

Rapport nr.: 2002.012		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen	
Tittel: Program for "Det 11. seminar om hydrogeologi og miljøgeokjemi", NGU 7.-8. februar 2002.				
Forfatter: Tove Aune (red.)		Oppdragsgiver: NGU		
Fylke:		Kommune:		
Kartblad (M=1:250.000)		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000)		
Forekomstens navn og koordinater:		Sidetall: 77	Pris: kr 100,-	
		Kartbilag:		
Feltarbeid utført:	Rapportdato: 04.02.2002	Prosjektnr.: 2718.00	Ansvarlig:	
<p>Sammendrag:</p> <p>Rapporten presenterer program, deltagerliste og sammendrag av foredrag for «Det 11. Seminar om hydrogeologi og miljøgeokjemi» ved NGU 7.-8. februar 2002.</p> <p>Rapporten inneholder sammendrag fra 29 foredrag, 5 plakatpresentasjoner og 1 utstilling.</p> <p>Foredragene er gruppert i følgende hovedtemaer;</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Internasjonal virksomhet ➤ Nasjonale prosjekter grunnvann ➤ Geokjemi <p>Det er påmeldt 84 deltagere til seminaret hvorav 34 er ansatt ved NGU.</p>				
Emneord: Hydrogeologi		Miljøgeologi		Geokjemi
Grunnvann		Grunnvarme		
				Fagrapport

INNHold

Seminarprogram	6
Deltagerliste.....	11
Sammendrag:	
<i>Grundvattenprospektering i Ghana och Sydafrika med hjelp av fjerranalys och GIS – erfarenheter från några svenska forskningsprosjekt</i>	
Per Sander	15
<i>Hydrogeological Investigations and Modelling of Groundwater Resources in the West Bank and Gaza Strip</i>	
Henning Moe	17
<i>Hydrogeologi og nødhjelp. Eksempel fra Afghanistan</i>	
Oddmund Soldal & David Banks	19
<i>Evaluation of water supply services in southern Africa</i>	
Fridtjov Ruden	21
<i>Groundwater Investigations for a Small Urban Water Supply Project in Laos</i>	
Joseph Allen	23
<i>Flomkatastrofen 2000, Mosambik – Nødhjelp, rehabilitering og gjenoppbygging av vannforsyning</i>	
Johan B.S. Knudsen	26
<i>Grunnvann i vannressursloven, erfaringer og status</i>	
Gaute Gangås	27
<i>EUs vanddirektiv: Resultater fra "WFG-GW Trend" prosjektet, og veien videre</i>	
Panagiotis Dimakis	28
<i>Grunnvann – NGUs satsingsområdet</i>	
<u>Jan Cramer & Atle Dagestad</u>	29
<i>Bruk av grunnvannsmodellering og geografiske informasjonssystem ved beskyttelse av grunnvannsforurensning</i>	
Harald Klempe	31
<i>Grunnvannsanalyser i Holmedals brønnefelt og SSG modellen</i>	
Panagiotis Dimakis	34
<i>Infiltrasjon av vann i frossen jord og grunnvannsdannelse. Resultater fra det nasjonale observasjonsnettet for markvann</i>	
Hervé Colleuille	35
<i>Grunnvannsutnyttelse fra en bebygd akvifer. Resultater fra prøvepumping - vannkvalitet og temperaturdata</i>	
Einar Eckholdt	37
<i>Nye metoder for kartlegging av sprekkesoner i fjell</i>	
Jan Steinar Rønning, Einar Dalsegg, Harald Elvebakk & Gaute Storrø	40

<i>Sammenhenger mellom tunnellekkasjer og endringer i grunnvannsstand</i>	
Kevin J. Tuttle, <u>Rebecca T. Worsley</u> & Kjell Karlsrud	43
<i>Kan hovedflyplassen på Gardermoen driftes om vinteren med bruk av avisingskjemikalier uten å påvirke grunnvannet?</i>	
Jarl Øvstedal & Stig Moen	44
<i>Grunnvannsundersøkelser ved Elgane på Høgjæren</i>	
Arve Misund	46
<i>Grunnvannsmodellering på Øvre Årdal</i>	
Kim Rudolph-Lund & Jan Erik Sørli	49
<i>Groundwater from the Holsfjord tunnel – tracing the Holocene marine influence?</i>	
Per Aagaard & Kim Rudolph-Lund	50
<i>Kilder til pesticidlekkasje og klausulering og beskyttelse av grunnvannsbrønner</i>	
Ketil Haarstad	52
<i>Natural attenuation of a hydrocarbons plume in an unconfined sandy aquifer, Gardermoen Ice-contact Delta, southeast Norway</i>	
Maciej Klonowski, Per Aagaard, Gijsbert Breedveld & Kim Rudolph-Lund	54
<i>Deponering av PAH-forurenset jord på Langøya, multimediamodellering av prosesser, transport og skjebne</i>	
Jan Erik Sørli & Finn Løvholt	56
<i>Rapid Analysis of Hydrocarbons in Soils and Sediments Using the Thermal Extraction GC and GC-MS Techniques</i>	
Ian L. Ferriday, Berit B. Olsen, Kirsti L. Andersen & Tone Haugen-Nilsen	59
<i>Naturmiljø og helse</i>	
Bjørn Bølviken	62
<i>Befolkningsøkning, urbanisering, miljø og helse</i>	
Rolf Tore Ottesen	63
<i>Jordforurensning i Tromsø</i>	
Morten Jartun, Rolf Tore Ottesen & Tore Volden	64
<i>Presentasjon av prosjektet Iron Curtain</i>	
Oddmund Soldal & Arve Misund	65
<i>Tungmetall- og PAH-konsentrasjoner i jordsmonnet rundt smelteverket i Nikel, Russland – grenseverdier og hvordan vi presenterer resultatene</i>	
Henning K.B. Jensen & Tor Erik Finne	67
<i>Assessment of metal contamination in the north-western part of the Norskerenna</i>	
Aivo Lepland	69

PLAKATPRESENTASJON

Trace Metal Monitor – Sensorsystem for måling og overvåkning av metaller

oppløst i vann

Arve Berg, Stig Forbord & Fredrik Strand 71

Bakteriologisk kvalitet i norske grunnvannsbrønner i fjell

Sylvi Gaut, Gaute Storrø & Bjørge Brattli 73

Tørre fjellbrønner – en saga blott?

Randi Kalskin, Bernt Olav Hilmo, Helge Skarphagen, Espen Hiorth & Bjørge Brattli 74

Varmevexsler/kollektor i dype borehull

Helge Skarphagen & Kirsti Midttømme 76

Isotope levels in river waters of Central Norway in 2000/2001

Ola M. Sæther, Gaute Storrø, Bernt Olav Hilmo, K. Iden, D.Ø. Eriksen, &

A. Killingtveit 77

UTSTILLING

Brønnfilter

Horst Plischewski

DET 11. SEMINAR OM HYDROGEOLOGI OG MILJØGEOKJEMI

Torsdag 7. og fredag 8. februar 2002
Knut S. Heiers konferansesenter, NGU
Leiv Eirikssons vei 39, Lade, Trondheim

PROGRAM

Torsdag 7. februar

08:30 – 09:50 Registrering

09:50 – 10:00 Åpning av seminaret v/adm.dir. Arne Bjørlykke

Internasjonal virksomhet (ordstyrer Ron Boyd)

10:00 – 10:30 ***Grundvattenprospektering i Ghana och Sydafrika med hjälp av fjärranalys och GIS - erfarenheter från några svenska forskningsprojekt***
Per Sander, Chalmers tekniska högskola

10:30 – 11:00 ***Hydrogeological investigations and modelling of groundwater resources in the West Bank and Gaza Strip***
Henning Moe, CDM Ireland

11:00 – 11:30 ***Hydrogeologi og nødhjelp. Eksempel fra Afghanistan***
Oddmund Soldal & David Banks, Kirkens nødhjelp/ Interconsult ASA/
Holymoer

11:30 – 11:50 ***Pause***

11:50 – 12:20 ***Evaluation of water supply services in southern Africa***
Fridtjov Ruden, NGU Pretoria

12:20 – 12:40 ***Groundwater Investigations for a Small Urban Water Supply Project in Laos***
Joseph Allen, Norconsult AS

12:40 – 13:00 ***Flomkatastrofen 2000, Mosambik – Nødhjelp, rehabilitering og gjenoppbygging av vannforsyning***
Johan B.S. Knudsen, Norconsult AS

13.00 – 13:45 *Lunsj*

Nasjonale prosjekter grunnvann (ordstyrer Bernt Olav Hilmo)

13:45 – 14:05 ***Grunnvann i vannressursloven, erfaringer og status***
Gaute Gangås, NVE

14:05 – 14:25 ***EUs vanndirektiv: Resultater fra "WFG-GW Trend" prosjektet, og veien videre***
Panagiotis Dimakis, NVE

14:25 – 14:55 ***Grunnvann – NGUs satsingsområdet***
Jan Cramer & Atle Dagestad, NGU

14:55 – 15:20 ***Introduksjon av plakater***

15:20 – 15:40 ***Pause***

15:40 – 16:00 ***Bruk av grunnvannsmodellering og geografiske informasjonssystem ved beskyttelse av grunnvannsforurensning***
Harald Klempe, Høgskolen i Telemark

16:00 – 16:20 ***Grunnvannsanalyser i Holmedals brønnefelt og SSG modellen***
Panagiotis Dimakis, NVE

16:20 – 16:40 ***Infiltrasjon av vann i frossen jord og grunnvannsdannelse. Resultater fra det nasjonale observasjonsnett for markvann***
Hervé Colleuille, NVE

16:40 – 17:00 ***Grunnvannsutnyttelse fra en bebygd akvifer. Resultater fra prøvepumping - vannkvalitet og temperaturdata***
Einar Eckholdt, Miljøgeologi AS

-----o-----

18:50 ***Felles avreise med veterantrikk fra St. Olavs gate til Lian. Enkel bevertning under reisen***

19:30 ***Seminarmiddag Lian herregård***

-----o-----

Fredag 8. februar

Nasjonale prosjekter grunnvann (ordstyrer Atle Dagestad)

- 08:50 – 09:10 ***Nye metoder for kartlegging av sprekkesoner i fjell***
Jan Steinar Rønning, Einar Dalsegg, Harald Elvebakk & Gaute Storrø, NGU
- 09:10 – 09:30 ***Sammenhenger mellom tunnellekkasjer og endringer i grunnvannsstand***
Kevin J. Tuttle, Norconsult AS, Rebecca T. Worsley, UiO & Kjell Karlsrud, NGI
- 09:30 – 09:50 ***Kan hovedflyplassen på Gardermoen driftes om vinteren med bruk av avisingskjemikalier uten å påvirke grunnvannet?***
Jarl Øvstedal & Stig Moen, Oslo Lufthavn AS
- 09:50 – 10:10 ***Grunnvannsundersøkelser ved Elgane på Høgjæren***
Arve Misund, Interconsult ASA
- 10:10 – 10:30 ***Grunnvannsmodellering på Øvre Årdal***
Kim Rudolph-Lund & Jan Erik Sørli, NGI
- 10:30 – 10:50 ***Pause***
- 10:50 – 11:10 ***Groundwater from the Holsfjord tunnel – tracing the Holocene marine influence?***
Per Aagaard, UiO & Kim Rudolph-Lund, NGI
- 11:10 – 11:30 ***Kilder til pesticidlekkasje og klausulering og beskyttelse av grunnvannsbrønner***
Ketil Haarstad, Jordforsk
- 11:30 – 11:50 ***Natural attenuation of a hydrocarbons plume in an unconfined sandy aquifer, Gardermoen Icecontact Delta, southeast Norway***
Maciej Klonowski, Per Aagaard, UiO, Gijbert Breedveld & Kim Rudolph-Lund, NGI

Geokjemi (ordstyrer Jan Cramer)

- 11:50 – 12:10 ***Deponering av PAH-forurenset jord på Langøya, multimediamodellering av prosesser, transport og skjebne***
Jan Erik Sørli & Finn Løvholt, NGI
- 12:10 – 12:30 ***Rapid analysis of hydrocarbons in soils and sediments using the thermal extraction GC and GC-MS Techniques***
Ian L. Ferriday, Berit B. Olsen, Kirsti L. Andersen & Tone Haugen-Nilsen, Geolab Nor AS
- 12:30 – 13:30 ***Lunsj***
- 13:30 – 13:50 ***Naturmiljø og helse***
Bjørn Bølviken, NGU
- 13:50 – 14:10 ***Befolkningsøkning, urbanisering, miljø og helse***
Rolf Tore Ottesen, NGU
- 14:10 – 14:30 ***Jordforurensning i Tromsø***
Morten Jartun, NTNU, Rolf Tore Ottesen & Tore Volden, NGU
- 14:30 – 14:50 ***Pause***
- 14:50 – 15:10 ***Presentasjon av prosjektet Iron Curtain***
Oddmund Soldal & Arve Misund, Interconsult ASA
- 15:10 – 15:30 ***Tungmetall- og PAH-konsentrasjoner i jordsmonnet rundt smelteverket i Nikel, Russland – grenseverdier og hvordan vi presenterer resultatene***
Henning K.B. Jensen & Tor Erik Finne, NGU
- 15:30 – 15:50 ***Assessment of metal contamination in the north-western part of the Norskerenna***
Aivo Lepland, NGU

PLAKATPRESENTASJON

Presentasjon i plenum torsdag 7. februar kl. 14:55-15:20

Trace Metal Monitor – Sensorsystem for måling og overvåkning av metaller oppløst i vann

Arve Berg, Stig Forbord & Fredrik Strand, OCEANOR

Bakteriologisk kvalitet i norske grunnvannsbrønner i fjell

Sylvi Gaut, Gaute Storrø, NGU & Bjørge Brattli, NTNU

Tørre fjellbrønner – en saga blott?

Randi Kalskin, Bernt Olav Hilmo, Helge Skarphagen, NGU, Espen Hiorth,
Brønnteknologiutvikling AS & Bjørge Brattli, NTNU

Varmevexsler/kollektor i dype borehull

Helge Skarphagen & Kirsti Midttømme, NGU

Isotope levels in river waters of Central Norway in 2000/2001

Ola M. Sæther, Gaute Storrø, Bernt Olav Hilmo, NGU, K. Iden, D.Ø. Eriksen, IFE & A.
Killingtveit, NTNU

DELTAKERE

Etternavn	Fornavn	Institusjon/firma	Adresse	Postnr./-sted	Tlf.	Fax	E-post
Allen	Joseph	Norconsult AS	Vestfjordgt. 4	1338 SANDVIKA	67571237	67544576	ja@norconsult.no
Andersson	Malin	NGU		7491 TRONDHEIM	73904321	73921620	malin.andersson@ngu.no
Berg	Arve	OCEANOR	Pir-senteret	7462 TRONDHEIM	73545200	73545201	arve.berg@oceanor.no
Boyd	Rognvald	NGU		7491 TRONDHEIM	73904141	73921620	rognvald.boyd@ngu.no
Bølviken	Bjørn	NGU	Rute 512	2848 SKREIA	61164709	61168236	bjorn.bolviken@ngu.no
Båsum	Trond	Båsum Boring A/S	Slettemoen industriområde	3535 KRØDEREN	32147820	32147970	trond@basum.no
Colleuille	Hervé	NVE	Postboks 5091 Majorstua	0301 OSLO	22959439	22959216	hec@nve.no
Cramer	Jan	NGU		7491 TRONDHEIM	73904310	73921620	jan.cramer@ngu.no
Cramer	Torill	NGU - Oslokontoret	Postboks 5348 Majorstua	0304 OSLO	22959800	22959801	torill.cramer@ngu.no
Dagestad	Atle	NGU		7491 TRONDHEIM	73904360	73921620	atle.dagestad@ngu.no
Dimakis	Panagiotis	NVE	Postboks 5091 Majorstua	0301 OSLO	22959169	22959216	pad@nve.no
Eckholdt	Einar	Miljøgeologi AS	Dronningens gt. 25	1530 MOSS	69240175	69240176	ee@miljogeologi.no
Ellingsen	Knut	NGU - Oskontoret	Postboks 5348 Majorstua	0304 OSLO	22959800	22959801	knut.ellingsen@ngu.no
Fagerhaug	Arne	Noteby AS, avd. Ålesund	Postboks 188	6001 ÅLESUND	70101990	70101998	arne@noteby.no
Ferriday	Ian L.	Geolab Nor AS	Postboks 5740	7437 TRONDHEIM	73964000	73965974	iafe@geolabnor.no
Finne	Tor Erik	NGU		7491 TRONDHEIM	73904319	73921620	tor.finne@ngu.no
Follestad	Bjørn A.	NGU		7491 TRONDHEIM	73904150	73921620	bjorn.follestad@ngu.no
Forren	Roar	Båsum Boring Trøndelag A/S	Postboks 115	7358 BØRSA	72863980	72863981	
Frengstad	Bjørn	NGU		7491 TRONDHEIM	73904380	73921620	bjorn.frengstad@ngu.no
Furseth	Linn	Student, NTNU	Tormodsgate 6A	7030 TRONDHEIM	93255057		linnf@stud.ntnu.no
Gangås	Gaute	NVE	Postboks 5091 Majorstua	0301 OSLO	22959066		gag@nve.no
Gaut	Amund	Statkraft Grøner AS	Glads vei 10	0489 OSLO	67128430	67128030	ag@statkraftgroner.no
Gaut	Sylvi	NGU		7491 TRONDHEIM	73904362	73921620	sylvi.gaut@ngu.no
Greiff	Siri	Noteby AS	Postboks 1139 Nyborg	7420 TRONDHEIM	72566900	72566920	sg@noteby.no
Grini	Randi S.	Scandiaconsult AS, Div. Geo og miljø	Ilsvikveien 22	7493 TRONDHEIM			randi.grini@scc.no
Gundersen	Pål	Student, NTNU		7491 TRONDHEIM	73596942	73550877	pal.gundersen@chembio.ntnu.no
Hansen	Hans Jørund	Statens forurensningstilsyn	Postboks 8100 Dep.	0032 OSLO	22573568	22676706	hans-jorund.hansen@sft.no
Hanssen	Geir	Miljøavd., Trondheim kommune	Holtermannsvn. 1	7004 TRONDHEIM	72547835	72547011	geir.hanssen@trondheim.kommune.no
Etternavn	Fornavn	Institusjon/firma	Adresse	Postnr./-sted	Tlf.	Fax	E-post

Haugland	Toril	NGU		7491 TRONDHEIM	73904300	73921620	toril.haugland@ngu.no
Heidenstrøm	Birger	NOTEBY	Boks 265 Skøyen	0213 OSLO	22515324	22515401	bih@noteby.no
Hilmo	Bernt Olav	NGU		7491 TRONDHEIM	73904303	73921620	bernt.hilmo@ngu.no
Haarstad	Ketil	Jordforsk	F.A. Dahls v. 20 A	1432 ÅS			ketil.haarstad@jordforsk.no
Jartun	Morten	NTNU/NGU	Øvre Flatåsv. 45a	7079 FLATÅSEN	72848178		jartun@stud.ntnu.no
Jensen	Henning	NGU - Tromsøkontoret	Polarmiljøseneteret	9296 TROMSØ	77750127	77750126	henning.jensen@npolar.no
Jæger	Øystein	NGU		7491 TRONDHEIM	73904314	73921620	oystein.jager@ngu.no
Kalskin	Randi	NGU		7491 TRONDHEIM	73904304	73921620	randi.kalskin@ngu.no
Klempe	Harald	Høgskolen i Telemark	Hallvard Eikas plass	3800 BØ I TELEMARK	35952767	35952701	harald.klempe@hit.no
Klonowski	Maciej	UiO, Institutt for geologi	Postboks 1047 Blindern	0316 OSLO	22858187		m.r.klonowski@geologi.uio.no
Kirkhusmo	Lars	NGU - Oslokontoret	Postboks 5348 Majorstua	0304 OSLO	22959803	22959801	lars.kirkhusmo@ngu.no
Knudsen	Johan B.S.	Norconsult AS	Vestfjordgt. 4	1338 SANDVIKA	67571122	67544576	jbk@norconsult.no
Krog	Jan Reidar	NGU		7491 TRONDHEIM	73904312	73921620	reidar.krog@ngu.no
Kvålseth	Karin	Høgskolen i Telemark	Hallvard Eikas plass	3800 BØ I TELEMARK	35952775		karin.kvalseth@hit.no
Langeland	Knut	Student - Høgskolen i Telemark	Grivivegen 32	3800 BØ I TELEMARK	97752297		u971832@studbo.hit.no
Lepland	Aivo	NGU		7491 TRONDHEIM	73904311	73921620	aivo.lepland@ngu.no
Lyche	Einar	Scandiaconsult AS, Div. Geo og miljø	Ilsvikveien 22	7493 TRONDHEIM	73841122	73841110	einar.lyche@scc.no
Lystad	Tor	Scandiaconsult AS	Ilsvikveien 22	7493 TRONDHEIM	73841000	73841030	tor.lystad@scc.no
Løvdal	Øystein	Fredrikstad kommune, Helsevernavd.	Postboks 1405	1602 FREDRIKSTAD	69305647		oysl@fredrikstad.kommune.no
Midttømme	Kirsti	NGU		7491 TRONDHEIM	73904316	73921620	kirsti.midttomme@ngu.no
Misund	Arve	Interconsult ASA	Strandgaten 32	4400 FLEKKEFJORD	38327650	38327651	armi@interconsult.com
Moe	Henning	Camp Dresser & McKee	Oran Town Centre, Oranmore, Co. Galway	IRELAND	353(091)792900	353(091)792911	moeh@cdm.com
Moe	Jon Oddvin	Student - Høgskolen i Telemark	Oppheimvegen 7	3800 BØ I TELEMARK	93461630		jonodin@hotmail.com
Moen	Berit Forbord	NGU		7491 TRONDHEIM	73904490	73921620	berit.moen@ngu.no
Moen	Stig	Oslo Lufthavn AS	Edwards Munchs vei	2060 GARDERMOEN	64812329	64812001	stig.moen@osl.no
Moseid	Mari	Scandiaconsult AS, Div. Geo og miljø	Ilsvikveien 22	7493 TRONDHEIM	73841132		mari.moseid@scc.no
Ottesen	Rolf Tore	NGU		7491 TRONDHEIM	73904302	73921620	rolf.ottesen@ngu.no
Plischewski	Horst	Verktøy & Maskin A/S	Gullhaugen industriområde	3570 ÅL	32081696	32082230	
Etternavn	Fornavn	Institusjon/firma	Adresse	Postnr./-sted	Tlf.	Fax	E-post
Reimann	Clemens	NGU		7491 TRONDHEIM		73921620	clemens.reimann@ngu.no

Rodahl	Silje	OCEANOR	Pir-senteret	7462 TRONDHEIM	73545200	73545201	
Rohr-Torp	Erik	NGU - Oslokontoret	Postboks 5348 Majorstua	0304 OSLO	22959800	22959801	erik.rohr-torp@ngu.no
Ruden	Fridtjov	NGU Pretoria	Council for Geoscience, Private Bag X112	Pretoria 0001, South Africa	27128411103		ruden@geoscience.org.za
Rudolph-Lund	Kim	NGI	Postboks 3930 Ullevål stadion	0806 OSLO	22520678	22230448	krl@ngi.no
Russenes	Bjørn Falck	Sogn og Fjordane fylkeskommune	Postboks 67	6861 LEIKANGER	57656253		bjorn.falck.russenes@sf-f.kommune.no
Rye	Noralf	UiB, Geologisk inst.	Allégt. 41	5007 BERGEN	55583498	55589416	noralf.rye@geol.uib.no
Rønning	Jan Steinar	NGU		7491 TRONDHEIM	73904441	73921620	jan.ronning@ngu.no
Sander	Per	Chalmers tekniska högskola/Scandiaconsult Sverige AB	P.O.Box 5343	SE-40227 GÖTEBORG			per.sander@scc.se
Sivertsvik	Frank	NGU		7491 TRONDHEIM	73904486	73921620	frank.sivertsvik@ngu.no
Skarphagen	Helge	NGU - Oslokontoret	Postboks 5348 Majorstua	0304 OSLO	22959800	22959801	helge.skarphagen@ngu.no
Smelror	Morten	NGU		7491 TRONDHEIM	73904180	73921620	morten.smelror@ngu.no
Soldal	Oddmund	Interconsult ASA	Solheimsgaten 13	5892 BERGEN	53018649	53018601	ods@interconsult.com
Storrø	Gaute	NGU		7491 TRONDHEIM	73904315	73921620	gaute.storro@ngu.no
Støver	Lise	Geolab Nor AS	Postboks 5740	7437 TRONDHEIM	73964000	73965974	mail@geolabnor.no
Svendgård	Camilla	Student, NTNU	Nygårdsveien 1C	7037 TRONDHEIM	97708063		
Søreng	Are	NGU		7491 TRONDHEIM	73904469	73921620	are.soreng@ngu.no
Sørli	Jan Erik	NGI	Postboks 3930 Ullevål stadion	0806 OSLO	22023135	22230448	jes@ngi.no
Sæther	Ola Magne	NGU		7491 TRONDHEIM	73904372	73921620	ola.sather@ngu.no
Thune	Gorm	NOAH AS	Serviceboks H	3080 HOLMESTRAND	33099500	33052253	gorm.thune@noah.no
Veslegard	Nils	Hallingdal Bergboring	Gullhagen	3570 ÅL	32085900	32085901	nils.veslegard@hallingdal-bergboring.no
Viken	Geir	NGU		7491 TRONDHEIM	73904487	73921620	geir.viken@ngu.no
Volden	Tore	NGU		7491 TRONDHEIM	73904320	73921620	tore.volden@ngu.no
Worsley	Rebecca T.	UiO, Institutt for geologi	Postboks 1047 Blindern	0316 OSLO	22856755		r.t.worsley@geologi.uio.no
Ytterås	Erling	NOTEBY Trondheim	Postboks 1139 Nyborg	7420 TRONDHEIM	72566914	72566920	eky@noteby.no
Øvstedal	Jarl	Oslo Lufthavn AS	Postboks 100	2060 GARDERMOEN	64812327	64812001	jarl.ovstedal@osl.no
Aagaard	Per	UiO, Institutt for geologi	Postboks 1047 Blindern	0316 OSLO	22856644	22854215	per.aagaard@geologi.uio.no
Årbogen	Olav	NOTEBY AS	Postboks 1139 Nyborg	7420 TRONDHEIM	72566915	72566920	oa@noteby.no

FOREDRAG

7. februar

Grundvattenprospektering i Ghana och Sydafrika med hjälp av fjärranalys och GIS - erfarenheter från några svenska forskningsprojekt

Per Sander

Geologiska institutionen, Chalmers tekniska högskola, P.O.Box 5343, SE-40227 Göteborg

Geologiska institutionen på Chalmers har sedan mitten på 80-talet bedrivit forskning kring användning av fjärranalys för identifiering och analys av grundvattenförande zoner i kristallint berg. Den första tiden av detta arbete bedrevs i nära samarbete med Rymdbolaget och huvudsyftet var att utvärdera bildmaterial främst från SPOT satelliten för tillämpningar inom ingenjörsgologi och hydrogeologi. De senaste tio åren har forskningsarbetet till stor del bedrivits kring tillämpningar av fjärranalys och GIS för grundvattenprospektering i semi-arida områden. Forskningen har genomförts i nära samarbete med lokala vattenmyndigheter och NGOs i Sydafrika, Ghana och Botswana. Forskningsarbetet i Afrika har varit inriktat på tolkning av grundvattenindikatorer på satellitdata, i huvudsak SPOT och Landsat TM, i syfte att förbättra precisionen i lokalisering av borrhållplatser för brunnar. Projektet har genomförts i områden som antingen har lidit stor brist på tillförlitlig vattenförsörjning av acceptabel kvalitet (t.ex. i Voltabäckenet i Ghana) eller områden som är utsatta för återkommande svåra torrperioder (t.ex. i norra Sydafrika). Gemensamt för dessa områden är att de hydrogeologiska förutsättningarna är besvärliga och träffsäkerheten vid brunnsborring låg med andelen lyckade brunnar ibland så låg som 20%.

Arbetet har i huvudsak bedrivits i områden med ”hard rock”, där utvinning av grundvatten är hänvisad till större spricksystem, eventuellt i kombination med magasinering i lösa avlagringar. Forskningen har varit inriktad på att finna metoder för att med hjälp av satellitdata kunna urskilja områden för detaljundersökningar med större säkerhet. Tolkningen av grundvattenindikatorer har fokuserat på lineament (linjära geologiska strukturer), vegetation och dräneringsmönster som i GIS har integrerats med övriga tillgängliga och i fält insamlade data. Övriga data inkluderar bland annat diverse kartmaterial och brunnsinformation. Brunnsdata har t.ex. insamlats både från arkiv och undersökningar i fält, inkluderande noggrann positionering med differentiell GPS.

Utvalda målområden har följts upp i fält med geofysiska undersökningar och borring. Resultat från projektet i Ghana och Sydafrika visar på en ökad träffsäkerhet i brunnsborringen, med större andel lyckade brunnar med en högre genomsnittlig kapacitet. Projektet har dock visat att fjärranalys och GIS inte kan ersätta detaljerade fältundersökningar, utan endast är ett hjälpmedel att begränsa omfattningarna av dessa undersökningar till de mest lovande platserna. Projektet har också visat att det är svårt att kvantifiera värdet av olika grundvattenindikatorer tolkade från

satellitdata, utan detaljerade fältundersökningar. Det är dock tydligt från ekonomiska analyser i projekten att även begränsade öknings i träffsäkerhet kan motivera stora investeringar i satellitdata och GIS-analys av data.

Hydrogeological Investigations and Modelling of Groundwater Resources in the West Bank and Gaza Strip

Henning Moe

CDM Ireland Ltd., Oranmore, Co. Galway, Ireland

Groundwater is the main source of water for Palestinians in the West Bank and Gaza Strip. Present and future quantities of water available for Palestinian consumption are generally allocated and discussed on the basis of Article 40 (the “Water Agreement”) of the Oslo Peace Accords.

Water demands far exceed available supplies, and problems of water supply are compounded by numerous engineering and administrative constraints, in addition to purely hydrogeological factors.

Under a US-funded water resources management programme, several new Palestinian production wells have been drilled in the area between Hebron and Bethlehem. These pump water from regional aquifers that are up to 400 m thick and 900 m deep, requiring very specialised equipment and technology.

To independently verify stipulations on water availability in Article 40, and to examine the potential impacts that regional-scale well development might have on aquifer management, a fully three-dimensional groundwater model was developed for the Eastern Aquifer Basin, one of three regional aquifer basins that make up the “Mountain Aquifer System”.

Results of modelling indicate that groundwater flow patterns are strongly influenced by structural geology, with implications for future development of new wellfields. Results also indicate that currently proposed rates of pumping will have considerable negative impacts on regional water levels, and that operations of existing wellfields may be compromised in the short-term. Furthermore, modeling results do not corroborate the quantities of water available to Palestinians through Article 40.

In the Gaza Strip, all economic sectors rely on the coastal aquifer as a single source of water supply. Over the past 40 years, overexploitation of the aquifer has resulted in continuous lowering of regional water levels and a gradual worsening of water quality, partly due to seawater intrusion.

For purposes of investigating the scale of seawater intrusion, and potential future management scenarios, a numerical ground water model has been developed. The model is fully 3-dimensional

and capable of simulating variable-density, coupled flow and transport in a complex, heterogeneous aquifer system.

The development and application of the Gaza coastal aquifer model is the first attempt to describe and quantify this natural resource in a regional context. The model domain was extended beyond the borders of the Gaza Strip to incorporate all relevant hydrogeological features that may impact its water resources, including water management practices in Israel and Egypt.

Modeling results demonstrate that drastic, and costly, action is needed to protect Gaza's only natural source of water from significant further damage. In some areas, estimated rates of seawater intrusion exceed 100 meters per year under current hydraulic regimes.

Hydrogeologi og nødhjelp. Eksempel fra Afghanistan

Oddmund Soldal¹⁾ & David Banks²⁾. Kirkens nødhjelps beredskapsgruppe

¹⁾ *Interconsult ASA, Postboks 6051 Postterminalen, 5892 Bergen*

²⁾ *Holymoore Consultancy, Holymoore Road, Holymoorside, Chesterfield, Derbyshire, S42 7DX UK*

Hydrologer er utdannet til å tenke forsvarlig og helhetlig på grunnvannsressurser. Overforbruk av vannressurser er normalt ikke akseptabelt, men kan forsvares i tørkeperioder hvis man vet at ressursen kan "hvile" og fornyes etterpå.

I ekstremisituasjoner, som kan være både menneske- og naturskapte, oppstår det vanskelige avvegninger mellom forsvarlig ressursforvaltning og hensynet til nødsituasjoner. Nødsituasjoner er ofte skapt av store ansamlinger av folk på et lite område som ikke er beregnet på dette. Det oppstår ofte akutt fare for liv og helse hvis ikke vann- og sanitærforholdene umiddelbart blir tilrettelagt. Dette kan medføre at lokalbefolkningens interesser ikke blir ivaretatt slik en ønsker og det kan medføre at lokale vannkilder kan bli forurenset.

Afghanistan har de siste årene vært preget av ekstrem tørke og et politisk regime som har vært opptatt av helt andre saker enn forvaltning av naturressurser. Også under normale forhold er det svært tørt i store deler av landet og vann har blitt betraktet som en bergensende ressurs. Imidlertid eksisterer et betydelig lager av grunnvann i landets Neogene og Kvartære avsetninger som i mange steder ikke er tatt i bruk. Et fåtall større elvesystemer mates av snøsmelting fra Hindu Kush / Koh-i-Baba-fjellene og har vanligvis en pålitelig vannføring som benyttes til jordbruk. Den største delen av landets befolkning er knyttet til landbruk. Normal dyrking av jorden har i stor grad vært avhengig av vanning som står for det største vannbehovet i landet. Tørken har medført store avlingstap og nedslakting av buskap i mangel på annen tilførsel av mat. Videre har ca. 3 mill. mennesker vært avhengig av matvarehjelp for å overleve. Ca. 1 mill. Afghanere er "miljøflyktninger", de har flyktet fra tørkerammede områder til leire for internt fordrevne og til dels ut av landet. Det har også oppstått konflikter fordi mennesker og dyr har trengt seg inn på i områder som normalt har vært brukt av andre.

I denne situasjonen må det gjøres avveininger av forsvarlig forvaltning av naturressursene og den akutte situasjonen som folk lever i.

Sentrale spørsmål er:

- Hva er forsvarlig uttaksmengde av grunnvann ?
- Kan man tillate overforbruk av vann i en periode for å lindre de mest akutte problemene?
- Hva vil langtidseffekten være av et overforbruk av vannressursene?

Ved Taliban sin maktovertakelse ble biblioteker og arkiv tømt og i dag vet ingen hvor hydrogeologisk informasjon innsamlet over flere 10-år er. I tillegg har mange av de gode fagfolkene forlatt landet.

For å arbeide forsvarlig i en slik situasjon er det derfor lagt vekt på:

- Finne frem til de fagfolkene som fortsatt er i regionen (styrking av menneskelige ressurser)
- Sammenstilling av det som finnes igjen av relevante data
- Utarbeiding av strategi og minimumsstandarder for grunnvannsutnytting
- Opplæring av lokalt personell

Det er utarbeidet et sett med retningslinjer som Kirkens nødhjelps prosjekter skal følge. Disse retningslinjene vil trolig også bli benyttet av andre internasjonale hjelpeorganisasjoner.

Evaluation of water supply services in southern Africa

Fridtjov Ruden

NGU Pretoria, Council for Geoscience, Private Bag X112, Pretoria 0001, South Africa

Considerable investments are plowed into the water supply services sector every year. In Africa alone, this is estimated to be some 30.000.000.000 NOK (Apprx. 3.000.000.000 USD) for the rural water supply sector annually. Invariably, the benefits from these considerable investments fall short of their respective intentions. Our preliminary estimates of both the (present) functionality and the (future) sustainability of water supply services projects in general indicate less than 50% success rates. Reasons for this are, as a rule not directly linked to water shortages, but rather to shortcomings related to a wide variety of management aspects.

Rather surprisingly, particularly in light of the above investments, very modest efforts have been made internationally to develop practical methods of identifying the main constraints and causes related to the low level of sustainability of water supply services, particularly in Africa.

With the view that a potential recovery of only a fraction of the above investments will represent significant value in terms of recovered time, money and water, the present NGU-related Project set out rather boldly in June 2000 to develop a practical tool for sustainability evaluations of water supply services in Southern Africa. 18 months later, the outline of this tool is emerging; it consists of 3 main sections:

- Indicators
- Basic Technical Data
- Spatial data

Stress is laid on simplicity of use and flexibility related to the desired level of input and output. In its simplest form, an indicator-based survey is used to ascertain the sustainability of a water scheme. This method combines indicators to generate indices at different levels, modeled by means of a network of Multiple Criteria Evaluation processes.

A sustainability audit involves the acquisition and use of indicator sets only. *A composite evaluation* involves the acquisition of a set of basic (technical) data in addition to the indicator sets. *An asset register* involves detailed technical and spatial data only.

Minimum skills required to perform a sustainability audit is a South African *matriculation examination* (12 years primary and secondary schooling), carried out by 2 persons plus a local

caretaker; the time requirement for a sustainability audit is one day. The data will be centrally stored in and results generated from an Access-based dedicated software package. The system is being integrated with related South African initiatives, and will ultimately reside with the Local Governments and managed by the client, the South African Department of Water Affairs and Forestry. The system has been piloted so far in 15 different communities. A number of audits are scheduled for 2002, including projects within other countries of Southern Africa. The project is scheduled to end in June 2003. A series of publications will result from the study.

Groundwater Investigations for a Small Urban Water Supply Project in Laos

Joseph Allen

Norconsult AS, Vestfjordgt. 4, 1338 Sandvika

Norconsult International is currently involved in a water supply project for the government of Lao PDR. The project's goal is to provide potable water to 17 small urban areas between 5000 and 20000 inhabitants. An integral part of the project has been evaluation of groundwater as a potential water source. .

Laos or more properly called Lao PDR lies in Southeast Asia, is roughly 75% the size of Norway with a population of 5.6 million. It is a mountainous, landlocked country bordering China, Burma (Myanmar), Vietnam, Cambodia and Thailand. The Mekong river dominates the lowlands in the west bordering Thailand. Groundwater is used only sporadically for waterworks of the size needed, though shallow dug wells and private boreholes are ubiquitous throughout the country.

Field Methodology

The goal of the field investigations was to determine whether groundwater represented a viable water source and merited drilling of test wells. Fieldwork consisted primarily of a) a preliminary assessment of groundwater quality and quantity was carried out, b) assessment of infrastructural demands like the length of pipe and number of wells, and c) assessment of groundwater relative to alternative water sources.

Field methodology after perusing the existing information base are divided as follows:

- A hydrocensus was carried out consisting of the surveying wells, latrines, conducting short-term pumping tests, testing of water quality and geological mapping. Other water sources were investigated at the same time. Based on information from the hydrocensus and the existing data, a decision was made whether to continue with investigations.
- The subsurface was then mapped using Electrical Resistivity Imaging (ERI) for areas where groundwater was deemed promising.
- Test well sites were then chosen and test drilling and pumping carried out. Supplementary ERI was shot concurrently so that improve the potential for interpretation and siting.

Key Technology

The project has availed itself of several new technological developments to facilitate work. This has proved invaluable on a project of this magnitude and remoteness. In effect, the field hydrogeological team has been able to carry out virtually all work quickly and effectively. There are three developments that have been especially important.

Geographical Positioning Systems (GPS) has been integral in aiding in management of the enormous number of features that have been mapped. This is possible because of the accuracy the system now has.

Advanced Electrical Resistivity Imaging (ERI) has been used to map the subsurface and aid in siting test well locations. The equipment is now so portable and user-friendly that as much as a kilometre of imaging can be shot and processed in one day.

The Internet has been utilised as the project has maintained it's own web page. The pages documents the project as well as providing a forum for implementers to communicate and download information from experts within different disciplines.

Sub-project Outhoumphone

Outhoumphone is situated on a plateau roughly 10 – 20 meters higher than its surroundings. It lies on late Mesozoic sandstones, which contain evaporites, especially halite and gypsum. Water demand is projected at 38.8 l/s. There are three primary concerns that can limit groundwater potential at Outhoumphone.

1. Groundwater quality affected by evaporates (Calcium (Ca^{2+}), Chloride (Cl^-) and Sulphate (SO_4^{2-})
2. Sustainable yields in individual wells
3. The aquifer is self-fed meaning virtually all recharge to groundwater comes from precipitation.

Roughly 10 km of ERI was shot. Results, in comparison to Ton Pheung, were difficult to interpret due to small contrasts. Correlation of resistivity with results from the first three drilled boreholes was used to upon a selection methodology for the remaining boreholes. Sites were chosen that had 15 -30 ohm m resistivities at depths below 10m and a contiguous layer on the imaging profiles.

Ten boreholes were drilled with a down the hole hammer rig and compressed air as flushing medium. Casing and screens were installed in the wells with relatively high discharge rates and low electrical conductivity (=low Ca^{2+}). Pumping tests results indicate per well, sustainable yields of between 0.7 and 2.3 litres/second (l/s). This translates into between 18 and 36 groundwater wells. Ca^{2+} levels in the wells test-pumped at 2 l/s and more were between 150 and

175 mg/l. In general, the deeper the well, and the harder the well was pumped, the higher the levels.

Investigations concluded that groundwater represents a viable alternative for water supply to the town of Outhoumphone. A likely groundwater utilisation design would include 20 – 30 production wells divided between 2 - 3 well fields. New wells must be drilled as shallow as possible in weathered sandstone. As such, water treatment includes only disinfection.

Sub-project Ton Pheung

Ton Pheung lies in the northwest on the Mekong River in the Golden Triangle on extremely coarse, relatively thin alluvium deposits. Water demand is projected at 10 l/s.

Drilling in particular presented problems. The coarseness of the formation, and cobbles as large as 500 mm, makes it difficult to achieve sufficiently high up-hole velocities so as to remove cuttings from the well. Rig-types in the region are limited in the region. The project's preference was cable-tool but none was available. After the several attempts using direct rotary, the driller finally brought in an air-reverse circulation rig, which was able to drill in the formation.

Roughly 2 km. of ERI profiles to a depth of 25 m were shot. The results revealed extremely high values with sharp contrasts allowing for a straight-forward interpretation of the result.. Test drilling results correlated well with the ERI. Two test wells, BH1 and BH2, were drilled to bedrock, 25.8 m and 27m, respectively.

The groundwater quality tested after the pumping program revealed corrosive water with pH around 6 and low dissolved solid content. Iron (Fe) and manganese (Mn)-levels were elevated in samples from step-test pumping. Fe and Mn-levels sank markedly after 24-hour pumping.

Investigations concluded that groundwater was viable and that an installation would include three production wells including a back up. No treatment was recommended beyond disinfection.

Flomkatastrofen 2000, Mosambik - Nødhjelp, rehabilitering og gjenoppbygging av vannforsyning

Johan B.S. Knudsen

Norconsult AS, Vestfjordgt. 4, 1338 Sandvika

Foredraget beskriver problematikken og erfaringene knyttet til nødhjelps og bistandsarbeidet etter flomkatastrofen i 2000. Dette kan oppsummeres som følger.

Langvarig kraftig nedbør i overgangen fra februar til mars 2000 førte til katastrofale oversvømmelser som etterlot titusener hjemløse og påførte store ødeleggelser av vannforsyning og infrastruktur i det sørlige Mosambik i provinsene Maputo og Gaza. Ødeleggelsene var hovedsakelig konsentrert til de lavereliggende områdene rundt Incomati og Limpopo vassdragene. Disse har sine kilder i henholdsvis de sør-østlige deler av Sør Afrika og i nordøst i grenseområdene mellom Sør Afrika og Zimbabwe. Flere flyktningeleire og omplasseringsområder ble etablert hvor Kirkens Nødhjelp (KN) i samarbeidet med andre hjelpeorganisasjoner som blant annet Oxfam og Røde Kors, etablerte midlertidig vannforsyning, samt rehabiliterte og gjenoppbygget mindre kommunale vannforsyningsanlegg. Foruten nødhjelps og bistandsarbeid knyttet til de flomberørte områdene, ble det også investert betydelige midler i forbedring av vannforsyning på landsbygda i KN's prosjektområder utenfor Beira i Sofala provinsen ca. 1200 km nord for hovedstaden Maputo. Dette sistnevnte arbeidet omhandlet en kartlegging av tilgjengelige grunnvannsressurser, mulighet for boring av nye brønner samt forbedring av tiltak for vannkonservering.

KN's engasjement i forbindelse med nødhjelp og bistands arbeidet i Mosambik varte i litt over ett år. I de to første månedene av denne perioden ble utført nødhjelps vannforsyning til i underkant av 100,000 mennesker. Gjennoppbyggingsarbeidene i de påfølgende månedene resulterte i rehabilitering av kommunale vannverk i byene Moamba, Sabie og Boane sør for Maputo, samt konstruksjon av et mindre vannforsyningsanlegg i omplasseringsområdet Congolote utenfor Maputo. Kartlegging av vannressurser i prosjektområdene utenfor Beira i provinsen Sofala resulterte i boring av en titalls nye brønner utstyrt med håndpumper. For å bidra til en varig utnyttelse av investerte ressurser ble det også etablert lokale forvaltningsenheter og interesse grupper. Sistnevnte er ofte avgjørende for suksessen av et bistandsprosjekt.

Grunnvann i vannressursloven, erfaringer og status

Gaute Gangås

Norges vassdrags- og energidirektorat, Konsesjon- og tilsynsavdelingen, Postboks 5091 Majorstua, 0301 Oslo

01.01.2001 trådte den nye vannressursloven i kraft. Den omhandler også grunnvann, et område som ikke var dekket i den tidligere vassdragsloven. NVE har forvaltningsansvaret for loven, med unntak for enkelte paragrafer (eks. § 46, grunnvannsboring – NGU).

Hovedpunktene i loven er at grunnvann tilhører eieren av den grunn som grunnvannet befinner seg i eller under (§ 44), men at eieren ikke kan disponere grunnvannet fritt. Det kreves konsesjon for uttak større enn det som er naturlig for virksomhet som det er vanlig å drive på tilsvarende eiendommer (§45). Det samme gjelder annen påvirkning av grunnvann så som tuneler og massetak, hvis tiltaket innebærer endringer av grunnvannet.

Det foreligger ikke forskrifter til den del av loven som omhandler grunnvann. NVE er i ferd med å opparbeide seg erfaringsgrunnlag for etablering av en forvaltningspraksis som sikrer en samfunnsmessig forsvarlig bruk og forvaltning av grunnvannsressursene. Viktige punkt i dette er vurdering av hvilke tiltak som er konsesjonspliktige, saksbehandlingsrutiner og krav til innhold i meldinger / søknader. NVEs regionkontorer vil i det enkelte tilfelle avgjøre om tiltak kvalifiserer til konsesjonsbehandling og om vassdragsmyndighetenes interesser kan ivaretas gjennom behandling etter annet lovverk.

NVE har utarbeidet informasjonsmateriale om loven og praktiseringen av denne. Dette vil bli distribuert til aktuelle tiltakshavere, conseulentfirma og forvaltningsinstitusjoner. Det er også tilgjengelig på NVEs hjemmesider på internett: www.nve.no

EUs vanndirektiv: Resultater fra "WFD-GW Trend" prosjektet, og veien videre

Panagiotis Dimakis

Norges vassdrags- og energidirektorat, Postboks 5091 Majorstua, 0301 Oslo

EUs vanndirektiv (WFD) trådte i kraft den 23.12.2000. Arbeidet knyttet til direktivet begynte lenge før ikrafttredelsen fant sted. Flere prosjekter ble satt i gang som skulle svare på spørsmål og løse problemstillinger relatert til implementeringen av direktivet. I begynnelsen av 2000 fikk miljødepartementet i Østerrike ansvar til å utføre et prosjekt med tittel "groundwater trend" som seinere ble forkortet til "WFD-GW Trend". Dette prosjektet skulle gi svar på spørsmål relatert til implementering av artikkel 4(1)(b) om miljømål for grunnvann og skulle utvikle konkrete metoder og algoritmer for identifisering av forurensningstrender og aggregering av data som nevnt i Annex V 2.4.4 og 2.4.5 i direktivet.

Prosjektet ble ferdig på slutten av 2001 og NVE fikk være med på slutfasen som observatør.

Resultatene omfatter blant annet definisjon av god og dårlig kvalitetsstatus for grunnvannsforekomster, algoritmer for aggregering av forurensningsdata, etablering av observasjons- og overvåkingsnett, og trendanalyser. Disse resultatene kommer til å spille en viktig rolle i implementeringen av direktivet.

Grunnvann - NGUs satsingsområdet

Jan Cramer & Atle Dagestad

Norges geologiske undersøkelse, 7491 Trondheim

97% av flytende ferskvann på jorden er grunnvann – den usynlige vannressurs. Grunnvann er en integrert og særdeles viktig del av det hydrologiske kretsløpet, der grunnvann mater innsjøer, elver og våtmarker. Men i Norge er grunnvannets rolle i dette kretsløpet, og som ressurs i vannforsyning, ikke særlig kjent på grunn av en overflod av synlig rent fersk overflatevann. Grunnvann forekommer og beveger seg under jordens overflate i porøse sedimenter, bergarter og sprekkesystemer i fastfjell. Etter at nedbør har infiltrert ned i bakken, blir grunnvannets fysiske og kjemiske egenskaper derfor preget av slike vertsbegarter og av geologiske prosessene. Med andre ord: *grunnvann er geologi*.

NGU er, etter statuttene, landets sentrale institusjon for forvaltning av geologisk kunnskap, inklusiv grunnvann. NGU har også et forvaltningsansvar innen grunnvann som er hjemlet i den nye Vannressursloven der NGU er vassdragsmyndighet for grunnvannsboring og Brønndatabasen. Videre er NGU myndighetenes faginstans i geofaglige spørsmål, noe som innebærer at NGUs data og informasjon om grunnvann skal være tilgjengelig for myndigheter, næringsliv og allmennheten. Dette blir nå enda viktigere for forvaltning av Norges vannressursene etter at regjeringen bestemte at EUs vanddirektiv skal iverksettes her i landet.

NGU har gjennomført en utredning om sin intern strategi for grunnvann inklusiv NGUs rolle i forvaltning av kunnskap og data om grunnvann i forbindelse med implementering av EUs Vanddirektiv. Samfunnet har investert betydelige ressurser i oppbyggingen av NGUs kunnskapsbase om grunnvann gjennom en rekke større kartleggings og forskningsprogram siden femtitallet. Dette representerer en grunnleggende ressurs for felleskapet og NGU satser derfor sterk på tilrettelegging av denne kunnskapsbase gjennom videre utvikling av NGUs Brønndatabase til Den nasjonale database om grunnvann (NASDAG).

NGU har i sine strategiplaner for 2000-2004 definert utvikling av databaser innen ulike geofaglige disipliner som en av de viktigste oppgaver (NGU@digital). En forutsetning for etableringen og utviklingen av de ulike geofaglige databasene er at informasjon som ligger i disse blir gjort tilgjengelig for eksterne brukere over Internett. Utviklingen av en egen Nasjonal database om grunnvann (NASDAG) inngår som en viktig del av NGUs satsning innen dette området. Kjernen i NASDAG vil være NGUs Brønndatabase hvor det per i dag finnes

geologiske og tekniske opplysninger fra ca. 18,000 fjellbrønner og ca. 1,700 løsmassebrønner/undersøkelsesbrønner. Brønndatabasen har vært gjenstand for en betydelig revisjon det siste året der kvalitetskontroll av data for eksisterende brønner har stått sentralt. Dette har bl.a. ført til at dagens brønndatabasen fremstår med færre brønner enn tidligere men med bedre kvalitet på tilgjengelig informasjon. Brønndatabasen har vært almen tilgjengelig over Internett i flere år men for å bedre brukervennligheten har det blitt utviklet et kartbasert brukergrensesnitt (ArcIMS-teknologi).

For å få en mer helhetlig database om grunnvann er det i konseptet til NASDAG lagt opp til at all informasjon om grunnvannsundersøkelser av nyere dato utført av NGU skal være tilgjengelig over Internett. Det vil si at ved søk mot grunnvannsboringer utført av eller i regi av NGU vil disse være koplet mot NGU bibliotekets referansearkiv slik at referanser og sammendrag til aktuelle rapporter, eller fullstendige digitale rapporter, kan lastes ned over Internett. I tillegg til brønndata vil NASDAG gi adgang til hydrogeologiske og hydro-geokjemiske data og informasjon som finnes både hos NGU og i databaser ved andre institusjoner. For eksempel, NVEs informasjon om NGU+NVEs felles landsomfattende grunnvannnett (LGN) er tilgjengelig via NASDAG, og det er planlagt at informasjon fra Nasjonalt folkehelseinstitutt (tidligere Folkehelse) vannverksregister med ca. 700 større grunnvannsanlegg skal også være tilgjengelig via NASDAG.

For at Den nasjonale database om grunnvann skal bli et godt hjelpemiddel for aktører innen fagområdet hydrogeologi samt andre aktuelle brukere er det viktig at de institusjoner og selskaper som utfører boringer som faller inn under oppgaveplikten faktisk innrapporterer sine boringer til NGU. Det er per i dag dessverre en betydelig underrapportering av boringer men dette er noe som vil bli fulgt opp av NGU i tiden som kommer. Det er også viktig at brukere av databasen gir konstruktiv tilbakemelding til NGU om brukervennligheten på den nye Internettportalen, om produkter det er bruk for, og om det er ønske om endret brukerfunksjonalitet.

Bruk av grunnvannsmodellering og geografiske informasjonssystem ved beskyttelse av grunnvannsforurensning

Harald Klempe

Høgskolen i Telemark, Hallvard Eikas plass, 3800 Bø i Telemark

Ved grunnvannsforsyninga til Bø kommune, Telemark, er utbredelsen av beskyttelsessoner bestemt ved bruk av grunnvannsmodellering og geografiske informasjonssystem (GIS). Bø kommune sin vannforsyning ligger ved østenden av Seljordsvatnet, og brønnene ligger ca. 1.5 km fra dette vannet på en plass som blir kalt Hagadrag. Bø kommune har 5000 innbyggere. Vassdraget i området består av Bjørndalsåa, Seljordsvatnet og Bøelva. Akviferen ligger mellom disse vassdraga. Løsavsetningene består av et subglacialt dreneringssystem, en stor breelvdeltavsetning, et lakustrint delta og postglaciale elveavsetninger. GIS er her brukt som pre- og postprosessor, og som analyseverktøy.

GIS som preprosessor

Vannforsyninga i Bø er fra 1979, og alt materiale er på papir i form av kart eller tabeller. 2. Dette kartmaterialet ble digitalisert. Digitaliserte tema er: ØK data som veg, vann, dyrka mark, campingplass og bustadhus. Hvert bustadhus ble registrert i felt sammen med utslipp, oljetanker m.m.. Beskyttelsessone 1 og 2 for brønnene fra 1979 ble digitalisert og georeferert. De 3 brønnene og et grustak er målt inn med GPS, og lagt inn i kartdatabasen. Hvert tema er nå et lag i kartdatabasen, og disse kan legges over hverandre i ArcView. Dette kartbildet ble eksportert som .bmp format, og brukt som kartgrunnlag i VisualModflow (VMF) som er en finite differens modell med et CAD brukergrensesnitt.

Modellering

Modelleringa er gjort i VisualModflow. Bjørndalsåa og deler av Bøelva er grenser av 1. type med konstant potensialhøgde. Alle vann og deler av Bøelva er grenser av 3. type med konstant potensialhøgde og lekkasjebunn. Grense mot nedbørfeltet er av 2. type med konstant fluks.

Hydraulisk ledningsevne er bestemt ut fra kornfordelingskurver eller pumpeforsøk.

Lekkasjefaktoren for vassdraga er beregnet ut fra pumpeforsøk. Det er laget en enlags stasjonær modell. Resultatet er kalibrert mot vannstandsobservasjoner i felt. Resultatene er ekvipotensiallinjer, strømpiler og banelinjer. Banelinjene kan lages for ulike oppholdsholdstider fram til brønnen, 60 døgn, 100 døgn, 200 døgn osv.

GIS som postprocessor

Siden CAD er brukergrensesnittet i VisualModflow kan programmet produsere dxf filer. Resultatet med ekvipotensialelinjer og banelinjer ble derfor tatt inn i ArcView som dxf fil. Det var greit å eksportere disse hver for seg fra VMF, og vi fikk da et GIS med kartdatabase.

Analyser

Klausuleringa for Hagadrag har krav om at det ikke skal være grustak nærmere brønnen enn 150 m. For å ha kontroll over ustrekningen av grustaket brukte vi en kommando i ArcInfo for å slå en sirkel med en bestemt radius rundt brønnpunktet.

Banelinjene for 60 d oppholdstid, 100 d, 200 d osv. kan legges over hverandre på skjermen. Alle kan og plasseres på ett kart med ulike symbol.

For å få fram areal der det må legges restriksjoner kan en utføre en overlagsanalyse mellom banelinjecoveret og arealtema som hus, dyrka mark, campingplass og veg.

Sone I er avgrensa ved 100 d middel oppholdstid. Sone II dekker de deler av akviferen som drenerer mot brønnen. I ArcInfo kan linjecoveret av banelinjene gjøres om til polygon. Ved å legge banelinjecover over bustadhus og gnr./bnr. får vi fram hvilke hus det må legges restriksjoner på.

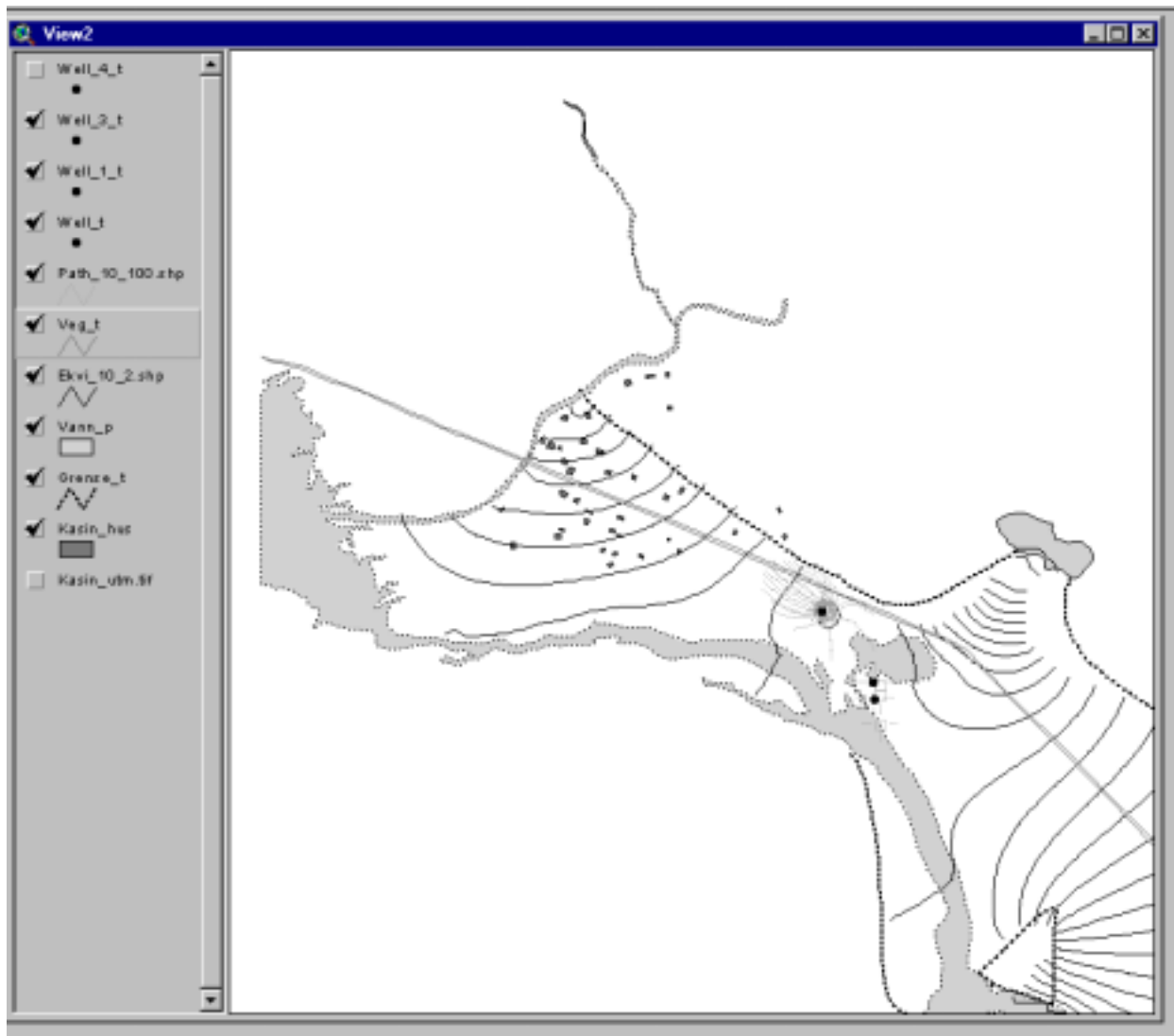


Fig. 1. Et GIS arbeidskart med vassdrag, brønner, hus, veg, ekvipotensiallinjer og partikkeltrekking. Akviferen er avgrensa av Bjøndalsåa i nord, Seljordsvatnet i vest og Bøelva i sør.

Grunnvannsanalyser i Holmedals brønnfelt og SSG modellen

Panagiotis Dimakis

Norges vassdrags- og energidirektorat, Postboks 5091 Majorstua, 0301 Oslo

NVE har utviklet et modelleringsverktøy for analyser av grunnvann i sprekker. Modellen fikk navnet SSG (SprekkeSystem og Grunnvann) og skal være et forskningsobjekt for videreutvikling flere år fremover. For tiden er SSG i stand til å simulere 2D problemer hvor sprekke er representert som lineære segmenter og den kubiske loven brukes til å beskrive grunnvannsstrømningen. SSG er knyttet mot PEST og flere verktøy er utviklet til å hjelpe med utbyggingen av sprekkesystemets geometri i modellen, og tilknytting til GIS.

SSG ble brukt til å simulere strømningen av grunnvannet i Holmedal. Slike simuleringer viser hvor komplisert det er å simulere grunnvann i fjell. Presentasjon av resultatene og problemstillinger som må løses for å forbedre resultatene vil bli diskutert.

Infiltrasjon av vann i frossen jord og grunnvannsdannelse. Resultater fra det nasjonale observasjonsnett for markvann

Hervé Colleuille

Norges vassdrags- og energidirektorat, Postboks 5091 Majorstua, 0301 Oslo

Den stigende interesse for våre grunnvannsressurser og kravene som stilles i forbindelse med den nye vannressursloven og EUs rammedirektiv for vann gjør det relevant å sette fokus på estimering av grunnvannsdannelse i Norge. Nydannelsen av grunnvann skjer i de norske løssmasseavsetningene ofte ved infiltrasjon av vann fra bekker, elver eller innsjøer.

Grunnvannsføremstene mates også direkte av regnvann som siver ned gjennom det øvre jordlaget. Når grunnvannsreservoarer er selvmatende som på Gardermoen er nedbøren den eneste kilden til grunnvann.

Ved infiltrasjon av nedbør gjennom den umettede sonen er det to viktige parametere som kontrollerer grunnvannsdannelse: jordas lagerkapasitet for vann og tele i jord. Den første parameteren henger sammen med jordas evne til å tilbakeholde det tilførte vannet. Jordas lagerkapasitet (markvannsunderskudd) er størst i sommerhalvåret når vannet forbrukes av vegetasjonen og mengden av nedbør er mindre enn evapotranspirasjonen. Vinterklima med snø og frossen jord har en drastisk innvirkning på vanntransporten i jord. Tele i jord og eventuell dannelse av islag på jordoverflaten styrer infiltrasjon av vann og derigjennom grunnvannsdannelse. Teledybden varierer som følge av forskjeller i jordas energibalanse, noe som styres av faktorer som snødekke, vegetasjon, jordtype, vanninnhold og grunnvannsnivå. Denne presentasjonen setter fokus på grunnvannsdannelse og infiltrasjonsprosesser i frossen jord. Problemene ved drift av flyplassen på Gardermoen med hensyn til bruk av avisingsstoffer og følgende potensiell forurensing av grunnvannet er et godt eksempel hvor informasjon om markvannstilstanden er av stor interesse. Resultatene som presenteres her er delvis utarbeidet i forbindelse med et oppdrag for Oslo Lufthavn AS. Arbeidet hadde som formål å øke kunnskapen om og forståelsen av de hydrologiske prosessene som kontrollerer transport og infiltrasjon av vann i jorda på Gardermoen i vinterhalvåret (Colleuille et al., 2001)¹. Presentasjonen illustrerer hvordan man kan overvåke smelte- og infiltrasjonsprosessene i jorda gjennom analyse av data som er registrert på såkalte markvannsstasjoner i Norge. Norges vassdrags- og energidirektorat i samarbeid med andre forskningsinstitusjoner i Norge samler inn data fra 9 markvannsstasjoner, som dekker et vidt spekter av jordarter og klima. Standardmålinger er resistansmålinger (ohms),

¹ Colleuille H., Haugen L-E., Udnæs H-C., Møen K., 2001. Infiltrasjonsprosesser i frossen jord på Gardermoen. Analyse av markvann-, grunnvann-, tele- og snøobservasjoner. NVEs oppdragsrapport 8-2001, 72 s.

jordtemperatur (°C) i ulike dybder, og grunnvannsstand (m). Registreringer foretas hver time eller daglig og overføres automatisk til NVE over telefon².

Kvantifisering av tining/frysing og infiltrasjonsprosessene ut fra målinger ved markvannsstasjonene baserer seg på en tolkning av temperatur- og vannpotensiale-fordeling i jorda. Jordtemperatur og vannpotensiale måles ved hjelp av sensorer plassert vertikalt for hver 15 cm nedover i jorda. Registreringer på markvannsstasjonene viser at observert tele i jorda ikke alltid gjør bakken ugjennomtrengelig for vann. Snø og tele i jorda bidrar til å senke avrenningen til grunnvannet i løpet av vinteren. Det skjer likevel små grunnvannsdannelser spesiell i begynnelsen og slutten av teleperioden. Ved snøsmelting registreres ofte svært rask transport av smeltevann nedover i jorda før telen har forsvunnet. Dette tyder på at mesteparten av transporten av vann skjer i svært begrenset del av jordvolumet (isfrie grove porer og sprekker).

² Tilstand for markvann ved utvalgte markvannsstasjoner presenteres i Hydrologisk månedsoversikt som er utgitt av Hydrologisk avdeling, NVE (også tilgjengelig på www.nve.no).

Grunnvannsutnyttelse fra en bebygd akvifer. Resultater fra prøvepumping - vannkvalitet og temperaturdata

Einar Eckholdt

Miljøgeologi as, Dronningens gt. 25, 1530 Moss

Vannforsyningen til Øvre Årdal tas fra kraftstasjonen til Hydro Energi. Kommunen har tinglyst rett til uttak av inntil 200 l/s. Kraftstasjonen skal bygges om til et effektkraftverk, hvilket er lite forenlig med leveringsforpliktelsene til vannverket. Hydro Energi har derfor bekostet undersøkelser av alternative drikkevannskilder, deriblant grunnvann i den hensikt å tilby kommunen et nytt vannverk.

Kommunen har hele tiden hatt et sterkt ønske om å etablere et nytt grunnvannsanlegg. Blant annet på grunnlag av erfaringen med grunnvannsanlegget på Årdalstangen. Det er foretatt undersøkelser av løsmassene i både Utladalen og i Øvre Årdal, fra Kamben til Årdalsvatnet. Også mulighetene for grunnvannsuttak i Fardalen og Nunndalen er vurdert og funnet uaktuelle.

De innledende undersøkelser viste at forholdene ikke lå til rette for uttak av grunnvann i mengder opp mot 100 l/s i Utladalen. Til slutt sto man igjen med avsetningen i Øvre Årdal, fra Kamben til Årdalsvatnet, som det eneste område med potensiale for store grunnvannsuttak.

Grunnvannsmagasinet er bebygd, både med industri og tettbebyggelse og ble i utgangspunktet vurdert som en lite aktuell råvannskilde.

Fokus ble først satt på øvre del av avsetningen for å minimere influensområdet. Prøvebrønn ble etablert og prøvepumpet over et år med vannuttak 52 l/s. Meget gode resultater – topp drikkevannskvalitet. Alternativet ble imidlertid forkastet av Hydro fordi foreslåtte arealbruksrestriksjoner begrenset fremtidig byggevirksomhet nær brønnområdet.

Dermed gjensto strandkanten mot Årdalsvatnet som eneste mulige brønnområde.

Forundersøkelser, inkl. undersøkelser av forurensningskilder, samt risikovurdering og modellsimulering ble foretatt, før en prøvebrønn i full skala ble etablert høsten 2000.

Brønnen har filter fra 28,5 til 43,5 meter u/terreng og er testet med et kontinuerlig vannuttak på 100 l/s.

Denne brønnen er prøvepumpet over en periode på 1 år med totalt utpumpet vannmengde på 3,18 mill. m³. Vannanalyser viser meget stabil vannkjemi og bemerkelsesverdig god bakteriologisk kvalitet.

Det er ingen tegn til at eksisterende arealbruk påvirker grunnvannskvaliteten i den del av grunnvannsmagasinet som avgir vann til brønnen.

Geologisk situasjon, brønndata, vannanalyser og temperaturdata fra elv, innsjø og brønn, samt vertikalprofiler blir presentert.

FOREDRAG

8. februar

Nye metoder for kartlegging av sprekkesoner i fjell

Jan S. Rønning, Einar Dalsegg, Harald Elvebakk & Gaute Storrø

Norges geologiske undersøkelse, 7491 Trondheim

I regi av prosjektet "Miljø- og samfunnstjenlige tunneler" har NGU foretatt kart-legging av resistivitet i 2 dimensjoner langs en planlagt tunneltrasé ved Gualia i Lunner kommune. Metoden er relativt ny i Norge, og er hittil kun benyttet ved ett tilfelle ved sprekkekartlegging med en viss dybderekkevidde. Hensikten var å se om metoden ga relevant informasjon om fjellkvalitet og vanngiverevne (lekkasjer).

Resistivitetsmålinger (elektriske motstandsmålinger) i 2 dimensjoner kan utføres med et system der kabler legges ut på bakken og elektroder knyttes til. Når alt er etablert, kan en PC-styrt måleprosess begynne. Forskjellige elektrodepar kobles inn som strøm- og potensialelektroder etter et fastsatt mønster. Ved å øke avstanden mellom strømelektrodene, vil strømmen trenge dypere, og en får respons fra dypere områder (dybdesondering). Ved å flytte elektrodesettet til side oppnås en lateral kartlegging (profilering). Til sammen gir dette en todimensjonal (2D) kartlegging av resistiviteten i bakken. Ved å plote data sentralt under de benyttede måleutlegg i et dyp tilsvarende inntregningsdypet, kan en bilde av de målte tilsynelatende resistiviter konstrueres, en pseudoseksjon. Målingene ved Gualia ble foretatt med et kabelsystem med total lengde 800 meter. Dette gir en dybderekkevidde på ca. 120 meter.

Ved geoelektriske målinger måles en tilsynelatende resistivitet. Denne representerer et veid middel av alle resistiviteter som er innenfor målingens influensområde. For å finne den spesifikke resistivitet i ulike deler av undergrunnen, må data inverteres. Dette utføres ved at undergrunnen deles opp i blokker som tilordnes en bestemt resistivitetsverdi. Denne blir så justert i flere trinn (iterasjoner) inntil responsen (pseudoseksjonen) fra den teoretiske modellen blir mest mulig lik pseudoseksjonen fra de målte data. Resistivitetsmålingene ble invertert ved bruk av dataprogrammet RES2DINV (Loke 2001).

Ved målingene ved Gualia kom det frem flere nær vertikale soner hvor resistiviteten var lavere enn omgivelsene. Dette bilde stemte meget godt med tidligere struktur-geologisk kartlegging. På grunnlag av resultatene fra målingene ble 3 soner valgt ut for oppfølging med brønnboring, borehullslogging og prøvepumping. Måling av berggrunnens resistivitet i brønnene viser meget god overensstemmelse med data målt fra bakken. Dette viser at undersøkelsesteknikken fungerer bra og at den inverterte resistivitetsmodellen stemmer godt med de fysiske forholdene i bakken. Den første av disse brønnene (kalt Bh5) ble satt an mot en svakhetssone som følger kontakten mellom kambrosilurisk hornfels og syenitt innenfor Oslofeltet. Brønnborer rapporterte om store

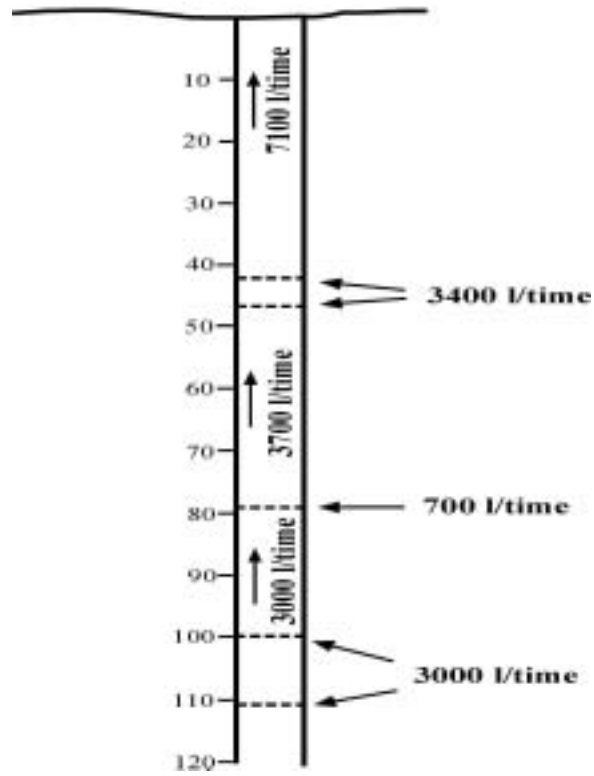
vannmengder på ca 145 meters dyp, men før vi fikk gjort noe mer i brønnen, ble den blokkert av ras på ca 70 meters dyp. Brønnen ble forsøkt åpnet igjen, men da dette mislyktes, ble en ny noe steilere brønn boret ved samme lokalitet. Også her fikk en store vannmengder, men dessverre et nytt ras. En fikk imidlertid dokumentert at tunnelarbeiderne her vil møte store problemer både med hensyn på vanninnslag og ustabile masser.

I den andre brønnen (Bh6) ble det også rapportert store vannmengder ved boringen. Inspeksjon med optisk televierer (OPTV) viste at en her fant et fåtall åpne sprekker hvor virkelig åpning var i størrelsesorden 5 – 10 cm. Ved prøvepumping ble kapasiteten på pumpe for lav (7100 l/h). For å studere individuell vanngiverevne for de enkelte sprekke, ble prøvepumping kombinert med vertikal strømningsmåling i borehullet. Strømningsmåleren ble festet 20 meter under pumpe, og hele systemet ble senket til forskjellig dyp. På denne måten kunne vanngiverevne for de forskjellige sprekke kvantifiseres (se figur).

I den tredje brønnen (Bh7) ble det rapportert slepper med vann og løst fjell. Denne brønnen viser generelt svært lav resistivitet, noe som stemmer meget godt med bakkemålingene. Inspeksjon med optisk televierer viser generelt oppsprukket fjell, trolig med mye leire. Prøvepumping viste en vanngiverevne på 1000 l/h. Arbeidet med tunnelen har passert denne sonen nå, og det ble rapportert om dårlig fjell som resulterte i forbolting for hver 5 meter, redusert salvelengde, omfattende injeksjon, ras fra hengen og sikringsbuer av sprøytebetong i 40 meters lengde.

Ut fra oppnådde resultater kan en konkludere med at 2D resistivitet gir interessant informasjon om fjellets kvalitet. Metoden kan trolig benyttes til å velge ut riktige soner for videre oppfølging. Inspeksjon med optisk televierer gir et godt bilde av fjellets kvalitet og i tillegg kan sprekke strøk, fall, frekvens og åpning kvantifiseres. Individuelle sprekke vanngiverevne kan kvantifiseres ved kombinert pumping og strømningsmåling.

Strømning i Bh 6



Loke, M.H. 2001: RES2INV ver. 3.4. Geoelectrical Imaging 2D & 3D. Instruction manual. www.geoelectrical.com.

Sammenhenger mellom tunnellekkasjer og endringer i grunnvannsstand

Relationships between tunnel leakage and changes in groundwater level/pore water pressure

Kevin J. Tuttle¹⁾, Rebecca T. Worsley^{1), 2)} & Kjell Karlsrud³⁾

¹⁾ *Norconsult AS, Vestfjordgt. 4, 1338 Sandvika*

²⁾ *Nå ved: Institutt for geologi, Universitetet i Oslo, Postboks 1047 Blindern, 0316 Oslo*

³⁾ *Norges Geotekniske Institutt, Postboks 3930 Ullevål stadion, 0806 Oslo*

Modelleringsverktøyet SEEP er benyttet for å se på effekten av ulike tunnellekkasjerater. Det illustreres på en forenklet måte i hvilken grad små lekkasjerater reduserer poretrykk og kildevannføring i områder som ofte anses for å ligge utenfor tunnelens influensområde. Grunnvannsforekomsten bør ses på som et system som har oppnådd en naturlig likevekt. Denne likevekten endres selv ved små tunnellekkasjer. Når tunnelen anlegges i en fjellås som ligger på et høyere nivå enn et omkringliggende leirbassenget, kan grunnvannet i fjellåsen betraktes som et trykkammer for poretrykket til leirbassenget. Selv om grunnvannstanden like oppstrøms leirbassenget (i fjellåsen) ikke synes å endres nevneverdig, kan poretrykket under leirbassenget reduseres selv ved små tunnellekkasjer.

The modelling tool SEEP has been utilised to illustrate, in a simplified manner, to which degree small tunnel leakages will reduce pore pressures and spring discharge in areas that often are assumed not to be affected by the tunnel depression cone. The groundwater aquifer should be seen as a natural system which has acquired equilibrium. This balance in the system will be changed by even small leakages to a tunnel. When a tunnel is constructed in an exposed bedrock hill that is elevated in comparison to the elevation of an adjacent clay basin, the bedrock aquifer can be considered as a pressure source for the pore pressures in the clay basin. Even if the groundwater level just upstream of the clay basin (within the bedrock aquifer) does not change noticeable, the pore pressures under the clay basin can be reduced by small tunnel leakages.

Kan hovedflyplassen på Gardermoen driftes om vinteren med bruk av avisingskjemikalier uten å påvirke grunnvannet?

Jarl Øvstedal & Stig Moen

Oslo Lufthavn AS, Postboks 100, 2060 Gardermoen

I forbindelse med drift av hovedflyplassen på Gardermoen blir det benyttet betydelige mengder avisingskjemikalier både på fly (propylenglykol) og banesystemene (kaliumacetat og kaliumformiat). Håndtering og bruk av avisingskjemikalier utgjør en potensiell fare for forurensning av grunnvannet.

Håndtering av overvann og drensvann, samt bruk av avisingskjemikalier blir sterkt kontrollert av utslippstillatelser og konsesjoner fra miljømyndighetene. OSL skal gjennomføre driften på en slik måte at grunnvannsressursen eller de andre vannressursene rundt flyplassen ikke påvirkes. Det blir derfor gjennomført omfattende overvåkning for å dokumentere at grunnvannsressursen og de andre vannressursene ikke blir påvirket.

Det har vært enkelte hendelser med forurensning av grunnvannet. Dette skyldes i de aller fleste tilfellene svikt i tekniske anlegg som brudd på ledninger som fører glykolholdig overvann. I slike tilfeller blir forurensningene håndtert og det skal oppnås referansetilstand.

OSL har også krav om at den naturlige vannbalansen utenfor reguleringsområdet ikke skal påvirkes av driften av flyplassen. Det var derfor nødvendig å føre rent og forurenset overvann tilbake til grunnvannet. Det ble derfor valgt løsninger for naturbasert rensning av deler av det forurensete overvannet, og den umettede sonen på sidearealene langs banesystemene blir brukt som jordrenseanlegg. Kjemikalierne blir tilført arealene ved diffus spredning kontrollert av kjemikalieforbruk, flybevegelser, meteorologiske forhold og snøbrøyting.

Basert på kunnskap og resultater fra Faneprojekt Gardermoen, samt driftserfaringer og overvåkning på OSL, er det de to siste årene gjennomført flere prosjekter som samlet er kalt Satsningsprosjektet. Målsetningen har vært å bestemme tålegrenser og styringsparametre.

Følgende problemstillinger har vært berørt i prosjektet:

1. Spredning av kjemikalier
2. Avrenning og infiltrasjon av smeltevann
3. Infiltrasjonsmengder og oppholdstider (strømning i umettet sone)
4. Nedbrytningsprosesser og kapasiteter i umettet sone
5. Nedbrytningskapasitet i grunnvannet

Samlet viser resultatene at den umettede sonen på Gardermoen fungerer svært bra som rensemedium for avisingskjemikalier. Eventuelle restkonsentrasjoner som transporteres til grunnvannet, vil bli brutt ned i selve grunnvannsonen

Erfaringer etter 3 vintersesonger viser at grunnvannsressursen ikke er påvirket av vinterdrift, men det er fortsatt noe usikkerhet rundt eventuelle langtidseffekter. OSL arbeider videre med disse problemstillingene nå.

Grunnvannsundersøkelser ved Elgane på Høgjæren

Arve Misund

Interconsult ASA, Strandgaten 32, 4400 Flekkefjord

Innledning

På oppdrag av IVAR (Interkommunalt vann, avfall og renovasjonsselskap) er det gjennomført grunnvannsundersøkelser på Høgjæren. Eksisterende generell kunnskap om de hydrogeologiske forholdene på Lågjæren kan gi grunnlag for å tro at det er mulig å ta ut betydelige mengder grunnvann fra vannførende lag som i dag ligger overdekt av "tette" morene eller leirmasser.

Våren 2000 var det mye som tydet på at tilsvarende forhold kunne være gjeldende på Høgjæren. Ved stratigrafiske boringer ved Elgane (1994) ble det kartlagt lite permeable masser ned til 28 m dyp. Fra 28 –30 m var det et lag med åpnere struktur. Seismiske undersøkelser i samme område har indikert løsmasser ned til 40 - 50 m dyp. Borepunktet ved Elgane ligger ca. 210 m o.h. En boring ved Høgemork (ca. 250 m i sørvestlig retning) viser at det på 34,5 m dyp er et lag med mer enn 2,5 m mektighet med sand/grus/stein. Over dette er det 34,5 m med morene opp til terrengoverflaten. Terrenget ved Elgane stiger mot øst. Området betegnes som et morene og myrlandskap. Mot nordvest ligger Storamosvatnet, mens bart fjell påtreffes i en avstand av ca. 7 km i østlig retning og 3 km i sørøstlig retning.

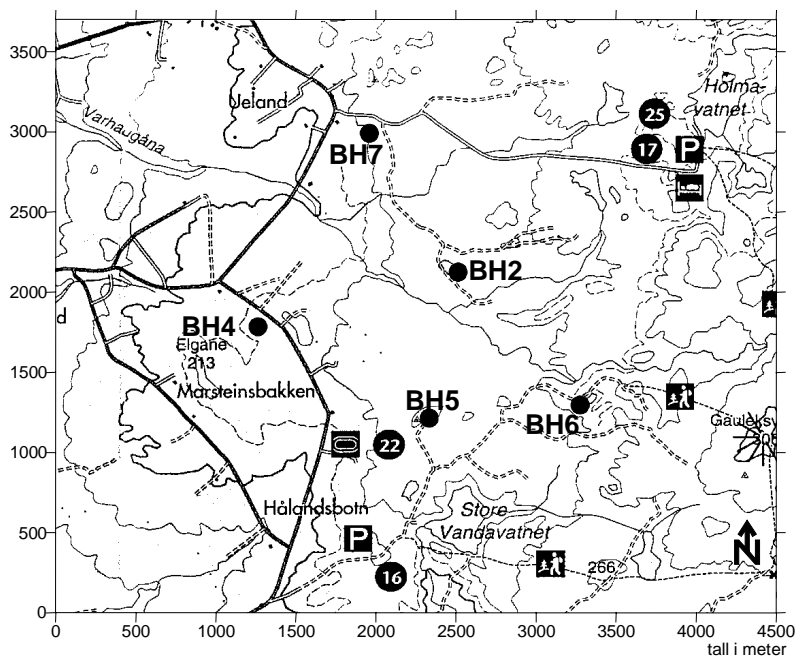
Metodikk

I et område som Høgjæren vil sannsynligvis både løsmasstyper og mektighet av de enkelte lag variere betydelig. På Elgane var det kun utført en boring som gav indikasjoner på en mulig grunnvannsressurs. For å finne det mest optimale området for plassering av grunnvannsbrønner ble det derfor gjennomført en fase 1 undersøkelse som omfattet 5 sonderboringer med formål å finne utstrekning og mektighet av de potensielt vannførende lagene. På grunnlag av fase 1 ble det etablert en geologisk modell for området og valgt ut område for plassering av prøvebrønn (fase 2). Prøvebrønnen ble gjennomført som ODEX boringer med 194 mm foringsrør. Det er satt ned en 125 mm PVC-brønn med 0,3 mm slisser. Under boringen er det tatt en blandprøve fra hver 3. meter.

Resultater, fase 1

Det er gjennomført sonderboringer i fem punkt. Plassering av borepunktene fremgår av figur 1. I fire av boringene er det boret til 50 m dyp uten å treffe på fjell. I borepunkt BH6 er fjell registrert 39 m under terreng. Generelt er det tette, siltholdige masser i nordvest, dvs. BH7 og BH2. I BH6 er det grovere masser, men de virker tette ned til fjell på 39 meters dyp. Dette er trolig morenemasser. Som det fremgår av tabell 1 er de mest lovende borepunktene BH4 og BH5, som

også er de sørligste punktene. Her gav sonderboringene indikasjoner på mer permeable masser fra 28 m dyp i BH4 og 41 meters dyp i BH5.



Figur 1: Kart som viser borelokaliteter ved Elgane høsten 2001. Betegnelsen BHx viser borehullenes plassering.

Resultater fase 2

På grunnlag av resultatene fra fase 1 ble det bestemt at fase 2 skulle gjennomføres. Borepunkt BH4 viste størst mektighet av masser med positiv indikasjon, og det ble derfor bestemt å sette ned en testbrønn i området ved BH4.

Borepunktet er plassert ca. 50 m fra sonderboring BH4 og den stratigrafiske boringen. Boringen viser at dyp til fjell er 56 m. Fra 0 – 28 m er det leire m/litt grus. Fra 28 – ca. 40 m er det tørr morene. Fra ca. 40 – 51 m er det morene m/grus, mye finsand. Fra 51 – 56 m er det dominerende grus og steinholdige masser med relativt god vanngjennomgang. Det er satt ned 125 mm filter fra 53 – 56 m under terreng.

Konklusjon

Undersøkelsene har vist at det ligger et lag av tette masser med betydelig mektighet over hele det undersøkte området. Nedbøren vil derfor ha avrenning på overflaten av det tette laget, og på den måte føre til lite nydanning av grunnvann i det undersøkte området på Høgjæren. Dette vises også ved at grunnvannsspeilet ligger ca. 40 m under terrengoverflaten. Boringer ved Kviamarka i Hå kommune viser at grunnvannsspeilet kan ligge betydelig lavere enn terrengoverflaten. Ved Kviamarka er det permeable masser fra 12-19 m dyp og fra 27-31 m dyp. Her ligger

grunnvannsstanden ligger på ca. 19 m dyp. Dette viser at det er "tette" lag mellom overflaten og grunnvannet, som igjen fører til at nedbøren lokalt renner av som overflatevann og at grunnvannet har tilførsel fra bakenforliggende (høyere) tilsigsområde for nydanning av grunnvann.

Undersøkelsene på Høgjæren har vist at det er trolig er begrenset potensiale for uttak av betydelige mengder grunnvann innenfor det undersøkte området.

Grunnvannsmodellering på Øvre Årdal

Kim Rudolph-Lund & Jan Erik Sørli

Norges Geotekniske Institutt, Postboks 3930 Ullevål stadion, 0806 Oslo

Det ble utført undersøkelser i 1997 og 1998 samt grunnvannsmodellering for å simulere grunnvannsstrømning gjennom løsmassedeltaet under hele Øvre Årdal. Konklusjonen var at forholdene lå meget godt til rette for grunnvannsuttak. Kapasiteten og kjemisk kvalitet av grunnvannet var tilfredsstillende, og forurensningskilder i området influerte ikke grunnvannsuttaget.

En produksjonsbrønn er etablert ut mot Årdalsvatnet, og 4 måneders testpumping har vist meget gunstige resultater og bekrefter de tidligere antakelser og beregninger.

Nye beregninger basert på pumpedata og grunnvannsmodellering viser at akviferen har meget høy kapasitet for grunnvannsuttak. Et brønnuttak på 100 l/s er kun 22,5 % av maksimalt tillatt brønnuttak.

Modelleringen viser at det ikke forekommer innstrømning fra Årdalsvatnet til produksjonsbrønnen. Det øvre laget i akviferen strømmer direkte ut i Årdalsvatnet og ikke ned i brønnen. Det er kun trykkreduksjon nede i akviferen rundt filteret og derfor ingen senketrakt i grunnvannspeilet. Brønnfilteret trekker vann fra Uvla lenger opp mot sentrum og dypere grunnvann lengre inn i Øvre Årdal.

Groundwater from the Holsfjord tunnel – tracing the Holocene marine influence?

Per Aagaard¹⁾ & Kim Rudolph-Lund²⁾

¹⁾ *Department of Geology, University of Oslo, P.O.Box 1047 Blindern, 0316 Oslo*

²⁾ *Norwegian Geotechnical Institute, P.O.Box 3930 Ullevål stadion, 0806 Oslo*

During the planning stage for a new water transfer tunnel between Holsfjorden and Maridalen, Oslo, several wells were drilled along the planned trace. The wells were tested and sampled. A study of the geochemistry of the groundwater was included in order to see how lake water from Holsfjorden could be affected by mixing with groundwater.

All the groundwater samples were of bicarbonate type with a chloride content normally less than 20 equivalent percentage. There is a continuous trend between calcium and sodium among the cations, but most samples are calcium rich. Magnesium concentrations were less than 20 equivalent percentage.

Several processes could in principles be responsible for this geochemical variation, but there are several factors which support the importance of the following main processes:

- 1) The $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ dominance reflects the chemical weathering by the infiltrating fresh water in the soil/sediment cover in areas of infiltration, and also subsequent weathering during fracture flow. Calcite dissolution dominates.
- 2) The continuous trend between $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ and NaHCO_3 is most probably caused by ion-exchange reactions among clay minerals in fractures and aqueous solutions. Sodium originally present on the clay minerals originated from salt marine groundwater, which infiltrated these fracture systems during the marine influx of the early eustatic sea level rise 10000-9000 ¹⁴C-years ago. Later, after the infiltration areas were raised above sea level, fresh water flushed the marine groundwater and subsequently calcium of the freshwater exchanged with sodium and released a more NaHCO_3 type water.
- 3) The sodium to chloride ratio also supports the exchange process hypothesis, although a rather limited mixing with sea water might have taken place.

We have performed PHREEQC simulations to compare with the natural groundwater chemistry, and they also strongly support the exchange process hypothesis.

Mixing of minor amounts of groundwater with the lake water from Holsfjorden should be a minor problem in the future.

Kilder til pesticidlekkasje og klausulering og beskyttelse av grunnvannsbrønner

Ketil Haarstad

Jordforsk, F. A. Dahls v. 20, 1432 Ås

Det er en klar nedover-trend i forbruket av pesticider i Europa. Det er imidlertid ikke sikkert at dette medfører en samtidig reduksjon i risikoen for forurensing av grunnvannskildene, heller ikke i Norge.

Norsk landbruk bruker ca. 700 tonn pesticider i året. Disse består av 65% ugrasmidler og 35 % sopp-, insektsmidler og andre stoffer. Sopp- og insektsmidler inneholder imidlertid en større andel toksisitet. Andre kilder til pesticidbruk er vegvesenet og Jernbaneverket, hver med et forbruk på omlag 2 tonn ugrasmidler i året. Drivhus forbruker også pesticider. Ifølge Landbruksstilsynet gjelder dette sopp- og insektsmidler, samt vekstregulerende midler. Mengden er ukjent, men konsentrasjonen antas å kunne være høy i avrenningsvannet. Annen bruk er desinfeksjon og produktbeskyttelse, som i sum utgjør et forbruk på omlag 14 000 tonn. Andelen pesticider er ukjent men anslås til 5- 10 tonn pr. år. Avrenningen vil imidlertid være lokalisert til avfall. Det er pesticider fra landbruk, veg og jernbane som antas utgjøre hovedtrusselen mot grunnvann som brukes til drikkevann. Deponier vil oftest ikke være lokalisert i nærheten av vannkilder.

Klausuleringa av vannkilder er svært viktig for å kontrollere vannkvaliteten. Alle pesticider er giftige i miljøet og en del stoffer kan også medføre ubehag eller gi helseskade også på mennesker. Enkelte stoffer har også påviste hormoneffketer, og kan gi skader både på mannlige- og kvinnelige kjønnshormoner.

Det eksisterer imidlertid ikke noe velegnet verktøy for enkel og umiddelbar troverdig klausulering av pesticider ved grunnvannskilder. Tidligere undersøkelser har vist at ulike metoder gir ulike resultater.

Det er gjort forsøk med klausulering av to vannverk basert på grunnvann. I det ene tilfellet ble fire relativt enkle metoder vurdert. Konklusjonen var at av 24 pesticider som var i bruk ved vannkilden i 1995, ble syv stoffer vurdert å kunne tillates brukt i sone I og II, og ytterligere tre stoffer i sone III. I det andre tilfelle ble fire metoder/vurderinger anvendt, og konkluderte med at

9 av 15 aktivstoffer anbefales ikke brukt i sone 0 til II grunnet høy mobilitet. Seks stoffer ble vurdert som også å ha for høy miljørisiko. På bakgrunn av krav om høyere overvåking kunne ett av de 9 midlene vurderes godkjent for bruk.

Natural attenuation of a hydrocarbons plume in an unconfined sandy aquifer, Gardermoen Ice-contact Delta, southeast Norway

Maciej Klonowski¹⁾, Per Aagaard¹⁾, Gijsbert Breedveld^{1), 2)} & Kim Rudolph-Lund²⁾

¹⁾ *Department of Geology, University of Oslo, P.O.Box 1047 Blindern, 0316 Oslo*

²⁾ *Norwegian Geotechnical Institute, P.O.Box 3930 Ullevål stadion, 0806 Oslo*

The fire fighting training ground located in the northwestern part of the Gardermoen airport has been subject to geological, hydrogeological and environmental research since late 1990's. The investigation has been conducted by the Norwegian Geotechnical Institute and by Department of Geology, University of Oslo, under the terms of the Gardermoen Project.

The studied area is located within the topset and foreset units of the glacial delta. The hydrogeological and environmental studies, pursued in 1999, have proven pollution of the sediments and groundwaters, both in unsaturated and saturated zones. The sediments contained mostly alkanes, while ground waters had a high content of aromates. A network of the piezometers was established in order to monitor the groundwater table.

The research was followed by the installation of the multilevel samplers and additional piezometers in late 2000. Detailed groundwater sampling allowed better characterisation of the plume - stratification, contouring, zonation, and concentration of the pollutants and electron acceptors in groundwater. Concentration of the organic compounds was the highest in the most upper sampling ports of the multilevel samplers. It was also proved that the plume is relatively thin.

Due to very high precipitation in the Autumn 2000 groundwater table rose by about 1meter. In August 2001 new multilevel samplers, concentrated in the centre of the plume, were installed. During the installation sediment samples were taken as well. Subsequent groundwater sampling proved that the fluctuation of the groundwater table had caused a zone of residual hydrocarbons just above its current groundwater table position.

The pollutant plume is rather small and is elongated towards west. Generally, ground waters within the studied area show relatively low oxygen content which even decreases within the plume. The plume shows typical zonation connected with differentiation of the redox conditions.

The research will be continued with special emphasis on studies of the biodegradation processes within the saturated zone. This will involve laboratory experiments and tracer studies in the field. It is also planned to test the efficiency of the ground penetrating radar and geoelectric resistivity methods in mapping of the pollutant plumes.

Deponering av PAH-forurenset jord på Langøya, multimedia-modellering av prosesser, transport og skjebne

Jan Erik Sørli & Finn Løvholt

Norges Geotekniske Institutt, Postboks 3930 Ullevål stadion, 0806 Oslo

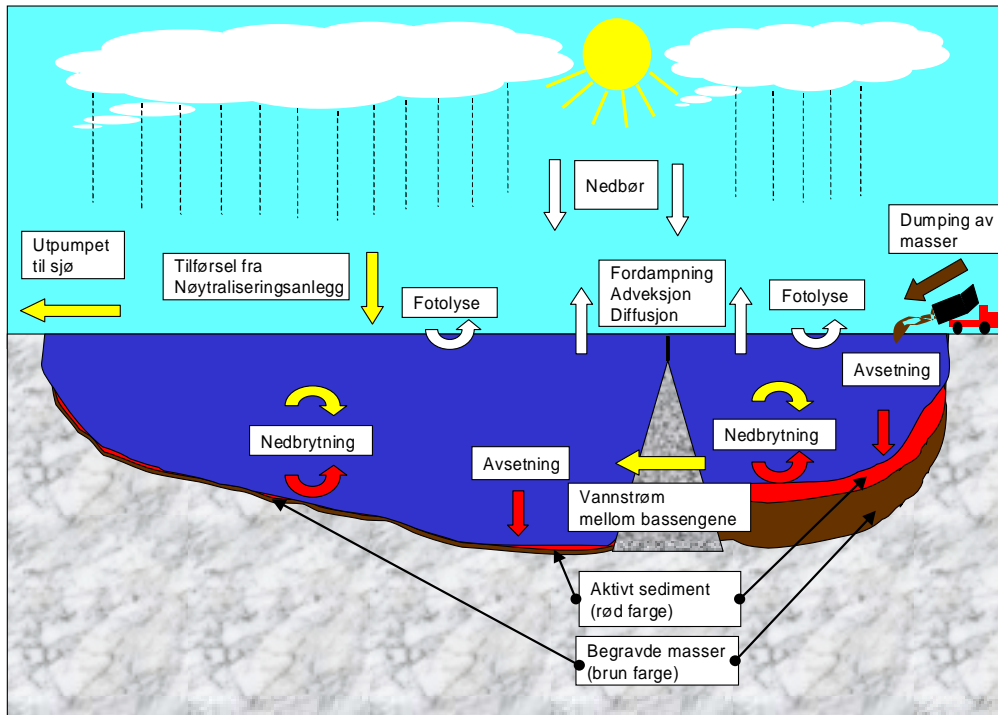
Norges Geotekniske Institutt (NGI) har på oppdrag fra NOAH AS utført miljøtekniske undersøkelser i forbindelse med deponering av kreosotholdige leirmasser fra Lillestrøm på Langøya.

Problemstillingen i begynnelsen fokuserte på hvor mye og hvor lenge PAH ville lekke ut fra leirmassene etter at den kreosotholdig leiren var deponert i Nøytraldeponiet og ellers hva som ville skje med PAH-forbindelsene

Det viste seg at PAH-utlekkingen til vannfasen var stor, men at den raskt forsvant. Nedbrytningsforsøk bekreftet at det var en meget kraftig mikrobiologisk aktivitet i vannfasen. Denne gamle kreosotforurensningen i tørrskorpeleire har sannsynligvis bidratt til en stor populasjon av mikroorganismer. Under dispergeringen av leiren i Nøytraldeponiet, blir mikroorganismene plutselig eksponert for meget gunstige levetilstander med både oksygen og vann, samt jern, karbon og salter.

Det ble etablert et omfattende overvåkingssystem for å følge utviklingen under deponering av leirmassene, i vannet, i bunnsedimentene og i det utpumpede vannet. Overvåkingen viste raskt at det foregikk også andre nedbrytnings- og tapsprosesser.

Dette initierte ideen om å anvende en multimediamodell og utføre prosessforsøk. Multimediamodellen har vist seg å være et ideelt verktøy til å forstå prosessene som foregår og forutsi spredning av PAH-forbindelsene til ulike medier som vann, luft og sediment.



Skjematisk tegning av prosessene påvirker PAH-konsentrasjonen i bassengene i nordbruddet på Langøya

Modellen er basert på fugasitetsprinsippet (D. Macay, 1991) og uttrykker tendensen en kjemisk forbindelse har til å unnslipe et medium for å komme i likevekt med et annet. Modellen QWASI er benyttet som står for "Quantitative Water-Air-Sediment Interaction Model". Det viste seg at PAH forbindelsene på Langøya blir utsatt for mange ulike prosesser og spredningsmekanismer. Modellen bidrar til å kvantifisere betydningen av disse prosessene og gi en helhetsforståelse av det kompliserte bildet av biologisk, kjemisk og fysiskalske prosesser som pågår mellom de ulike medier.

Prosessforsøket viste at i tillegg til mikrobiologisk nedbrytning og sedimentering, foregår det også prosesser som fotolyse, fordampning og mulige andre prosesser som f. eks. abiotisk (kjemisk) nedbrytning. Disse prosessene viste tilsvarende hurtig nedbrytning av PAH. Prosessene foregår samtidig og kontinuerlig og kontrolleres individuelt av de aktuelle miljøbetingelsene. Både nedbrytningsforsøkene i laboratoriet, prosessforsøket og overvåkingen under deponeringen viser at alle PAH-forbindelser fra den kreosotholdige leiren i vannet i Nøytraldeponiet og Nordbruddvannet vil forsvinne så snart våren kommer med stigende temperatur, sol og vind.

I henhold til modelleringen er følgende balanse av total PAH i de ulike prosessene beregnet.

	Lille basseng	Store basseng	Sum	%
Mikrobiologisk nedbrytning (kg/år)	101500	890	102390	65
Sedimentert/begravet materiale (kg/år)	44080	0	44080	28
Fordampning (kg/år)	10400	290	10690	7
Utslipp (kg/år)	1290 ¹⁾	5,5	5,5	0
Summert (kg/år)	157000	1190	158190	100
Resterende masser i system (kg)	1860	13,7	1870	

¹⁾Utslipp fra lille til store basseng.

Dette prosjektet har vist at Nordbruddvannet har spesielle egenskaper med henblikk på nedbrytning av PAH. Nedbrytningsprosesser foregår like hurtig som i en bioreaktor.

Langøya med Nordbruddvannet er en unik lokalitet/deponi for å drive mer forskningsrettet virksomhet for å skjønne enkeltprosesser som kan bidra til en bedre behandling og deponering av organiske miljøgifter uten risiko for ukontrollert utslipp.

Rapid Analysis of Hydrocarbons in Soils and Sediments Using the Thermal Extraction GC and GC-MS Techniques

Ian L. Ferriday, Berit B. Olsen, Kirsti L. Andersen & Tone Haugen-Nilsen

Geolab Nor AS, P.O Box 5740, 7437 Trondheim

The most commonly used analyses for hydrocarbons and other organic compounds in both soils and waters employ solvent extraction to concentrate hydrocarbons, followed by detection/quantification using gas chromatography (GC) and a range of detectors, the most common being flame ionisation detectors (GC-FID) or mass spectrometric detectors (GC-MS). This type of technique however has the following disadvantages:

- It is itself polluting, using organic solvents during the extraction stage which may themselves be chlorinated.
- It alters the chemistry of the sample, in that a) potentially contaminating hydrocarbons may be added in the extraction stage, and b) light molecular weight hydrocarbons (below C₁₅) are lost in the evaporative stage.
- It takes time to perform, having several stages, delaying the return of information.
- Due to the latter, the method is consequently relatively expensive, consequently fewer samples can be analysed within a given budget, and the problem in an area may be inadequately addressed, or in the worst case missed, due to sparse sample coverage.

The thermal extraction GC technique has been in regular use in the petroleum geochemistry sector for more than 15 years, being used for detecting a wide range of concentrations (1- 50000 ppm) of hydrocarbons in sediments. This instrument system is transportable and has been used in the field (at the drilling site) as well as in the laboratory. The thermal extraction GC-MS technique has also been used in the same sector for more than 10 years in more detailed studies involving biomarker compounds and aromatic compounds, including PAH, present in much lower concentration levels. Both of these techniques have been developed by a Norwegian concern, Geolab Nor, and applied world-wide in exploration and reservoir correlation studies within the petroleum industry. Two instrument systems have been developed, one for GC-FID detection (the GHM), and one for quadrapole GC-MS detection (the GHM-MS).

The technique however also lends itself to environmental applications, and in recent years the thermal extraction method has also been approved by the EPA. Compared with conventional

solvent extraction GC / GC-MS, this method, combined with either GC or GC-MS detectors, has the following advantages:

- It is inherently environmentally clean, no solvents being used.
- There is no preparative alteration or corruption of the sample, and all thermally extractable components are recovered for analysis, including of course the light molecular weight hydrocarbons which are lost by the conventional method.
- Analysis is relatively rapid, with results available in the order of hours compared with days for the solvent extraction method.
- More detailed coverage of an area is possible for a given budget due to the lower cost.

The thermal extraction takes place at a temperature of up to 300⁰C. In addition, the inclusion of programmed pyrolysis of the organic matter at higher temperature, up to 550⁰C, provides data on pyrolysates reflecting any labile heavy molecular weight pollutants present in the sample. Depending on the solvent used, some of these may be underestimated by the solvent extraction method.

One disadvantage with the earlier instrument version of the GHM has been the small size of the sample, max. 25 mg, making it difficult to obtain a representative analysis without very thorough and time-consuming homogenisation and splitting of the sample material prior to analysis. To surmount this problem the later version of the system, presently under development, accepts a larger sample, up to 2 g. In addition the latest development includes facility for other detectors (PID and PDD) such that additional pollutant compound types, e.g. aromatics, chlorinated compounds and PCBs may be analysed for. Yet a further development is that of the capability for analysis of waters without any solvent extraction.

This method is not intended to entirely replace the solvent extraction method that has as yet, at least for the C₁₅+ components, probably a better overall performance in terms of recovery, at least for the heaviest compounds. However, besides having a better time/cost advantage, the thermal extraction method still has clear advantages over the solvent extraction method where the light hydrocarbons (e.g. BTEX) are concerned. The method is rather more universal, in having a greater span of application, and therefore lends itself well to the initial mapping of polluted sites where several types of organic pollutants may be present, in order to determine sub-areas of interest that should be investigated in greater detail at a later stage. The method can also be used where single points are repeatedly analysed (monitored) over a period of time, the advantage here being that one analysis could cover a relatively extended range of components. Any analytes of interest that should appear at some time could then be concentrated upon in the rest of the sampled material, using more directed or compound type-specific techniques.

Examples are shown of the use of thermal extraction GC and GC-MS in the analysis of soil and river sediment samples for PAH leaking from industrial sites, and in the analysis of soil samples for lighter hydrocarbons associated with leaking fuel tanks. Examples of analyses using 'standard' samples from inter-laboratory tests and conventional solvent extraction GC / GC-MS are also shown for comparison. The analyses reported here have been carried out using the earlier versions of the GHM and GHM-MS instrument systems. The versions now under development will provide enhanced GC detection of hydrocarbons via a later FID detector version and other improvements.

Future development of the method will include the ability to analyse hydrocarbons in waters by use of thermally desorbed adsorbants. The instrument will then offer a powerful range of organic screening analyses, where the GC version can also be used in the field as well as in the laboratory for the screening and mapping of polluted sites.

Naturmiljø og helse

Bjørn Bølviken

NGU - Nåværende adresse: Rute 512, 2848 Skreia

Rundt omkring i verden dør ca. 3,5 millioner mennesker årlig på grunn av sykdommer som er relatert til forekomst eller bruk av vann (WHO World Health Report 1999). Noen av disse sykdommene er *epidemiske*, det vil si at deres utbredelse varierer med tiden. Ikke desto mindre har de en klar sammenheng med naturmiljøet. For eksempel forekommer malaria (ca. 1 million dødsfall per år) bare under bestemte klimatiske forhold. En annen gruppe sykdommer er *endemiske*. Dette er sykdommer som har samme fordelingsmønster over lange tidsrom. For mange av disse er et suboptimalt geokjemisk miljø en direkte årsak. Klassiske eksempler her er struma på grunn av lavt innhold av jod i mat, vann og luft og tannrøte som følge av lavt innhold av fluor i drikkevann. Begge disse sammenhenger mellom sykdom og naturmiljø er velkjente i Norge. I verdensmålestokk forårsaker inntak av for mye fluor større problemer enn tannrøte. Høyt fluorinnhold i drikkevann fører i moderate doser til flekker på tannemaljen, i alvorlige tilfelle til smertefulle skjelettdeformasjoner og vanførhet. Mange andre sammenhenger av denne type er beskrevet i litteraturen. Slike forskningsresultater hører inn under fagområdet *geomedisin*, eller som noen ønsker å kalle det *medisinsk geologi*. Dette er et fagfelt i sterk utvikling internasjonalt.

Foredraget vil gi noen eksempler fra geomedisinsk litteratur. Det vil også bli vist noen resultater fra NGU's arbeider innen dette feltet. Vi har blant annet tatt for oss publiserte data fra Kina og funnet sammenhenger mellom kreft i bakre nesehule og forekomst av radioaktive grunnstoffer i jordsmonn. Av norske data har vi særlig arbeidet med utbredelsen av multippel sklerose (MS). Denne nervesykdommen har fremdeles ufullstendig kjent årsak, selv etter mange tiårs intensiv forskning. MS viser helt klare geografiske fordelingsmønstre i Norge. Det er spesielt mye MS innenfor de indre deler av Østlandet. Forekomsten av MS er negativt (invers) korrelert med årlig nedbør og nedfall av marine salter, og positivt korrelert med innholdet av radon i boliglufte. Slike korrelasjoner viser ikke nødvendigvis årsaks-sammenhenger, men kan inspirere til videre forskning.

Befolkningsøkning, urbanisering, miljø og helse

Rolf Tore Ottesen

Norges geologiske undersøkelse, 7491 Trondheim

Verdens befolkningsøkning er nesten utelukkende konsentrert til byene i utviklingslandene, både via naturlig fødselsoverskudd og ved innflytting. I tidsperioden fra 1991 til 1995 økte folketallet i byene i utviklingsland med 263 millioner. Dette tilsvarer en by på størrelse med Los Angeles eller Shanghai hver tredje måned. 73 prosent av befolkningen i Latin-Amerika bor nå i byer. Dette er omtrent på nivå med Europa og Nord-Amerika (ca 80%). Den mest eksplosive urbane vekst er ventet i Afrika og Asia, hvor i dag bare 30-35 prosent av befolkningen bor i byer.

Byene utgjør 2 % av jordens landareal, men det er her det meste av jordens ressurser forbrukes. Forurensning av luft, vann og jord oppstår både under produksjon, forbruk og når de ulike produktene ender opp som avfall. Byenes myndigheter klarer ikke å følge opp denne befolkningsveksten med tilstrekkelig byplanlegging, vannforsyning, sanitærforhold, renovasjonssystem, utslippskontroll, trygg mat og helsetjenester. I foredraget vil "byutfordringne" bli belyst med eksempler.

Jordforurensning i Tromsø

Morten Jartun¹⁾, Rolf Tore Ottesen²⁾ & Tore Volden²⁾

¹⁾ *NTNU, 7491 Trondheim*

²⁾ *Norges geologiske undersøkelse, 7491 Trondheim*

NGU har inngått et samarbeid med Tromsø kommune og Troms fylkeskommune om en undersøkelse av jordforurensning i Tromsø by. Målet med kartleggingen er å skaffe en oversikt over fordelingen av tungmetaller samt visse PCB- og PAH-forbindelser, og beskrive miljøbelastningen i ulike bydeler. Ca. 300 prøver av overflatejord (med et betydelig antall duplikatprøver) er samlet inn fra de mest befolkede deler av byen, og det er i tillegg samlet inn bergartsprøver for å beskrive den naturlige bakgrunnstilstanden. Kunnskap om jordforurensningen som kommer fram i denne undersøkelsen, vil være et element i fremtidige arealplaner for byen. I foredraget vil foreløpige resultater bli presentert.

Presentasjon av prosjektet Iron Curtain

Oddmund Soldal¹⁾ & Arve Misund²⁾

¹⁾ *Interconsult ASA, Postboks 6051 Postterminalen, 5892 Bergen*

²⁾ *Interconsult ASA, Strandgaten 32, 4400 Flekkefjord*

Iron Curtain prosjektet er et samarbeid mellom syv universiteter og firma i Europa. Prosjektet er finansiert gjennom EU's 5. rammeprogram.

Bakgrunn

I Europa har det tidligere jernteppet medført at det er ekstreme overganger i industrielt nivå og levestandard på de ulike sidene av denne grensen. Enhetlige naturområder er splittet i regioner der arealbruken og belastningen på naturmiljøet har vært svært ulik. Dette har medført at utviklingen i ulike områder har fått ulik utvikling på grunnlag av den politiske realitet. Militære grunner har medført at store deler av grenseregionene er lavt befolket og fremstår nå som noen av de få reelle naturreservatene i Mellom-Europa. Det er heller ingen tvil om at jernteppets eksistens har ført til meget hard belastning på naturmiljøet i andre områder. Integrasjonsprosessen av EU og samfunnsmessige omstillingsprosesser medfører at de ubebygde områdene vil være meget attraktive for utbygging og høyere/annen arealutnyttelse. Dette kan medføre en uønsket utvikling hvis man ikke har valgt en klar strategi for hvordan man kan ta vare på eller utnytter disse områdene.

Generelt

Den generelle metodedelen skal baseres på flere studieområder langs det tidligere jernteppet. For hvert studieområde skal det lages synteser av dagens tilstand, hovedsakelig basert på eksisterende kunnskap. Områdene har ulike karakteristika, derfor vil det være høyst ulike problemstillinger som er aktuelle. Sammen vil alle disse studieområdene være dekkende for de aktuelle problemstillinger langs jernteppet, men de vil også være dekkende for problemstillinger knyttet til arealforvaltning og forurensing generelt.

Pasvik

Jord og vann er sterkt forurenset i Pasvikvassdragets øvre deler. Dette utgjør også en potensiell risiko for nedre deler av vassdraget. Mye av forurensingen ligger i dag bundet i jord, innsjø- og bekkersedimenter og i vegetasjon. Med de samfunnsmessige endringer som finner sted spesielt på Russisk side av grensen er det viktig å undersøke hva som vil skje dersom de forurensete områdene tas i bruk på en annen måte enn det som er tilfellet i dag. Spesielt viktig er det å undersøke hva som skjer om man endrer erosjonspotensialet i de områder der det ligger lagret forurensing. F. eks. vil bygging av veier, økt

beitepress og økt bruk av områdene til friluftsliv kunne medføre at vegetasjonen som binder forurensingen minker. Dette vil føre til at mer forurenset jord vil komme ut i vassdraget. Hvor stor evne innsjøene og elvene har til å holde denne forurensingen tilbake i vil definere risikoen for forurensing lenger nede i vassdraget. Det skal lages en GIS-database med relevante hydrologiske, kjemiske, biologiske og geologiske data som skal kobles sammen med en nedbørsfeltmodell. Denne koblingen vil gjøre det mulig å simulere dagens tilstand, hva som er de mest følsomme faktorene som definerer denne. Dette vil være et støtteverktøy for naturressurs-forvaltere, arealplanleggere og beslutningstakere. Arbeidet skal utføres i samarbeid mellom flere sentrale aktører i området. Spesielt kan nevnes Svanhovd miljøsenter i Svanvik og INEP i Apatity. Det vises eller til vedlagte prosjektbeskrivelse.

Det inviteres til samarbeid med andre interesserte.

Tungmetall- og PAH-konsentrasjoner i jordsmonnet rundt smelteverket i Nikel, Russland – grenseverdier og hvordan vi presenterer resultatene

Henning K. B. Jensen¹ & Tor Erik Finne²

¹⁾ *Norges geologiske undersøkelse, Polarmiljøsenderet, 9296 Tromsø*

²⁾ *Norges geologiske undersøkelse, 7491 Trondheim*

Innledning

Analyser for tungmetaller i jordsmonnet i områdene rundt Nikel, Russland, viser fordelinger som kan relateres til utslippene fra smelteverket og opparbeidingen av malmen i henholdsvis Nikel og Zapoljarnyj. Dette kan dokumenteres for en rekke tungmetaller. Når det gjelder nivåene er det imidlertid viktig å relatere konsentrasjonene til relevante helsemessige konsentrasjoner, som eksempelvis SFT angir som veileder for mest følsomme arealbruk (SFT rapport 99:06) for en rekke helseskadelige forbindelser i jord. Terrestrisk miljø har ikke i samme grad som eksempelvis det marine miljø ikke en oppdeling i flere forurensingsklasser. I denne presentasjon ser vi på fordeling og nivåer av flere tungmetaller i jordsmonnet, spesielt fra humus sjiktet. Vi har arbeidet med hvordan man kan presentere resultatene overfor brukere, som ikke nødvendigvis trenger å være eksperter på forekomst av tungmetaller i jord, men kan trenge informasjonen for andre formål.

Resultater

Det tverrfaglige samarbeidsprosjektet 2000 - 2001 med deltakelse av NINA, INEP, METLA og NGU ligger til grunn for denne presentasjon. Prosjektet har en vitenskapelig profil, som tar for seg å se på et bjørkeskog økosystems respons på forurensingen, som store landområder har vært utsatt for i flere årtier. Forurensingen har forårsaket en kronisk tilstand med helt eller delvis ødelagt økosystem. Prøvetakingen på hver prøvetakingsstasjon bestod av 5 understasjoner, som er representert ved hver sin verdi for analyserte tungmetaller. Det blir dermed også variasjoner innenfor hver stasjon når det gjelder konsentrasjonen av eksempelvis Ni i humus, ekstrahert med ammonium acetat. Totalt ble det tatt prøver fra 31 stasjoner i Norge og Russland. Humus er analysert for innhold av tungmetaller og PAH-forbindelser. Analysene fra flere tungmetaller viser, at det først og fremst er kobber (Cu) og nikkel (Ni), som utgjør et større problem dersom man anvender SFT (SFT 99:06) sine grenseverdier for jord. Alle prøvetakingsstasjoner mellom Nikel og Zapoljarnyj samt de nærmeste stasjonene sør for Nikel har konsentrasjoner over 100 mg/kg jord for Cu og 50 mg/kg jord for Ni. PAH konsentrasjonene i humus ligger for flere

prøvetakingsstasjoner over SFT sine grenseverdier for Sum PAH(16) på 2 mg/kg jord og for enkelte forbindelser så som benzo(a)pyren (0,1 mg/kg jord).

Andre tungmetaller har fordelinger, som ligner på Cu og Ni fordelingene. De øvrige tungmetaller forekommer imidlertid i lave konsentrasjoner sammenholdt med SFT- grenseverdiene.

Mål

Vi har startet en prosess hvor vi ønsker å presentere våre data på en måte, slik at andre brukere enn geokjemikere og andre eksperter kan utnytte informasjonen. Det stiller krav til presentasjonsformen, som velges både for lesbarhet og korrekt gjengivelse av data.

Assessment of metal contamination in the north-western part of the Norskerenna

Aivo Lepland

Geological Survey of Norway, 7491 Trondheim

The abundances of metal pollutants such as As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, V and Zn have been documented in 128 short (< 0.6m) sediment cores, collected from the north-eastern part of the Norskerenna, to assess the recent metal contamination of the seabed. A reliable assessment of the metal contamination in modern, anthropogenically disturbed sediments requires control upon the natural background. This background has been estimated using metal abundances in sub-surface, pre-industrial sediment intervals.

The background corrected metal abundances in the surface sediments indicate that the modern seabed is significantly contaminated with Pb, Ba and Hg. Contamination of the sediments by Cu, V and Zn appears to be relatively minor whereas contamination by As, Cd, Co, Cr and Ni is not apparent in the Norskerenna. The highest contamination levels of Cu, Hg, Pb, V and Zn were observed in fine-grained, TOC-rich sediments at the bottom of the basin suggesting that clay and/or organic particles are the major carriers of these metals. The source of Cu, Hg, Pb, V and Zn contamination remains to be identified. Strong Ba contamination at the south-western slope of the Norskerenna reflects supply of fine-silt-size barite from the off-shore hydrocarbon exploration sites where barite is used as a component of drilling mud.

PLAKAT- PRESENTASJONER

Trace Metal Monitor - Sensorsystem for måling og overvåkning av metaller oppløst i vann

Arve Berg, Stig Forbord & Fredrik Strand

OCEANOR, Pir-Senteret, 7462 Trondheim

Metallinnhold i vann bestemmes i dag ved å ta vannprøver som deretter sendes til laboratorier for analyse. Denne prosedyren er tidkrevende og kostbar. Det er derfor vanskelig å få til god prosesskontroll, og ulovlige utslipp og utslipp ved uhell er vanskelig å oppdage med dagens metoder. Det er nå utviklet et unikt sensorsystem der metallinnholdet i vann kan bestemmes på stedet. Systemet egner seg også godt for automatisk, on-line overvåkning av metaller i vannforekomster, utslipp og industrielle prosesser.

Sensorsystemet er basert på voltammetri som er en elektrokjemisk målemetode der metallkonsentrasjonen bestemmes ved hjelp metallens karakteristiske red-oks egenskaper, som f.eks. reduksjon av sink(II) til fast sink, eller oksidasjon av fast sink til sink(II)-ioner. De elektronene som enten frigis eller bindes, gir en strøm mellom elektrodene når slike red-oks reaksjoner finner sted. Red-oks potensialet (spenningen) er spesifikt for hvert metall og dermed kan vi identifisere hvilke metall som er tilstede. Strømstyrken er proporsjonal med antallet ioner som oksideres eller reduseres. Dette utnyttes som måleprinsipp, dvs. at strøm måles som funksjon av spenning og tid (volt-ampere-metri).

Voltammetri er en svært følsom analyseteknikk som er spesielt egnet for deteksjon av (tung)metaller, og som har mange fordeler sammenlignet med andre metoder som brukes i laboratorie-sammenheng. Tidligere har slike elektrokjemiske metoder krevd bruk av miljøskadelige kvikksølv som elektrodemateriale. I det nyutviklede utstyret er kvikksølv erstattet med miljøvennlige legeringer. Deteksjonsgrensen for de viktigste (tung)metallene ligger i det nedre ppb-området eller enda lavere, dvs. dekker kravene til drikkevann. Teknikken er rask og enkel og rimelig i bruk, og instrumentet er rimelig sammenlignet med Atomic Absorption Spectroscopy (AAS), Inductively Coupled Plasma Spectroscopy (ICP), Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry (ICP-MS) og kromatografiske metoder.

Siden sensorene er basert på voltammetri, kan flere metaller bestemmes med det samme settet av elektroder. Den nye amalgam-elektroden kan benyttes til å måle de metallene som ligger lengst på minussiden i spenningsrekka; sink, kadmium, kobolt, nikkel, bly, tallium og kobber. Et annet elektrodesett er utviklet spesielt for bly, kadmium og kobber, mens et tredje benyttes for måling av kvikksølv. Følsomheten i nåværende utgave er generelt 1 ppb ($\mu\text{g/l}$).

Anvendelsesområder vil være overvåkning og forurensningskontroll av elver, innsjøer og grunnvann, kontroll av utslipp fra industri, gruvedrift og kommunale renseanlegg og sigevann fra avfallsfyllinger, fiskeoppdrett samt produktkontroll og prosesskontroll i bl.a. metallindustrien og næringsmiddelindustrien. I tillegg forventer man også salg til laboratorier og til eksisterende brukere, som ønsker å erstatte utstyret sitt (kvikksølvbasert) med enklere, ny miljøvennlig teknologi.

Målesystemet for metallmåling er utviklet av OCEANOR i samarbeid med NTNU Kjemi. Arbeidet ble startet opp som en del av SOILWATCH prosjektet høsten 1998 med støtte fra Oslo Lufthavn AS, Luftfartsverket og Norges forskningsråd (NFR prosjekt 118784/230). Teknologien er beskyttet ved tre verdensomspennende patenter. OCEANOR besitter alle kommersielle rettigheter for det nye produktet.

Bakteriologisk kvalitet i norske grunnvannsbrønner i fjell

Sylvi Gaut¹⁾, Gaute Storrø¹⁾ & Bjørge Brattli²⁾

¹⁾ Norges geologiske undersøkelse, 7491 Trondheim

²⁾ Institutt for geologi og bergteknikk, Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, 7491 Trondheim

Resultater av bakteriologiske analyser er innhentet for 195 vannverk i Norge som benytter grunnvann fra borebrønner i fjell. Analysene er utført på råvann og/eller renvann og for hvert vannverk er det innhentet data som strekker seg over minimum to år. Flesteparten av vannverkene forsyner mer enn 100 personer eller 20 husstander. Gjennomgang av data viser at 26% av vannverkene har ingen bakteriologiske problemer mens 74% har problemer med for høyt kimtall eller for stort innhold av koliforme eller termotolerante koliforme bakterier. Den bakteriologiske forurensningen kan skyldes flere faktorer som dårlig utforming og/eller beskyttelse av brønnen, tynt løsmassedekke, plassering av brønnen, ledningsnettets beskaffenhet eller råvannets fysikalsk-kjemiske kvalitet.

Tørre fjellbrønner – en saga blott?

Randi Kalskin¹⁾, Bernt Olav Hilmo¹⁾, Helge Skarphagen¹⁾, Espen Hiorth²⁾ & Bjørge Brattli³⁾

¹⁾ *Norges geologiske undersøkelse, 7491 Trondheim*

²⁾ *Brønnteknologiutvikling AS*

³⁾ *Institutt for geologi og bergteknikk, Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, 7491 Trondheim*

Brønnboring i fjell har alltid vært beheftet med stor usikkerhet, særlig med hensyn til kapasitet. Tørre brønner har skapt mye hodebry for hydrogeologer, brønnborere og brønneiere. Det har derfor vært et behov for kapasitetsøkende tiltak i borebrønner. Sprengning og hydraulisk trykking har vært mest benyttet. Dette har ofte, men langt i fra alltid, gitt en betydelig kapasitetsøkning. Ved hydraulisk trykking har det vanligvis blitt benyttet enkeltpacker, dvs man plasserer en pakning i et visst dyp under grunnvannsnivået og fører vann med høyt trykk (80-100 bar) ned under pakningen. Dette kan gi økt vannføring i sprekkplan både på grunn av åpning av sprekker ved hydraulisk jekking og/eller en utvasking av tettende leirmateriale avsatt på sprekkplan.

I forbindelse med et samarbeidsprosjekt mellom NGU, Brønnteknologiutvikling AS, SINTEF Bergteknikk og NTNU innen grunnvarmeuttak fra fjellbrønner, har Brønnteknologiutvikling AS utviklet en dobbeltpacker som tåler høyere trykk (testtrykk i laboratoriet: 300 bar, maksimalt arbeidstrykk i felt: 250 bar) enn vanlige packere. Ved å pumpe vann med såpass høyt trykk mellom to packere i en avstand på ca. 2 m, kan belastningen på fjellet bli høyere enn minste hovedspenning. Dette betyr at man kan danne nye sprekker som igjen kan gi hydraulisk kontakt med nærliggende vannførende sprekker. I tillegg kan borehullsinspeksjon, for eksempel med optisk televiewer, benyttes for å kartlegge eksisterende oppsprekking i borehullet. Packerene kan da plasseres over og under registrerte sprekker. Et av problemene med hydraulisk trykking er at effekten av trykkingen kan avta over tid på grunn av at de vannførende sprekkene klapper sammen igjen etter trykkavlastning. I vårt forskningsprosjekt har vi utviklet metodikk og utstyr for å blande inn fortykningsmiddel og sandkorn i trykkevannet. Sandkornene presses inn i sprekkplanene under trykkingen og vil ved trykkavlastning fungere som avstandsklosser på sprekkplanene. Vi har også planer om å blande dispergeringsmidler i trykkevannet der dårlig vannføring skyldes leirfylte sprekker.

Utstyr og metodikk er testet ut i fem borehull i Ringerikssandstein ved Bryn skole i Bærum. Borebrønnene vil inngå i et grunnvarmeanlegg der energien produseres av en varmepumpe som benytter sirkulerende grunnvann fra brønnsystemet som varmekilde. Det er derfor viktig å få en

god hydraulisk kommunikasjon mellom brønnene, og dette er oppnådd ved å bruke hydraulisk trykking, først med bare vann (opptil 250 bar) og så med vann iblandet fortykningsmiddel og kvartssand. Kapasiteten i borehullene er målt både etter boring, etter trykking med vann og etter trykking med vann iblandet fortykningsmiddel og kvartssand. Resultatene så langt er oppløftende, men på grunn av svært høye bergspenninger og sterkt berg var det vanskelig å få dannet nye sprekkeplaner. Trykking av til sammen 62 nivåer resulterte i trykkavlastning, dvs. åpning av sprekker, i 40 nivåer. Seksjonsvise pumpeprøver viste en økning fra opprinnelig kapasitet på 20-400 l/t til 760-1840 l/t etter hydraulisk trykking med vann. Etter trykking med vann iblandet fortykningsmiddel og kvartssand økte kapasiteten ytterligere til ca 1500-2500 l/t.

Et av målene med dette forskningsprosjektet er å bidra til at grunnvann blir mer aktuelt som vannkilde. Utviklet utstyr og metodikk krever videre uttesting og forbedring før det kan bli et kommersielt produkt. Det er likevel vår påstand at ved bruk av hydraulisk trykking med dobbeltpacker, økt vanntrykk, fortykningsmiddel og kvartssand i trykkevannet og/eller dispergeringsmidler som løser opp leire på sprekkeplan, vil tørre brønner bli en saga blott, såfremt de er boret tilstrekkelig dypt under grunnvannsnivået. En forutsetning for at metoden kan bli mye brukt er at kostnadene ved å gjøre en slik hydraulisk trykking blir lavere enn kostnadene ved å bore en ny brønn.

Varmeveksler/kollektor i dype borehull

Helge Skarphagen¹⁾ & Kirsti Midttømme²⁾

¹⁾ *Norges geologiske undersøkelse – Oslokontoret, Postboks 5348 Majorstua, 0304 Oslo*

²⁾ *Norges geologiske undersøkelse, 7491 Trondheim*

For å få varme opp av en energibrønn er man avhengig av å sirkulere en væske, vanligvis vann eller en frostvæskeblanding. Ved å sette ned et lukket rørsystem i energibrønnen unngås problemer med at varmevekslere eller pumper tetter seg til som følge av kjemiske eller bakteriologiske utfellinger. Denne kollektoren eller borehullsvarmeveksleren som det også kalles er vanligvis utført med 40 mm polyetylen rør med en fabrikkpåsveiset "U" nederst. Ulempen med det enkle U-røret er at kald nedgående væskestrøm varmeveksler med varm oppgående. Denne interne varmevekslingen blir større jo dypere brønnen er, dvs at brønner dypere enn 200 m får merkbart redusert ytelse. En kollektor som baserer seg på et rør inne i et annet, såkalt koaksial kollektor har bedre ytelse. Denne løsningen er dyrere fordi den krever mer plastmateriale og er i tillegg vanskeligere å montere. For å få økonomisk uttelling på dype energibrønner og for å nyttiggjøre seg lokaliteter med gode geotermiske gradienter er det en forutsetning å komme frem til billigere koaksiale kollektordesign.

Plakaten presenterer simuleringer for to polyetylen kollektorer i en 500 m dyp energibrønn. Det fremkommer at koaksialløsningen er gunstigere enn standardløsningen med enkel U-kollektor. NGU, Båsum Boring og Geoenergi AS prøver i disse dager ut en ny koaksial kollektor basert på en polyuretan flatslange i en 100 m dyp brønn. Er forsøket vellykket vil kollektor løsningen bli testet ut i en 500 m dypt borehull.

Isotope levels in river waters of Central Norway in 2000/2001

Ola Magne Sæther¹⁾, Gaute Storrø¹⁾, Bernt Olav Hilmo¹⁾, K. Iden²⁾, D.Ø. Eriksen²⁾ & A. Killingtveit³⁾

¹⁾ *Geological Survey of Norway, N-7491 Trondheim*

²⁾ *Institute for Energy Technology, Kjeller, Norway*

³⁾ *Institute of Hydrology, NTNU, Trondheim*

During the autumn of 2000, abnormally low amounts of precipitation fell in central Norway. As no known systematic investigation of the levels of the environmental isotopes oxygen-18 and hydrogen-2 in river waters of central Norway exists an initiative was taken to assess these at a few locations in December 2000. In such a situation the rivers are assumed to be dominated by drainage of groundwater recharged before the start of and during this unusually long period virtually without precipitation, and thus exhibit an isotopic signal that is significantly different than during a normal autumn dominated by a large portion of direct runoff. It should also differ from the isotopic signal generated when snow melts and causes spring floods at these latitudes. For comparison, water from the same localities were collected during the following spring flood in 2001. Whether this drought period is a rare, occasional event or a result of significant global warming causing changes in global weather patterns, remains to be seen. The results presented here will act as a reference for work on estimating the contribution of groundwater during various seasons and climate regimes in various river systems in Norway.

The δ -oxygen-18 levels vary between a minimum at -11.7 ‰ and a maximum at -9.67 ‰. In a plot of the δ -oxygen-18 content versus δ -hydrogen-2 levels there is a linear relationship between waters of heavier and lighter isotope composition. However, the signal from all the rivers is equivocal when it comes to distinguishing waters from the two presumably distinct seasons believed to represent groundwater dominated flow during the autumn versus surface water dominated flow during the spring. Nor does there seem to be any clear-cut geographical subdivision of the waters at the different sample localities based on bedrock characteristics or Quaternary geology of the region. Further sampling of the isotopic composition is required to be able to assess to what extent the sampled river waters are derived from surface water, groundwater or snow melt and what is the residence time of water in the respective hydrological compartments.