


GEOLOGI FOR SAMFUNNET

GEOLOGY FOR SOCIETY



Rapport nr.: 2014.012		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen	
Tittel: Det 23. NGU-seminar om hydrogeologi og miljø, 11.-12. mars 2014. "Grunnvann i min kommune".				
Forfatter: Bjørn Frengstad og Tove Aune		Oppdragsgiver: NGU		
Fylke:		Kommune:		
Kartblad (M=1:250.000)		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000)		
Forekomstens navn og koordinater:		Sidetall: 39	Pris: 80,-	
Feltarbeid utført:		Rapportdato: 7. mars 2014	Prosjektnr.: 336500	Ansvarlig: 
<p>Sammendrag:</p> <p>Rapporten presenterer program, deltakerliste og sammendrag av foredrag og postere fra det 23. NGU-seminar om hydrogeologi og miljø: "Grunnvann i min kommune", holdt 11.-12. mars 2014 i Trondheim.</p> <p>Første dag er øremerket "Grunnvann i min kommune" mens andre dag omhandler ulike grunnvannsfaglige aspekter som er aktuelle i Norge i dag. Temaene spenner over grunnvann til oppvarming og kjøling, drikkevannskvalitet, grunnvann i byområder, databaser, modellering, feltkartleggingsteknikker og overvåkningsmetodikk. Det blir også en ekskursjon til nabokommunen Melhus hvor grunnvann brukes til oppvarming i flere store bygg.</p> <p>47 seminardeltakere er registrert hvorav 34 er eksterne og 10 er studenter.</p> <p>Med unntak av formatering og stavekontroll er sammendragene publisert rett fra det materialet som er levert av de som presenterer.</p>				
Emneord: Hydrogeologi	Grunnvann		Hydrogeokjemi	

INNHold

Program	5
Deltakere	9
Grunnvannsbasert oppvarming og avkjøling. Hvor langt er Norge kommet og hvilke utfordringer og muligheter står vi overfor? Randi Kalskin Ramstad, Asplan Viak AS og Institutt for geologi og bergteknikk, NTNU	12
Verdien av grunnvann i plansammenheng Bernt Olav Hilmo, Asplan Viak	14
Verdiskaping i bunn og grunn. Grunnvannsproblematikk i Vågsbunnen, Bergen Hans de Beer, NGU og Johanne Gillow, Byantikvaren, Bergen kommune	15
Geologien i min kommune - En ny digital informasjonsportal fra NGU Atle Dagestad, NGU	16
Utvikling av Nasjonal database for grunnundersøkelser (NADAG) Inger-Lise Solberg, NGU	17
Oslo kommunes undergrunnsprosjekt setter grunnvannsspørsmål på dagsordenen Ingelöv Eriksson, Hans Kristian Daviksnes, Tharan Fergus, Marte Muen Sæter, Mats Hallén, Ingrid Engvall, Aleksandar Stijajcic og Atle Røiom, Oslo kommune	18
Hvilke uorganiske kjemiske stoffer finner vi i drikkevann fra norske grunnvannsverk? Anna Seither og Bjørn Frengstad, NGU	19
Siste nytt fra feltfronten Rolf Forbord, Asplan Viak AS	21
Undersøkelser av forurenset grunnvann på Løkken Pål Gundersen, Anna Seither, Einar Dalsegg, NGU, Maria Forsgård, UiO, Giulio Viola, Ola Sæther, Bjørn Frengstad, Gaute Storrø, NGU og Marit Bakken Gjørva, NTNU	22
Aquifer Thermal Energy Storage (ATES) at Gardermoen, Norway Zerihun Kinfu Birhanu, NTNU, and Hawassa University, Ethiopia, Nils-Otto Kitterød, NMBU Harald E. Krogstad and Anne Kværnø, NTNU	23
3D-modellering av hydrogeologiske forhold i Hausmannskvartalet, Oslo kommune Anniken Mjøen Solli og Bjørge Brattli, Institutt for geologi og bergteknikk, NTNU Hans de Beer, NGU	24
Utvikling av kartprodukter for fremstilling av setningsutfordringer i urbane områder – med eksempel fra Majorstua i Oslo Live Næss Andresen, NTNU	25
Ein ny studie av Solskinnstjørn Sven Meling, Rannveig Øvreвик Skoglund, Inst. for geografi, UiB, Oddmund Soldal, COWI	26

Kartlaggning av hydrogeologiska förhållanden i Ånes, Søndre Land. Geofysiske undersøkelser, pumptest og modellering	
Maria Forsgård, Per Aagaard, Carlos Duque <i>Universitetet i Oslo</i>, Mattias von Brömssen, Michael Helgestad, <i>Rambøll</i>	27
Samspeilet mellom grunnvann og overflatevann i et typisk dalføre på Vestlandet, Simadal i Eidfjord kommune	
Ingrid Lycke Austbø, Rannveig Øvrevik Skoglund, <i>Institutt for geografi, UiB og Oddmund Soldal, COWI</i>	28
Landsomfattende mark- og grunnvannnett. Endringer i grunnvannskjemi ved Birkenes	
Bjørn Frengstad, Øystein Jæger og Gaute Storrø, <i>NGU</i>	29
Monitoring snowmelt and solute transport at Oslo airport by combining time-lapse ERT, soil water sampling and tensiometer measurements	
Esther Bloem, <i>Bioforsk</i> og Helen K. French, <i>NMBU</i>	30
Numerisk modellering i MODFLOW av forurensningstransport, tidevannsvariasjoner og effekt av aktuell rensebarriere for Tromsdalsfyllingen	
Silje Marie Vasstein, <i>NTNU</i>	31
Quantifying seepage to surface water with temperature probes: the role of thermal conductivity	
Carlos Duque, <i>Department of Geosciences, University of Oslo</i> Sascha Muller, Eva Sebok, Kinza Haider, Peter Engesgaard, <i>Department of Geosciences and Natural Resources Management University of Copenhagen</i>, Per Aagaard, <i>Department of Geosciences, University of Oslo</i>	32
Hvordan overvåke forurensninger i jord og grunnvann? Noen eksempler fra EU-prosjektet SoilCAM	
Helen Kristine French, <i>NMBU og Bioforsk</i>, Sjoerd E.A.T.M. Van Der Zee, <i>Wageningen Universitet, Nederland</i>, Markus Wehrer, <i>Friedrich Schiller Universitet, Jena, Tyskland</i>, Alberto Godio, <i>DITAG – Politecnico di Torino, Italia</i>, Laust B. Pedersen, <i>Uppsala Universitet, Sverige</i>, Giuseppe Toscano, <i>AMRA, Napoli, Italia</i>	33
Kartlegging av stabilitetsforhold og hydrogeologi i ravinlandskap langs nye jernbanetrasé nord for Eidsvoll stasjon	
Erik Aavatsmark, <i>Institutt for Miljøvitenskap, NMBU</i>	34
Bergrom for oppbevaring av drikkevann	
Amund Gaut, Kim Rudolph-Lund og Simen Berger, <i>Sweco Norge AS</i>	35
Etablering av Vettakollen høydebasseng for Oslos vannforsyning	
Simen Berger, Kim Rudolph-Lund, Amund Gaut, <i>Sweco Norge AS</i>, Thomas Pabst og Erik Endre, <i>NGI</i>	36
VLF-undersøkelse for etablering av gode fjellbrønner for Flesberg vannverk	
Michael R. Helgestad, <i>Rambøll Norge AS</i>	37
Poretrykksmålinger i berg	
Sylvi Gaut, <i>Sweco</i>	39

GRUNNVANN I MIN KOMMUNE

23. NASJONALE SEMINAR OM HYDROGEOLOGI OG MILJØ
NGU, TRONDHEIM 11.-12. MARS 2014



SEMINAR PROGRAM

DAG 1		DAG 2	
09:00	Registrering og kaffe/te	09:00	Siste nytt fra feltfronten. <i>v/Rolf Forbord (Asplan Viak)</i>
10:00	Åpning, <i>v/Avd.dir. Jan Cramer (NGU)</i>	09:30	Vannet som motsatte seg tyngdekraften: kartlegging av grunnvannsstrømmer nedenfor gruveveltene på Løkken. <i>v/Pål Gundersen og Anna Seither (NGU)</i>
10:10	Grunnvannsbasert oppvarming og avkjøling Hvor langt er Norge kommet og hvilke utfordringer og muligheter står vi overfor. <i>v/Randi Kalskin Ramstad (Asplan Viak, NTNU)</i>	09:50	Energibrønner på Gardermoen. <i>v/Zerihun Kinfe Birhanu og Nils-Otto Kitterød (UMB)</i>
10:50	Verdien av grunnvann i plansammenheng. <i>v/Bernt Olav Hilmo (Asplan Viak)</i>	10:10	Posterpresentasjoner
11:10	Verdiskaping i bunn og grunn. Grunnvannsproblematikk i Vågsbunnen. Bergen. <i>v/Hans de Beer (NGU) og Johanne Gillow (Byantikvaren i Bergen)</i>	10:30	Postersesjon med kaffe, te og forfriskninger
11:30	Kaffe, te og forfriskninger	11:10	Quantifying seepage with temperature probes: the role of thermal conductivity. <i>v/Carlos Duque (UiO)</i>
11:50	Min kommune – en viktig nettbasert informasjonsportal fra NGU for deg som søker lokal geologisk og hydrogeologisk informasjon. <i>v/Atle Dagestad (NGU)</i>	11:30	Hvordan overvåke forurensninger i jord og grunnvann? Noen eksempler fra EU prosjektet SoilCAM. <i>v/Helen K. French (UMB) m.fl.</i>
12:10	Utvikling av nasjonal database for grunnundersøkelser (NADAG). <i>v/Inger Lise Solberg (NGU)</i>	11:50	Kartlegging av stabilitetsforhold og hydrogeologi i ravinelandskap langs ny jernbanetrase nord for Eidsvoll stasjon. <i>v/Erik Aavatsmark (UMB)</i>
12:30	Oslo kommunes undergrunnsprosjekt setter grunnvannsspørsmål på dagsorden <i>v/Ingelöv Eriksson, Hans Kristian Daviknes, Tharan Fergus, Marte Muen Sæter, Mats Hallén, Ingrid Engvall, Aleksandar Stijajcic, og Atle Røiom (Oslo kommune).</i>	12:10	Tunneler og bassenger for vannforsyning. <i>v/Amund Gaut, Kim Rudolph-Lund og Simen Berger (Sweco)</i>
12:50	Hvilke uorganiske kjemiske stoffer finner vi i drikkevann fra norske grunnvannsverk? <i>v/Anna Seither og Bjørn Frengstad (NGU)</i>	12:30	Etablering av Vettakollen høydebasseng for Oslo's vann forsyning. <i>v/Simen Berger (Sweco), Kim Rudolph-Lund (Sweco), Amund Gaut (Sweco), Thomas Pabst (NGI), Erik Endre (NGI)</i>
13:10	Lunsj	13:00	Lunsj
14:00	Ekskursjon til Melhus sentrum. "Grunnvann til oppvarming". <i>Guider: Randi Kalskin Ramstad (Asplan Viak, NTNU), Bernt Olav Hilmo (Asplan Viak) og Gaute Storrø (NGU)</i>	14:00	VLF-undersøkelse for etablering av gode fjellbrønner for Flesberg vannverk. <i>v/Michael Helgestad (Rambøll)</i>
18:00	Seminarmiddag på NGU	14:20	Poretrykksmålinger i berg. <i>v/Sylvi Gaut (Sweco)</i>
		14:40	Oppsummering og prisutdeling
		15:00	Vel hjem
		15:00	Årsmøte International Association of Hydrogeologists, norsk avdeling, varer til kl 17.00

POSTERE

3D-modellering av hydrogeologiske forhold i Hausmannskvartalet, Oslo kommune.

v/Anniken Mjøen Solli (NTNU)

Ein ny studie av Solskinntjørn

*v/Sven Meling, Rannveig Øvrevik Skoglund (UiB)
og Oddmund Soldal (COWI)*

Kartläggning av hydrogeologiska förhållanden i Ånes, Søndre Land. Geofysiska undersökningar, pumptest och modellering.

*v/Maria Forsgård, Per Aagaard (UiO), Mattias von Brömssen,
Michael Helgestad (Rambøll) og Carlos Duque (UiO)*

Samspeilet mellom grunnvann og overflatevann i et typisk dalføre på Vestlandet, Simadal i Eidfjord kommune

v/Ingrid Lycke Austbø, Rannveig Øvrevik Skoglund (UiB) og Oddmund Soldal (COWI)

Landsomfattende mark- og grunnvannsnett.

Hvorfor er grunnvannet ved Birkenes blitt surere?

v/Bjørn Frengstad, Øystein Jæger og Gaute Storrø (NGU)

Monitoring snowmelt and solute transport at Oslo airport by combining time-lapse ERT, soil water sampling and tensiometer measurements.

Esther Bloem (Bioforsk) og Helen K. French (UMB)

Numerisk modellering i MODFLOW av forurensningstransport, tidevannsvariasjoner og effekt av aktuell rensebarriere for Tromsdalsfyllingen.

Silje Marie Vassein (NTNU)

Utvikling av kartprodukter for fremstilling av setningsutfordringer i urbane områder – med eksempel fra Majorstua i Oslo

v/Live Næss Andresen (NTNU)

“Grav en brønn før du blir tørst”

Fransk ordtak

Deltakere

Etternavn	Fornavn	Firma	e-post
Aavatsmark	Erik	Norges miljø- og biovitenskapelige universitet (NMBU)	erik.aavatsmark@nmbu.no
Andresen	Live Næss	NTNU	liveandresen@gmail.com
Austbø	Ingrid Lycke	UiB	ingrid.austboe@gmail.com
Berg	Tomm	NGU	tomm.berg@ngu.no
Berger	Simen	Sweco Norge AS	simen.berger@sweco.no
Brattli	Bjørge	NTNU	bjorge.brattli@ntnu.no
Båsum	Trond	Båsum Boring A/S	trond@basum.no
Dagestad	Atle	NGU	atle.dagestad@ngu.no
Daviknes	Hans Kristian	Bymiljøetaten, Oslo kommune	hanskristian.daviknes@bym.oslo.kommune.no
Cramer	Jan	NGU	jan.cramer@ngu.no
de Beer	Hans	NGU	hans.debeer@ngu.no
Duque	Carlos	UiO	carlos.duque@geo.uio.no
Eriksson	Ingelöv	Oslo kommune	ingelov.eriksson@pbe.oslo.kommune.no
Forbord	Rolf	Asplan Viak AS	rolfe.forbord@asplanviak.no
Forsgård	Maria	UiO	maria.forsgard@hotmail.com
Fosså	Annette	Bymiljøetaten, Oslo kommune	annette.fossa@bym.oslo.kommune.no
French	Helen F.	Norges miljø- og biovitenskapelige universitet (NMBU)	helen.french@nmbu.no
Frengstad	Bjørn	NGU	bjorn.frengstad@ngu.no
Førde	Marit Johanne	NTNU	maritforde@gmail.com
Ganerød	Guri	NGU	guri.ganerod@ngu.no
Gaut	Amund	Sweco Norge AS	amund.gaut@sweco.no
Gaut	Sylvi	Sweco	sylvi.gaut@sweco.no
Gundersen	Pål	NGU	pal.gundersen@ngu.no
Heggem	Øyvind Anders	Heistad Brønnboring AS	heistad@bronnborring.com
Helgestad	Michael R.	Rambøll Norge AS	michael.helgestad@ramboll.no
Hilmo	Bernt Olav	Asplan Viak AS	berntolav.hilmo@asplanviak.no
Jæger	Øystein	NGU	oystein.jager@ngu.no

Etternavn	Fornavn	Firma	e-post
Kitterød	Nils-Otto	Norges miljø- og biovitenskapelige universitet (NMBU)	nils-otto.kitterod@nmbu.no
Kristensen	Heidi	Bymiljøetaten, Oslo kommune	heidi.kristensen@bym.oslo.kommune.no
Lie	Rikard	Østfold Brønnboring as	post@b boring.no
Meling	Sven	Universitetet i Bergen	sme083@student.uib.no
Nilsen	Glenn		nilsen.glenn.t@gmail.com
Ramstad	Randi Kalskin	Asplan Viak AS/NTNU	randi.kalskin.ramstad@asplanviak.no
Riise	Mari Helen	NTNU	mariheri@stud.ntnu.no
Rudolph-Lund	Kim	Sweco	krl@sweco.no
Seither	Anna	NGU	anna.seither@ngu.no
Skoglund	Rannveig Øvrevik	Universitetet i Bergen	rannveig.skoglund@geog.uib.no
Solberg	Inger-Lise	NGU	inger-lise.solberg@ngu.no
Solli	Anniken Mjøen	NTNU	annikensolli@gmail.com
Storrø	Gaute	NGU	gaute.storro@ngu.no
Sæterstøl	Helge	Vestnorsk Brunnboring AS	helge@brunnboring.no
Sæther	Marte Muan	Byantikvaren, Oslo kommune	marte.muan.sather@bya.oslo.kommune.no
Sørdal	Torbjørn	NGU	torbjorn.sordal@ngu.no
Tetteh	Abednego	NGU	abednegotetteh@ngu.no
Vasstein	Silje Marie	NTNU	siljevasstein@gmail.com
Østhassel	Einar	MEF	einar.osthassel@mef.no
Øvretveit	Inge	Vestnorsk Brunnboring AS	inge@brunnboring.no

Presentasjoner
11. mars

Grunnvannsbasert oppvarming og avkjøling. Hvor langt er Norge kommet og hvilke utfordringer og muligheter står vi overfor?

Randi Kalskin Ramstad, *Asplan Viak AS og Institutt for geologi og bergteknikk, NTNU*

Norges største grunnvannsbaserte varmepumpeanlegg for oppvarming og kjøling ble bygget i 1998 ved Oslo lufthavn Gardermoen. Anlegget var blant de første i Norge og ble designet av nederlandske konsulenter. Siden tidlig 2000-tallet har det jevnlig blitt etablert grunnvarmeanlegg basert på oppumpet grunnvann. Til tross for at et grunnvannsbasert varmepumpeanlegg på mange måter er helt likt et grunnvannsanlegg for drikkevannsforsyning, (den største forskjellen er at anlegget ikke krever drikkevannskvalitet), er hydrogeologisk kompetanse i liten grad etterspurt og brukt. Utbygger, eventuelt VVS-prosjekterende, henvender seg i stedet ofte til utførende entreprenør, det vil si rørlegger og brønnborer. I noen tilfeller kan anlegget gå bra uten at hydrogeologisk kompetanse har vært inne i bildet, men i mange tilfeller går anlegget dårlig og må i verste fall stenges. I svært sjeldne tilfeller driftes anlegget optimalt. I tilfeller med problematisk drift, er årsakene ofte sammensatte, og omfatter gjerne både hydrogeologiske og varmetekniske forhold. For eksempel er jernutfellinger og beleggdannelse en gjenganger på samme måte som for drikkevannsanlegg. Et annet forhold er redusert effekt på grunn av redusert temperatur (kort oppholdstid) og/eller redusert kapasitet. Det er gjerne når anlegget er i ferd med, eller har kollapset, at hydrogeologen kontaktes.

En av våre utfordringer er altså å komme i inngripen på et tidlig nok tidspunkt. Kvaliteten på de hydrogeologiske forundersøkelsene og fullskala boringer og prøvepumper vil være avgjørende for anleggets evne til å levere nok grunnvann av tilfredsstillende kvalitet til lavest mulig pris (fritt etter GiN-veileder nr. 3). En annen utfordring er god oppfølging i både bygge- og driftsfasen.

I utfordringene ligger også mulighetene. Grunnvannsbrønner til energiformål plasseres i nærheten til bygningene som skal forsynes med varme og eventuelt kjøling. Til forskjell fra grunnvann til drikkevann, er det derfor sentrumsområdene som er mest interessante. Elverum og Melhus er eksempler på kommuner hvor utnyttelse av grunnvann til energiforsyning er tatt med som et viktig tiltak i kommunens energi- og klimaplan. Kommuner med etablerte grunnvarmeanlegg i sine sentrumsområder bør derfor tilbys spesialtilpasset rådgivning for utnyttelse og forvaltning av sine grunnvannsressurser. Dette kan være alt fra enkel oppfølging og dokumentasjon av etablerte anlegg til komplett hydrogeologisk rådgivning/undersøkelser før og under etablering, og oppfølging i driftsfasen. I det siste tilfellet vil denne type rådgivning kreve et utstrakt samarbeid mellom alle fagfeltene knyttet til energianlegget. Det vil si VVS-prosjekterende, brønnborer, anleggseier/utbygger, driftsansvarlig og automatiseringsingeniør. Det vil også kreve at de ulike fagene ønsker og evner å sette seg grundig inn i hverandres fagfelt. Fordi de hydrogeologiske forholdene er selve hjertet i anlegget, bør hydrogeologen ha en sentral rolle sammen med VVS-prosjekterende (varmepumpa) i hele prosessen – fra tidlig utredningsfase til 5-10 år ut i driftsfasen. Vi må

unngå at andre uten kjennskap til grunnvannsressursen og brønnsiden av anlegget tar beslutninger på hydrogeologens vegne.

Et godt samarbeid mellom alle fagområdene krever respekt og ydmykhet for hverandres fag. Gevinsten vil være økt læring for alle parter og stadig bedre og veldrevne anlegg. Samarbeid er en suksessfaktor, og representerer et uforløst potensial.

GiN-veileder nr. 3, http://grunnvann.no/GiN_veiledere/GV-3.pdf

Verdien av grunnvann i plansammenheng

Bernt Olav Hilmo, *Asplan Viak*

Et viktig poeng i Drikkevannsforskriften er å tilstrebe en så god råvannskvalitet som mulig, og at vannkilden er minst mulig truet av potensielle forurensningskilder. Grunnvann er derfor en velegnet vannkilde for mange vannverk. De største grunnvannsanleggene i Norge henter vann fra elve- og breelvavsetninger. Felles for disse grunnvannsforekomstene er at de er attraktive områder for andre brukerinteresser som boligbygging, bygging av ny infrastruktur (vei, jernbane flyplass), industriområder, søppelplasser, landbruk, militærleirer, kirker etc. Eneste tilgjengelige arealer for nye grunnvannsanlegg blir derfor ofte flomutsatt elvesletter som ikke er egnet til utbyggingsformål eller næringsbasert virksomhet. Man får da problemer med flomfare i og med at NVE krever at nye installasjoner og bygninger skal ligge over nivået for 1000-års flom.

I alle større utbyggingsprosjekter stilles det i henhold til Plan- og bygningsloven krav om konsekvensutredning. I denne prosessen blir grunnvann som naturressurs vurdert sammen med en rekke andre prissatte og ikke-prissatte konsekvenser. Det skal svært mye til at en grunnvannsressurs blir tillagt så mye vekt at en planlagt utbygging, for eksempel en veitrase blir flyttet. Det finnes imidlertid flere eksempler (Ringebu vannverk og Krokstadøra vannverk) på at man har flyttet hele grunnvannsanlegg fordi de kom i konflikt med ny veitrase. Man kan da spørre seg om verdien av vannressurser verdsettes høyt nok i planleggingen.

Rent vann er svært rimelig i Norge. På årsbasis koster vannforsyning for en husholdning mindre enn et busskort i Trondheim for en voksen, og utbygging av et grunnvannsanlegg som forsyner flere tusen personer koster i samme størrelsesorden som 50 m ny E6. Folk aksepterer å betale høye bompengesatser for å få ny vei, mens man hører sjelden om abonnenter som vil betale høyere vannavgifter for å få bedre vannforsyning. Det kan virke som om det å kutte kjøretiden med 5 % betyr mye mer enn en sikker og god vannforsyning.

En av årsakene til dette er at rent vann har blitt betraktet som en ressurs vi har mer enn nok av, og det har til nå kostet relativt lite å bygge ut vannforsyning. Med økende press på våre vannressurser, og særlig grunnvannsressurser, er det ikke en selvfølge at det blir slik i framtida. Det er et klart behov for å verdsette våre grunnvannsressurser høyere. Dette krever:

- Bedre kartlegging og overvåkning (NGU).
- Bedre beskyttelse av grunnvannsforekomstene.
- Økt kunnskap og oppmerksomhet om vannressursene.

Vanndirektivet er et nyttig redskap for å utvikle og beskytte våre grunnvannsforekomster. Det er derfor viktig at arbeidet med grunnvann i vanndirektivet styrkes med hensyn til kartlegging, overvåkning, sårbarhetsvurderinger og gjennomføringen av tiltak for å sikre grunnvannsressursene.

Verdiskaping i bunn og grunn. Grunnvannsproblematikk i Vågsbunnen, Bergen

Hans de Beer, *NGU*

Johanne Gillow, *Byantikvaren, Bergen kommune*

I forbindelse med opprustning av gategrunnen og rehabilitering av deler av bydelen Vågsbunnen, har det blitt avdekket tildels store lokale setninger, og et stedvis svært lavt grunnvannspeil. Kommunen har økt oppmerksomheten knyttet til inngrep som kan endre grunnvannsnivået i Vågsbunnen og hvilke konsekvenser dette kan få. Grunnvannsendringer kan potensielt medføre setningsskader på bygninger, anlegg, ledningsnett, vegdekke osv., samt tap av automatisk fredete arkeologiske kulturminner.

I 2012 ble det gjennomført et kommunalt forprosjekt med bakgrunn i disse utfordringene. *Forprosjekt Vågsbunnen* har hatt som oppgave å se helhetlig på forholdene, finne fram informasjon, samle problemstillinger og gi forslag til den videre oppfølgingen av disse. Forprosjektet anbefalte blant annet at eksisterende dreneringspumper kartlegges, og at det initieres et overvåknings- og måleprogram for setninger og grunnvannsnivå i Vågsbunnen. I tillegg har forprosjektet anbefalt at det utredes nye planbestemmelser som begrenser adgangen til å gjøre inngrep som kan endre grunnvannstanden i setningssensitiv grunn. På bakgrunn av disse anbefalingene har Byrådet i november 2012 vedtatt oppstart av et arbeid med formål å endre planbestemmelsene. I påvente av dette arbeidet har Byrådet vedtatt et midlertidig forbud mot tiltak som kan redusere grunnvannsnivået. Forbudet omfatter også tiltak som ikke er søknadspliktige dersom det kan redusere grunnvannsnivået. Byrådet har i november 2013 lagt ut et nytt forslag til reguleringsbestemmelse til offentlig ettersyn: *"tiltak som medfører økt risiko for setninger i grunnen, f.eks. inngrep i bakken og endring i grunnvannsnivå, er ikke tillatt innenfor planområdet"*. I det siste forslaget er planområdet etter anmodning fra Riksantikvaren utvidet til nærmest hele Middelalderbyen i Bergen, som omfatter de tre reguleringsplanene "Vågsbunnen", "Vågen, kaiene og Bryggen", samt "Marken" (se figur).



En slik reguleringsbestemmelse er unik i Norge, og saksgangen viser at Bergen kommune ønsker en mer bærekraftig byutvikling av planområdet som legger til rette for moderne byutvikling og samtidig ivaretar de unike kulturelle verdiene både over og under bakken. Dette krever en mer integrert forvaltning av over- og undergrunn enn det som er dagens praksis.

I dette foredraget belyses veien videre for å øke data og kunnskap om geologi og grunnvann som et viktig forvaltningsgrunnlag i norske byer, med Vågsbunnen som case.

Geologien i min kommune - En ny digital informasjonsportal fra NGU

Atle Dagestad, NGU



NGU har som en av sine hovedmålsetninger å gjøre geologisk informasjon mest mulig tilgjengelig for samfunnet. En utfordring i den sammenheng er å gjøre det store mangfold av geologisk informasjon tilgjengelig på en enkel og lettfattelig måte som imøtekommer de ulike behov til profesjonelle brukere innen

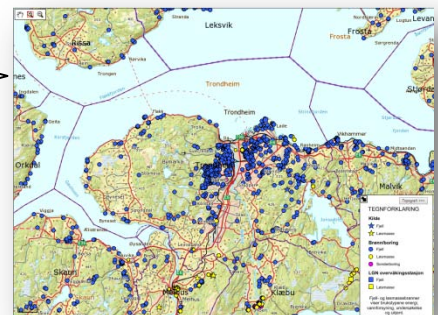
offentlig forvaltning og næringslivet, og samtidig ivareta informasjonsbehovet til enkeltpersoner og det øvrige samfunn. NGUs tilnærning til dette har vært å systematisere og avgrense geologisk informasjon til kommunenivå samt å etablere innsynsløsningen *Geologien i min kommune* på NGUs hjemmeside. Ved søk på en kommune vil geologisk informasjon bli vist på ulike geologiske temakart for denne kommunen fordelt på hovedgruppene:

- **LANDSKAP:**
 - Berggrunnkart
 - Løsmasser
 - Havbunnskart
 - m.fl.

- **RESSURSER:**
 - Bergrettigheter
 - Grunnvannsbrønner og kilder
 - Grus og pukk
 - m.fl.

- **SIKKERHET:**
 - Radon
 - Skredhendelser (NVE)
 - Kvikkleire (NVE)

- **ANDRE OPPSLAG**
 - Ulike geologiske ressurser
 - Trykte kart
 - Geologisk litteratur



Hver av de ulike karttema i internettportalen gir innsyn i allerede eksisterende geologiske kartdatabaser samt litteraturdatabasen på NGU. Ønskes mer detaljert informasjon fra de geologiske temakartene eller utvidet kartfunksjonalitet gjøres dette ved viderekopling til den aktuelle kartdatabasen. Det er også mulig å etablere en kopling mellom egne GIS-applikasjoner og NGUs kartdatabaser gjennom NGUs WMS-tjenester.

Utvikling av Nasjonal database for grunnundersøkelser (NADAG)

Inger-Lise Solberg, NGU

I Norge finnes store mengder data fra grunnundersøkelser, eksempelvis fra grunnvannsboringer/energibrønner, ulike typer fjellboringer, og geotekniske undersøkelser av løsmassene. Bruken av undergrunnen er i stadig vekst, og det er et stort behov for å kjenne grunnforholdene i 3 dimensjoner. Til tross for at det finnes store mengder boredata, er disse relativt utilgjengelige og spredt hos ulike dataeiere og -brukere. En nasjonal database for grunnundersøkelser vil gi en samlet oversikt over hvilke undersøkelser som er utført hvor, og muliggjør en effektiv tilgang til data. Data fra grunnundersøkelser representerer faktadata av stor verdi, og er avgjørende for en god forvaltning av arealer og undergrunnen. Gjenbruk av data vil føre til vesentlige besparelser.

Prosjektet om Nasjonal database for grunnundersøkelser (NADAG) har pågått siden 2012 og samler fire store offentlige aktører (NGU i samarbeid med Statens vegvesen, NVE og Jernbaneverket) som i fellesskap tar et initiativ til og ansvar for å samle og gjøre offentlig tilgjengelig samfunnsviktige data knyttet til grunnundersøkelser og grunnforhold. Databasemodellen er basert på SOSI-standard for geotekniske undersøkelser. Utviklingen av databasen foregår i samarbeid med Norkart, men NADAG skal driftes av NGU.

I løpet av 2013 ble en første versjon av databasen utviklet. NADAG v. 1.0 representerer primært en realisering av databasemodellen og består av en enkel innsynsklient. Den inneholder data fra et testområde i Oslo. Fra 2014 vil NADAG videreutvikles med flere funksjoner og gi mulighet for import/eksport av data. Utviklingen er styrt av de konseptuelle, standardiserte datamodellene, og justeres etter hvert som flere brukerbehov blir dokumentert.

NADAG vil inneholde data med varierende innholdsnivå, hvor et minimum vil være metadata til utførte boringer (stedfestelse, boretype, boret dybde, firma, dato, rapportnummer). I andre tilfeller vil mye mer data være tilgjengelig (rapporter og rådata). Noen organisasjoner har velfungerende system for egne data, mens andre helt mangler system, eller har et som ikke fungerer optimalt. Dataeiere vil kunne ha ulik tilknytning til NADAG. Noen vil eie og drifte sin egen database, men benytte NADAG som en innsynsløsning. For andre vil NGU kunne fungere som databank for disse dataeierne, dersom de ikke har mulighet til eller interesse i å forvalte dataene selv. Hovedmålet er at NADAG på sikt vil kunne vise alle grunnundersøkelser som er utført.

Oslo kommunes undergrunnsprosjekt setter grunnvannsspørsmål på dagsordenen

Ingelöv Eriksson, Hans Kristian Daviknes, Tharan Fergus, Marte Muen Sæter, Mats Hallén, Ingrid Engvall, Aleksandar Stijajcic og Atle Røiom, *Oslo kommune*

Jord, grus, leire, sand, fjell og fyllmasse, men også ledninger, kabler, tunneler, p-hus, energibrønner, grunnvann og mye mer. Oslo kommune har startet opp et eget "undergrunnsprosjekt" for økt kunnskap om undergrunnen i Oslo.

Prosjektet vil fokusere på å få en samlet oversikt over hva som finnes i grunnen under Oslo, og hvordan vi skal planlegge for fremtidig bruk av undergrunnen på en holdbar måte. For å klare dette på en god måte er prosjektet oppdelt i fire delprosjekter; Plan og Jus, Datainnhenting, Geodata og Grunnvann.

Gjennom høsten 2013 og våren 2014 vil den viktigste aktiviteten være å sammenstille hvilken informasjon som finnes tilgjengelig i Oslo kommune, samt hvordan man arbeider med undergrunnsaker hos kommunale og statlige virksomheter. Dette arbeidet vil lede fram til en egen statusrapport i løpet av 2014. Det er også hentet innspill fra andre byer, eksempelvis fra Helsingfors, som har vært tidligere ute enn andre når det gjelder informasjonsgrunnlag og planlegging av undergrunnsutnyttelse for sin by.

Statusrapporten kommer til å bli et godt grunnlag for å øke kunnskapen om, forbedre tilgangen til informasjon, og planlegge og styre den videre bruk av Oslos undergrunn. Undergrunnsprosjektet gjennomføres i regi av Plan- og bygningsetaten og har i tillegg prosjektdeltagelse fra Byantikvaren, Bymiljøetaten, Eiendoms- og byfornyelsesetaten og Vann- og avløpsetaten.

Økt kunnskap om undergrunnen i Oslo

Undergrunnsprosjektet (2013-2016) er et prosjekt med stor faglig bredde. For å oppnå prosjektets hovedmålsetninger må man utrede juridiske problemstillinger, vurdere byplanmessige utfordringer, ta hensyn til geologi, geoteknikk, hydrologi og hydrogeologi, samt gjennomføre oppgaver innenfor geografisk IT.

Hvilke uorganiske kjemiske stoffer finner vi i drikkevann fra norske grunnvannsverk?

Anna Seither og Bjørn Frengstad, *NGU*

Et utvalg av 351 brønner og/eller kilder som forsyner vannverk registrert i Vannverksregisteret og 302 brønner og/eller kilder registrert hos Mattilsynet ble analysert ved NGU-Lab for anioner, kationer, en lang rekke sporelementer, samt pH, alkalitet, turbiditet, farge og elektrisk ledningsevne.

Grunnvannsprøver fra fjellakviferer er generelt mer hydrokjemisk modne enn prøver fra løsmasseakviferer. Dette viser seg som høyere pH, alkalitet og elektrisk ledningsevne så vel som i høyere konsentrasjoner av de fleste grunnstoffer (unntatt nitrat, aluminium og kobber). Grunnvann i fjell hadde generelt følgende vanntyper basert på dominerende ioner: Ca-HCO₃ type vann 77 %; Na-HCO₃ type vann 15 %; Na-Cl type vann 6 %; andre vanntyper 2 %. Grunnvann i løsmasser omfattet følgende vanntyper: Ca-HCO₃ type vann 68 %; Na-Cl type vann 13 %; Na-HCO₃ type vann 9 %; Ca-Cl type vann 6 %; Ca-SO₄ type vann 4 %.

Totalt er det 51.5 % av vannprøvene som ikke møter alle kravene i Drikkevannsforskriften. Forhøyede nivåer av mangan og/eller jern er et vanlig problem både i grunnvann fra fjell (henholdsvis 28 % og 10.2 %) og fra løsmasser (henholdsvis 21.4 % og 10.8 %). Tilstedeværelsen av disse metallene har ingen helseeffekt, men kan være et praktisk/estetisk problem. Noen få prøver overstiger drikkevannsgrensen for arsen og molybden (henholdsvis 0,9 % og 0,6 % i fjellbrønner), mens nivåene av kadmium, krom, nitrat og antimon er lavere enn grensene for alle prøver. 14,7 % av fjellbrønnene har fluorkonsentrasjoner som kan skade tenner under dannelse, mens ingen løsmassebrønner har fluorverdier over drikkevannsgrensen. I Norge er det ikke satt noen grenseverdier for uran i drikkevann. 7.2 % av fjellbrønnene har urankonsentrasjoner over WHO's veiledende verdi på 30 µg/l. Det er grunnvann i fjell som vanligvis har forhøyede konsentrasjoner av grunnstoffer som potensielt kan være helseskadelige. Dette inkluderer fluorid, uran, bly, arsen og molybden og kan normalt ikke oppdages uten en vannanalyse. Drikkevann fra alle fjellbrønner bør derfor analyseres for disse parametrene i tillegg til radon.

Grunnvannsprøvene ble ikke filtrert før analyse og gjenspeiler derfor vannkvaliteten slik vannet blir drukket. Forhøyede kobber-, bly og nikkelkonsentrasjoner ser ut til å skyldes utløsning fra vannrør og koblinger siden nivåene er høyere i prøver fra private brønner enn fra vannverk. Husholdningsvann bør alltid renne noen minutter om morgenen før det drikkes.

Variasjonsspennet er enormt for mange parametre og strekker seg ofte over fire til seks tierpotenser. Den lokale variasjonen er normalt for stor og antallet prøver i datasettet altfor lavt til at en kan lage et hydrogeokjemisk kart over Norge. Noen få anomalier kan likevel påvises, for eksempel forhøyede verdier av yttrium og sjeldne jordarter i grunnvann fra løsmasseakviferer i det sørligste Norge.

Presentasjoner
12. mars

Siste nytt fra feltfronten

Rolf Forbord, *Asplan Viak AS*

Asplan Viak AS har hatt stor aktivitet innenfor ressurskartlegging/anvendt hydrogeologi de siste 2 årene. Det er utført geofysiske og hydrogeologiske undersøkelser på et stort antall lokaliteter over hele landet. Følgende undersøkelser/lokaliteter er eksempler på utførte oppdrag mellom Nordkapp og Lindesnes:

1) Grunnvannsundersøkelser i Repvåg i Nordkapp kommune ($Q_{\text{dim}}=6$ l/s).

Repvåg ligger på Porsangerhalvøya, ca. 29 km sør for tunnelen over til Magerøya. Eksisterende kartgrunnlag fra NGU ga ikke alt for store forhåpninger om å finne egnede grunnvannsressurser, men undersøkelsene avklarte raskt at man her hadde så mange muligheter at det var vanskelig å velge hvilken løsning man skal gå videre med:

1) Fjellbrønner 2) To områder egnet for løsmassebrønner (delta, strandvoll) 3) Oppkommer. Med $Q_{\text{dim}}=6$ l/s viser overslagsberegninger (nydannelse) at fjellbrønner er uaktuelt som ny vannkilde for Repvåg. Grunnvannsbrønner i løsmasser har vesentlig større kapasitet og sikrere kvalitet enn fjellbrønner, og er også sikrere mht. til kapasitet enn løsninger basert på kilder. Det anbefales derfor etablering av rørbrønner på deltaet ved Store Strandvatnet.

2) Hydrogeologiske undersøkelser for etablering av grunnvannsbasert varmepumpeløsning på Otnes, Rendalen kommune (Rendalen sykehjem).

Tettstedet Otnes ligger ved Lomnessjøen på en av de flotteste elveviftene i Norge. Nødvendig grunnvannsuttak er avhengig av grunnvannstemperaturen gjennom vinteren, og vil være i størrelsesorden 13-25 l/s for å drive en varmepumpe på 300 kW. Prøveboring med borerigg ga mye vann fra 21 til 39 meter under terreng. Vannanalysene viste et grunnvann av meget god kvalitet. En fullskala produksjonsbrønn med filter fra 30-39 meter ble derfor etablert i november 2013. Brønnen er nå prøvepumpet siden 9. desember. Brønnen har enorm kapasitet ($Q_{\text{spes}}=10$ l/s pr. m senkning), og kan teoretisk levere 80 l/s før filterhastigheten blir for stor. Etter 2 måneders kontinuerlig uttak av 18,5 l/s ligger temperaturen konstant på 5,8 °C, mens konduktiviteten «har økt» fra 55 til 56 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Med uttak av 18,5 l/s og en $\Delta T=3$ °C, blir uttatt effekt fra grunnvannet 225 KW (mer enn nok).

3) Geofysiske og hydrogeologiske forundersøkelser i Søgne kommune ($Q_{\text{dim}}=60$ l/s)

Formålet var å undersøke om grunnvann fra løsmasser kan benyttes som reservevannkilde for Søgne kommune. Undersøkelsene viser at det er fullt mulig å ta ut 60 l/s fra løsmasser ved Heimernesan ved Søgneelva. Det er påvist et område med 22 til 31 meter vannmettet og permeabel sand/grus. Med unntak for litt lav pH-verdi tilfredsstiller grunnvannet Drikkevannsforskriftens krav til godkjent drikkevann. I tillegg viser både testpumping og teoretiske beregninger at sandmassene rent hydraulisk vil gi nok vann i forhold til dimensjonerende vannmengde. De påviste forhold er så gode at det er sannsynlig at grunnvannsmagasinet kan bli ny reservekilde for Søgne kommune. Vi anbefaler derfor at det etableres to fullskala brønner for prøvepumping.

Undersøkelser av forurenset grunnvann på Løkken

Pål Gundersen, Anna Seither og Einar Dalsegg, NGU

Maria Forsgård, UiO

Giulio Viola, Ola Sæther, Bjørn Frengstad og Gaute Storrø, NGU

Marit Bakken Gjørva, NTNU

NGU har initiert kartlegging av grunnvannsstrømning nedenfor gruvetippene på Løkken for å få en bedre forståelse for grunnvannets bidrag til vannkjemi i Raubekken.

Foreløpige data og figurer fra undersøkelsene vil bli presentert:

- Vann i Raubekken samt nærliggende grunnvann: Ledningsevne, pH, vannføring og metaller/kationer
- Syv profiler med 2D-resistivitetsmålinger i løsmasser/berggrunn
- Struktureologisk kartlegging inne i gammelgruva

Metallene Cu (kobber), Zn (sink), Fe (jern) og Al (aluminium), samt ledningsevne viser betydelig økning i Raubekken forbi veltene på Løkken (for eksempel fra 0.1 til ~3 mg Fe/L under tørrværsepisode). Hydrogeologisk kartlegging peker på at grunnvann drenerer inn i Raubekken langs svært definerte og lett synlige elvestrekninger nedenfor, og til dels langt nedstrøms, veltene.

Transportveien for grunnvann fram til utslagene i Raubekken er undersøkt ved hjelp av struktureologi og 2D-resistivitets målinger. Det er kartlagt betydelige sammenhengende soner med lav resistivitet både dypt nede i bakken (trolig sprekkesoner i fjell) og grunne soner med ionerikt grunnvann med høy ledningsevne i løsmasser.

Det betydeligste grunnvannsutslaget ble identifisert flere hundre meter lengre ned i Raubekken enn forventet ift. grunnvannets naturlige strømningsgradient. Dette skyldes sannsynligvis at:

A: Grunnvann strømmer gjennom en sprekkesone eller i en linse av oppsprukket fjell som drenerer skrått under Nordre velte og Magnetittvelten fram til grunnvannsutslaget.

Og/eller:

B: Store deler av grunnvannet fra veltene renner inn i vannførende løsmasser under og langs Raubekken. Lenger nedstrøms presses grunnvannet igjen opp til Raubekken av en fjellterskel som er overdekket av grunne løsmasser under elva. Muligens holdes dette vannet nede av tette ufellingslag av aurbelle (hardpan/ ferricrete).

Begge hypotesene antyder at grunnvann under deler av Raubekken kan stå under artesisk trykk.

Aquifer Thermal Energy Storage (ATES) at Gardermoen, Norway

Zerihun Kinfe Birhanu, *Department of Mathematical Sciences, NTNU, and Hawassa University, Ethiopia*

Nils-Otto Kitterød, *Department of Environmental Sciences, NMBU*

Harald E. Krogstad and Anne Kværnø, *Department of Mathematical Sciences, NTNU*

The ATES system at Gardermoen provides energy for cooling and heating of buildings and infrastructure at the Gardermoen Airport. Even though ATES is considered as standard technology in Europe, the technology is affected by a number of problems mainly related to chemical precipitation and bacteria growth. In this project, which is in progress, we explore the opportunities of coupling different processes together in a numerical model. Due to the feedback between hydraulic properties and the changing Eh-pH conditions in the aquifer during normal production, the energy efficiency of the system decline.

3D-modellering av hydrogeologiske forhold i Hausmannskvartalet, Oslo kommune

Anniken Mjøen Solli og Bjørge Brattli, *Institutt for geologi og bergteknikk, NTNU*
Hans de Beer, *NGU*

Det er observert skader på den vernede og bevaringsverdige murgårdsbebyggelsen fra siste halvdel av 1800-tallet i Hausmannskvartalet i sentrum av Oslo. Byantikvaren i Oslo ønsker å finne årsakene til skadene som kan skyldes setninger i leire/fyllmasser eller nedbryting av treflåtene byggene er fundamentert på. Når murgårdene ble bygget ble trefundamentene plassert under grunnvannsspeilet, men kan i dag ligge i umettet sone hvis grunnvannsstanden er senket og dermed vil fundamentene være eksponert for oksygen og brytes ned med tiden. Slike grunnvannsendringer kan skyldes en økende urbanisering med for eksempel bygging av tunneler, vann- og avløpsledninger og lignende infrastruktur, samt en større grad av impermeable overflater i byen som gir mindre infiltrasjon av vann til grunnen.

3D-modellering og GIS blir i denne masteroppgaven testet som verktøy for å visualisere geologi og hydrogeologi i sammenheng med bygningers fundamenter. I passende målestokk vil det lages en 3D-modell av geologien basert på boredata fra tidligere utførte grunnboringer. Modellen vil bli supplert med tilgjengelig informasjon om grunnvannsnivå og fundamentenes beliggenhet for å kunne vurdere om grunnvannsnivået ligger i et kritisk nivå i forhold til trefundamentene. I tillegg vil det vurderes hvilke områder som er mest utsatte for setninger basert på type løsmasser og dyp til fjell, og hva risikoen er for videre skadeutvikling og hvilke tiltak som kan gjøres.

Prosjektet er en del av en metodeutvikling for geologisk kartlegging og modellering i byområder. 3D-kartlegging og -modellering i by har, med unntak av Bryggen i Bergen, ikke blitt utført i Norge før. Prosjektet skal bidra til å vurdere en realistisk målestokk til undergrunnsmodeller i byen. I forhold til nytteverdien er det viktig å vite om modeller kan lages i målestokk 1:5.000 (økonomisk kartverk), slik at resultater kan tas med i byplaner, eller om eksisterende data og kunnskap ikke er tilstrekkelig til å nå dette formålet. I så fall, hvilken datamengde kreves for å oppnå et nyttig resultat? Hvilke typer data er nødvendig, og hvilke minimum kvalitetskrav bør stilles til disse?

Utvikling av kartprodukter for fremstilling av setningsutfordringer i urbane områder – med eksempel fra Majorstua i Oslo

Live Næss Andresen, NTNU

Denne masteroppgaven gjennomføres våren 2014, og tar utgangspunkt i fremstilling av setningsproblemer i urbane områder. Majorstua i Oslo er valgt som arbeidsområde. Kartproduktene skal ideelt sett kunne fungere som en modell for lignende kartlegging i andre områder av Oslo eller i andre urbane områder for øvrig. De skal være brukervennlige og intuitive. Det legges vekt på å redegjøre for den benyttede GIS-metodikken. Oppgaven gjennomføres i samarbeid med Oslo kommune. Oslo kommune har i 2013 startet opp et eget prosjekt for økt kunnskap om undergrunn i Oslo. Her vil det bl.a. bli fokusert på å få en samlet oversikt over hva som finnes i undergrunnen, og hvordan de skal planlegge for fremtidig (økt) bruk av undergrunnen på en holdbar måte.

Denne masteroppgaven er en videreføring av en prosjektoppgave utført høsten 2013. Den tok, med utgangspunkt i Undergrunnsprosjektet i Oslo, for seg hvilke produkter med informasjon om undergrunnen som behøvdes i samfunnet for effektiv planlegging, utvikling og bygging i urbane strøk. Prosjektoppgaven konkluderte med at det burde utvikles et produkt som kombinerer informasjon om dybde til fjell, grunnvannsnivå og setninger. Dette måtte gjøres i et område hvor det avstands- og tidsmessig er tett og jevn dekning av data.

Med bakgrunn i dette har et område på Majorstua blitt valgt. Det er flere områder i Oslo hvor det er setningsutfordringer. Men området på Majorstua har en god dekning av poretrykksmålinger, spesielt fra det siste tiåret. Ved hjelp av ArcGIS skal oppgaven fremstille kartprodukter som viser setningsutfordringene. Til dette hører også supplerende kartprodukter med geologi og hydrogeologi.

Poretrykksdata presenteres med målepunkter og måleserier. Måleseriene viser poretrykket over tid. Det er viktig at man velger de dataene som kan presenteres med jevne innmålte perioder. Grafene over måleseriene skal kunne gi en visuell skildring av den langsiktige variasjon og trend i grunnvannsstanden.

Dybde til fjell presenteres med borepunkter med nøyaktig informasjon på en interpolert flate. Til dette formålet benyttes hovedsakelig Oslo Kommune sitt register med geotekniske boringer. Dersom området inneholder boringer fra NGU sin database, GRANADA, kan man supplere med informasjon derifra. Mange av de geotekniske boringene i Oslo kommune sitt register har tilhørende rapporter med informasjon om lagdeling. Med utgangspunkt i disse tar masteroppgaven sikte på å fremstille et snitt av løsmasseforholdene ned til fjell i ett lite, utvalgt område. Ved å sammenligne poretrykksdataene over tid med dybde til fjell, informasjon om løsmassetypene og gjerne supplerende data fra setningsmålere kan man konkludere hvilke områder og bygninger som er spesielt utsatte for setninger.

Ein ny studie av Solskinnstjørn

**Sven Meling og Rannveig Øvrevik Skoglund, *Institutt for geografi, UiB*
Oddmund Soldal, *COWI***

"Når det er solskinn er det vatn i tjørna", heiter det. Dette har vore sagt av lokalbefolkinga i Osa i kanskje meir enn 200 år, og vert sagt framleis.

Solskinnstjørn er ei lita nedsenking ved foten av ei ur som ligg sør i Norddalen i Osa, Hardanger. I periodar vert nedsenkinga fylt med vatn, og vert då kalla Solskinnstjørn. Dei lokale meiner det er samsvar mellom vêrsituasjonen og tjørna, men ikkje slik som ein gjerne ville ha tenkt; Her er det visstnok solskinn som får fram vatnet.

Bakgrunnsmateriale for prosjektet er tidlegare skildringar og studiar av fenomenet.

Hertzberg (1826) Natur-Mærkværdigheter ved Gaarden Ouse og dens Omegn. Magazin for Naturvidenskaberne.

Helland, A.T. (1921) Topografisk-statistiske beskrivelser over Søndre Bergenshus Amt.

Helle & Schistad (1992) Solskinnstjernet – Et hydrologisk mysterium.

I denne masteroppgåva freistar eg å finna ut om det verkeleg er solskinn som får fram vatnet, og om ikkje, kva slags prosessar som står bak. Ved hjelp av eit automatisert kamera som har tatt fire bilder i døgeret i ein periode på eitt år, har eg logga 5 episodar med vatn i tjørnet. Desse samanliknar eg med vêrdata, trykkmålingar og temperaturmålingar frå området, for på denne måten å finna samsvar mellom desse.

Kartläggning av hydrogeologiska förhållanden i Ånes, Søndre Land. Geofysiska undersökningar, pumptest och modellering.

**Maria Forsgård, Per Aagaard og Carlos Duque *Universitetet i Oslo*
Mattias von Brömssen og Michael Helgestad, *Ramböll***

Ånes kommunala vattenverk förser cirka 400 personer med vatten och är beläget vid norra Randsfjorden, väster om Landåselva. Vattenverket har vid flertalet tillfällen haft problem med bakterier i grundvattnet. Ofta är föroreningstillfällena knytta till översvämningsepisoder. En redan tunn omättad zon samt öppna brunnhål gör vattenverket extra sårbart vid höga flöden. Den troligen dominerande källan till bakterier utgörs av en cirka 400 djur stor uppsättning kor som går ute året runt. Det enda som skiljer brunnsområdet från kohagarna är ungefär 60 meter land och Landåselva. Området som omger brunnarna har tidigare blivit klausulerat och i denna klausulering räknades älven som en hydraulisk barriär. Senare incidenter med deponerat gödsel i älven visar dock på att det inte riktigt stämmer eftersom bakterier nådde brunnarna kort därefter. Vattenverket har en hygienisk barriär i form av UV-rening, och saknar sålunda en för att kunna bli godkänt av Mattilsynet. Ett membranfilter är planerat av denna anledning. I enlighet med principerna inom norsk dricksvannsforsyning så rekommenderas man dock att in i det längsta välja dricksvattenkällor som redan i utgångspunkt är väl beskyddade mot förorening. Detta ger en tryggare vattenförsörjning jämfört med vatten som kräver behandling innan det kan användas. En genomtänkt brunnsplacering och en pålitlig klausulering är viktiga faktorer ur skyddssynpunkt. Detta lämnar en del att önska för Ånes vattenverk och därför görs detta masterarbete som hoppeligen resulterar i ökad kännedom om akvifären och följaktligen ett bättre skydd av grundvattnet.

Målet med arbetet är att ta fram en grundvattenmodell utifrån vilken grundvattenströmningen kan studeras, olika scenarier testas och en klausulering tas fram. För att detta skall vara möjligt samlas diverse data in så att en kännedom om akvifären erhålls. Inledningsvis har geofysiska undersökningar utförts. Dessa inkluderar georadar samt 2D-resistivitet. Resultaten kompletteras med brunnsdata från området, kvartärgeologiska data samt fältiakttagelser och utifrån detta görs en tolkning av jordarterna och deras utbredning. Lagergränser som tros representera lager med olika hydrogeologiska egenskaper skapas för att kunna användas i modellen. Ett korttidspumptest utförs också. Resultaten från detta analyseras för att utreda akvifärens hydrauliska egenskaper. Dessa skall användas som komplement/verifiering till modellen. Vidare studeras avrinningsområdet som modellområdet är en del av, detta för att skapa en vattenbalans och utifrån denna kunna ange rimliga randvillkor för modellen. Till dags dato är själva modelleringsarbetet i ett startskede och därför kommer presentationens fokus att ligga på ovan nämnda datainsamling och behandling som utgör grunden till modellen. Modelleringen antas bli utmanande på grund av faktorer som relativt sett ganska sluttande terräng och begränsad datatillgång.

Samspeilet mellom grunnvann og overflatevann i et typisk dalføre på Vestlandet, Simadal i Eidfjord kommune

**Ingrid Lycke Austbø og Rannveig Øvrevik Skoglund, *Institutt for geografi, UiB*
Oddmund Soldal, *COWI***

Simadal i Hardanger er et trangt dalføre, kjent for fossene Rembedalsfossen og Skykjedalsfossen som er regulert av Sima kraftverk. Etter reguleringen av vassdraget i perioden 1973-1979 ble nedbørsfeltet redusert fra 146 km² til 35 km². Det er i dag videre planer om utvidelse av reguleringen ved også å innlemme Skykjedalsvatnet – det siste store gjenværende vassdraget i nedslagsfeltet til Simaelva. Grunnvanntilslutning til elva vil til en viss grad kunne veie opp for perioder med mindre tilslutning av overflatevann.

I Simadal finnes det en rekke kildeutspring, og hovedmålet for masteroppgaven er å få en bedre forståelse av hvordan dynamikken er mellom grunnvann og ellevann. Dette innbefatter blant annet å samle inn mer informasjon om vannføring, grunnvannets oppholdstid og vannkjemi. Høsten 2013 er det lagt ut 10 loggere i kilder, peilerør og elva. Loggerne vil registrere temperatur- og vannstandsendringer i løpet av en ettårs periode. Det blir tatt månedlige vannprøver i de ulike kildene og i elva, samtidig som det blir målt pH og ledningsevne. I den kommende tiden er det ønskelig å kartlegge kildeutspring i løsmasser og fjellsider (så langt dette lar seg gjøre), samt å fortsette arbeidet med vannprøver og vannføringsmålinger. Videre er det ønskelig å trekke linjer til en større regional kunnskapsbasert vannforvaltning.

Det er viktig å opprettholde en viss minstevannføring i Simaelva av vann med god kvalitet; på grunn av økologien i elva generelt sett, men kanskje spesielt med hensyn til den gode sjøørretbestanden som finnes i Simaelva i dag. Det er tidligere blitt gjennomført både kjemiske, hydrogeologiske og fiskebiologiske undersøkelser av Simadal. Denne masteroppgaven har ikke som mål å veie opp for noen av disse, men snarere å fungere som en videreføring av tidligere arbeid.

Landsomfattende mark- og grunnvannsnett. Endringer i grunnvannskjemi ved Birkenes

Bjørn Frengstad, Øystein Jæger og Gaute Storrø, NGU

En av årsakene til at Landsomfattende mark- og grunnvannsnett (LGN) ble opprettet i 1977 var bekymringen for forsuring av grunnvannforekomstene som følge av svovel- og nitrogenforbindelser i nedbøren. Tre LGN-stasjoner på Sørlandet (Birkenes, Åmli og Evje) var del av nedbørfelt som i tidsperioden 1981-1993 ble overvåket av NIVA i samarbeid med NGU og NVE på oppdrag av Statens forurensningstilsyn. Nå foreligger overvåkningsdata for Birkenes LGN-område fra 1977 til 2013, en periode på 36 år.

Generelt viser pH en fallende trend i perioden, med en viss stabilisering av pH-verdiene etter det markante fallet på starten av 1990-tallet. Samtidig stiger de pH-avhengige aluminiumskonsentrasjonene. Ingen hovedkationer viser noen tydelig korrelasjon med pH, men derimot ganske god innbyrdes korrelasjon i sine tidsavhengige svingninger. Ionekonsentrasjonene i grunnvann styres til en viss grad av nedbørkjemi, tørravsetning av aerosoler og evapotranspirasjon (vannforbruk gjennom plantevekst og fordamping). I tillegg kommer forvittringsreaksjoner, selektivt planteopptak og ionebyttereaksjoner i jordsmonnet som kompliserer tolkningen av kationene.

LGN-stasjonen på Birkenes ligger på en skrinn furumo avsatt som et breelvsdelta like foran brefronten fra Yngre Dryas. Grunnvannsspeilet varierer mellom 1.6 og 4.0 meter under terrengoverflaten, og inntaksfilteret i rørbrønnen står fra 5 til 6 meters dyp. Bergartene i området består av kvartsdiorittisk gneis med lag av amfibolitt. Jordsmonnet er lite utviklet og består for det meste av humus og furunåler. Avstanden til kysten er ca 10 km. De to andre sammenliknbare LGN-stasjonene, Evje og Åmli, ligger begge på tilsvarende akviferer og samme grunnvannsdyp, men er lokalisert 50-60 km lenger inn fra kysten. pH-verdiene i grunnvannet for disse to stasjonene er ikke redusert i måleperioden.

Mange har betraktet forsuringprosessen som en storskala titreringsprosess hvor sur nedbør tilsettes et nedbørfelt og får 1:1 effekt. Naturen består imidlertid av kompliserte og dynamiske økosystemer som aktivt tar del i omsetningen av tilførte stoffer. Effektene av moderne skogsdrift, grøfting av myrer, plantesamfunnenes buffersystemer, jordsmonnets lager av basekationer og nøytralisering av surhet ved økende mineralforvitring er også viktige faktorer. Samlet avsetning av svovel i Norge er redusert med over 80 % fra ca 200 000 tonn i 1980 til ca 34 000 tonn i 2010. I samme periode er nitrogenavsetningene redusert fra ca 100 000 tonn til ca 66 000 tonn (www.miljostatus.no). Tilstanden ved LGN-stasjonen på Birkenes viser at det er treghet i systemet og at det er for tidlig å si om grunnvannets pH vil begynne å øke igjen som følge av redusert belastning av svovel- og nitrogenforbindelser. Alternativt kan det vise seg at sur nedbør bare var en liten del av årsakene til at det grunne grunnvannet ved Birkenes ble gradvis surere på slutten av 1900-tallet og at endringer i vegetasjon, jordsmonn og arealbruk i sum er viktigere.

Monitoring snowmelt and solute transport at Oslo airport by combining time-lapse ERT, soil water sampling and tensiometer measurements

Esther Bloem, *Soil and Environment Division, Bioforsk*

Helen K. French, *Department of Plant and Environmental Sciences, NMBU*

Monitoring contaminant transport at contaminated sites requires optimization of the configuration of a limited number of sampling points combined with heterogeneous flow and preferential flowpaths. Especially monitoring processes in the unsaturated zone is a major challenge due to the limited volume monitored by for example suction cups and their risk to clog in a highly active degradation zone. To make progress on soil contamination assessment and site characterization there is a strong need to integrate field-scale extensively instrumented tools, with non-invasive (geophysical) methods which provide spatially integrated measurements also in the unsaturated zone. Examples of sites that might require monitoring activities in the unsaturated zone are airports with winter frost where large quantities of de-icing chemicals are used each winter; salt and contaminant infiltration along roads; constructed infiltration systems for treatment of sewerage or landfill seepage.

Electrical resistivity methods have proved to be useful as an indirect measurement of subsurface properties and processes at the field-scale. The non-uniqueness of the interpretation techniques can be reduced by constraining the inversion through the addition of independent geophysical measurements along the same profile. Or interpretation and understanding of geophysical images can be improved by the combination with classical measurements of soil physical properties, soil suction, contaminant concentration and temperatures.

In our experiment, at the research field station at Gardermoen, Oslo airport, we applied a degradable de-icing chemical and an inactive tracer to the snow cover prior to snowmelt. To study the solute transport processes in the unsaturated zone, time-lapse cross borehole electrical resistivity tomography (ERT) measurements were conducted at the same time as soil water samples were extracted at multiple depths with suction cups. Measurements of soil temperature and soil tension were also carried out during the monitoring period. We present a selection of results from the snowmelt experiments and how the combination of measurement techniques can help interpret and understand the relative importance of the various contributions to the bulk electrical conductivity during snowmelt and solute transport.

Numerisk modellering i MODFLOW av forurensningstransport, tidevannsvariasjoner og effekt av aktuell rensebarriere for Tromsdalsfyllingen

Silje Marie Vasstein, NTNU

Tromsdalsfyllingen i Tromsø, var aktiv i perioden år 1970-1980, der ukjente mengder variert materiale ble dumpet. Etter nedleggelse, har det lekket ut miljøgifter fra deponiet. Bakgrunnen for oppgaven er pålegg fra Fylkesmannen i Troms til Tromsø kommune, for å utrede situasjonen i Tromsdalsfyllingen og avklare om deponiet utgjør en miljørisiko for aktuelle resipienter. Høsten 2013 ble det utført et forstudie til tredimensjonal numerisk modellering av forurensningstransport fra Tromsdalsfyllingen. En konseptuell modell av Tromsdalsfyllingen ble laget, basert på utført feltarbeid september 2013, og tidligere utført arbeid av NGU i 2005.

Seks supplerende grunnvannsbrønner ble satt i Tromsdalsfyllingen for å få et bedre overblikk av tidevannspåvirkningen, grunnvannsstrømningen, samt geokjemiske forhold.

Tromsdalsfyllingen er delt i to områder, som skiller av Tromsdalen kirkegård. Dette området danner et grunnvannsskille. Kirkegården ligger på en randmorene avsatt under Yngre Dryas. Massene i nedre del av fyllingen ligger på marine strandavsetninger med hydraulisk konduktivitet $1.69 \cdot 10^{-4}$ m/s. Hovedmengden av masser som fyllingen ligger på, er en siltig grusig skjellsand med hydraulisk konduktivitet $1.78 \cdot 10^{-7}$ m/s. Masser på østre del har større andel silt uten innhold av skjell, med hydraulisk konduktivitet $1.73 \cdot 10^{-7}$ m/s.

Grunnvannsspeilet står i deponiet, og nedre del av fyllingen ligger ved strandkanten.

Tidevannsvariasjonene i Tromsø varierer med omtrent 2 m. Grunnvannsspeilet vil derfor variere i takt med denne, men i et avdempet mønster, noe automatiske loggere bekreftet. Automatiske dataloggere viste at tidevannspåvirkningen avtok betraktelig innover fyllingen. Tidevannet vil medføre en fortykning av forurensningen i de nedre fyllingsmassene og transportere sigevannet ut i Tromsøysundet. De heterogene fyllingsmassene, kan danne naturlige strømningsretninger for grunnvannet.

Resultatet fra prosjektoppgaven og feltarbeidet skal brukes til å lage en tredimensjonal modell av grunnvannsstrømningen innad i Tromsdalsfyllingen, samt av forurensningstransporten fra fyllingen og ut mot Tromsøysundet. Et utvalg av aktuelle kjemikalier skal modelleres, samt hvordan en rensebarriere vil påvirke grunnvannsstrømningen og forurensningstransporten. Modellen skal brukes til å se på effekt over tid og konsekvenser dersom hot spots i bakkant av fyllingen strømmer mot Tromsøysundet.

Quantifying seepage to surface water with temperature probes: the role of thermal conductivity

Carlos Duque, *Department of Geosciences, University of Oslo*

Sascha Muller, Eva Sebok, Kinza Haider, and Peter Engesgaard, *Department of Geosciences and Natural Resources Management University of Copenhagen*

Per Aagaard, *Department of Geosciences, University of Oslo*

Heat as a tracer is a common tool in the study of groundwater-surface water interactions due to the ease to acquire the data and the low cost of temperature sensors. The use of simple temperature probes for indirectly quantifying fluxes is often based on the assumption that thermal properties can be inferred from tabulated values as they are rather constant (Constantz, 2008). In this study, the effect of varying thermal conductivities is tested and compared with direct flux quantification in a coastal lagoon on the west coast of Jutland, Denmark.

The groundwater discharge to Ringkøbing Fjord was measured with 10-15 temperature probes and 6-9 seepage meters along four transects during the year 2012 in four one-week campaigns (March, May, August and October). The surveys were focused on the discharge close to the shore fringe where, according to classical studies, most of the groundwater seepage to surface water bodies occurs. This was described as early as mid-70's by McBride and Pfannkuch (1975) indicating an exponential decrease of the flux from the shore line in the offshore direction. The thermal conductivity of the sediments in the lagoon bed was directly measured in the field along the transects detecting three different type of materials. Each of these sediments was characterized with the average of the thermal conductivity and its variability based on multiple measurements in small selected areas of 1 m². The thermal properties were integrated in the analytical solution to estimate the flux with the range of uncertainty due to the thermal heterogeneity of the materials.

The results show that the consideration of the variability in thermal conductivity for the estimation of fluxes with temperature probes improve the match to seepage meters observations and; (i) can modify greatly the calculated fluxes, (ii) varies even within the same geological material and (iii) should be considered in the calibration of the analytical solution.

Constantz, J. (2008) Heat as a tracer to determine streambed water exchange. *Water Resources Research* 44, W00D10, doi:10.1029/2008WR006996.

McBride, M. and Pfannkuch, H.O. (1975) The distribution of seepage within lakebeds. *U.S. Geological Survey Journal of Research* 3, 505-512

Hvordan overvåke forurensninger i jord og grunnvann? Noen eksempler fra EU-prosjektet SoilCAM

Helen Kristine French, NMBU og Bioforsk

Sjoerd E.A.T.M. Van Der Zee, Wageningen Universitet, Nederland

Markus Wehrer, Friedrich Schiller Universitet, Jena, Tyskland.

Alberto Godio, DITAG – Politecnico di Torino, Italia

Laust B Pedersen, Uppsala Universitet, Sverige

Giuseppe Toscano, AMRA, Napoli, Italia

SoilCAM-prosjektet (2008-2012, EU-FP7-212663) forsket på utvikling av metoder for overvåking av spredning og nedbrytning av forurensninger i grunnen. To testlokaliteter ble valgt; Oslo lufthavn Gardermoen, Norge hvor avisingskjemikalier infiltrerer i grunnen under snøsmeltingen og Trecate-lokaliteten i Italia hvor et utslipp av råolje skjedde i 1994. En rekke geofysiske undersøkelsesmetoder ble kombinert med jord- og vannprøvetakingsteknikker. Laboratorieforsøk frembrakte fysiske og biogeokjemiske data for modell-parameterisering og til støtte for valg av opprensingsmetoder. De geofysiske teknikkene ble brukt til å kartlegge geologiske heterogeniteter og til å gjennomføre tidsforløpsmålinger av prosesser i umettet sone. Data fra tidsforløpsmålinger ble analysert og sammenliknet med numerisk modellering av strømning og transport på ulike skalaer for å karakterisere transportprosessene i umettet og mettet sone.

Både borhull-til-borhull og overflate-elektroder ble brukt for elektriske resistivitetsundersøkelser. Resultatene viste klare indikasjoner på områder som var sterkt påvirket av avisingskjemikalier langs rullebanen ved Oslo lufthavn. Målinger over tid viste infiltrasjonsmønstrene under snøsmeltingen og ble brukt til å validere 2D-simuleringer (med SUTRA2D3D) av vann og forurensningstransport i umettet sone. Simuleringene illustrerer hvordan strømningsmønsteret påvirkes av lagdeling, geologiske strukturer og nedgravde membraner langs rullebanen. Bio-geo-kjemiske prosesser ble modellert med ORCHESTRA-modellen i et 1D vertikalt profil. Feltnålinger i mindre skala viste økning i jern- og mangankonsentrasjonene under nedbrytning av avisingskjemikalier.

Ved Trecate-lokaliteten ble det brukt en kombinasjon av georadar, elektrisk resistivitet og radiomagnetotelluriske målinger som ga et bredt inntrykk av geologien ned til 50 m. Anomalier i induert polarisasjon og elektrisk resistivitet fra borhull-til-borhull målingene indikerte hvor gjenværende råolje kunne bli funnet. Vannprøver fra flernivåprøvetakere avslørte rester av råolje i grunnvannsspeilets fluktasjonsone. Modellering av flerfasestrømning av det fluktuerende grunnvannsnivået samt binding til kolloider forklarer den stabile utbredelsen av forurensningsplumen i området. Grunnvannets geokjemi viser klart nedbrytning av hydrokarboner under jern- og sulfatreduserende forhold, men endringene går for langsomt til å kunne kartlegges med geofysiske tidsforløpsmålinger i løpet av prosjektperioden. MODFLOW ble brukt til å simulere den regionale grunnvannsstrømningen og -transporten i området. Smakebiter av resultater fra prosjektet vil bli presentert.

Kartlegging av stabilitetsforhold og hydrogeologi i ravinlandskap langs nye jernbanetrasé nord for Eidsvoll stasjon

Erik Aavatsmark, *Institutt for Miljøvitenskap, NMBU*

Klimaprognoser tilsier at det vil bli mer nedbør og hyppigere episoder med kraftig regn, og dermed hyppigere og større flommer, i deler av Norge i fremtiden. Forskning viser at både temperatur og nedbør har økt over hele landet de siste tiårene. Endringer i nedbørsmønster påvirker hydrogeologiske forhold og kan forårsake betydelige problemer knyttet til infrastruktur som veier og jernbane.

I 2012 ble det innledet et samarbeid mellom Jernbaneverket, Norges vassdrags- og energidirektorat og Statens vegvesen som resulterte i et felles prosjekt med navnet NIFS (Naturskade – Infrastruktur – Flom – Skred). Masteroppgaven skrives i samarbeid med Jernbaneverket og NIFS.

Jernbaneverket (JBV) holder på med byggingen av nytt kryssingsspor for jernbanen på strekningen fra Eidsvoll stasjon til Dokknes i Eidsvoll kommune. Kryssingssporet er første byggetrinn av det framtidige dobbeltsporet på strekningen Eidsvoll-Hamar. Sporet går langs et ravinlandskap langs Vorma i et område med marine avsetninger med overliggende elveavsetninger. I 1962 gikk det et leirskred i området som knuste et bolighus. For å redusere faren for skred og utglidning ble det sommeren 2013 foretatt maskinelle inngrep i skråningene langs sporet, og helningsgraden i disse ble betydelig redusert. Etter disse inngrepene har det imidlertid oppstått problemer som følge av at grunnvann som strømmer ut av skråningene, i kombinasjon med overflateavrenning, forårsaker erosjon. For å iverksette ytterligere tiltak mot erosjon og stabilitetsproblemer har JBV behov for å kvantifisere vannmengdene.

Med økonomisk støtte fra NIFS og JBV har et forsøksfelt blitt etablert for å kartlegge de hydrogeologiske forholdene både i selve skråningene og i skog og landbruksområder som fører ned til disse. Åtte brønner er boret og vil bli utstyrt med instrumenter for automatisk måling av grunnvannstand og temperatur. Sensorer for måling av jordfukt og temperatur er montert i øvre lag av løsmassene. I løpet av februar kommer samtlige instrumenter til å være koblet opp mot loggere slik data fortløpende overføres via GSM-nettet. Geofysiske egenskaper har blitt kartlagt ved hjelp av georadar (GRP) og måling av elektrisk motstand (ERT).

Hovedmål og delmål for oppgaven:

- Kvantifisere grunnvannsutstrømning og infiltrasjon i området.
- Kartlegge lagdeling ved hjelp av geofysiske målinger og boreprøver.
- Etablere måleopplegg for validering av modell (grunnvannsstand og jordfukt/temperatur).
- Konstruere grunnvannsmodell for området i SUTRA eller MODFLOW.
- Kvantifisere betydning av ulike vannstrømningsveier (direkte infiltrasjon/grunnvann) under ulike situasjoner.
- Gi dimensjonerende vannmengder for tiltak.

Bergrom for oppbevaring av drikkevann

Amund Gaut, Kim Rudolph-Lund og Simen Berger, Sweco Norge AS

Det er mange eksempler på oppbevaring av drikkevann i bergrom i Norge, og det er ved flere anledninger stilt spørsmål om hvor trygt det er for kvaliteten av vannet. Det har så vidt vites aldri blitt påvist at den kjemiske kvaliteten av vannet endres vesentlig på grunn av berggrunnens mineralogi, men i løpet av de siste år er det ved flere anledninger stilt spørsmål om faren for bakteriologiske forurensinger. Ved nye anlegg kommer da spørsmålet om man bør sikre bergrommet ved å bygge et støpt basseng med tak inne i berget, eller om man ved andre metoder, som injeksjon, dokumentasjon av lav permeabilitet eller avsperring av området over bergrommet, kan sikre seg mot forurensning. Kostnader, sikkerhet og arealbruk er sentrale faktorer i vurderingene.

Dette innlegget tar for seg noen slike bergrom og diskuterer hva som er gjort og hva som kan gjøres for sikring. Vurdering av Bjørnmyra høydebasseng i Malvik kommune og planleggingen av Vettakollen høydebasseng i Oslo er to av flere aktuelle eksempler.

Etablering av Vettakollen høydebasseng for Oslos vannforsyning

Simen Berger, Kim Rudolph-Lund og Amund Gaut, Sweco Norge AS

Thomas Pabst, Erik Endre, NGI

Under arbeidet med adkomsttunneler og basseng ble kontroll av grunnvannsstanden ansett som svært viktig. Det ble bl.a. lagt vekt på å hindre uttørring av en grunn dam med en bestand av verneverdige salamandere nær en av tunnelene. Det ble også ansett som viktig å opprettholde grunnvannsnivået over bassenget i Vettakollen.

Før etableringen av anlegget ble fem brønner overvåket i ett år for å sikre bakgrunnsdata av god kvalitet. Brønnplassering har blitt gjort i samsvar med sprekkekart for området. Grunnvannsstanden ble logget automatisk fire ganger i døgnet ved hjelp av Divere. For brønnene i de mest utsatte områdene ble det satt opp modem med antenne som har sendt automatiske oppdateringer to ganger daglig for å sikre rask respons ved eventuelle hendelser. Vannstanden har blitt tett fulgt opp mot værdata fra værstasjonen ved Besserud.

Under gjennomføringen av sprengningsarbeidene ble det registrert dramatiske fall i grunnvannsnivået ved to brønner.

Grunnvannstanden har nå «stabilisert» seg på ett nivå langt under tidligere grunnvannsnivå. For enkelte brønner er maksimalt grunnvannsnivå på nivå med tidligere målinger, men nivå for lav vannstand er mye lavere enn tidligere i overvåkningsperioden. Vannstanden i Salamanderdammen har ikke blitt påvirket av endringene i grunnvannsnivået.

I tillegg har overvåkingen blitt supplert med flere enkle feltforsøk som tracerforsøk og plug test. Tracerforsøk ble utført ved at fluoriserende sporstoff ble tilsatt via brønntopp. Sporstoffet ble funnet igjen en rekke steder i tunnelgangen. Det har også blitt brukt en hydrogeokjemisk tilnærming, basert på numerisk simulering og geokjemiske analyser av prøver tatt *in-situ*, for å vurdere vannets oppholdstid og strømming i bergmassene.

VLF-undersøkelse for etablering av gode fjellbrønner for Flesberg vannverk

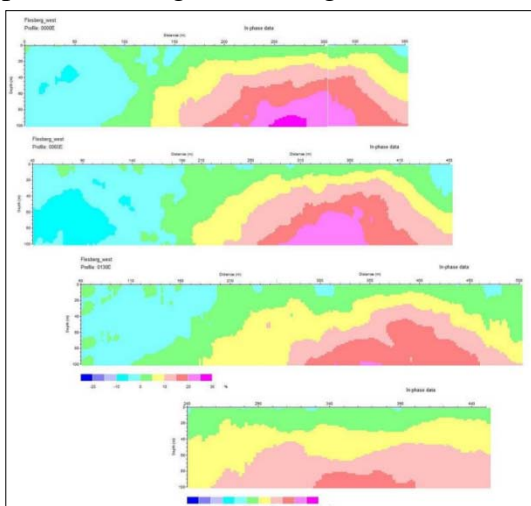
Michael R. Helgestad, *Rambøll Norge AS*

Flesberg kommune i Buskerud fylke ønsker seg en ny reservevannkilde. På grunn av økt hyppighet av kraftige regnskyll og flomsituasjoner er grunnvannsbrønnene på Flesberg oversvømt gjentatte ganger de siste årene. Dermed er grunnvannet blitt forurenset, noe som har ført til redusert vannkvalitet for forbrukerne og økte driftskostnader for vannverket. Det er derfor besluttet å flytte grunnvannsbrønnene til mindre flomutsatte områder. Planen var å lage ny reservevannkilde. Da det ble funnet en ny god lokalitet for hovedvannkilde valgte vi å snu det hele på hode og lager ny hovedvannkilde og benytter den gamle som reservekilde.

Både muligheter for nye løsmassebrønner nede i elvedalen og fjellbrønner på to ulike lokaliteter ble vurdert og grundige befaringer ble gjennomført. Rambøll anbefalte å utføre en VLF-undersøkelse for å kartlegge sprekkestrukturen i fjellet. Resultatet av undersøkelsen viste at fjellbrønner mest sannsynlig vil være en god løsning. To ulike områder pekte seg ut som mest aktuelle basert på terreng- og kartobservasjoner.

For å kartlegge vannførende sprekkesoner i berggrunnen benyttet Rambøll et WADI VLF-instrument fra ABEM. Instrumentet måler det sekundære magnetfeltet ved langbølget elektromagnetisk stråling fra en sender langt borte. Resultatet gis som strømtetthet, der positive verdier betyr økt ledningsevne i berggrunnen som igjen tyder på vannførende sprekkesoner i berggrunnen. Selv om målingene gir indikasjoner på økt ledningsevne gir de ingen garanti for at den vannfylte sprekkesonen gir vann eller tilstrekkelige mengder vann. Metoden gir imidlertid en økt sannsynlighet for økt vannføring og for å finne grunnvann.

Rambøll gjennomførte undersøkelser av fjellgrunnen to steder. Målingene ble utført +/- 20 graders vinkel på de antatte sprekke vi ønsket å kartlegge. Det ble utført målinger for hver tiende meter og resultatene ble beregnet ved bruk av Karous-Hjelt-filter for å vurdere sekundære elektromagnetiske signalet fra de geologiske strukturene i undergrunnen. Disse positive utslagene/endingene kalles anomalier.



Figur 1 Resultater fra VLF-undersøkelsen og bilde fra kartleggingen

Den ene utvalgte lokaliteten ble forstyrret av en gammel telefonkabel i en traktorvei, resultatet lot seg derfor ikke bruke her. Ved den andre lokaliteten fikk vi gode resultater med positive utslag (anomalier). Resultatene er vist i figur 1 og indikerte vannfylte sprekker i tre av fire profiler fra nordøst mot sydvest.

På bakgrunn av målingene anbefalte Rambøll Flesberg kommune å sette fjellbrønner i de områdene som viste høyest anomali. Det ble satt to fjellbrønner på 129 meter. Berget viste seg å være dekket med henholdsvis 29 og 39 meter leirholdig randmorene. Det ble etablert en 140 millimeters fjellbrønn med 168,3 millimeters foringsrør i løsmassene og boring videre ned i fjell. En av brønnene viste seg å være artesisisk. Kapasiteten er tilsynelatende meget høy, men foreløpig ikke verifisert ved pumping.

Poretrykksmålinger i berg

Sylvi Gaut, *Sweco*

Sweco er involvert i poretrykksmålinger i berg i prosjekter i Norge og utlandet. To ulike metoder er benyttet; svingende streng og trykksensor eller manometer. For begge metoder benyttes kjerneboring for registrering av sprekker og svakhetssoner for å finne best mulig plassering av måleutstyret.

Den svingende strengen plasseres i borehullet og støpes fast. Ved bruk av trykksensor eller manometer monteres disse på utsiden av borehullet i enden av et stålrør. Røret er montert på en pakke som plasseres i borehullet.

Foredraget tar for seg de ulike metodene og presenterer erfaringer basert på de pågående prosjektene.



Norges geologiske undersøkelse
Postboks 6315, Sluppen
7491 Trondheim, Norge

Besøksadresse
Leiv Eirikssons vei 39, 7040 Trondheim

Telefon 73 90 40 00
Telefax 73 92 16 20
E-post ngu@ngu.no
Nettside www.ngu.no

*Geological Survey of Norway
PO Box 6315, Sluppen
7491 Trondheim, Norway*

*Visitor address
Leiv Eirikssons vei 39, 7040 Trondheim*

*Tel (+ 47) 73 90 40 00
Fax (+ 47) 73 92 16 20
E-mail ngu@ngu.no
Web www.ngu.no/en-gb/*