhold mg/Kg tørr prøve (analysert hos IKU, Trondheim)

Prøve Nr.	Loka- litet	Dyp (m)	Mineralolje mg/Kg
1	PB	3	Ikke påvist
2	PB	4,5	14000
3	PB	6,5	7800
4	PB	7,5	1800
5	PB	9,5	1800
6	PB	10,5	1200
7	PB	12,5	180
8	PB	13,5	55
9	PB	15	32
10	PB	16,5	23
11	PB	18	76
12	PB	18	87
13	PB	19,5	88
14	PB	21	23
15	PB	22,5	76
16	PB	24	30
5/4	5	4	4
5/8	5	8	2400
5/12	5	12	3
5/16	5	16	34
5/20	5	20	2
6/4	6	4	2
6/8	6	8	2
6/12	6	12	11
6/16	6	16	2
6/20	6	20	2
7/4	7	4	13000
7/8	7	8	710
7/12	7	12	5
7/16	7	16	3
7/17	7	17	23
8/4	8	4	2
8/8	8	8	4
8/12	8	12	1
8/16	8	16	2
8/20	8	20	2
9/4	9	4	3
9/8	9	8	4
9/12	9	12	13
9/16	9	16	2
10/4	10	4	2
10/8	10	8	8
10/12	10	12	13
10/16	10	16	3

VEDLEGG 7 - ORGANISKE ANALYSERESULTATER

Total Carbon (TC) & "Non-purgeable" carbon (NPC) målinger

Grunnvann fra Pumpebrønnen, Sessvollmoen

Analysert hos SINTEF / IKU - Trondheim

Dato (pumpebrønn)	Uluftet karboninnhold mg/l (TC)	Surgjort & luftet prøve mg/l (NPC)	Forskjell mg/l
10.1.91	19,6	7,3	12,3
08.3.91	18,9	1,4	17,5
21.3.91	24,3	1,6	22,7
10.4.91	19,0	1,0	18,0
17.4.91	19,0	1,3	17,7
Obs.rør 6 (15/4/91)	54,3	5,8	48,5
Referanse	6,2	3,5	2,7

Referanseprøven (uforurenset) = kranvann fra Jonsvannet, Tr.h.

Surgjøring, og lufting av prøver med nitrogen-gass, blir gjort for å ta bort $\text{CO}_2/\text{HCO}_3^-$ (uorganisk karbon) fra prøven. Derfor gir tallet etter lufting vanligvis total organisk karbon (TOC). Lufting tar også bort flyktige organiske forbindelser (f.eks. lette hydrokarboner) i prøven. Man finner derfor at:

Tall (luftet) = TOC - flyktige organiske karboner

Tall (uluftet) = TOC + $\text{CO}_2/\text{HCO}_3^-$

Forskjellen mellom det luftede tall og det uluftede skyldes derfor både innhold av $\text{CO}_2/\text{HCO}_3^-$ og innhold av flyktige organiske forbindelser.

THC - Analyseresultater

Analysert hos IKU, Trondheim

Dato	Sted	THC (total hydrokarbon-innhold) mg/l
10.1.91	PB	2,4
08.3.91	PB	0,08
21.3.91	PB	0,06

Vedlegg 8a

	Na	K	Mg	Ca	Cl	SO ₄	N-NO ₃	Alk meq/l	Cond uS/cm	pH	Temp C
Transjøen	5,8	1,5	4,7	50,9	6,2	18,3	0,1	2,6	255	7,8	
Trandum bygg 111	3,5	1,0	3,0	53,0	2,5	13,0	2,0	2,7	290	8,1	
Sessvollmoen Bygg 14	3,25	<0,2	3,88	30,99	3,68	11,4	1,4	1,63	196	7,99	6,8

Uorganisk kjemisk sammensetning for grunnvann ved Bygg 111 Trandum, for Transjøen samt for Bygg 14 sessvollmoen (pumpebrønn). Data for Transjøen etter Jørgensen og Østmo (1991); data for Trandum etter Storrø (1991). Data for Sessvoll er basert på en prøve fra pumpebrønnen 21/3/91

Ioninnhold i mg/l

SESSVOLLMOEN PUMPEBRØNN

VEDLEGG 8b

Uorganisk kjemi

Uorganiske
analyseresultaterHovedioner

	mg/l	meq/l	% av total
Kationer			
Ca ⁺⁺	30.99	1.55	77.1
Mg ⁺⁺	3.88	0.319	15.9
Na ⁺	3.25	0.141	7.0
K ⁺	<0.20		

Total		2.01	100
Anioner			
Cl ⁻	3.68	0.104	5.0
SO ₄ ⁼	11.4	0.237	11.5
NO ₃ ⁻	6.15	0.099	4.8
HCO ₃ ⁻ + CO ₃ ⁼	99.5	1.63	78.7

Total		2.07	100

Ionebalanse = (Kat - An) * 100% / (Kat + An) = -1,5 %

Alkalitet = 81.6 mg/l CaCO₃
 Total Hardhet = 93.4 mg/l CaCO₃
 Ikke-karbonat hardhet = 11.8 mg/l CaCO₃
 Ionestyrke = 3.09 mmol/l

Mindre Elementer

Si	6.13 mg/l	F ⁻	< 50.0 ug/l
Al	23.2 ug/l	NO ₂ ⁻	< 50.0 ug/l
Fe	<10.0 ug/l	Br ⁻	< 50.0 ug/l
Mn	< 2.0 ug/l	PO ₄ ³⁻	< 50.0 ug/l
Cu	4.9 ug/l		
Ba	110.2 ug/l		
Sr	136.5 ug/l		
P	<100.0 ug/l		
Pb,Ce både	<50.0 ug/l		
Ni	<40.0 ug/l		
B	<20.0 ug/l		
Ti,Co,Mo,Cd,Cr,Ag,La	alle < 10.0 ug/l		
Zn,V, Zr	alle < 5.0 ug/l		
Be,Li,Sc,Y	alle < 2.0 ug/l		

Feltmålinger kontra lab.målinger

	Felt 21/3/91	Lab.
Ledningsevne	118 uS/cm	196 uS/cm (25°C)
pH	7.9	7.99
Alkalitet		1.63 mmol/l
Temperature	6.8°C	

Appendiks:

- 1) Analyse av "recovery-test" data
- 2) Størrelsen av brønnens innstrømningsområde
- 3) Resultat fra analyse av grunnvann den.10 januar 1991
- 4) Resultater fra analyser av masseprøver fra pumpebrønnen
- 5) Resultater fra analyser av masseprøver fra
prøvetakingshullene.
- 6) Forslag til overvåking
- 7) Vurdering av ulike tiltaksmetoder

Appendiks 1

Analyse av "recovery-test" data

Den 11. april 1991, ble pumpen slått av Kl.1400, og stigningen i grunnvannspeilet ble observert i alle observasjonsrør. Pumpen ble slått på igjen Kl.1505. På den 18. og den 23. april 1991 ble det også utført korte "recovery"-tester av ca. 8-10 minutters varighet. Ofte er det mulig å bruke slike tester til å kalkulere transmissiviteten til akviferen. Alle lett-gjennomførbare kalkuleringsmetoder antar likevel flere forhold som ikke gjelder for Sessvollmoen. For forholdene ved Sessvollmoen er det meget vanskelig å finne en passende kalkulasjonsmetode. Dette skyldes flere faktorer:

i) brønnen og rør går gjennom bare noen få metre av en titalls-meter tykk akvifer. Akviferen er derfor bare delvis penetrert.

ii) akviferen er delvis ganske finkornig og åpen ("ikke lukket"). Derfor vil "forsinket vannavgivelse" spille en viktig rolle i brønnens respons.

iii) på grunn av behovet for kontinuerlig pumping ved pumpebrønnen var det ikke mulig å utføre en langvarig recovery test.

iv) akviferen er ikke homogen, men lagdelt

v) de viktige observasjonspunktene (1 & 6) ligger bare 1 og 5 m fra pumpebrønnen. De fleste analyseringsmetodene antar at pumpebrønnens diameter er neglisjerbar i forhold til avstand til observasjonsrøret, og at vertikale komponenter i grunnvannstrømning er neglisjerbare. For nærliggende rør er dette ikke alltid gyldig.

Flere vanlige metoder har likevel blitt prøvd for å finne ut om akviferens hydrauliske egenskaper. Disse gir følgende resultater:

Theim: $T = 53 \text{ m}^2/\text{d}$. (Kan brukes for åpne akviferer hvis senkning er lite i forhold til akviferens mektighet).

Jacob (pumpebrønnen): $T = 28 \text{ m}^2/\text{d}$

Jacob (obs. rør 1): $T = 121 \text{ m}^2/\text{d}$.

Jacob (obs. rør 6): $T = 476 \text{ m}^2/\text{d}$.

Detaljer om metodene finnes i Krusemann & DeRidder (1990). Verken Theim-metoden eller Jacob-metoden er egnet til delvis-penetrerte akviferer, slik at transmissivitets-verdiene (T) må ansees som grove anslag. Metodene gir ingen betydningsfulle verdier for magasin-tallet (S).

Appendiks 1

Recovery test den 11.april 1991 $Q = 1800$ l/t

Pumpen slått av 1400; slått på 1505. Vannnivå i hullene = m under datum (rørtopp).

Hull

	1400										1457
PB1	19.7										17.28
1	1400	1401	1405	1406	1415	1420	1425	1435	1440	1450	1500
	17.37	17.37	17.37	17.37	17.36	17.35	17.34	17.34	17.33	17.33	17.32
2	1400				1411				1445		
	17.92				17.92				17.92		
3	1400				1413				1448		
	17.50				17.50				17.49		
5	1400			1408					1443		
	18.07			18.07					18.06		
6	1400	1402	1404	1407	1416			1430	1442		1500
	16.65	16.63	16.63	16.62	16.62			16.62	16.61		16.61

Recovery-test den 18. april 1991 $Q = 1800$ l/t

Hull Minutter etter at pumpen ble slått av.

	0	1	2	3	4	5	6
PB1	19.56	18.00	17.52	17.38	17.33	17.31	17.31

Recovery-test den 23. april 1991 $Q = 1800$ l/t

Hull Minutter etter at pumpen ble slått av.

	0	3	4	5	6	7	8	10
PB1	19.56	17.45	17.42	17.39	17.37	17.35	17.35	17.35
1	17.45						17.44	
2	17.95							
3	17.54							
4	17.22							
5	18.10							
6	16.66							
11	17.75						17.62	17.61

JACOB ANALYSE

Recovery-test på pumpebrønnen

- = Recovery test den 18. april 1991
- x = Recovery test den 23. april 1991

$Q = 1800 \text{ l/t} = 43,2 \text{ m}^3/\text{d}$

$r = 0,07 \text{ m}$

$\Delta s = 2,255 \text{ m} - 1,972 \text{ m} = 0,283 \text{ m}$

$t_0 = 7,47 * 10^{-11} \text{ d}$

$T = \frac{2,30 * Q}{4 * \pi * \Delta s}$

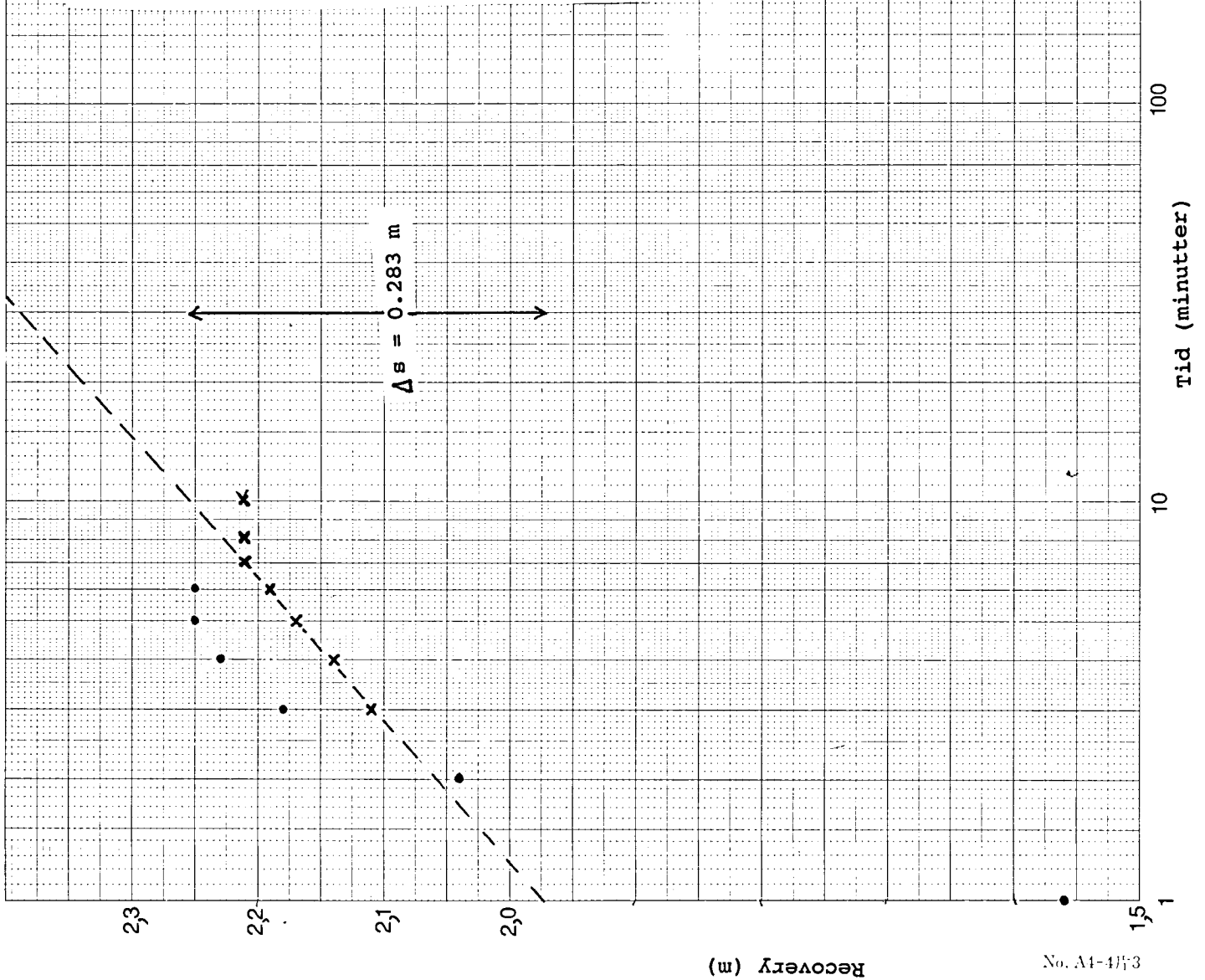
$S = \frac{2,25 * T * t_0}{r^2}$

$T = 27,9 \text{ m}^2/\text{d}$

$(S = 9,6 * 10^{-7})$

$u = \frac{r^2 S}{4Tt}$ metoden gjelder for $u < 0,01$

$u < 0,01$ for alle $t > 6 * 10^{-6} \text{ min}$



JACOB ANALYSE

Recovery-test 11. april 1991

- = observasjonsrør 1
- × = observasjonsrør 6

$Q = 1800 \text{ l/t} = 43,2 \text{ m}^3/\text{d}$
 $r = 1.0 \text{ m (obs.1)} ; 5.0 \text{ m (obs.2)}$
 $\Delta s_1 = 0.0672 \text{ m} - 0.002 \text{ m} = 0.0652 \text{ m}$
 $\Delta s_6 = 0.0283 \text{ m} - 0.0117 \text{ m} = 0.0166 \text{ m}$
 $t_{01} = 10.3 \text{ min} = 0.00715 \text{ d}$
 $t_{06} = 0.197 \text{ min} = 0.000137 \text{ d}$

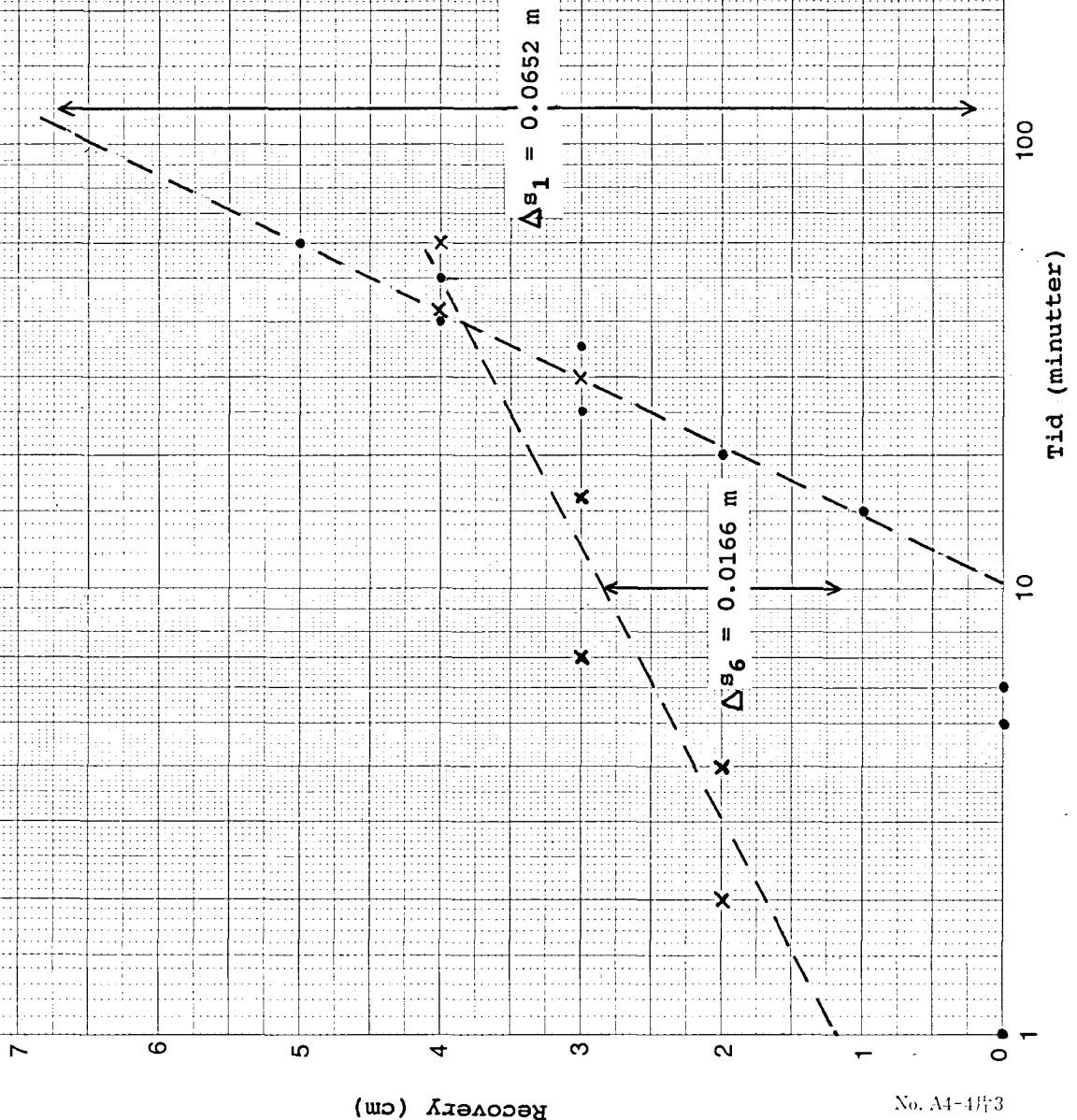
$$T = \frac{2.30 * Q}{4 * \pi * \Delta s} \quad S = \frac{2.25 * T * t_0}{r^2}$$

$$T_1 = 121 \text{ m}^2/\text{d} \quad (S_1 = 1,96)$$

$$T_6 = 476 \text{ m}^2/\text{d} \quad (S_6 = 0.0059)$$

$u = \frac{r^2 S}{4Tt}$ metoden gjelder for $u < 0.01$

$u_1 < 0.01$ for alle $t > 583 \text{ min}$
 $u_6 < 0.01$ for alle $t > 11 \text{ min}$

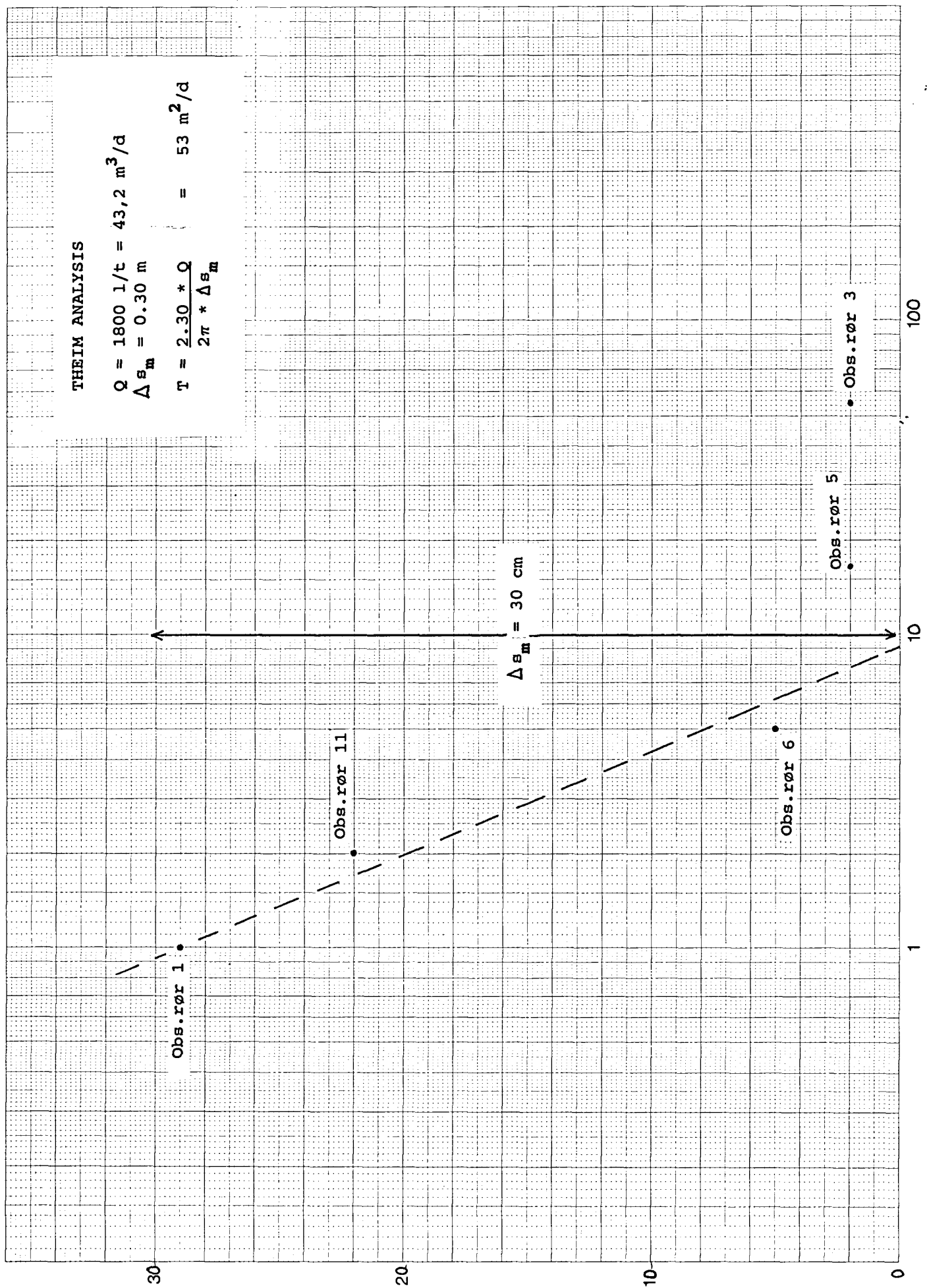


THEIM ANALYSIS

$$Q = 1800 \text{ l/t} = 43,2 \text{ m}^3/\text{d}$$

$$\Delta s_m = 0.30 \text{ m}$$

$$T = \frac{2.30 * Q}{2\pi * \Delta s_m} = 53 \text{ m}^2/\text{d}$$



Appendiks 2

Størrelsen av brønnens innstrømningsområde

For å kontrollere om det beregnede innstrømningsområdet i Tegninger 11a og 11b er riktig, kan man benytte ligninger som er utarbeidet for forurensningskontroll-brønner. Mutch (1989) viser at L (bredden av innstrømningssonen - se tegning 11b) kan kalkuleres ved;

$$L = \frac{Q}{T \cdot i} \quad \text{derfor} \quad T = \frac{Q}{L \cdot i}$$

for Sessvollmoen derfor:

$$L = \text{ca. } 25 \text{ m (tegning 11b)}$$

$$T = \frac{43,2 \text{ m}^3/\text{d}}{25 \text{ m} \cdot 0,011} = 157 \text{ m}^2/\text{d}$$

Dette gir en T-verdi med det samme størrelsesordenen som Theim og Jacob metodene. Mutch oppga også at:

$$r_{ps} = \frac{L}{2 \cdot \pi} = \frac{25 \text{ m}}{6,28} = 4 \text{ m}$$

hvor r_{ps} er utstrekningen av innstrømningsområdet ned langs den naturlige grunnvannsgradienten. Dette svarer godt til tegning 11b, hvor $r_{ps} = 5 \text{ m}$. Kalkulasjonene oppgitt av Mutch skal egentlig bare gjelde for brønner som penetrerer hele akviferen. At de svarer ganske godt med den mer empiriske tegningsmetoden benyttet i Tegninger 11a & b tyder på at resultatene ligger på riktig nivå.

I den øvrige diskusjonen er det til en viss grad antatt at akviferen er

homogen. I den reele lagdelte akviferen vil ikke strømningmønstrene være det samme i alle lag. Vertikale grunnvannsbevegelser mellom lag blir også viktige. Den fremstilte bildet må derfor ansees igjen som grovt.

Appendiks 3

Utsnitt fra Johnsen & Thorvaldsen (1991)

**Resultat fra analyse av grunnvann,
den 10. jan.1991**



Institutt for kontinentalsokkelundersøkelser og petroleumsteknologi A/S
Continental Shelf and Petroleum Technology Research Institute

S.P. Andersen veg 15 b * N-7034 Trondheim, Norway
Tel.: + 47 7 591100 * Telex: 55 434 iku n * Teletex: + 47 7 591102 (out.)

RAPPORT

REG.NR.:	TILGJENGELIGHET:
91.022	Begrenset

RAPPORT TITTEL:
ANALYSE AV HYDROKARBONER OG ORGANISK KARBON I VANNPRØVER. RAPPORT II
RAPPORT NR.: 22.1885.30/01/91
FORFATTER(E):
Ståle Johnsen og Bodil Thorvaldsen

ATO:	ANT. SIDER:	ANT. BILAG:	PROSJEKTLEDER:	SIGN:
6-FEB-91	9		Ståle Johnsen	<i>Ståle Johnsen</i>
PPDRAGSGIVER:			GODKJENT AV FAGLIG ANSVARLIG:	SIGN:
			Per S. Daling	<i>P. S. Daling</i>

Norges Geologiske Undersøkelser (NGU)/G. Storø

AMMENDRAG:

Totalt åtte vannprøver ble analysert for hydrokarboninnhold og fem for innhold av organisk karbon.

Resultatene viste at nivåene lå noe høyere enn ved forrige analyse, og at innholdet av hydrokarboner var dominert av vannløselige deler av en oljefraksjon.

TIKKORD:	KEY WORDS:
Hydrokarboninnhold	
Organisk Karbon	
Vannprøver	

3. RESULTATER OG DISKUSJON

Tabell 3.1 viser resultatene fra analysen av totalt hydrokarboninnhold (THC) og totalt organisk karbon (TOC). Kromatogrammene av prøvene samt en blindprøve er gitt i vedlegg 1.

Konsentrasjonen av THC og TOC etter avgassing synes å ligge noe høyere for disse prøvene enn for de prøvene som ble analysert forrige gang (IKU rapport nr. 22.1885.30/01/90). Uten detaljert kjennskap til prøvetakningen er det vanskelig å si om denne variasjonen skyldes en signifikant økning i nivåene.

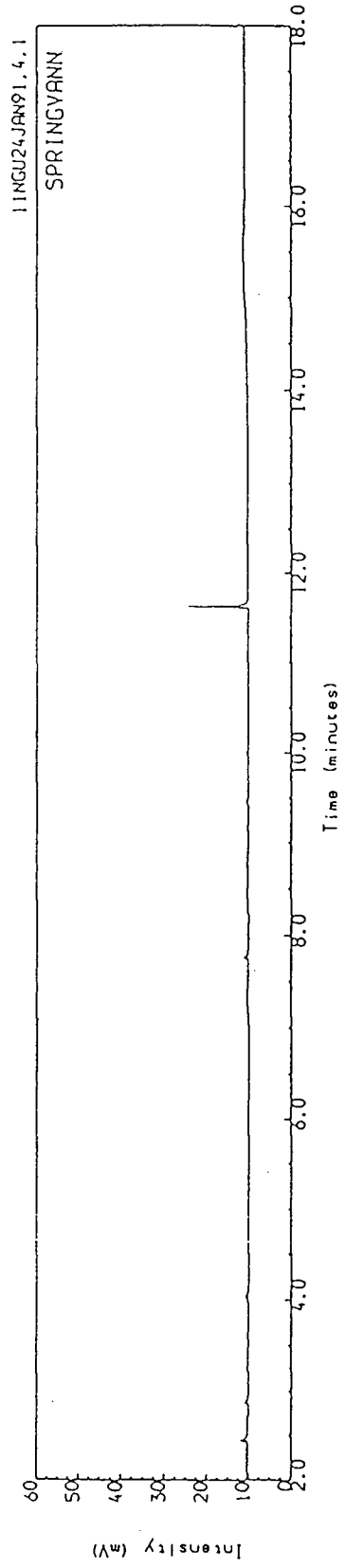
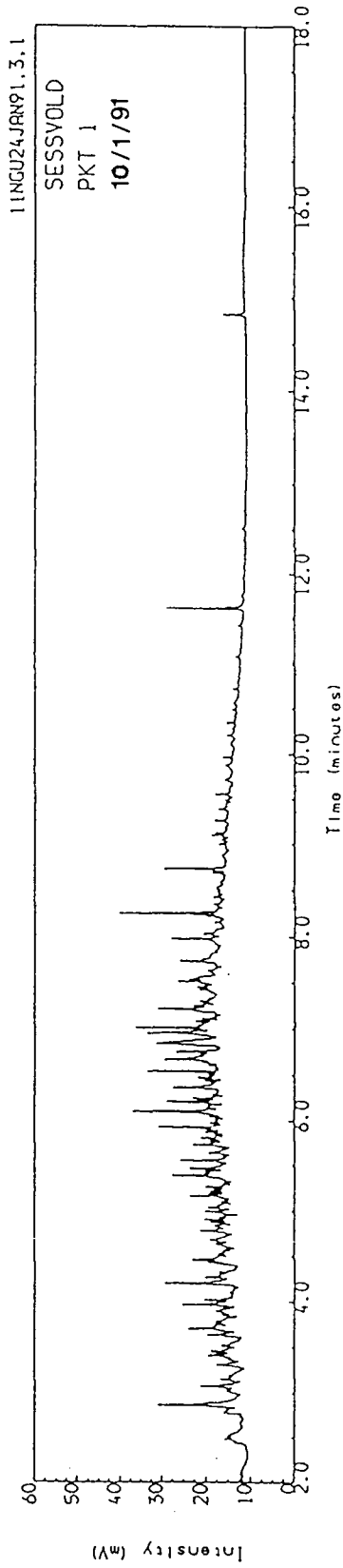
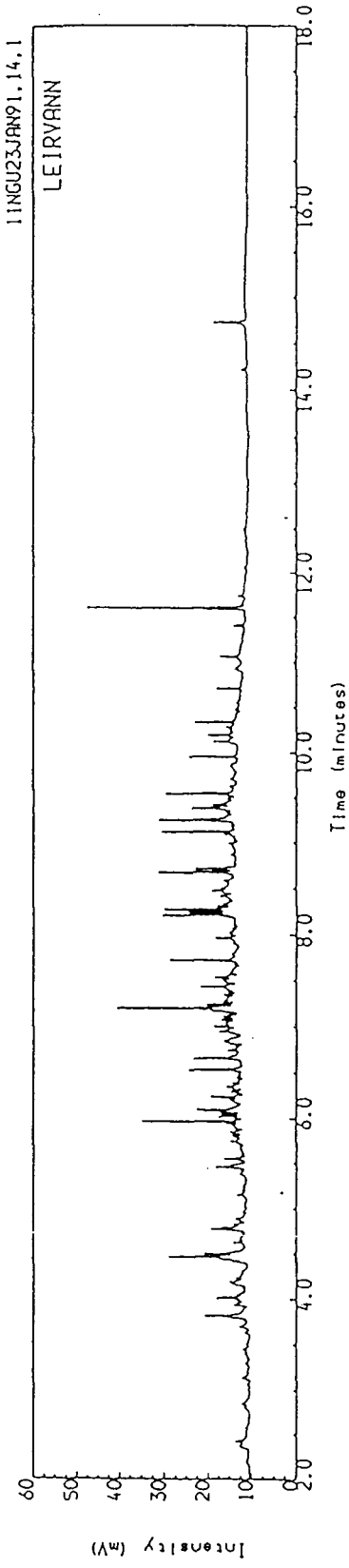
Tabell 3.1: Totalt hydrokarboninnhold (THC) og totalt organisk karbon (TOC) i prøvene gitt som mg/l.

Prøve	TOC		THC
	før gassing	etter gassing	
BH 1	-	-	1.2
BH 2	-	-	1.6
BH 3	-	-	0.90
BH 4	35.0	12.3	1.3
BH 5	48.0	8.2	0.63
BH 6	41.7	4.8	1.2
Leirvann	36.4	4.8	1.5
Sesvold pkt. 1	19.6	7.3	2.4
Blindprøve I	5.6	4.7	< 0.01
Blindprøve II	-	-	< 0.01

Kvalitativt sett er det bare prøve "BH 5" og i noen grad "BH 6" og "Leirvann" som viser klare spor av oljeinnhold, trolig en relativt lett fyringsolje/dieselolje. De øvrige prøvene viser et noe annet mønster, som trolig skyldes en oppkonsentrering av vannløselige hydrokarboner i vannfasen, og mindre tilstedeværelse av dispergert olje.

4. KONKLUSJON

Nivået av THC og TOC er noe høyere i disse prøvene enn for de tidligere analyserte. Det er ikke mulig å si om disse skyldes en signifikant økning av nivåene i prøvetakningsområdet eller om det skyldes andre forhold. Prøvene inneholder i vesentlig grad den vannløselige delen av en oljefraksjon, med unntak av "BH 5" hvor det observeres tydelige spor av en lett fyringsolje/dieselolje. Dette gjelder i noen grad også prøvene "BH 6" og "Leirvann".



Appendiks 4

Johnsen, 1991

**Resultatene fra analyser av masseprøvene
fra pumpebrønnen**



Institutt for kontinentalsokkelundersøkelser og petroleumsteknologi A/S
Continental Shelf and Petroleum Technology Research Institute

S.P. Andersen veg 15 b * N-7034 Trondheim, Norway
Tel.: + 47 7 591100 * Telex: 55 434 iku n * Telefax: + 47 7 591102 (aut.)

RAPPORT

REG.NR.:	TILGJENGELIGHET:
91.044	Begrenset

RAPPORT TITTEL:
ANALYSE AV HYDROKARBONER I JORD
RAPPORT NR.: 22.1885.34/01/91
FORFATTER(E):
Ståle Johnsen

DATO:	ANT. SIDER:	ANT. BILAG:	PROSJEKTLEDER:	SIGN:
22 mars-91	16	-	Ståle Johnsen	<i>Ståle Johnsen</i>
OPPDRAKSGIVER:	GODKJENT AV FAGLIG ANSVARLIG:		SIGN.:	
NGU v/ G. Storø	Liv Schou		<i>Liv Schou</i>	

SAMMENDRAG:

23 prøver av jord er analysert for hydrokarboninnhold vha. ultrasonisk ekstraksjon etterfulgt av ekstern standard gass-kromatografisk analyse.

Innholdet av hydrokarboner/olje i jordprøvene varierte fra 23 mg/kg - 14 g/kg tørr vekt. Alle prøvene inneholder signifikante spor av en lett oljefraksjon.

STIKKORD:	KEY WORDS:
THC	THC
Jord	Terrestrial material
NGU	NGU

1. INNLEDNING

Totalt 23 jordprøver ble mottatt for bestemmelse av innhold av hydrokarboner/olje. Prøvene var merket prøve nr. 1 - 23.

2. EKSPERIMENTELT

Prøvene ble ekstrahert i to trinn, først med metanol (3 x 100 ml) og deretter med diklormetan (3 x 100 ml). Ved begge ekstraksjonene ble prøvene utsatt for ultralydbehandling ved å føre en sonde ned i prøvematerialet. Etter hver ekstraksjon (3 x 2 min. for begge løsemidlene) ble prøvene sentrifugert og løsemiddelet filtrert av. De to løsemidlene var samlet separat som kombinerte faser fra hver delekstraksjon.

Metanolfasen (ca. 300 ml) ble ekstrahert med n-pentan (3 x 100 ml) etter tilsats av destillert vann (100 ml). Diklormetanfasen ble vasket med destillert vann (3 x 100 ml) for å fjerne rester av metanol. Diklormetan- og n-pentan fasene ble tilslutt kombinert og volumet ble redusert vha. rotavapor til passende volum for analysen (1 - 100 ml).

3 blindprøver ble laget ved å følge samme prosedyre men uten tilstedeværelse av jord i ekstraksjonen. Metoden ble kontrollert ved tilsats av en lett oljefraksjon til et ukontaminert sediment, og beregning av gjenvinning etter ekstraksjon. Siden ukontaminerte jordprøver ikke var tilgjengelige ble en tidligere undersøkelse av ekstraksjonseffektivitet lagt til grunn for denne kvalitetskontrollen.

Alle prøver ble analysert vha. gasskromatografi og kvantifisert ved bruk av marin diesel som ekstern standard.

3. RESULTATER OG DISKUSJON

Tabell 3.1 viser de kvantitative resultatene fra analysene. Mengdene varierte fra nær-bakgrunn 23 mg/kg til sterkt forurenset 14 g/kg. Kromatogrammene av prøvene er vist i figur 3.1 og viste at samtlige prøver inneholder signifikante spor av en lett oljefraksjon.

Tabell 3.2 viser resultater fra blindprøveanalysene og gjenvinningsforsøkene.

Deteksjonsgrensen (eller grenser for kvantifisering) er beregnet til 3.3 ng/kg. Kvalitetskontrollen viser en gjenvinning på 89.5 %. Dette er innenfor de grenser som anses som akseptable for denne metoden. I praksis betyr det at resultatene ligger ca. 10 % lavere enn de reelle verdiene. Samtidig oppgis den analytiske usikkerheten til ± 5 %. Resultatene i tabell 3.1 er ikke korrigert for den reduserte gjenvinningen.

Tabell 3.1 Resultater fra prøveanalysene.

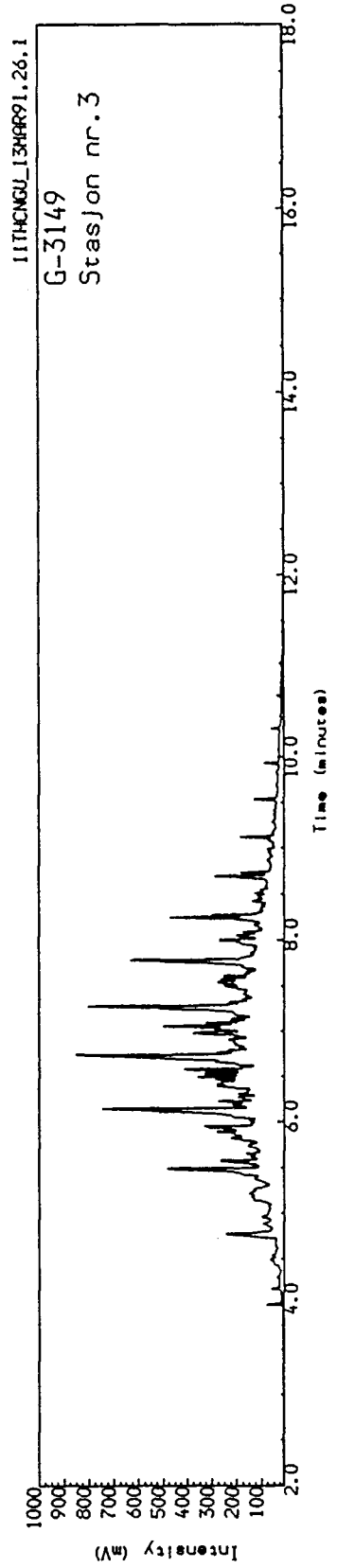
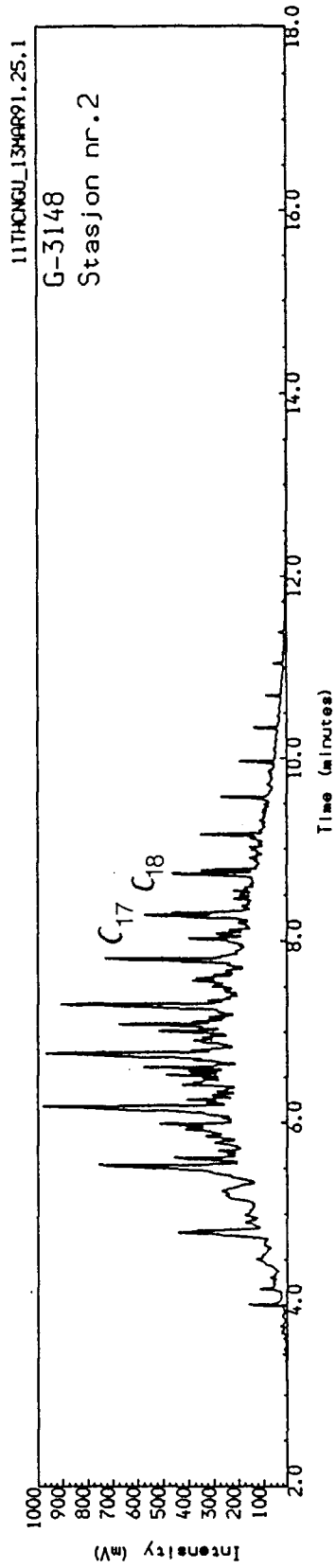
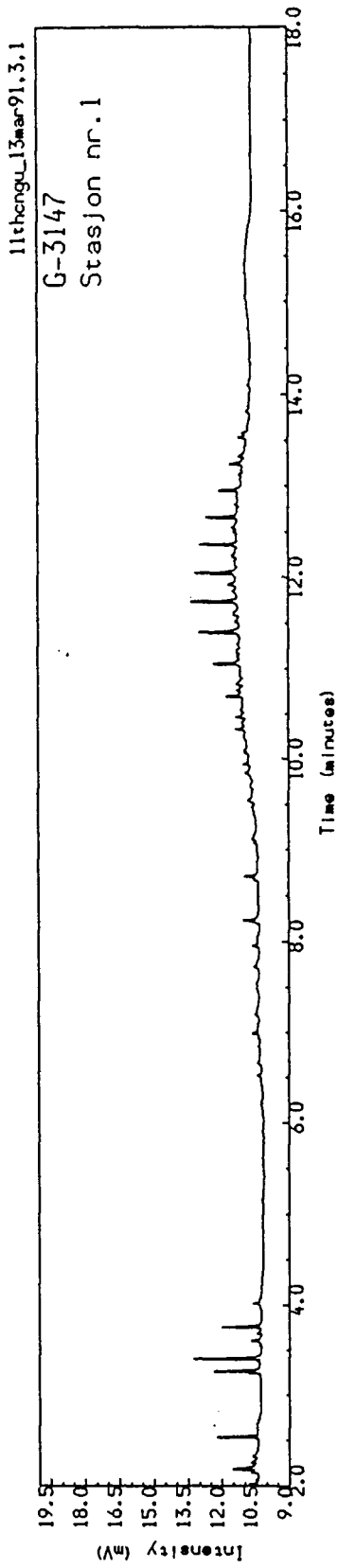
IKU nr.	Prøve nr.	Hydrokarboner g/kg tørr prøve	
			Dyp (m)
G3147	1		3
G3148	2	14	4,5
G3149	3	7.8	6,5
G3150	4	1.8	7,5
G3151	5	1.8	9,5
G3152	6	1.2	10,5
G3153	7	0.18	12,5
G3154	8	0.055	13,5
G3155	9	0.032	15
G3156	10	0.023	16,5
G3157	11	0.076	} 18
G3158	12	0.087	
G3159	13	0.088	19,5
G3160	14	0.023	21
G3161	15	0.076	22,5
G3162	16	0.030	24
G3163	17	6.2	} Trandum
G3164	18	3.7	
G3165	19	0.36	
G3166	20	4.3	
G3167	21	7.3	
G3168	22	0.94	
G3169	23	5.2	

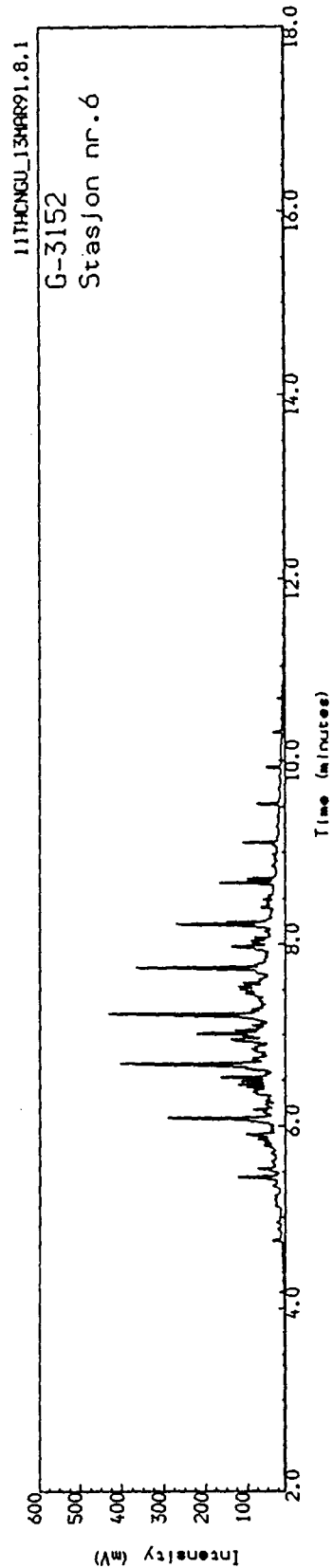
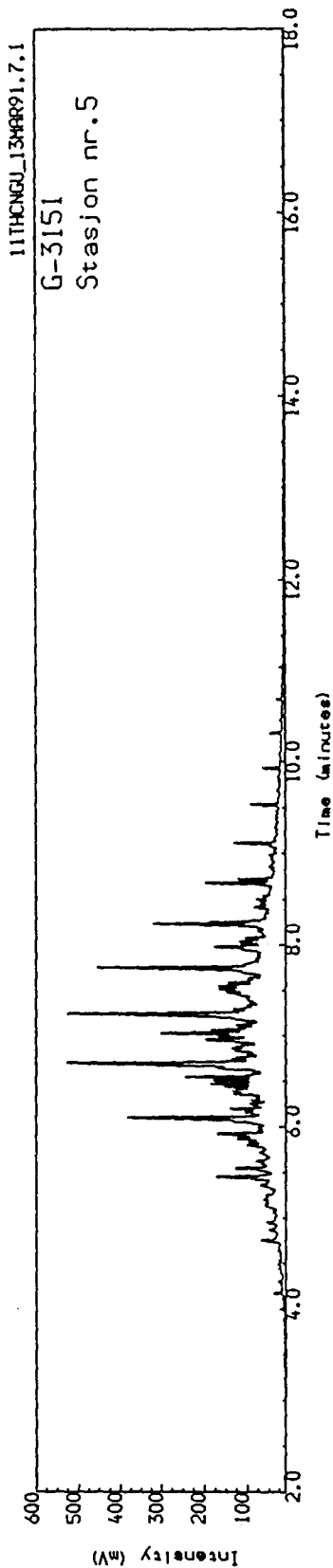
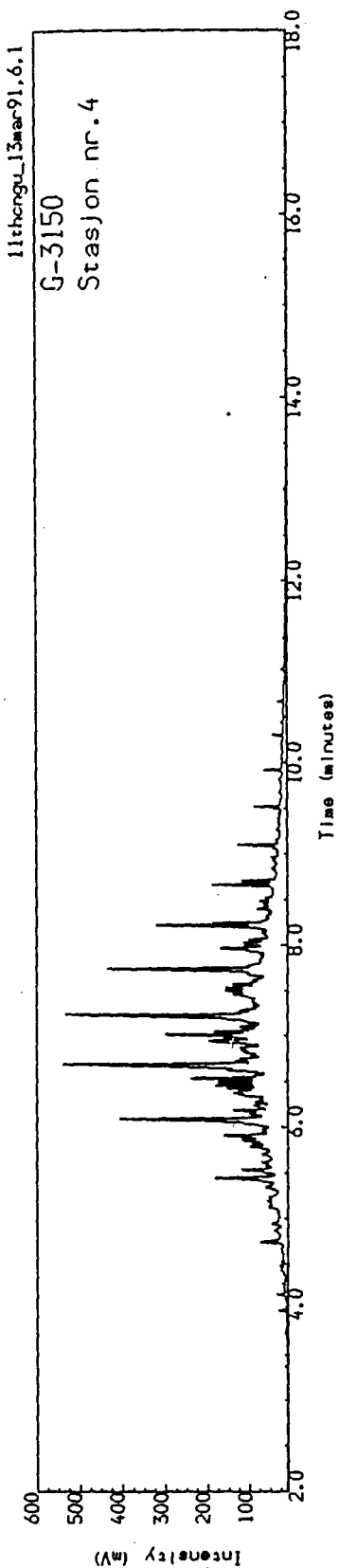
Tabell 3.2 Blindprøveanalyser samt gjenvinningsforsøk.

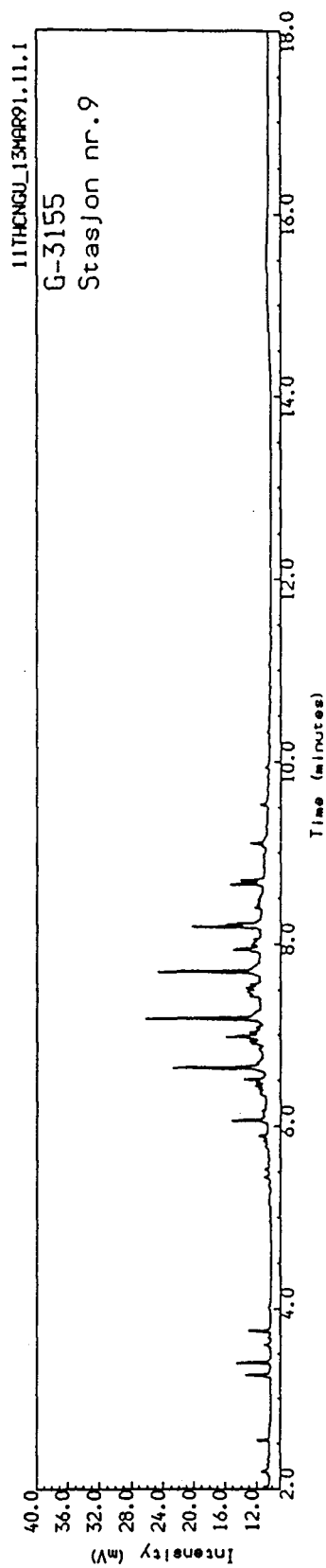
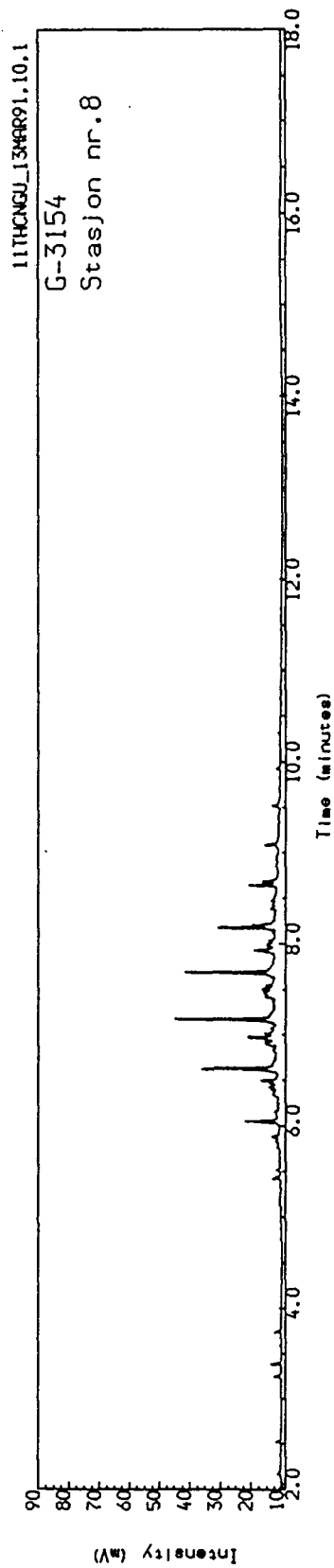
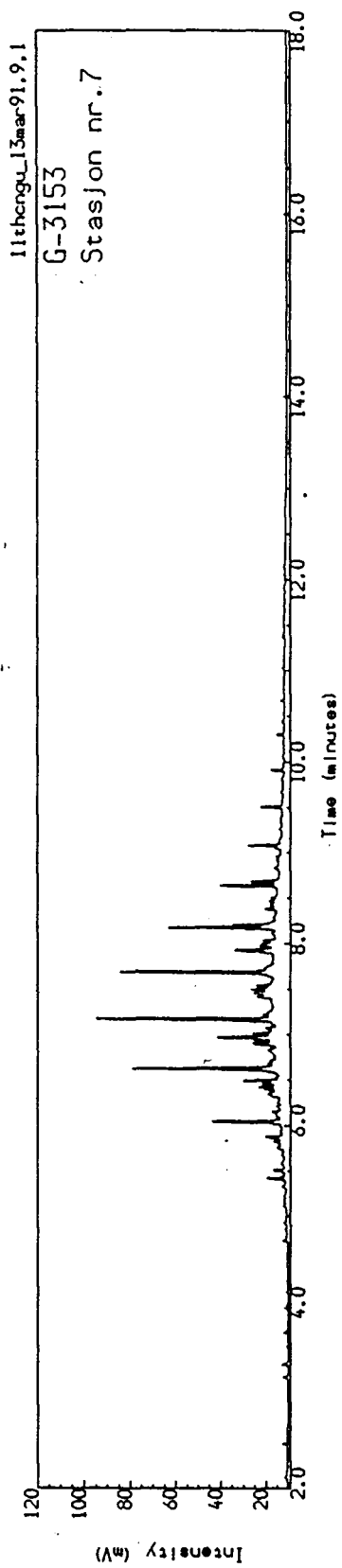
Prøve	Innhold mg/kg
Blind 1	0.61
Blind 2	0.061
Blind 3	0.092
Gjennomsnitt	0.25±0.31
Deteksjonsgrense (P>0.99) mg/kg	3.3
Deteksjonsgrense (P>0.99) g/kg	0.0033

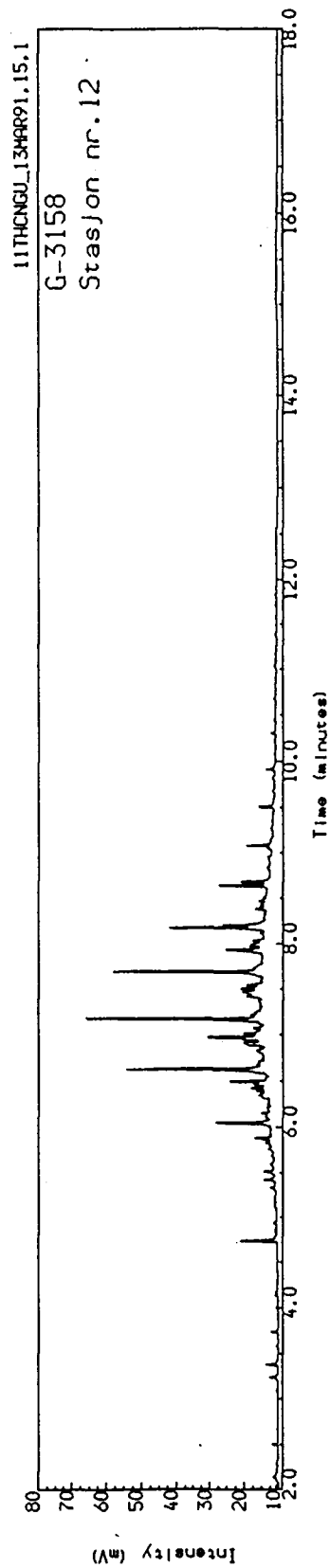
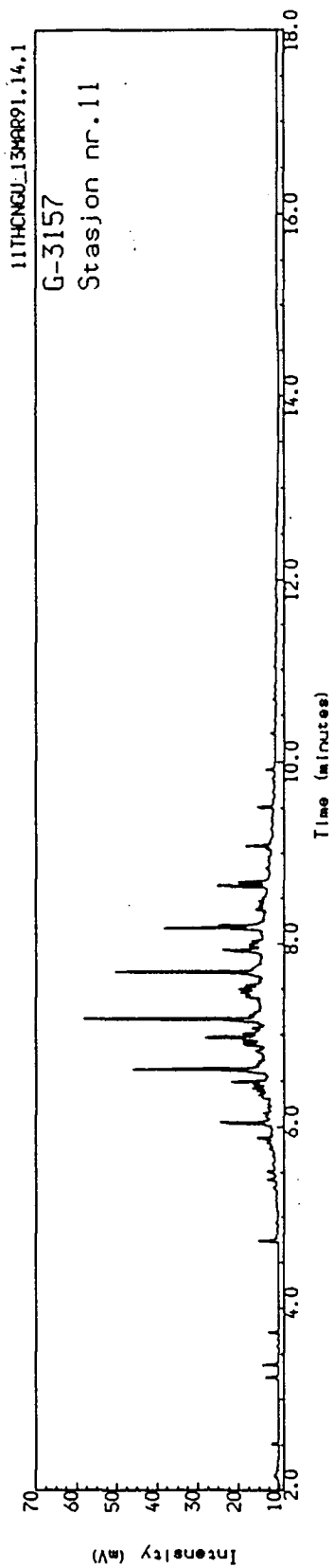
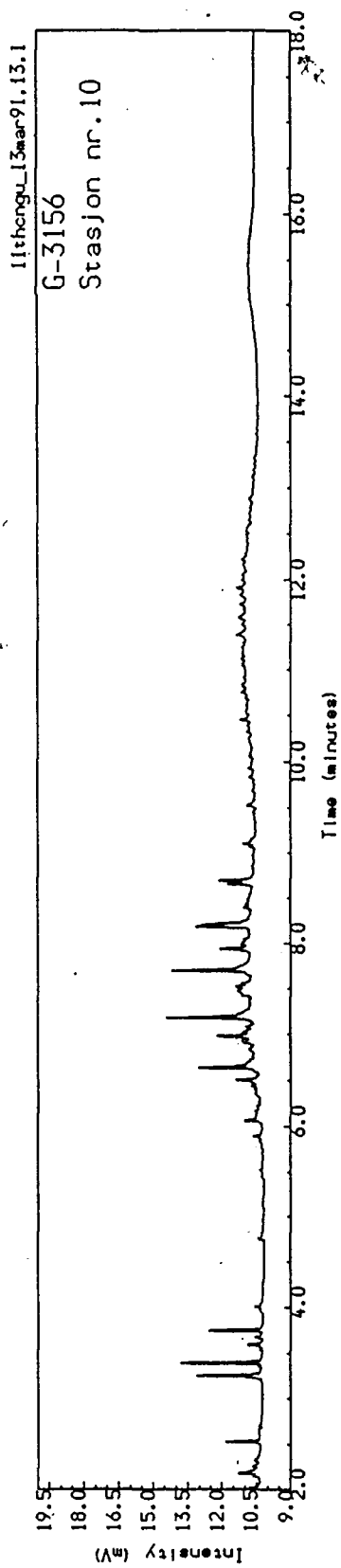
Prøve	Gjenvunnet %
Blind 1	91.4
Blind 2	85.5
Blind 3	91.9
Gjennomsnitt	89.5±3.1

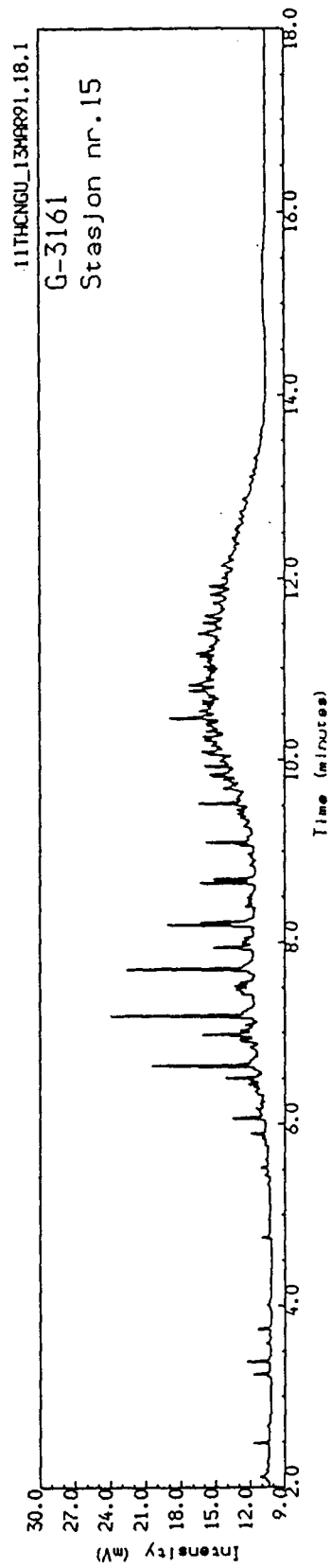
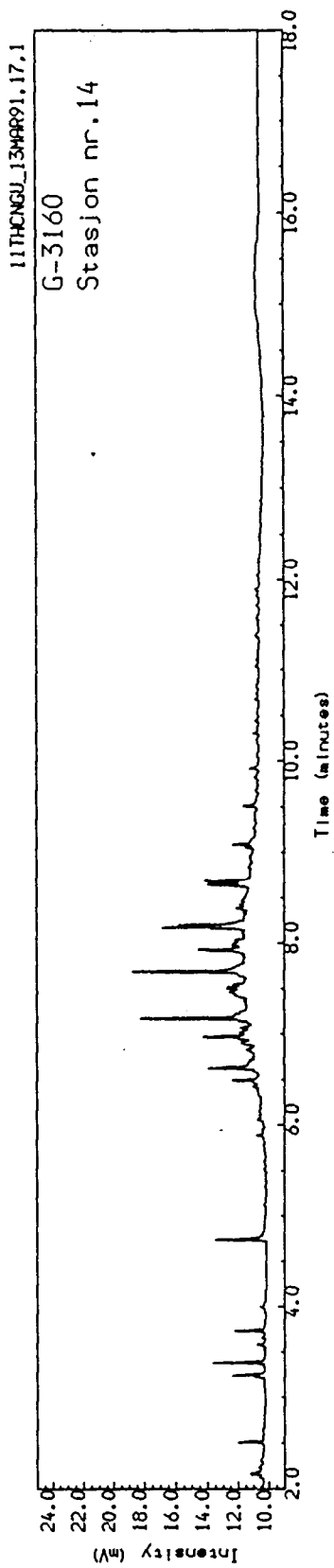
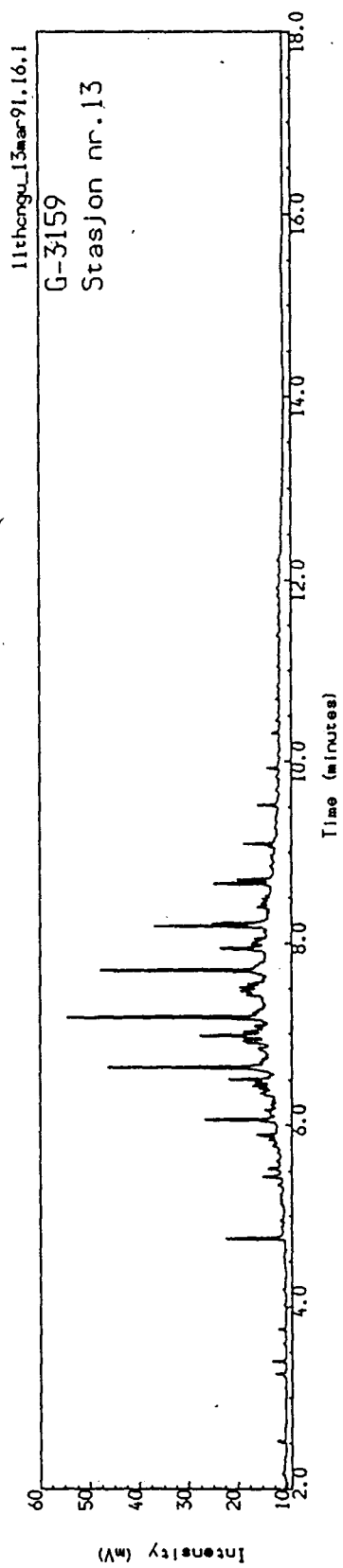
Figur 3.1 Kromatogrammer av prøvene

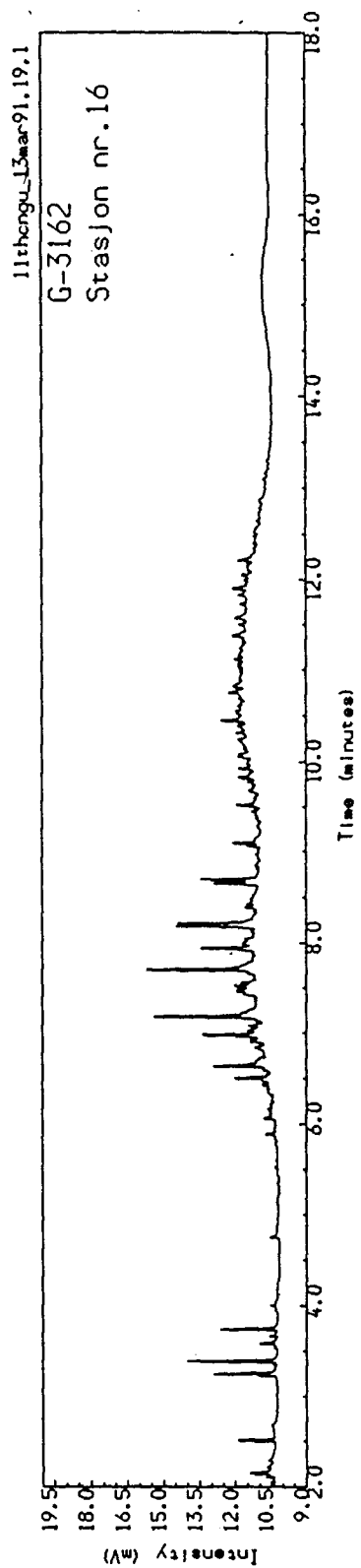


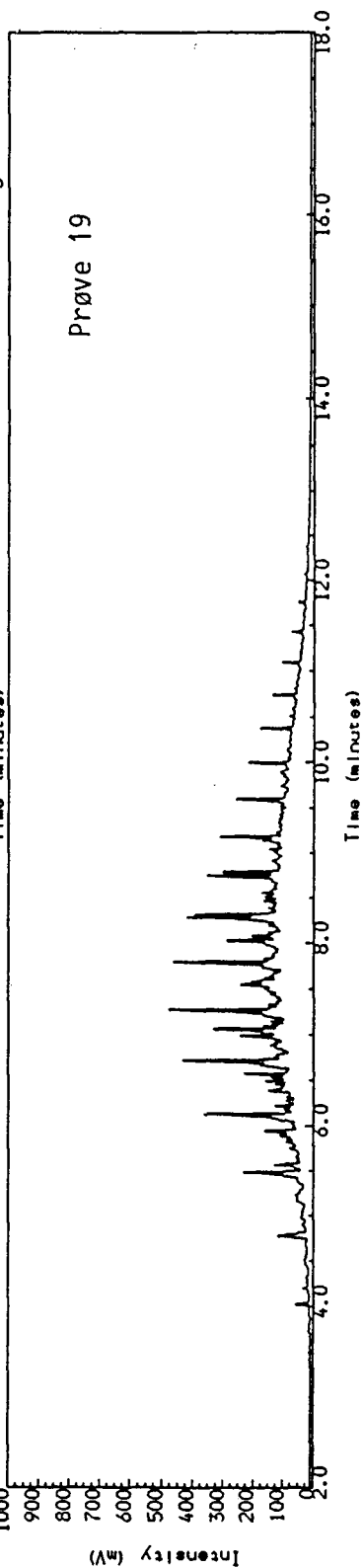
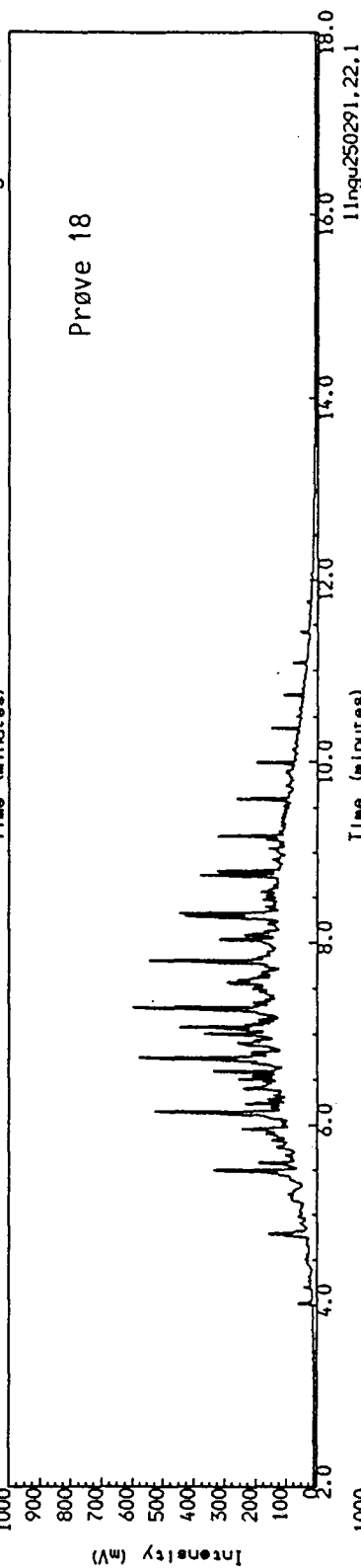
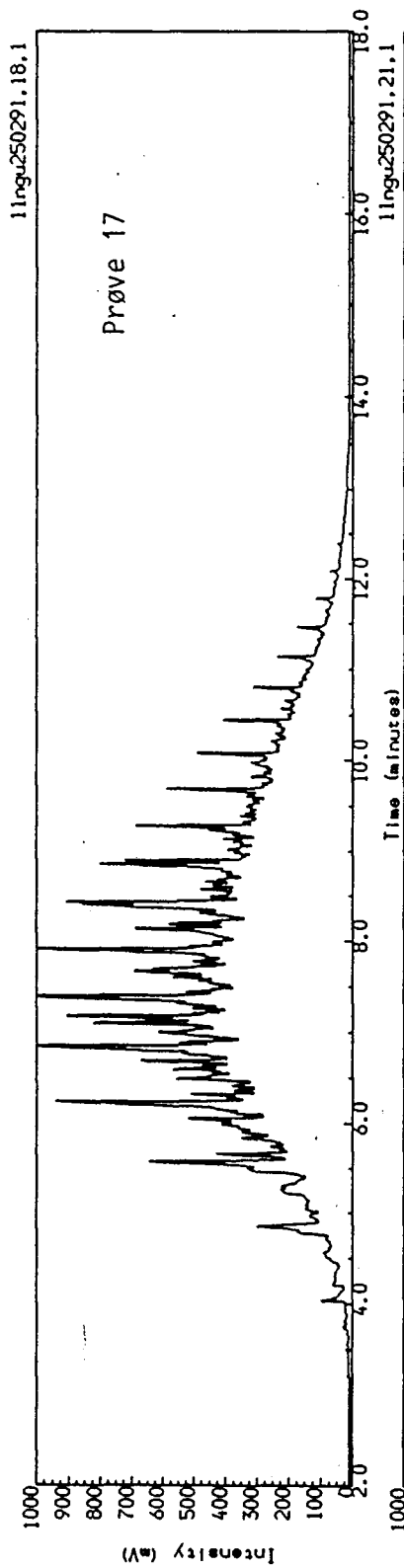


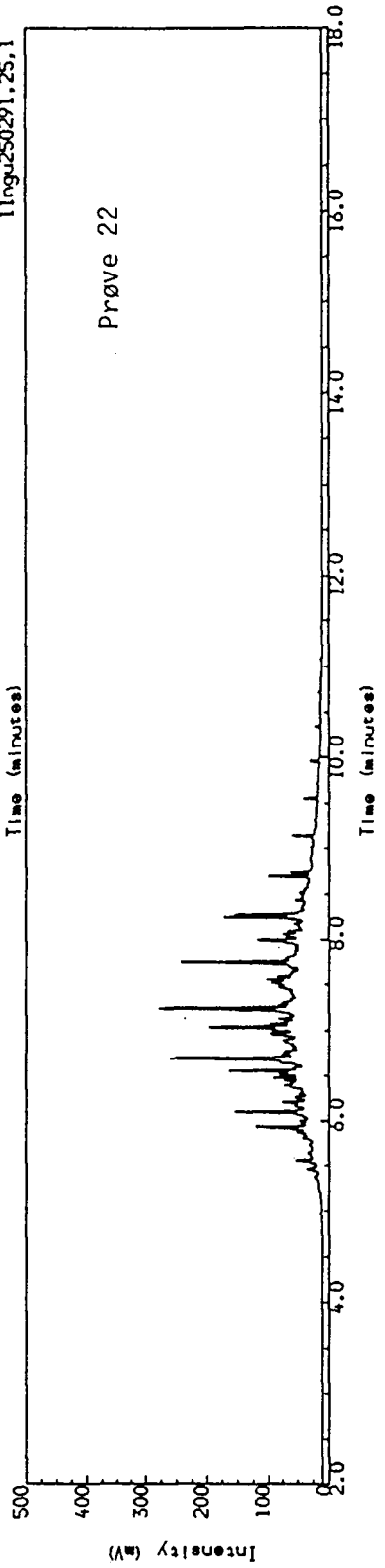
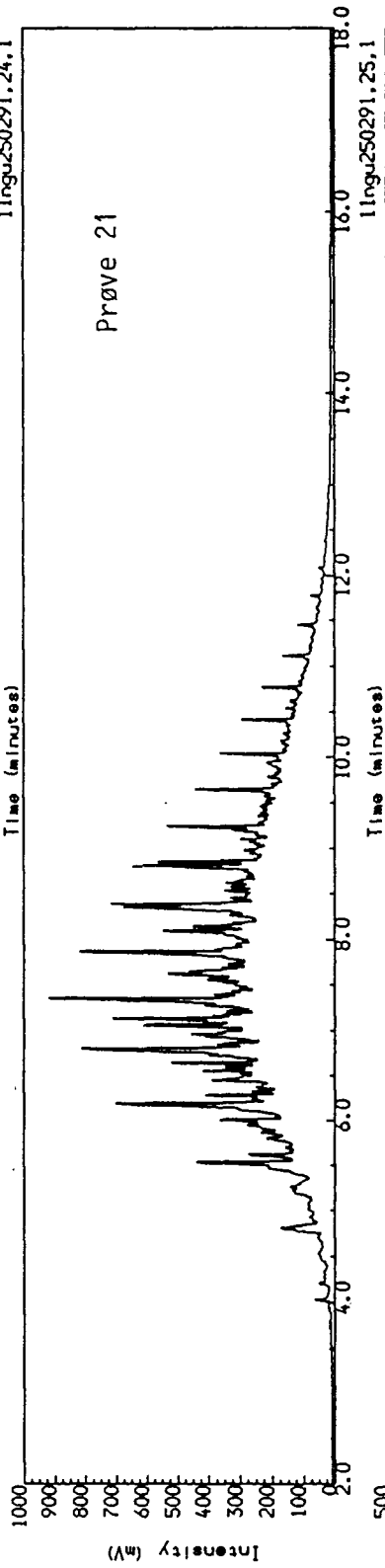
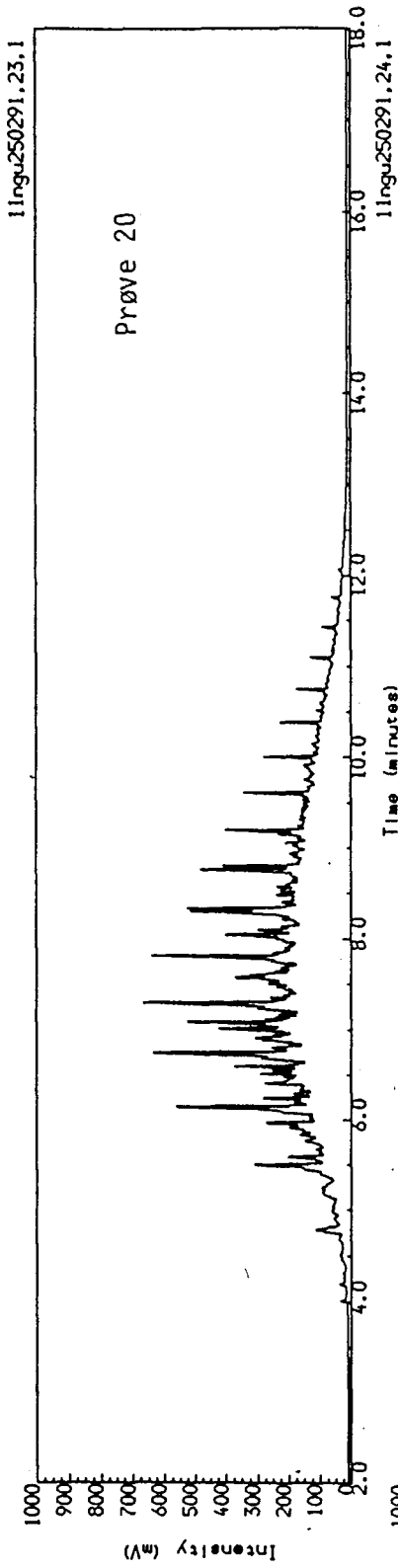


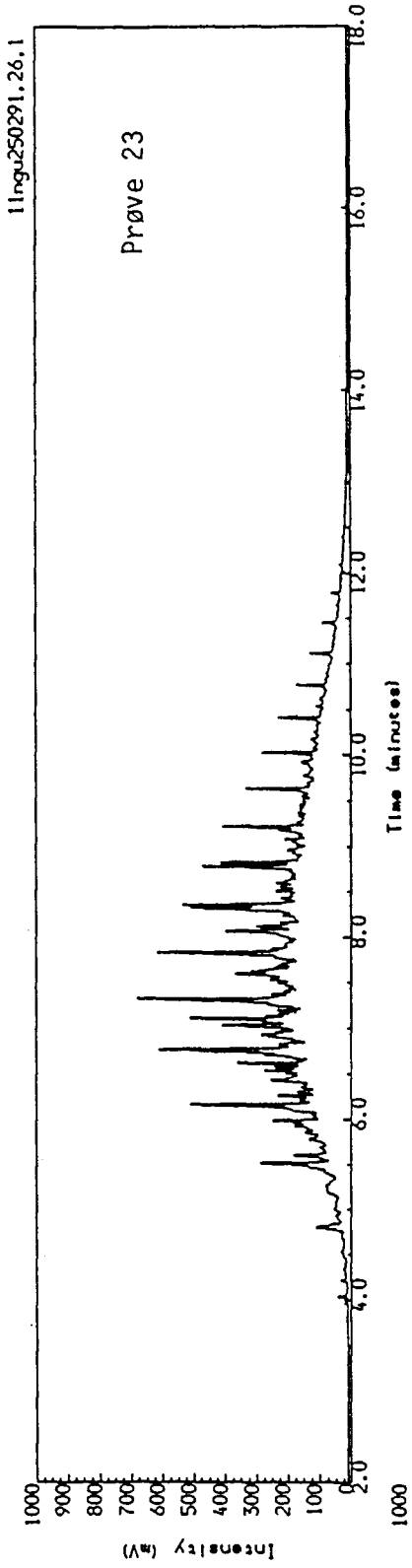


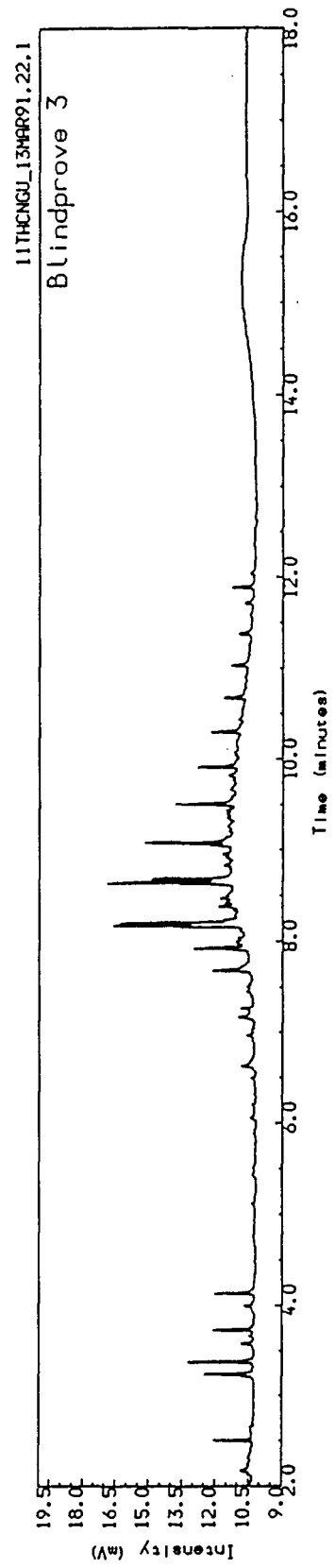
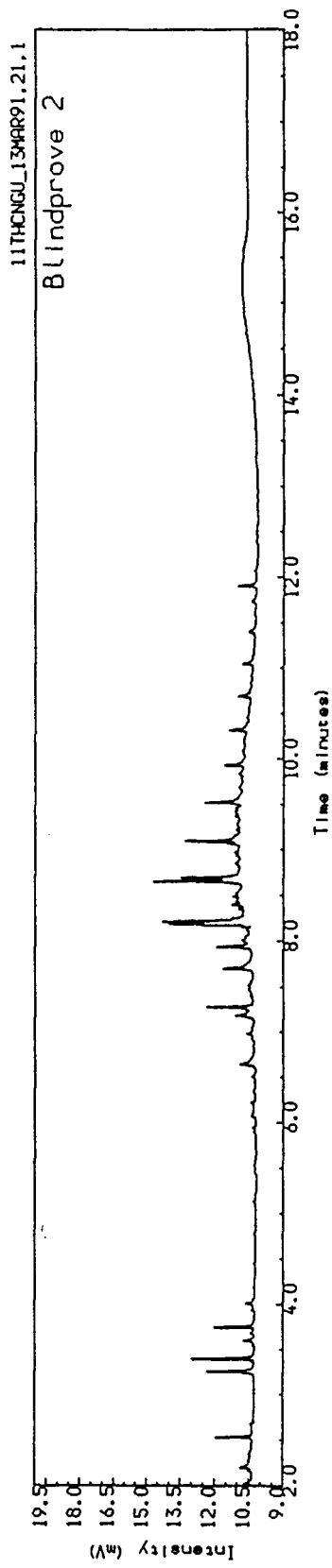
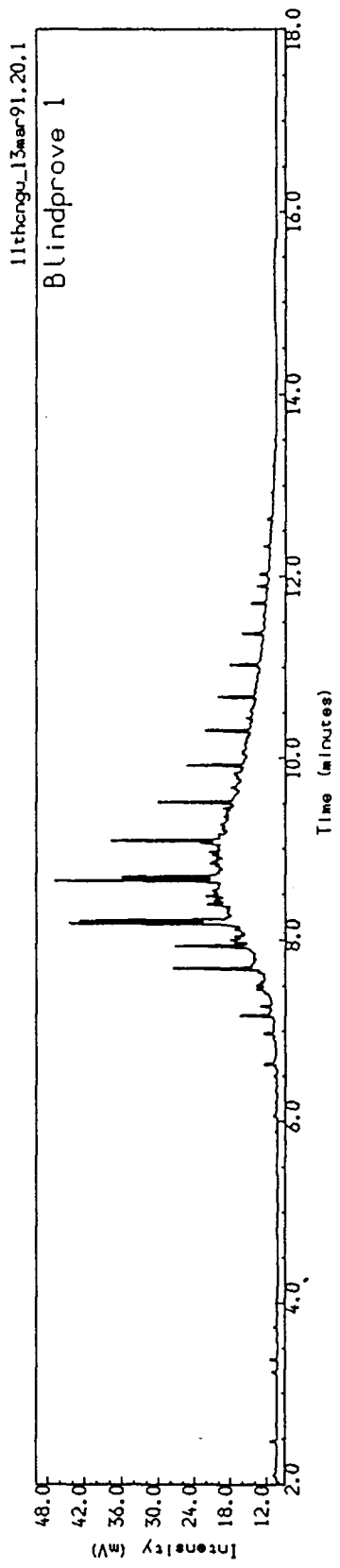












Appendiks 5

Resultater fra analyser av masseprøvene fra prøvetakingshullene

Date:	Ref.:
To: NGU	
Att.: David Banks	
Facsimile no.:	
From: IKU A/S -	
Pages transmitted incl. this:	

IKU - CONTINENTAL SHELF AND PETROLEUM
TECHNOLOGY RESEARCH INSTITUTE

Address: S.P. Andersens vei 15 b

Postal IKU
address: N-7034 Trondheim, Norway

Telephone: +47 (0)7 59 11 00

Telex: 55 434 iku n

Facsimile: +47 (0)7 59 11 02 (Aut.)

THC innhold i sedimentprøver fra Sessvollmoen.

Ekstern id:

5/4 = 3.97 mg/kg

5/8 = 2382 "

5/12 = 2.82 "

5/16 = 33.94

5/20 = 1.82

6/4 = 2.05

6/8 = 2.49

6/12 = 10.61

6/16 = 1.97

6/20 = 2.19

7/4 = 13002

7/8 = 709

7/12 = 5.36

7/16 = 2.92

7/17 = 22.52

8/4 = 1.56

8/8 = 3.91

8/12 = 1.37

8/16 = 1.97

8/20 = 1.95

9/4 = 2.61 mg/kg

9/8 = 4.11

9/12 = 13.14

9/16 = 2.14

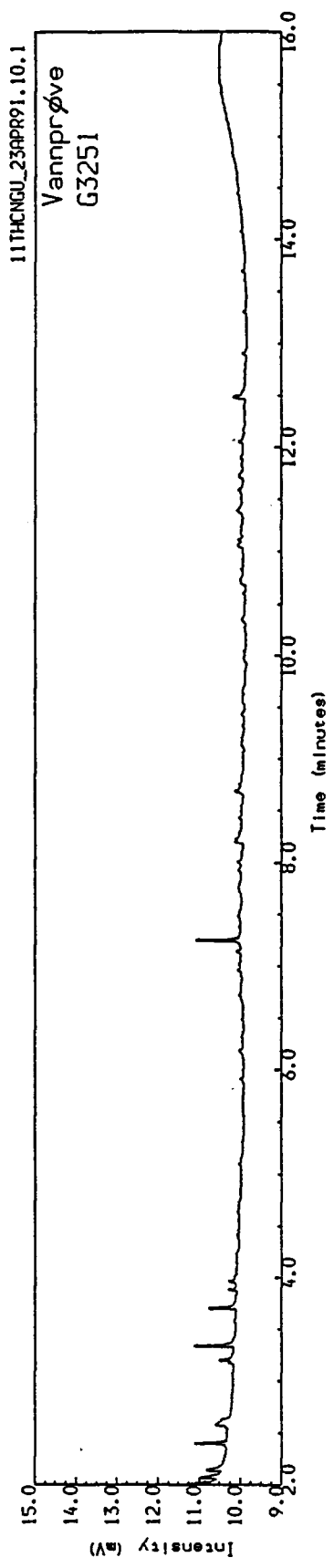
10/4 = 1.57

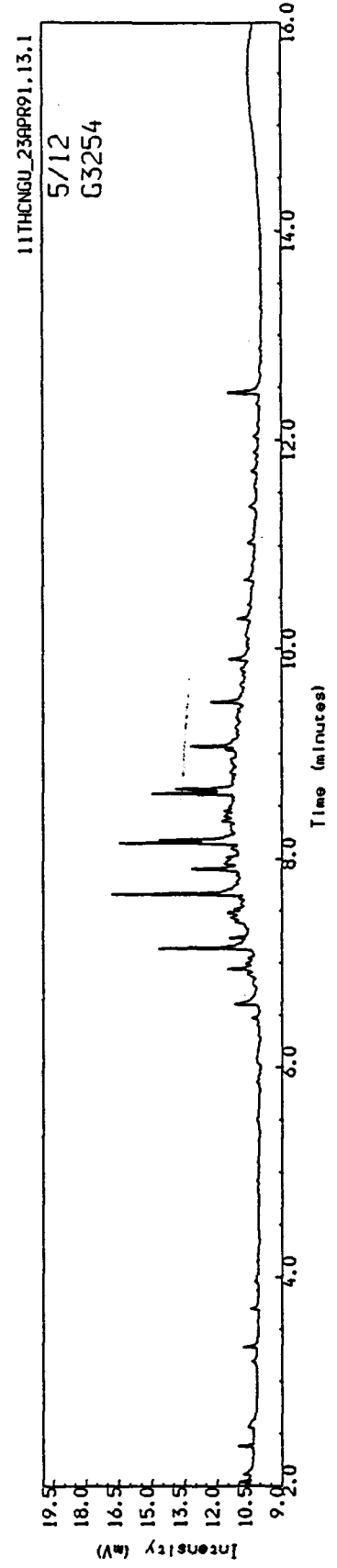
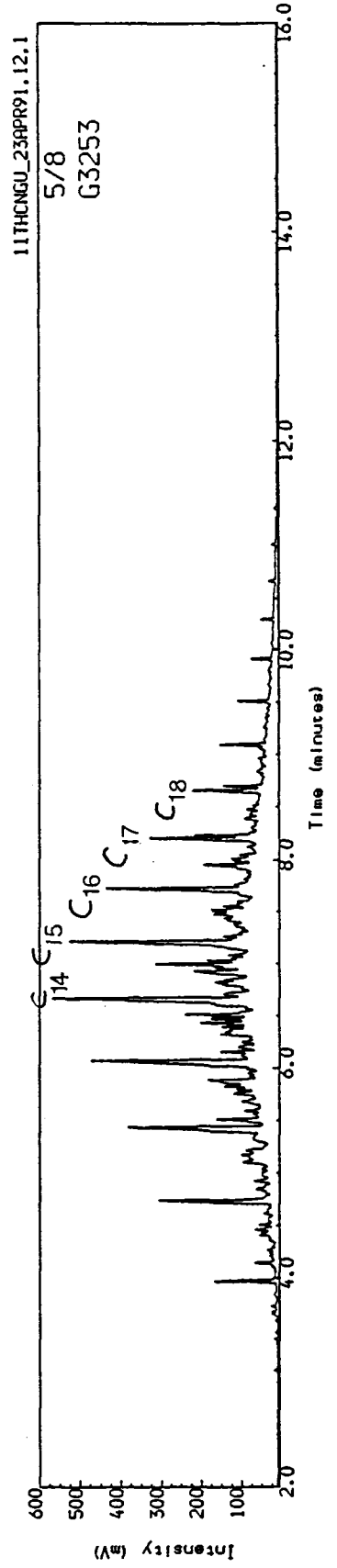
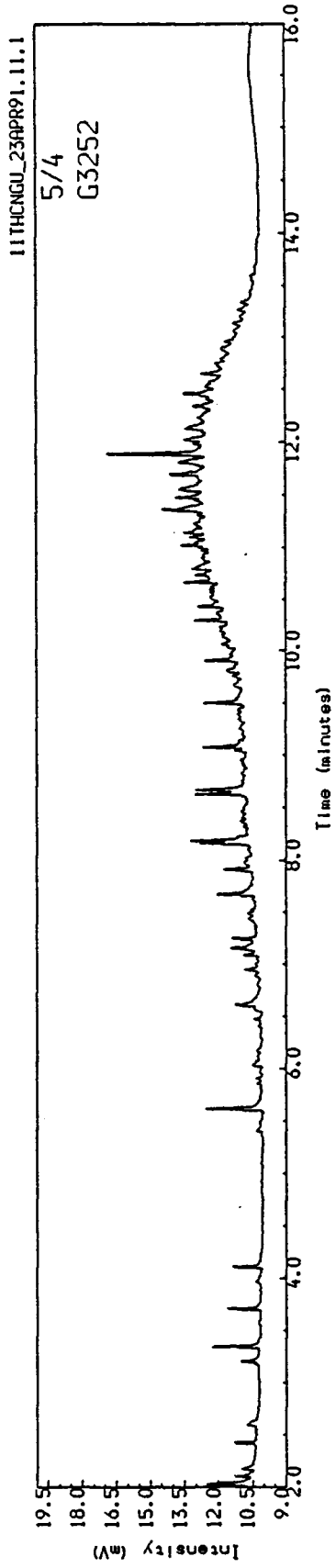
10/8 = 7.77

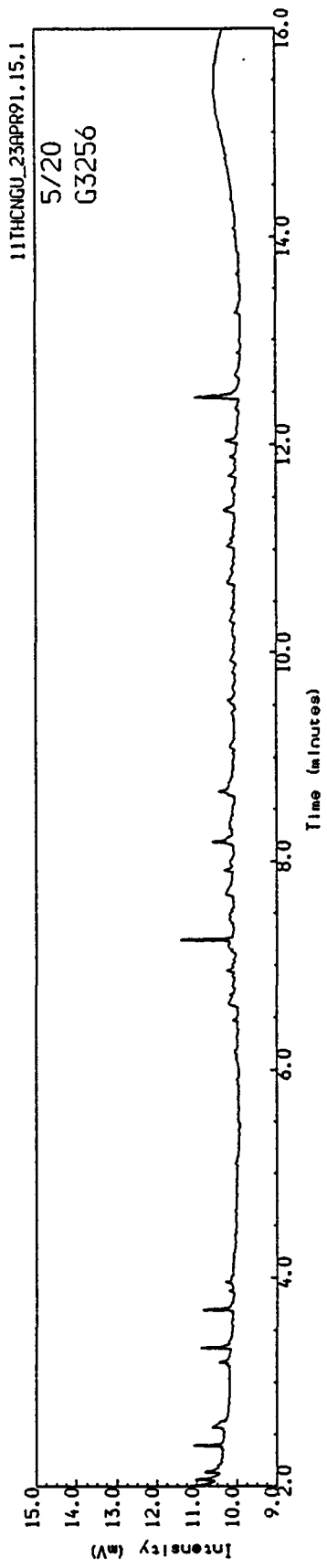
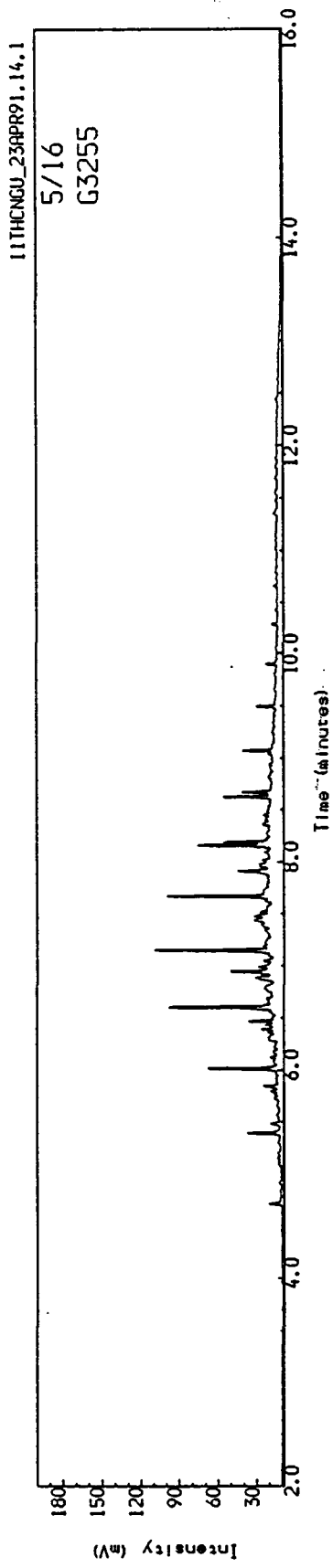
10/12 = 12.62

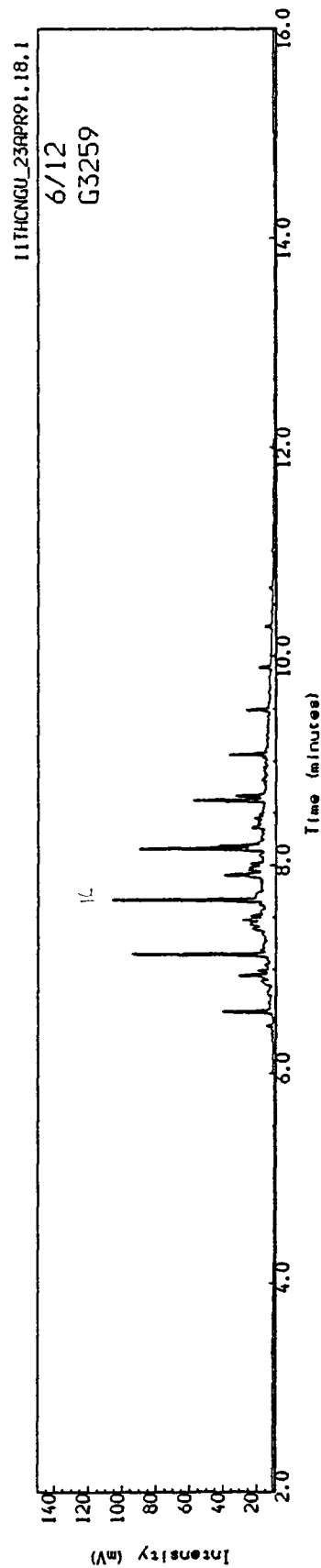
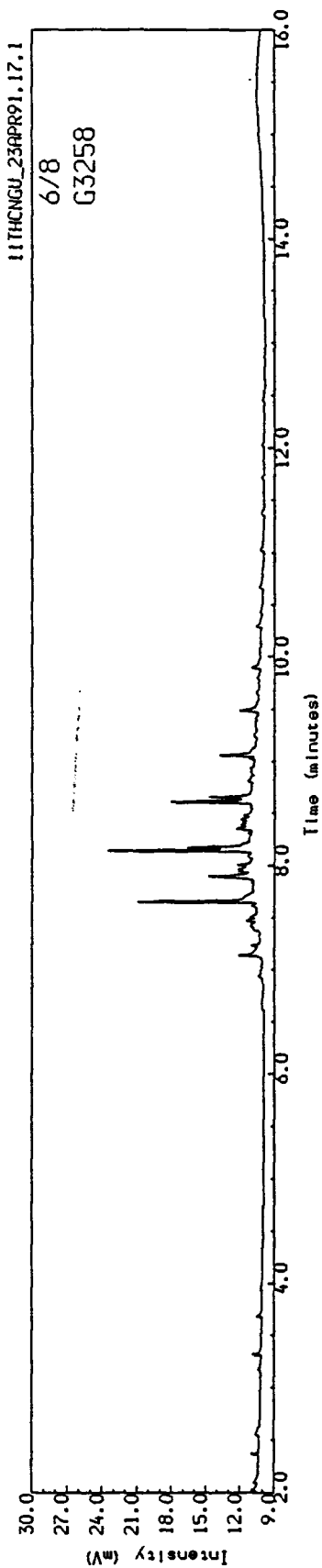
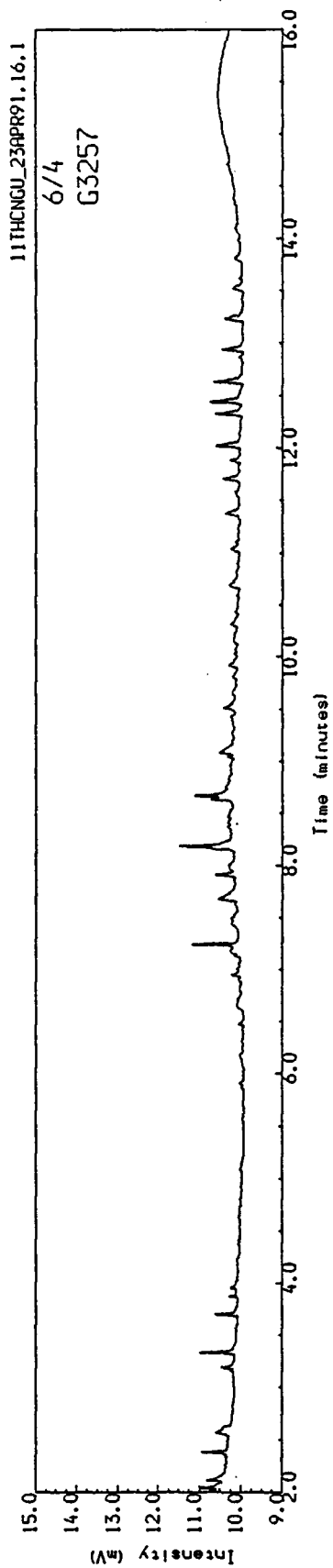
10/16 = 2.56

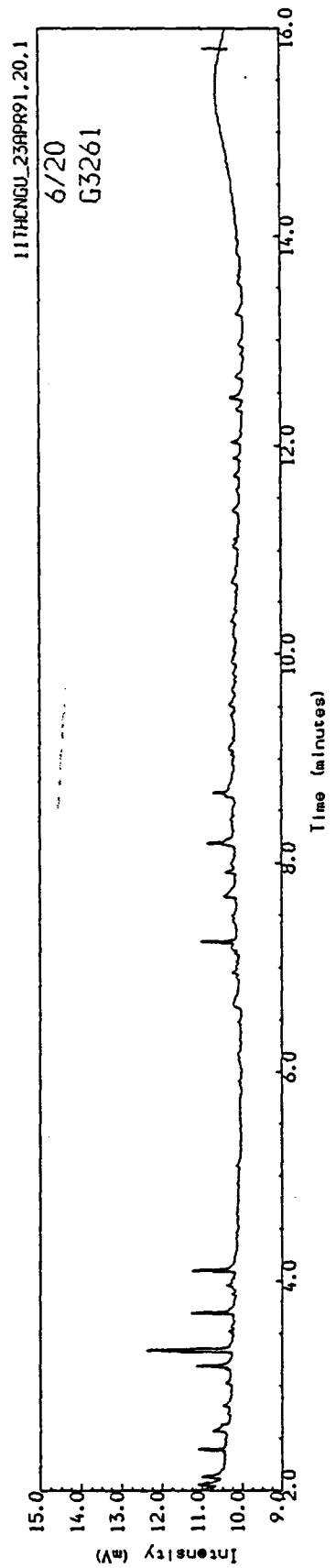
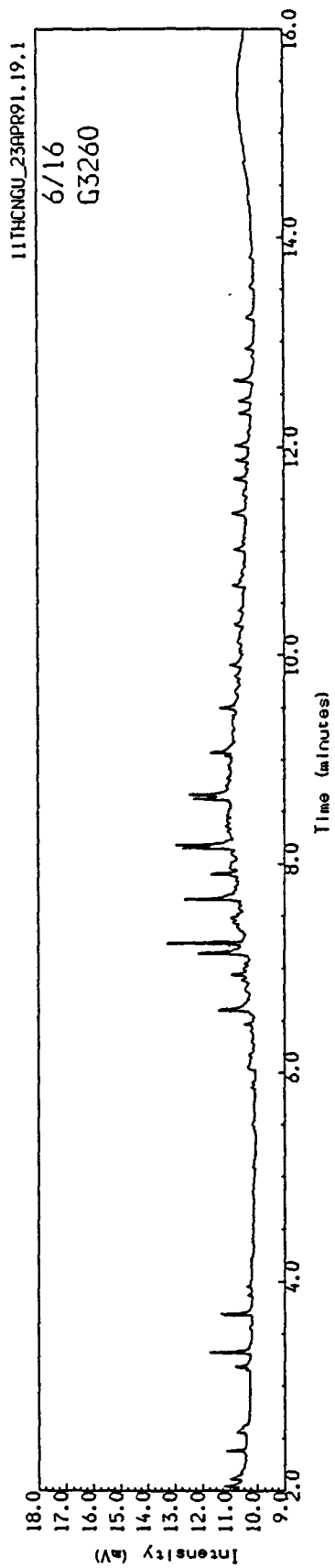
vannprøve = 0.06 mg/l
(21/3/91)

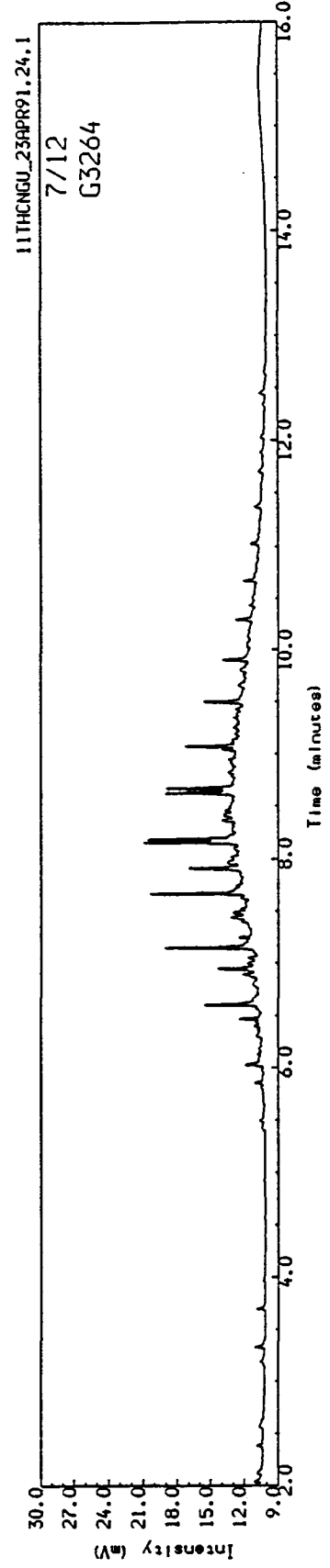
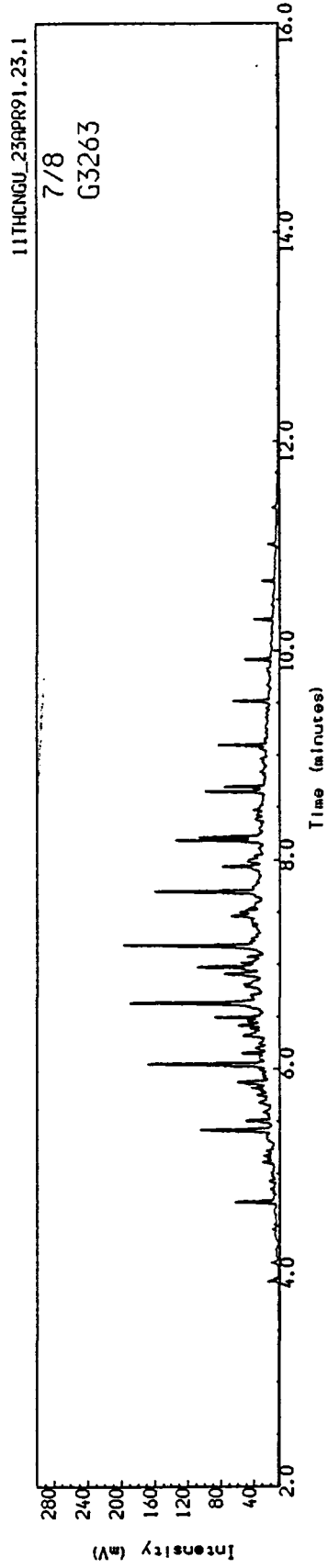
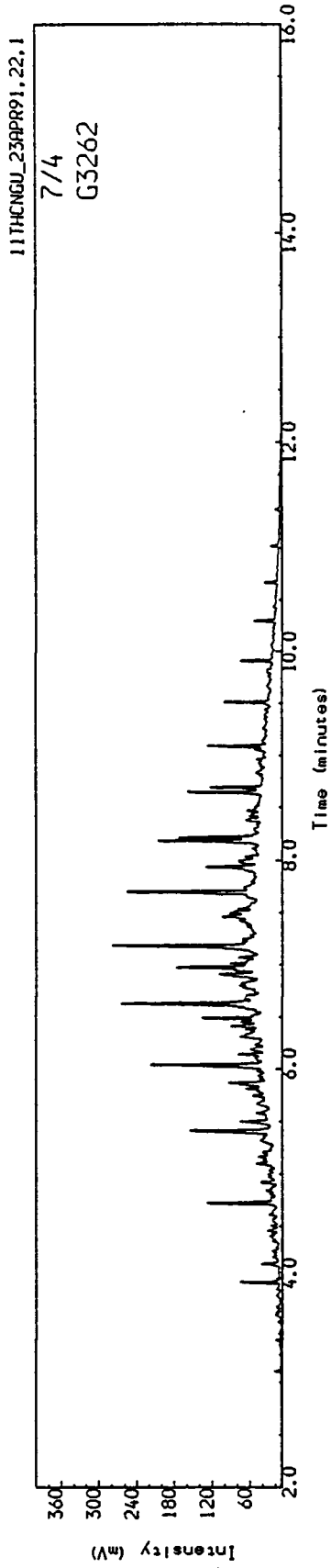


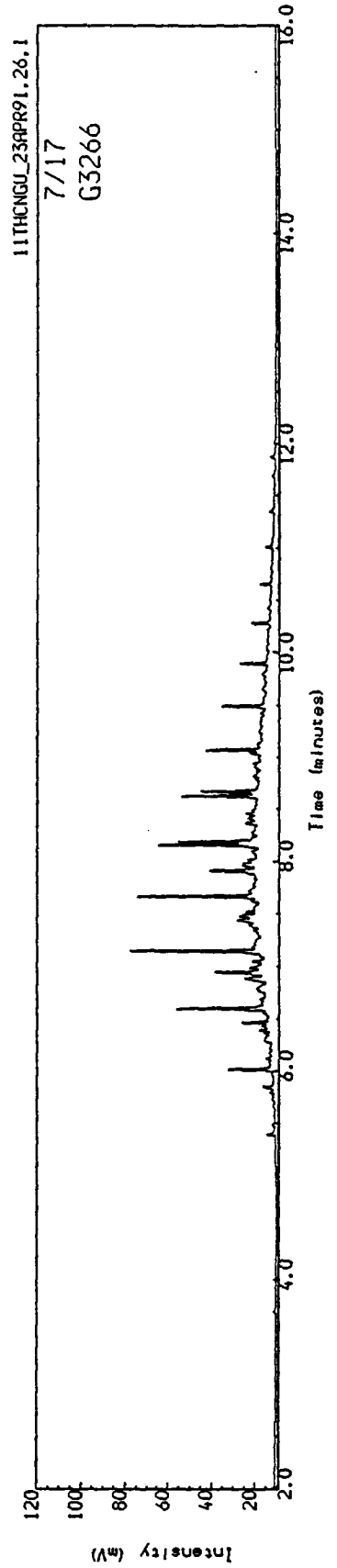
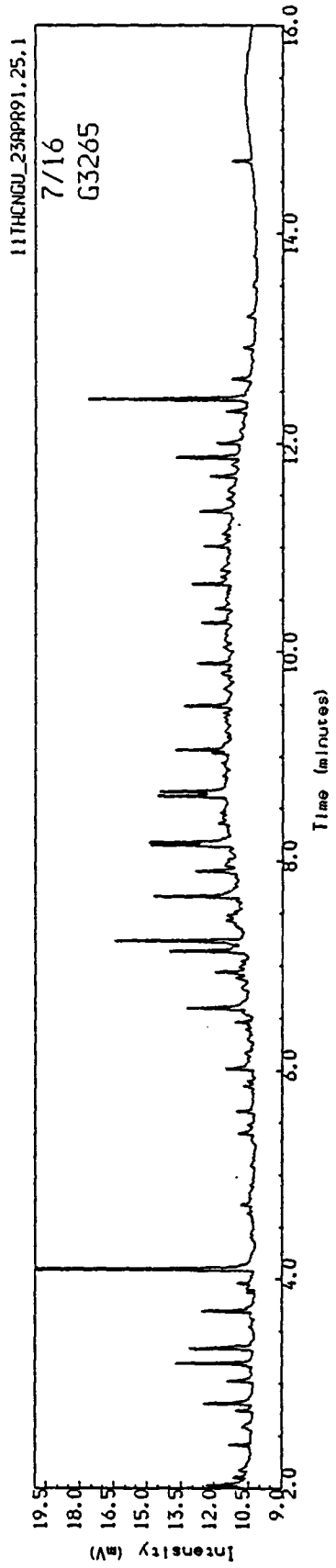


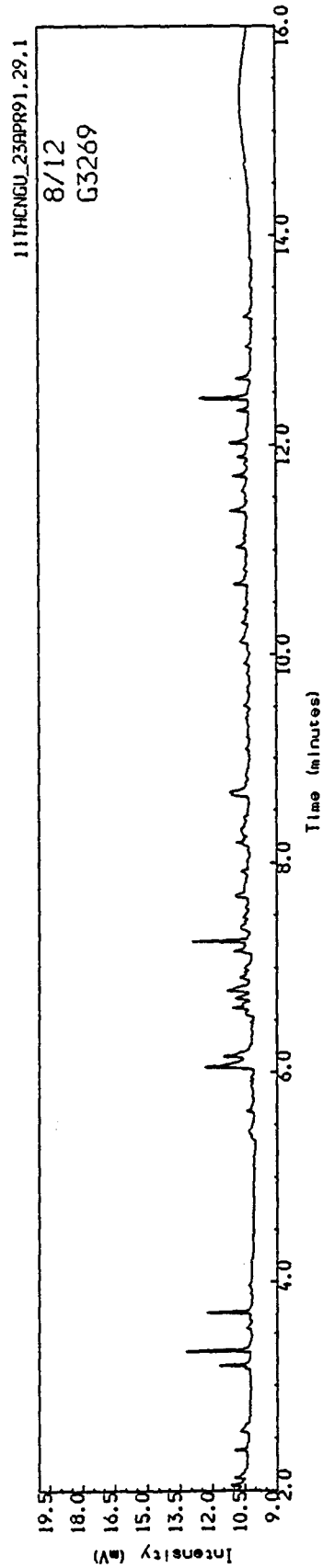
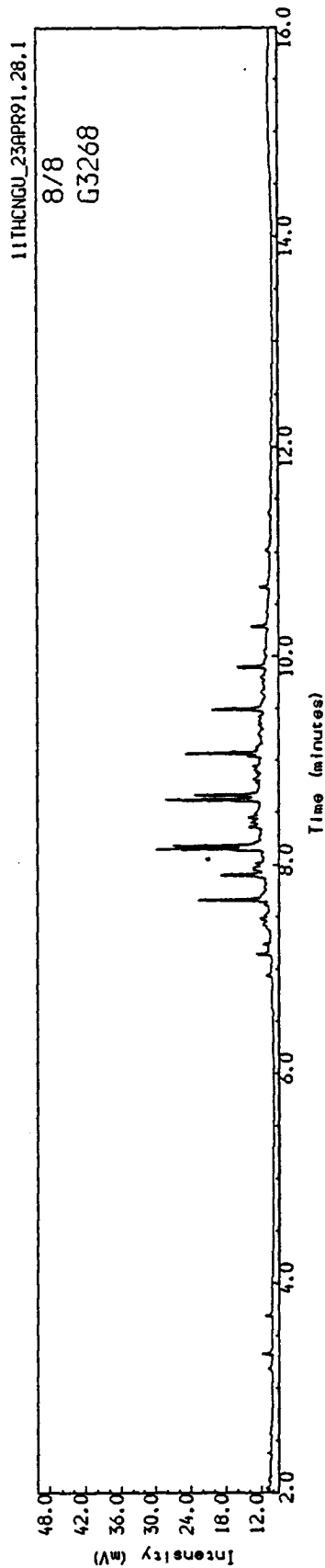
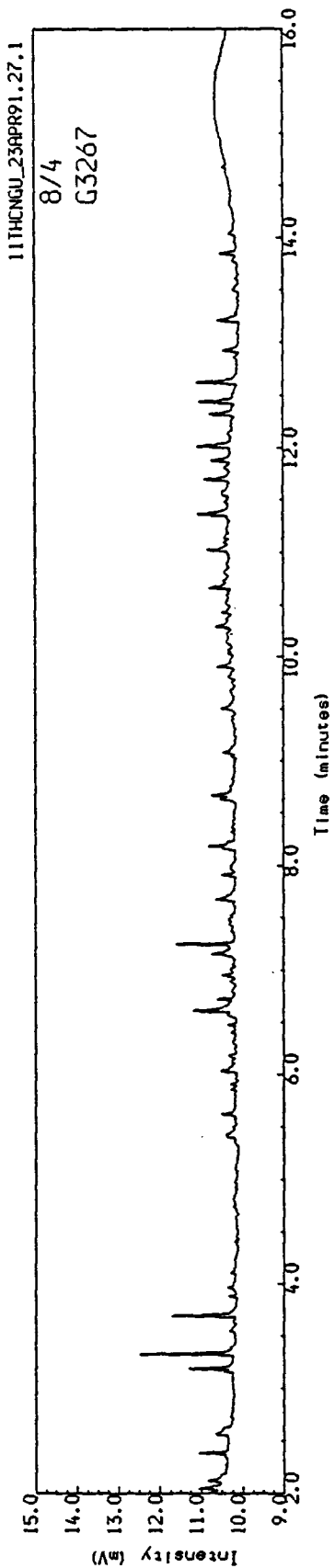


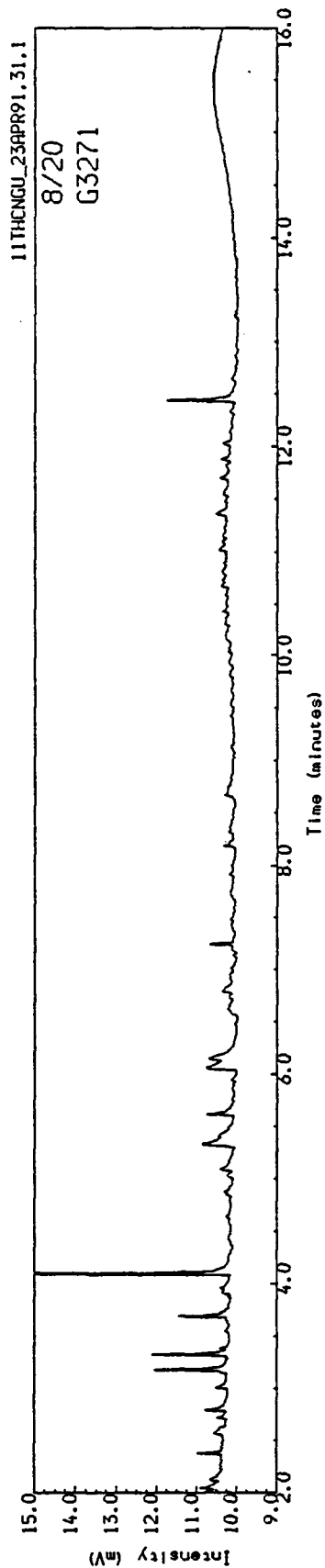
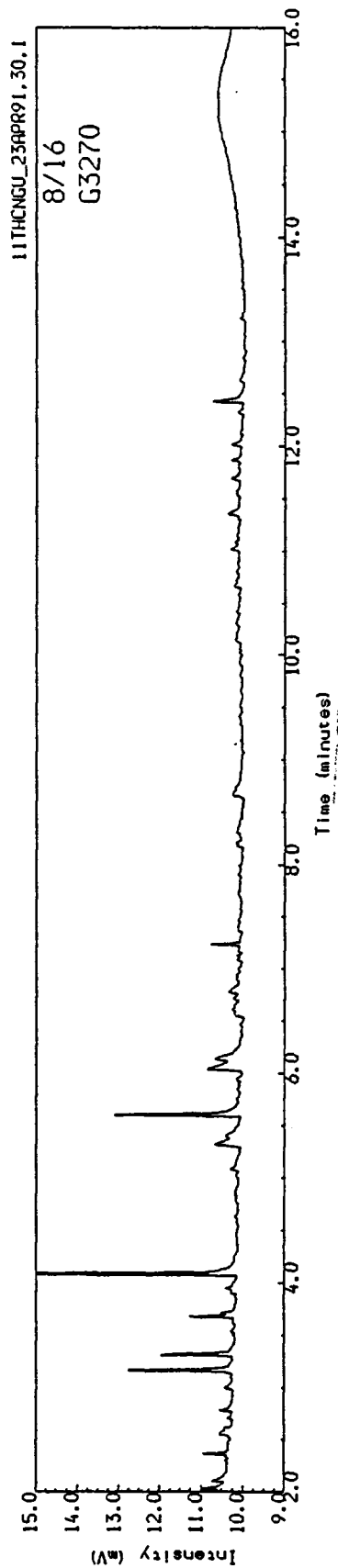


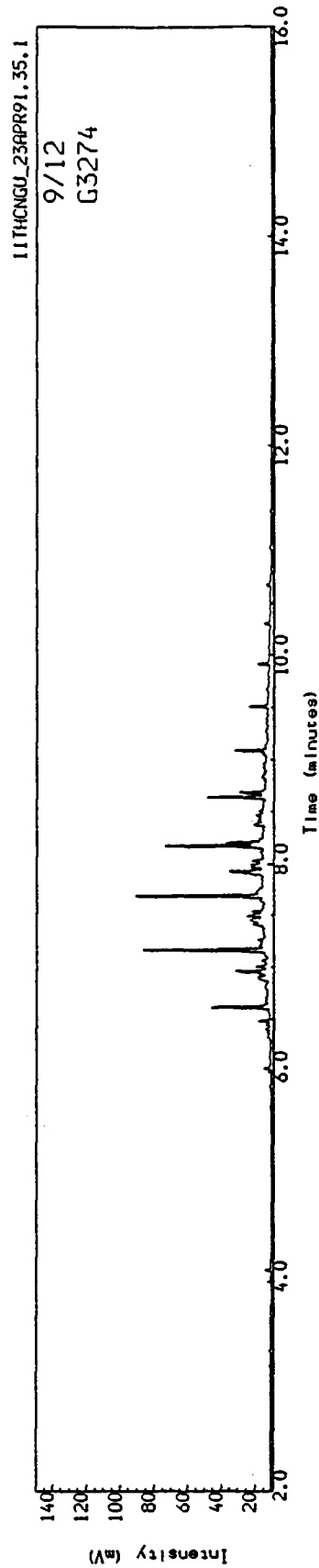
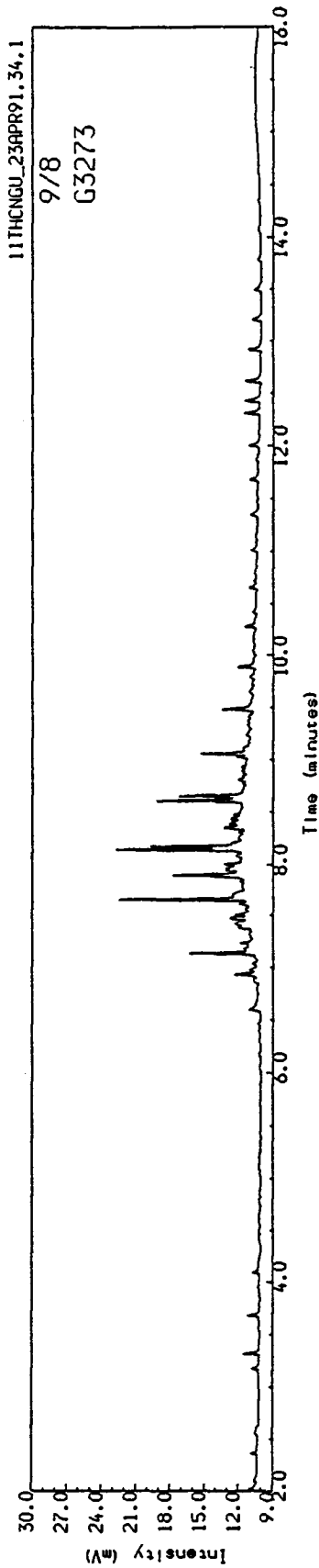
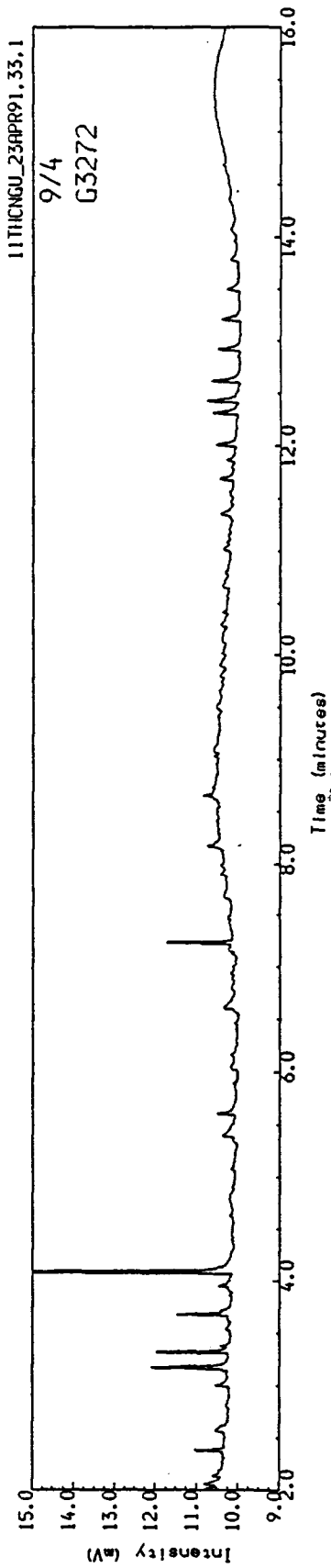


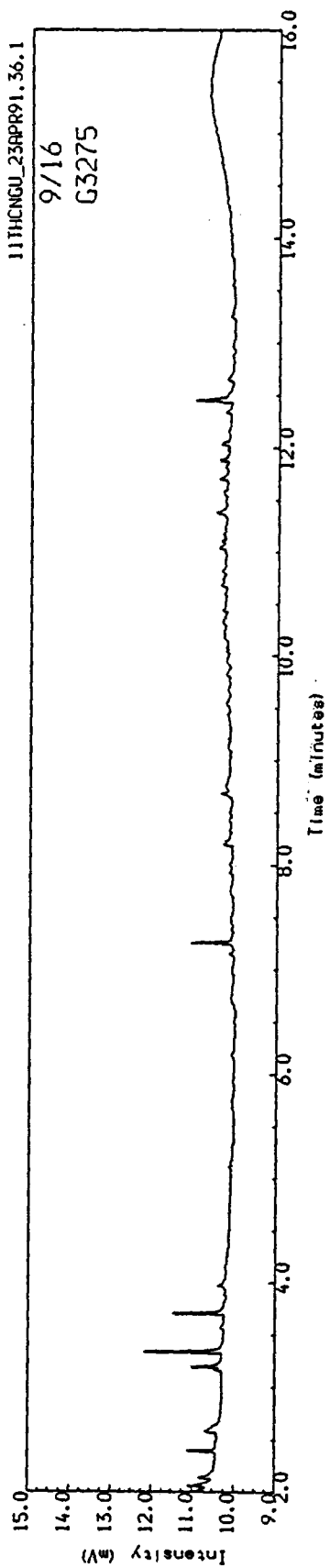


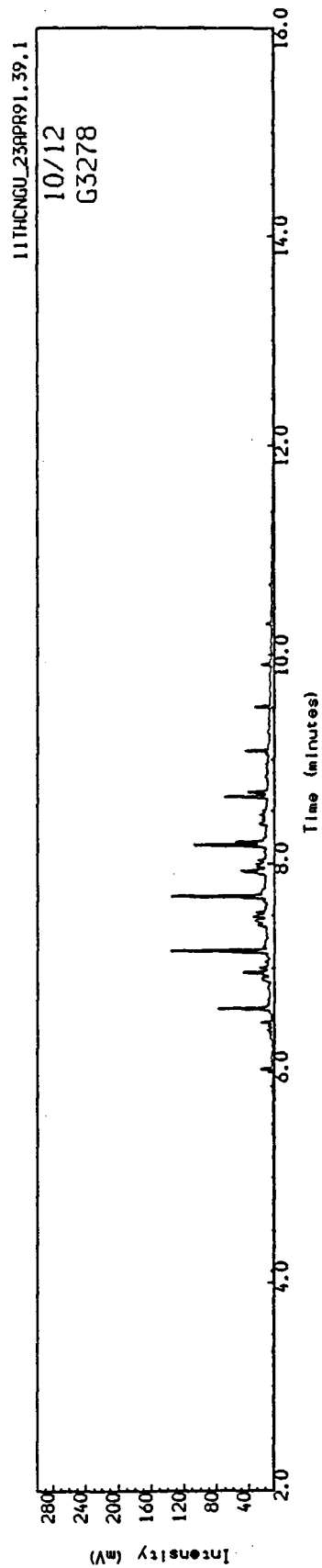
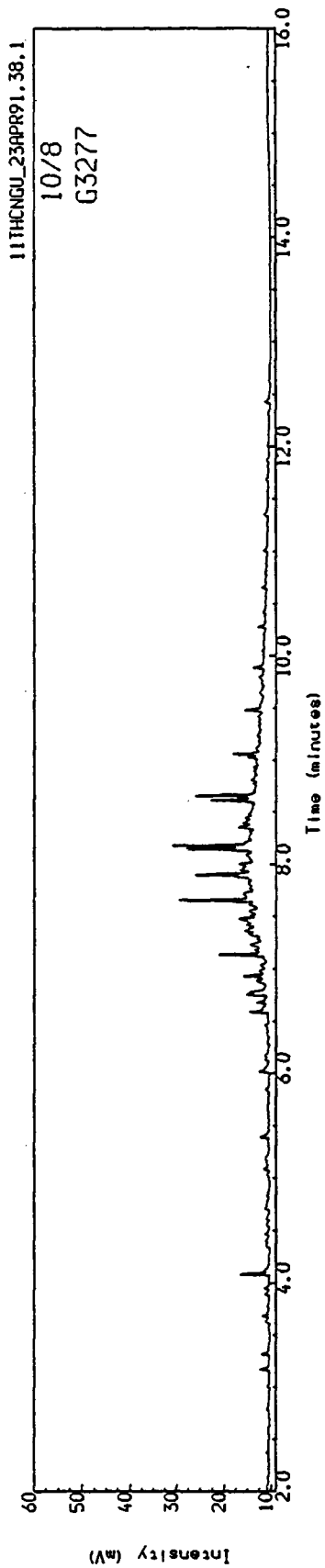
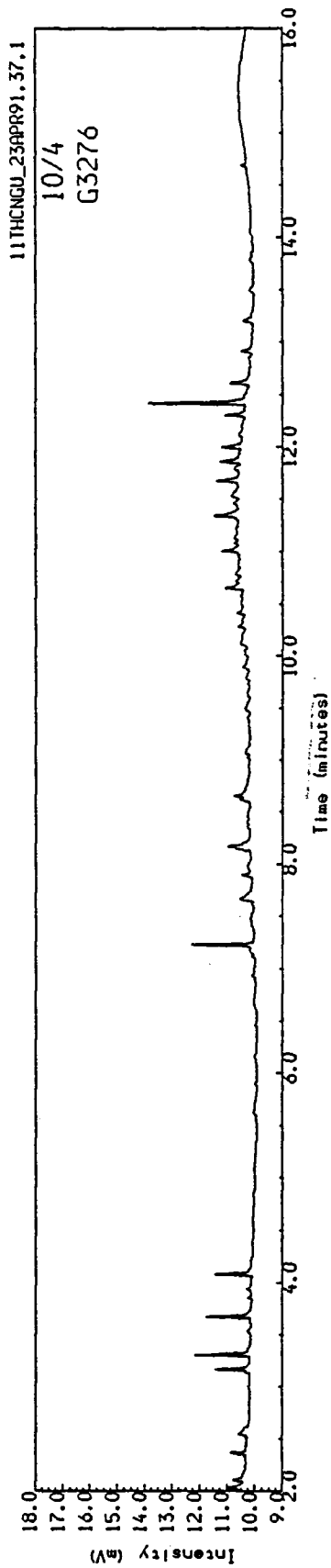


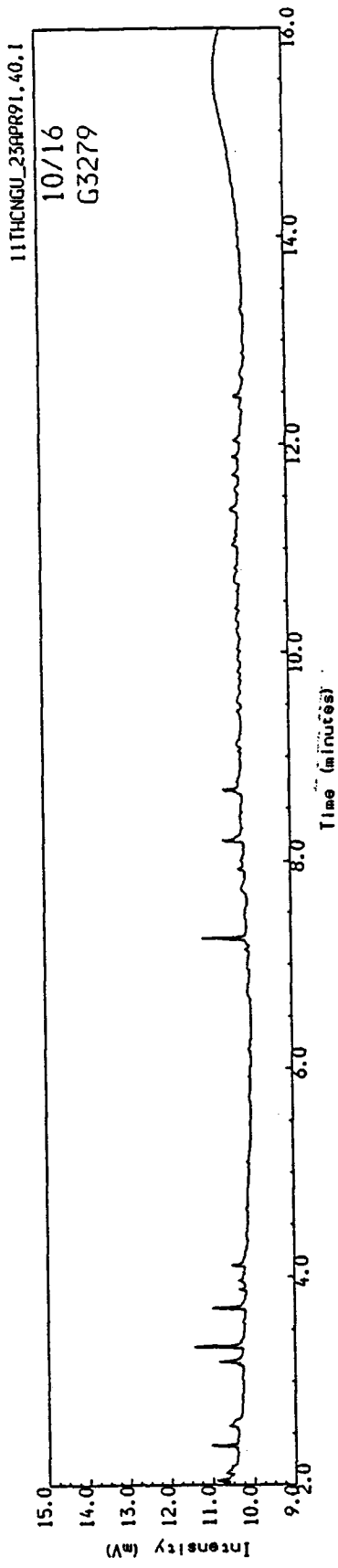












Appendiks 6

Forslag til overvåking

DAGBOK

**FOR OVERVÅKING AV OLJEFORURENSNING
VED BYGNING NR. 14, SESSVOLLMOEN LEIR**

INSTRUKS FOR ANSVARSHAVENDE FOR OVERVÅKING AV OLJEFORURENSNING VED SESSVOLLMOEN LEIR

1) Dersom funksjonsfeil ved overvåkings- /pumpeanlegget oppstår forsøkes denne utbedret umiddelbart. Viktige funksjonsfeil er pumpestopp, feil i oljeavskiller eller lekkasjer på slanger. Dersom det ikke lykkes å utbedre feil kontaktes NGU.

2) Dersom det oppstår klare tegn på oljeforurensning i oljeavskiller eller avløpskum kontaktes NGU umiddelbart. Klare tegn er lukt/smak av olje eller synlig tilstedeværelse av olje.

3) Pumpen skal sitte i grunnvannsnivået i pumpebrønnen for å fange opp noen oljefilm som flyter på grunnvannspeilet. Hvis pumpen er kontinuerlig langt under vannnivået, kan NGU kontaktes.

KONTAKTPERSONER VED NGU ER:

David Banks TLF: 07-904139 eller 07-922123 (privat)

Helge Skarphagen TLF: 02-950930 eller 02-697763 (privat)

Tidemann Klemetsrud TLF: 02-950930 eller 067-35240 (privat)

Trondheim 30.4.91

For Norges geologiske undersøkelse

David Banks

forsker

INSTRUKS

Følgende forhold skal kontrolleres ved daglig ettersyn:

- A) Kontroller at pumpen er i drift.
- B) Kontroller om olje er tilstede i oljeavskiller og avløpskum ved hjelp av lukt, syn og smak.

Ukentlig:

- C) Kontroller grunnvannsnivået i pumpebrønnen og de sju observasjonsrør, ved bruk av en elektrisk målebånd (se del 3).
- D) Tar vannprøver fra pumpebrønnen (se del 4). Dette kan eventuelt reduseres til hver måned, avhengig av analyseresultater.

Hver tredje måned:

- E) tas det en ekstra vannprøve fra pumpebrønnen for THC analyse. Det skal merkes "THC"

Oversiktstegninger for anlegget er gitt i del 5.

RAPPORTERING

Dersom funksjonsfeil/oljespredning registreres ved anlegget rapporteres dette **OMGÅENDE TIL ANSVARSHAVENDE**. Viktige funksjonsfeil/tegn på oljespredning er:

- 1) Pumpe ikke i drift
- 2) Synlig olje i avskiller
- 3) Oljelukt i avskiller
- 4) Oljelukt/smak av vann i avløpskum

ANSVARSHAVENDE VED SESSVOLLMOEN LEIR ER:.....
.....
.....

Trondheim 30.4.91

For Norges geologiske undersøkelse

David Banks

forsker

INNHOLD.

1. Dagbok
2. Merknader
3. Grunnvannstand
4. Vannprøver
5. Tegninger

1. DAGBOK

2. MERKNADER

MERKNADER

Her anføres relevante merknader om ting som ikke inngår i sjekklisten, f.eks. strømbrudd, problemer med drift av pumpe, problemer med oljeavskiller, isproblemer.

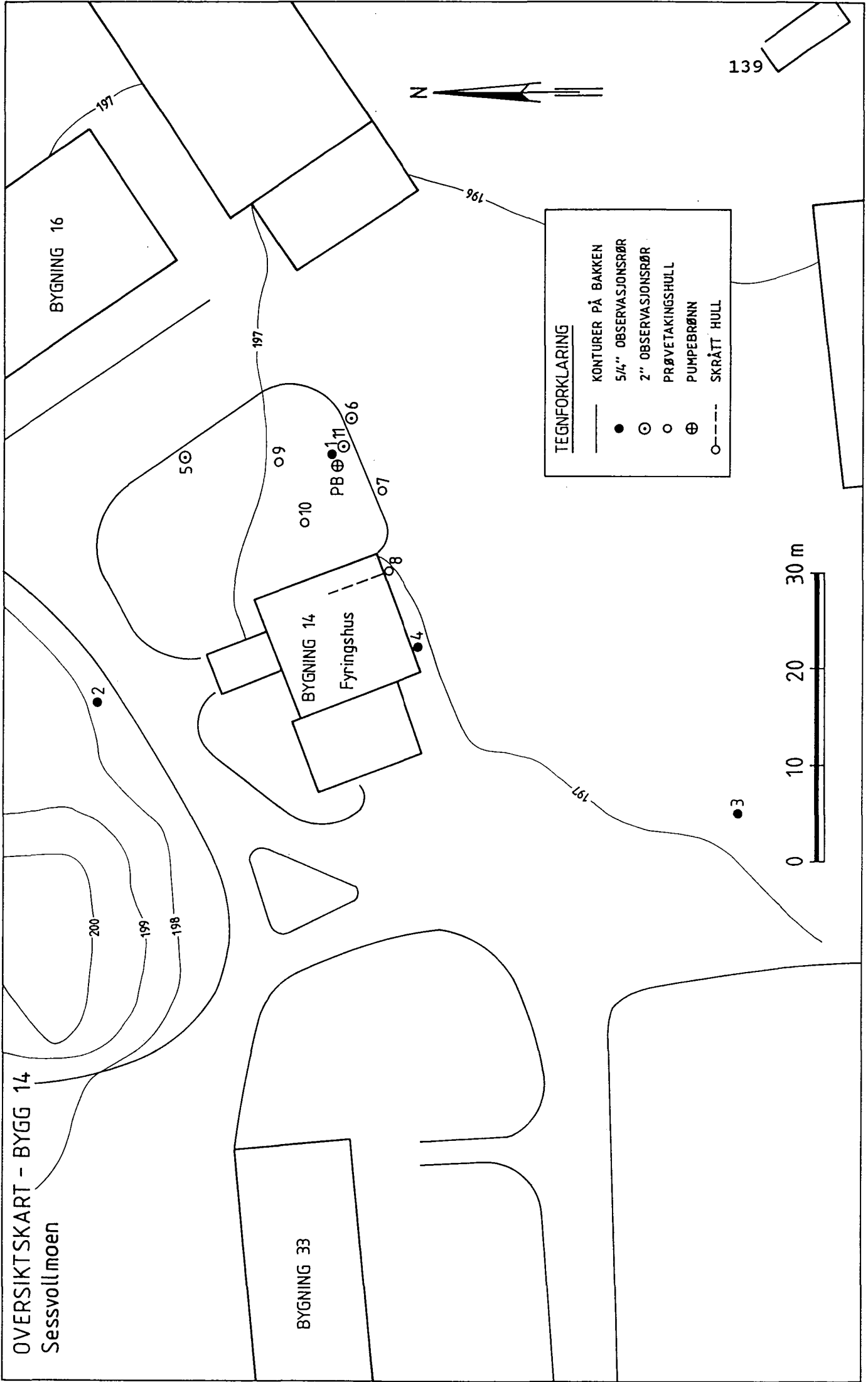
ANGI DATO / KL: FOR MERKNAD

3. OVERVÅKING AV GRUNNVANNSTAND

4. VANNPRØVER

5. TEGNINGER

OVERSIKTSKART - BYGG 14
Sessvollmoen



TEGNFORKLARING

—	KONTURER PÅ BAKKEN
●	5/4" OBSERVASJONSRØR
○	2" OBSERVASJONSRØR
○	PRØVETAKINGSHULL
⊕	PUMPEBRØNN
○- - -	SKRÅTT HULL



Appendiks 7

Vurdering av ulike tiltaksmetoder

1) Isolering av kilden

Innstøping med sement kan benyttes for å isolere en forurensningskilde. I fine masser er dette vanskelig, og det kan være behov for spesielle teknikker. Metoden ble vurdert som meget kostbar på Trandum, der det finnes forholdsvis grove masser, og den ansees heller ikke som aktuell i Sessvollmoens finkornige masser.

2) Fjerning av kilden

Det forurensede området kan graves ut som et massetak eller i sjakting. Fordi det har ikke vært mulig, med disse undersøkelser å påvise penetrasjonsdyppet under selve tankanlegg, har det blitt nødvendig å anta maksimale dyp på 11m (C-verdi) og 16 m (B-verdi). Videre boring og prøvetaking under tankene ville kunne bekrefte dette, og gjør det mulig å få et bedre oversikt over kostnadene.

2.1) Massetak

Graving av et massetak uten avstivning betyr at store volumer må fjernes. Hvis man antar en nødvendig skråningsvinkel på 30° i massene, og det skal fjernes masser ned til B-verdi nivået (ca. 16 m under selve tankanlegg), må det tas ut totalt ca. 15000 m^3 masse. Dette vil gi et krater på 68 m diameter. Hvis man velger å grave ut kun massene som er forurenset over C-nivået (ca. 11 m) under tankanlegget, vil det bli totalt ca. 5500 m^3 , og en

krater på 50 m diameter.

Utgraving av massene gir ingen mulighet til å rengjøre forurenset grunnvann. Det kan også skape problemer med behandling av de forurensete massene. Disse må fjernes fra massetaket uten at videre forurensning slippes ut i grunnen. Under utgraving må den forurensete delen av massene skilles fra resten. Etterpå må denne delen rengjøres før de eventuelt kan legges tilbake i massetaket.

Massene er finkornige og det antas ikke at de kan anvendes til asfalt produksjon osv. Derfor må de forurensete massene rengjøres og evt. legges tilbake i massetaket. Hauge (1990) mener at den billigste metoden for slik rengjøring er biofarming med kostnader på Kr 500/- pr. m³.

Direkte kostnader:	B-verdi	C-verdi
Graving Kr 10/- pr.m ³	150.000	55.000
Kontroll/anlayser	100.000	100.000
Avhending Kr 30/- pr.m ³	70.000-200.000	30.000-80.000
Biofarming Kr 500/- pr.m ³	1.200.000-3.000.000	440.000-1.100.000
Totale direkte kostnader	1,5 -3,5 million	0,6 - 1,4 million

Kostnadene avhenger veldig mye av biofarmingskostnader. Hvis det kunne finnes en annen, billigere måte til å bli kvitt de forurensete massene (f.eks. kontrollert deponering), vil oppgraving bli langt rimeligere.

I tillegg må man også betrakte kostnader for evt. tilbakelegging av massene i massetaket. Utgravingen krever også riving av fyrhuset, og at alternative løsninger finnes for varmetil leiret. Dette fører til meget betydelige tilleggskostnader. Hvis man tar kostnadene sammen med estetiske ulemper som

skapes av gravearbeidet, og den økte faren for at nedbør vil samles i massetaket og vaske ut mer olje i grunnvannet, kan denne løsningen ikke betraktes som fornuftig fra verken et økonomisk, estetisk eller forurensningsmessig synspunkt.

2.2) Sjakting

Denne metoden betyr at forurensningskilden kan tas bort uten behov for oppgraving av store mengder masser. Metoden krever likevel nøyaktige undersøkelser av forurensningens horisontale omfang. Det kan derfor være nødvendig med tilleggs-undersøkelser av dette før arbeidet settes i gang.

Hauge (1990) mener at denne metoden er langt bedre enn massetak på grunn av at forurensningen innesluttet før graving. Eventuell vertikal spredning kan hele tiden kontrolleres.

I følge tegning 20 m er det nødvendig å grave opp et område med horisontal utbredelse 13 x 11 m.

Direkte kostnader:	B-verdi	C-verdi
Spunt m/ avstiving Kr 1600/- pr.m ²	1.230.000	845.000
Oppgraving med grabb	100.000	80.000
Avhending Kr 30/- pr.m ³	40.000-60.000	20.000-40.000
Rengjøring Kr 500/- pr.m ³	670.000-1.000.000	340-670.000
Tilbakefylling	50.000	30.000
Kontrolltiltak	50.000	50.000
Totale direkte kostnader	2,1 -2,5 million	1,3 - 1,8 mill

Også i dette tilfellet, blir det betydelig billigere hvis man kan finne en annen behandlingsmetode for de oppgravde, forurensede massene.

Man må også betrakte indirekte kostnader forbundet med fjerning av tankene og/eller deler av fyrhuset.

3) Bruk av in-situ biorestaurering

Med slike metoder prøver man å stimulere mikroorganismer i grunnen til å bryte ned oljeprodukter til CO₂ og vann. Målet er å optimalisere forhold i massene m.h.t. temperatur, oksygentilførsel, næringsstoffer, fuktighet, surhetsgrad (pH). Tilførsel av oksygen, nitrogen og andre næringsstoffer kan kontrolleres, og kan utføres på to måter:

- i) Ventilasjon av umettet sone ved tilførsel av nitrogen og oksygen i en brønn, og utsuging av gassene via en annen brønn.
- ii) infiltrasjon av vann tilsatt næringsstoffer.

Hauge (1990) mener at biorestaurering krever en permeabilitet i grunnen som er større enn 10^{-5} m/s. Fordi mesteparten av de finkornige massene i den umettete sonen sannsynligvis har permeabilitet lavere enn denne verdien, vurderes biorestaurering med luft som lite egnet.

Biorestaurering med vann kan ikke utelukkes helt som en anvendbar metode, men den må ansees som marginal på grunn av de finkornige massene. Hvis man vil vurdere metoden nøyere må det foretas omfattende laboratorieundersøkelser på forhånd, uten å være sikker på at utfallet vil være positiv. Metoden ville kreve et nett av infiltrasjonsrør/gallerier, og en forholdsvis uforurenset vannkilde for tilførselsvannet. Derfor vil det muligens være nødvendig med behandling av det oppumpete grunnvannet fra pumpebrønnene før det anvendes som infiltrasjonsvann. Metoden krever også god kontroll med grunnvannsnivået, på grunn av at ekstra tilførsel av vann

kan virke imot den opprettede senkningstrakt. Som et minst krav må den hydrauliske avskjæring, anbefalt i avsnitt 6 gjennomføres samtidig med bio restaurering, men det kan være behov for ekstra pumpebrønner i tillegg. Hauge (1990) mener at det etter restaurering kan ligge igjen oljerester i grunnen med konsentrasjoner opp til 1000 mg/Kg.

Ifølge Hauge (1990) tyder internasjonal erfaring på et prisnivå mellom Kr 350 - 700 /- pr. m³ for in-situ bio restaurering. Fordi massene ikke er spesielt egnet for infiltrasjon av verken luft eller vann må man regne med at den høyeste prisen er mest realistisk.

Laboratorie-undersøkelser.....	100.000
Installasjon av infiltrasjonsrør/gallerier og nye pumpebrønner.....	250.000
Rensing 700/- pr.m ³	430.000
Kontrolltiltak.....	200.000
Totale kostnader.....	980.000

Prisvurderingen må ansees som grov på grunn av mangelful norsk erfaring med denne rensemetoden, og på grunn av at kostnadene avhenger veldig mye av resultatene fra laboratoriestudiene. Dersom et slikt tiltak iverksettes vil det være blant de første tilfeller av bio restaurering i Norge. Det kan da være riktig å se på tiltaket delvis som et forsknings/kompetanseoppbyggingsprosjekt, med økonomisk støtte fra forskningsråd/forurensningsmyndigheter.

4) In-situ luft-fjerning

Metoden er omtalt i Mutch & Clarke (1989), og benytter gjennomstrømning av luft i den umettete sonen til å fjerne flyktige organiske komponenter. I de

finkornige masser ved Sessvold ansees metoden som lite aktuelle.

5) Bruk av overflatekjemikalier

Metoden (Mutch & Clarke, 1989) benytter overflatekjemikalier som tillater en viss grad av løsning av olje i vann. Kjemikaliene tilføres med vann gjennom infiltrasjonsbrønner eller gallerier. Kjemikaliene og oppløst olje fjernes via pumpebrønnen(e). I finkornige masser må denne metoden (i likhet med andre infiltrasjonsmetoder) ansees som marginal. Det er veldig lite internasjonal erfaring med metoden og det er derfor umulig å antyde kostnader. Erfaringene som foreligger (Mutch & Clarke, 1989) er noe blandet. Metoden vil også kreve omfattende laboratoriestudier, og god kontroll med grunnvannspeilet for å være sikker på at alle kjemikalier og olje fanges opp. Som et minst krav til hydraulisk kontroll må arbeidet anbefalt i avsnitt 8,6 utføres.

Hvis det ikke finnes økonomisk støtte til forskningsfasen, kan denne metoden ikke anbefales som tiltak, på grunn av usikkert utfall.

6) Hydraulisk avgrensning, naturlig nedbryting

I praksis er det denne metoden som drives i dag. En pumpebrønn er etablert. Pumpen sitter i grunnvannsnivået for å fange opp evt. olje i ikke-løslig fase som flyter på vannet. Pumpingen skaper en senkningskone omkring brønnen, slik at vannløslige forbindelser skal fanges opp i brønnen. Denne senkningskone, sammen med den naturlige grunnvannsgradienten, bestemmer innstrømningsområdet til brønnen. Mutch (1989) oppgir at:

$$L = \frac{Q}{T \cdot i} \quad \text{og} \quad r_{ps} = \frac{Q}{2 \cdot \pi \cdot T \cdot i}$$

hvor:

Q = pumperate

T = transmissivitet

i = den naturlige grunnvannsgradienten

L = bredde på innstrømningsområdet

r_{ps} = utstrekning av innstrømningsområdet ned langs grunnvannsgradienten

Kort sagt viser disse ligningene at innstrømningsområdets omfang er proporsjonalt med pumperaten. Ved vurdering av innstrømningsområdet som er nødvendig for å fange opp forurensningen, må man ta hensyn til at oljen vil spredes i en horisontal retning i den umettete sonen. Tar man hensyn til dette, og sammenligner man Tegninger 11d og 20, må det eksisterende innstrømningsområdet betraktes som utilfredstillende. Det er to muligheter for å løse problemet:

1) Hvis man fordobler innstrømningsområdets utbredelse vil man være i stand til å fange opp utvasking fra all olje som er påvist i den umettete sonen i undersøkelsen (Tegning 11d). Dette kan gjøres ved å sette pumpen på et lavere nivå i brønnen slik at pumperaten blir fordoblet, og pumpen likevel sitter i grunnvannsnivået. Dette kan forsøkes i det eksisterende hullet, men på grunn av at pumpenivået kan være omtrent 23-24 m er det sannsynlig at brønnen må bores dypere (eller bores på nytt til et dypere nivå).

2) Man kan bore en annen brønn ved punkt PB2 (Tegning 11 d), og pumpe den på en lignende rate som PB1 (1800 l/t). Dette vil føre til et innstrømningsområde som vist på Tegning 11d, som ansees som tilfredstillende. PB2 kan plasseres videre til sør langs linje D (tegning 11d). Dette fører til større sikkerhet mht innstrømningsområdet ved tankanlegget, men lengere transport-tider til brønnen.

Kontinuerlig pumping av brønnen(e) sikrer at oljeforurensning i grunnvannet ikke forlater innstrømningsområdet. Metoden krever ingen aktiv behandling av umettet sone, men olje vil eventuelt brytes ned av den naturlige bakterielle flora i den umettete sonen. Det kan her forutsettes en periode på kanskje mer enn ti år før oljen brytes ned til A-verdien.

Antar man et 10-års periode med pumping og regelmessig prøvetaking, kan man kalkulere det følgende kostnadsoversikt. Pumpekostnader er basert på Driscoll (1989), med pumperater på henholdsvis 3600 og 1800 l/t, løftehøyder på 27m og 24m, pumpeeffektivitet på 70 % og kostnader Kr 0,4/KWh.

	Fordoblet pumperate i eksisterende brønn	Ny brønn PB2
Ny brønn + utstyr		70.000
Pumpekostnader	14.000	6.000
TOC (140 prøver)	42.000	42.000
THC (40 prøver)	52.000	52.000
Totale kostnader	108.000	170.000