

NGU Rapport 2008.027

Program og sammendrag for "Det 17. nasjonale
seminar om hydrogeologi og miljøgeokjemi",
NGU 11.-12. mars 2008

Rapport nr.: 2008.027		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen	
Tittel: Program og sammendrag for "Det 17. nasjonale seminar om hydrogeologi og miljøgeokjemi", NGU 11.-12. mars 2008.				
Forfatter: Tove Aune (red.), Henning Jensen, Hans de Beer		Oppdragsgiver: NGU		
Fylke:		Kommune:		
Kartblad (M=1:250.000)		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000)		
Forekomstens navn og koordinater:		Sidetall: 55	Pris: kr 120,-	
Feltarbeid utført:		Rapportdato: 04.03.2008	Prosjektnr.: 2718.00	Ansvarlig:
Sammendrag: <p>Rapporten presenterer program, deltagerliste og sammendrag av foredrag og postere for «Det 17. nasjonale seminar om hydrogeologi og miljøgeokjemi» ved NGU 11.-12. mars 2008.</p> <p>Rapporten inneholder sammendrag fra 25 foredrag og 5 posterpresentasjoner.</p> <p>Foredragene er gruppert i hovedtemaene hydrogeologi og miljøgeokjemi, og i samme rekkefølge som i programmet.</p> <p>Det er påmeldt 59 deltagere til seminaret hvorav 21 er ansatt ved NGU.</p> <p>Seminaret organiseres av NGU. Norsk hydrologiråd (NHR) bidrar med støtte til studenter i form av reisemidler og priser.</p> <p>Bortsett fra formatering er sammendragene produsert direkte fra materialet levert av foredragsholdere, som er fullt ansvarlig for innholdet.</p>				
Emneord: Hydrogeologi	Hydrogeokjemi		Geokjemi	
Grunnvann	Miljøgeokjemi			
			Fagrapport	

INNHold

Seminarprogram	6
Deltakerliste	11
Sammendrag av foredrag:	
<i>Streiftog i norsk hydrogeologi</i>	
Knut Ellingsen	14
<i>Hydrologi i urbaniserte områder som faktor for bevaring av arkeologiske verdier</i>	
Ann Christensson og <u>Sjur Helseth</u> , Riksantikvaren	16
<i>Et historisk perspektiv på sikkerhet og beskyttelse ved norske vannverk</i>	
Sylvi Gaut, NGU	17
<i>Pathogens in the subsurface – mobility and attenuation</i>	
Hanne M.L. Kvitsand, NTNU	19
<i>Innrapportering av brønner og grunnvannsrapporter til NGU: Bruk av data og forvaltning av lovverket</i>	
Pål Gundersen, NGU	21
<i>Betydning av grunnvanns- og markvannsforhold for tilsig og kraftsituasjon</i>	
Hervé Colleuille, NVE m.fl.	22
<i>Hydrogeologisk kartlegging av en lukket akvifer: Numedalsprosjektet</i>	
Atle Dagestad, Hans de Beer og Aline Saintot, NGU	24
<i>Termogeologi – et nytt (og gammelt) fag; Framtiden for hydrogeologer?</i>	
David Banks, Holymoor Consultancy	26
<i>Kan hydrogeologi hjelpe oss å redusere energiforbruket?</i>	
Ingrid Flatland Dyrud, Høgskolen i Telemark og Sweco Norge AS	28
<i>Akkerhaugen Gartneri; utredning av muligheter for ATES</i>	
Hans de Beer, NGU	29
<i>Noen problemstillinger med energibrønner. Behov for økt aktsomhet på industriområder?</i>	
Olav Lind, Sweco Norge AS	30
<i>Submarine Groundwater – The last frontier in hydrogeology</i>	
Fridtjov Ruden, Ruden AD AS	32
<i>The Geochemical Impact of Civilization; Why Geochemistry in the Anthropocene Period Matters</i>	
Dr. Marty Goldhaber, USGS	34
<i>The Future of Geochemistry at Geological Surveys</i>	
Clemens Reimann, NGU	35
<i>Selected Pharmaceutical Residues in Norwegian Sewage Treatment Plants and the Adjacent Aqueous Environment - An environmental study with focus on climate and treatment technology influences</i>	
Tone Helland, NTNU	36

<i>Occurrence and origin of hydrocarbons in bottom sediments from south-western Barents Sea</i>	
Stepan Boitsov and Jarle Klungsøyr, Havforskningsinstituttet	37
<i>A regional geochemistry survey of the surficial deposits of Spitsbergen</i>	
Tor Erik Finne and Rolf Tore Ottesen, NGU	38
<i>Mose og epifyttisk lav som indikator på luftforurensning i Øst-Finnmark</i>	
Ragnhild Oline Eliassen, NTNU	39
<i>Lead in the Norwegian environment: Contribution from natural and anthropogenic sources</i>	
Eiliv Steinnes, NTNU	40
<i>Heavy metals in the pristine Norwegian environment: man made (LRT) or nature at work?</i>	
Clemens Reimann, NGU	41
<i>A geochemical survey of topsoil in Porsgrunn – first results</i>	
Yngvil Holt, NTNU	43
<i>Økt oppløsning av olivin som et ledd i CO₂ lagring</i>	
Tove Annette Haug, NTNU	44
<i>PCBs from local sources on Svalbard</i>	
Morten Jartun, Tore Volden and <u>Rolf Tore Ottesen</u> , NGU	45
<i>Geokjemiske fordelinger har fraktale dimensjoner</i>	
Bjørn Bølviken, geokjemiker	46
<i>Principal Component Analysis (PCA) and Factor Analysis with geochemical data: problems and possibilities</i>	
Clemens Reimann, NGU	47

POSTERPRESENTASJONER

Postersesjon tirsdag 11. mars kl. 13.30

<i>Hydrogeological modelling in Brumunddal area</i>	
Tesfamariam Berhane Abay, UiO	49
<i>Reactivity of alum and black shale in the Oslo region, Norway</i>	
Abreham Yacob Abreham, UiO	50
<i>What can we learn from GPR tomography?</i>	
M. Bagher Farmani, UiO m.fl.	51
<i>Biotilgjengelighet av tungmetaller i barnehagejord i Oslo</i>	
Grethe Fremo, NTNU	52
<i>Landfill gas from waste sites in Norwegian cities: challenges for climate and human health</i>	
Henning K.B. Jensen, NGU	53
<i>Bruk av aktivt karbon i tynn tildekking av forurensede sedimenter</i>	
Silje Nag, NTNU	54

DET 17. NASJONALE SEMINAR OM HYDROGEOLOGI OG MILJØGEOKJEMI

Tirsdag 11. og onsdag 12. mars 2008

Knut S. Heiers konferansesenter, NGU

PROGRAM

11. mars

09.00-09.30 Registrering og kaffe

09.30-09.35 Åpning av seminaret v/adm.dir. Morten Smelror

HYDROGEOLOGI

Tema: Hydrogeologi i Norge: Fra Darcy til i dag

Ordstyrer: Randi Kalskin Ramstad

09.35-10.20 ***Key-note: Streiftog i norsk hydrogeologi***

Knut Ellingsen, hydrogeolog

10.20-10.40 ***Hydrologi i urbaniserte områder som faktor for bevaring av arkeologiske verdier***

Ann Christensson og Sjur Helseth, Riksantikvaren

10.40-11.00 ***Et historisk perspektiv på sikkerhet og beskyttelse ved norske vannverk***

Sylvi Gaut, NGU

11.00-11.10 ***Spørsmål***

11.10-11.30 ***Pause***

11.30-11.50 ***Pathogens in the subsurface – mobility and attenuation***

Hanne M.L. Kvitsand, NTNU

11.50-12.10 ***Innrapportering av brønner og grunnvannsrapporter til NGU: Bruk av data og forvaltning av lovverket***

Pål Gundersen, NGU

12.10.-12.30 **Betydning av grunnvanns- og markvannsforhold for tilsig og kraftsituasjon**
Hervé Colleuille, NVE m.fl.

12.30-12.40 **Spørsmål**

12.40-13.00 **Kort presentasjon av postere** (3 min. hver)

13.00-13.30 **Lunsj**

13.30-14.00 **Kaffe med postersesjon**

Ordstyrer: Kirsti Midttømme

14.00-14.20 **Hydrogeologisk kartlegging av en lukket akvifer: Numedalsprosjektet**
Atle Dagestad, Hans de Beer og Aline Saintot, NGU

Tema: Utviklinger innen hydrogeologi i Norge

14.20-15.05 **Key-note: Termogeologi – et nytt (og gammelt) fag; Framtiden for hydrogeologer?**
David Banks, Holymoor Consultancy

15.05-15.15 **Spørsmål**

15.15-15.30 **Pause**

15.30-15.50 **Kan hydrogeologi hjelpe oss å redusere energiforbruket?**
Ingrid Flatland Dyrud, Høgskolen i Telemark og Sweco Norge AS

15.50-16.10 **Akkerhaugen Gartneri; utredning av muligheter for ATES**
Hans de Beer, NGU

16.10-16.30 **Noen problemstillinger med energibrønner. Behov for økt aktsomhet på industriområder?**
Olav Lind, Sweco Norge AS

16.30-16.50 **Submarine Groundwater – The last frontier in hydrogeology**
Fridtjov Ruden, Ruden AD AS

16.50-17.00 **Spørsmål og diskusjon**

19.00 **Seminarmiddag på NGU**

POSTERE

Hydrogeological modelling in Brumunddal area

Tesfamariam Berhane Abay, UiO

Reactivity of alum and black shale in the Oslo region, Norway

Abreham Yacob Abreham, UiO

What can we learn from GPR tomography?

M. Bagher Farmani, UiO m.fl.

Biotilgjengelighet av tungmetaller i barnehagejord i Oslo

Grethe Fremo, NTNU

Landfill gas from waste sites in Norwegian cities: challenges for climate and human health

Henning K.B. Jensen, NGU

Bruk av aktivt karbon i tynn tildekking av forurensede sedimenter

Silje Nag, NTNU

----o----

12. mars

MILJØGEOKJEMI

Ordstyrer: Rolf Tore Ottesen

- 09.00-09.45 ***Key-note: The Geochemical Impact of Civilization; Why Geochemistry in the Anthropocene Period Matters***
Dr. Marty Goldhaber, USGS
- 09.45-10.15 ***The Future of Geochemistry at Geological Surveys***
Clemens Reimann, NGU
- 10.15-10.35 ***Selected Pharmaceutical Residues in Norwegian Sewage Treatment Plants and the Adjacent Aqueous Environment - An environmental study with focus on climate and treatment technology influences***
Tone Helland, NTNU
- 10.35-10.45 ***Spørsmål***
- 10.45-11.05 ***Pause***
- 11.05-11.25 ***Occurrence and origin of hydrocarbons in bottom sediments from south-western Barents Sea***
Stepan Boitsov and Jarle Klungsøyr, Havforskningsinstituttet
- 11.25-11.45 ***A regional geochemistry survey of the surficial deposits of Spitsbergen***
Tor Erik Finne and Rolf Tore Ottesen, NGU
- 11.45-12.05 ***Mose og epifyttisk lav som indikator på luftforurensning i Øst-Finnmark***
Ragnhild Oline Eliassen, NTNU
- 12.05-12.15 ***Spørsmål***
- 12.15-13.15 ***Lunsj***

Ordstyrer: Henning K.B. Jensen

- 13.15-13.35 ***Lead in the Norwegian environment: Contribution from natural and anthropogenic sources***
Eiliv Steinnes, NTNU
- 13.35-13.55 ***Heavy metals in the pristine Norwegian environment: man made (LRT) or nature at work?***
Clemens Reimann, NGU
- 13.55-14.15 ***A geochemical survey of topsoil in Porsgrunn – first results***
Yngvil Holt, NTNU
- 14.15-14.35 ***Økt oppløsning av olivin som et ledd i CO₂ lagring***

Tove Annette Haug, NTNU

14.35-14.45 *Spørsmål*

14.45-15.00 *Pause*

15.00-15.20 *PCBs from local sources on Svalbard*

Morten Jartun, Tore Volden and Rolf Tore Ottesen, NGU

15.20-15.40 *Geokjemiske fordelinger har fraktale dimensjoner*

Bjørn Bølviken, geokjemiker

15.40-16.00 *Principal Component Analysis (PCA) and Factor Analysis with geochemical data: problems and possibilities*

Clemens Reimann, NGU

16.00-16.10 *Spørsmål og diskusjon*

16.10-16.20 *Utdeling av Norsk hydrologiråds pris for beste studentforedrag og -poster*

16.20 *Avslutning*

DELTAKERE

Etternavn	Fornavn	Institutt/bedrift	Adresse	Postnr./-sted	Tlf.	Faks	E-post
Abay	Tesfamariam Berhane	Universitetet i Oslo	PO Box 1047 Blindern	0316 OSLO	90678728		tesfamaa@student.geo.uio.no
Abraham	Abraham Yacob	Universitetet i Oslo	PO Box 1047 Blindern	0316 OSLO			yacobaa@student.matnat.uio.no
Allen	Joseph	Norconsult AS	Vestfjordgt. 4	1338 SANDVIKA	67571237		joseph.allen@norconsult.no
Banks	David	Holymoor Consultancy	8 Heaton Street, Chesterfield	Derbyshire S40 3AQ, UK	+441246230068		david@holymoor.co.uk
Berg	Tomm	NGU		7491 TRONDHEIM	73904375	73921620	tomm.berg@ngu.no
Berg	Torunn	NTNU		7491 TRONDHEIM	73596182	73550877	torunn@chem.ntnu.no
Boitsov	Stepan	Havforskningsinstituttet	Postboks 1870 Nordnes	5817 BERGEN	55236394	55238555	stepan.boitsov@imr.no
Brattli	Bjørge	NTNU		7491 TRONDHEIM	73594821		bjorge.brattli@geo.ntnu.no
Bølviken	Bjørn						bjorn.bolviken@ngu.no
Christensson	Ann	Riksantikvaren Distriktskontor Vest					ann.christensson@ra.no
Colleuille	Hervé	Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)	Postboks 5091 Majorstua	0301 OSLO	22959439	22959216	hec@nve.no
Cramer	Jan	NGU		7491 TRONDHEIM	73904310	73921620	jan.cramer@ngu.no
Dagestad	Atle	NGU		7491 TRONDHEIM	73904360	73921620	atle.dagestad@ngu.no
de Beer	Hans	NGU		7491 TRONDHEIM	73904303	73921620	hans.debeer@ngu.no
Dimakis	Panagiotis	Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)	Postboks 5091 Majorstua	0301 OSLO	22959196	22959216	pad@nve.no
Dyrud	Ingrid Flatland	Høgskolen i Telemark/Sweco Seljord AS	Postboks 120	3840 SELJORD	99297211		ingridflatland@yahoo.no , ifd@tveitenas.no
Eggen	Ola A.	NGU		7491 TRONDHEIM	97078223	73921620	ola.anfin.eggen@ngu.no
Eliassen	Ragnhild	NTNU	Moholt alle 32-41	7050 TRONDHEIM	93207035		ragnhiel@stud.ntnu.no
Ellingsen	Knut		Smivegen 33	0981 OSLO	22101293		knuteli@online.no
Finne	Tor Erik	NGU		7491 TRONDHEIM	73904319	73921620	tor.finne@ngu.no
Forfang	Ingunn	NIVA	Postboks 2026 Nordnes	5817 BERGEN	97563794		ingunn.forfang@niva.no
Fremo	Grethe	NTNU	Nordhaugsvegen 16	7023 TRONDHEIM	97756421		grethef@stud.ntnu.no
Frengstad	Bjørn	NGU		7491 TRONDHEIM	73904380	73921620	bjorn.frengstad@ngu.no
Frøland	Stine Lindset	NTNU		7491 TRONDHEIM			froland@stud.ntnu.no
Gaut	Amund	Sweco Grøner AS	Postboks 400	1327 LYSAKER	67128430	67128212	amund.gaut@sweco.no
Gaut	Sylvi	NGU		7491 TRONDHEIM	73904362	73921620	sylvi.gaut@ngu.no
Goldhaber	Marty	USGS					mgold@usgs.gov
Greiff	Siri	Multiconsult AS	Sluppenvegen 23	7486 TRONDHEIM	73106212	73106230	siri.greiff@multiconsult.no
Gundersen	Pål	NGU		7491 TRONDHEIM	73904312	73921620	pal.gundersen@ngu.no
Haug	Anette	NTNU		7491 TRONDHEIM	73594853		anette.haug@ntnu.no
Helland	Tone	NTNU/UNIS	Høgskoleringen 5	7491 TRONDHEIM	97075939		tonehel@stud.ntnu.no , toneh@unis.no
Helseth	Sjur	Riksantikvaren	Postboks 8196 Dep.	0034 OSLO			sjur.helseth@ra.no
Hilmo	Bernt Olav	Asplan Viak AS	Postboks 6723	7031 TRONDHEIM			berntolav.hilmo@asplanviak.no

Etternavn	Fornavn	Institutt/bedrift	Adresse	Postnr./-sted	Tlf.	Faks	E-post
Hole	Marianne P.	NTNU	Mellomila 61	7018 TRONDHEIM			mariha@stud.ntnu.no
Holt	Yngvil	NTNU	Valgrindveien 1	7031 TRONDHEIM	93609684		yngvil@stud.ntnu.no
Jensen	Henning K.B.	NGU		7491 TRONDHEIM	73904305	73921620	henning.jensen@ngu.no
Jæger	Øystein	NGU		7491 TRONDHEIM	73904314	73921620	oystein.jager@ngu.no
Jørgensen	Torbjørn	Statens vegvesen Vegdirektoratet	Postboks 8142	0033 OSLO	22073967		torbjorn.jorgensen@vegvesen.no
Kvitsand	Hanne	NTNU		7491 TRONDHEIM	73594832		hanne.kvitsand@ntnu.no
Lind	Olav	Sweco Norge AS	Postboks 120	3840 SELJORD	91152455	35050941	olav.lind@sweco.no
Midttømme	Kirsti	NGU		7491 TRONDHEIM	73904316	73921620	kirsti.midttomme@ngu.no
Moen	Berit Forbord	NGU		7491 TRONDHEIM	73904490	73921620	berit.moen@ngu.no
Nag	Silje	NTNU	Nedre Vaskegang 1-11	0186 OSLO	40895510		siljena@stud.ntnu.no
Ottesen	Rolf Tore	NGU		7491 TRONDHEIM	73904302	73921620	rolf.tore.ottesen@ngu.no
Rabben	Elisabeth Leirvik	Multiconsult AS	Sluppenvegen 23	7486 TRONDHEIM	73106265	73106230	elr@multiconsult.no
Ramstad	Randi Kalskin	NGU		7491 TRONDHEIM	73904304	73921620	randi.ramstad@ngu.no
Randles	Jacqueline	Fylkesmannen i Finnmark	Statens hus	9815 VADSØ	78950334	78950370	jacqueline.randles@fmfi.no
Reimann	Clemens	NGU		7491 TRONDHEIM	73904307	73921620	clemens.reimann@ngu.no
Ruden	Fridtjov	Ruden AD AS	Smaugsveien 13	1628 ENGELSVIKEN			ruden@rudenad.com
Steinnes	Eiliv	NTNU		7491 TRONDHEIM	73596237		eiliv.steinnes@chem.ntnu.no
Storrø	Gaute	NGU		7491 TRONDHEIM	73904315	73921620	gaute.storro@ngu.no
Støver	Lise	Trondheim kommune		7004 TRONDHEIM	98018499		lise.stover@trondheim.kommune.no
Sundberg	Johan	COWI AS	Aumliveien 4	2500 TYNSET	90170260		isu@cowi.no
Sæther	Ola Magne	NGU		7491 TRONDHEIM	73904372	73921620	ola.sather@ngu.no
Sørdal	Torbjørn	NGU		7491 TRONDHEIM	73904201	73921620	torbjorn.sordal@ngu.no
Tiarks	Henning	NGU		7491 TRONDHEIM			henning.tiarks@ngu.no
Volden	Tore	NGU		7491 TRONDHEIM	73904320	73921620	tore.volden@ngu.no
Wike	Kjersti J.	Statens vegvesen Vegdirektoratet	Postboks 8142 Dep.	0033 OSLO	22073041		kjersti.wike@vegvesen.no
Aakerøy	Paul Andreas	UMB	Vollveien 15	1432 ÅS	97146595		paulaakeroy@gmail.com

FOREDRAG

11. mars

Streiftog i norsk hydrogeologi

Knut Ellingsen

Norsk hydrogeologi har vært en aktiv disiplin i mer enn 100 år, riktignok med ujevn praksis i første halvdel av denne tiden. Men etter at Amund Helland hadde sørget for flere boringer etter vann rundt forrige århundreskifte, ble det boret stadig mer, med hjelp fra Sverige, der boring allerede hadde pågått lenge. Gunnar Holmsen tilkommer æren av å få innført hydrogeologi som disiplin ved NGU allerede lenge før krigen, kanskje primært som resultat av hans rådgivning i geotekniske saker. Siden han arbeidet på NGU, ble det her faget først fikk fotfeste.

I 1952 ble brønnboringsarkivet opprettet ved NGU etter initiativ fra Gunnars sønn Per Holmsen, som entusiastisk drev det opp og samlet data på ymse måter, bl.a. ved hyppig assistanse i felt til brønnborere. Steinar Skjeseth arbeidet samme sted og drev liknende assistanse, men også i økende grad informasjon og veiledning, blest om hydrogeologi. Hydrogeologien ble tilbake på NGUs Oslokontor da NGU flyttet til Trondheim ca 1960. Der holdt den til helt fram til ca 2003 da kontoret ble nedlagt. I Trondheim var det en hydrogeolog 1968-72, men faget startet her først for alvor ca 1984 med to personer. Dette tallet økte til om lag 10 personer på grunnvann og har holdt seg relativt stabilt siden midten av 90-tallet. Hele tiden har det vært et kraftig islett av geokjemisk aktivitet blant hydrogeologene i Trondheim.

De første utøverne av faget var alle utdannet som ordinære geologer, som gjennom praksis, opplæring og erfaring ble habile hydrogeologer. Universitetet i Oslo og NLH, Ås, fikk etter hvert en utdanning på plass som resulterte i utdannede hydrogeologer, høyere grad. Universitetet i Bergen og NTNU har også fulgt opp liknende utdanning. Faget har hele tiden hatt sitt viktigste ankerfeste ved NGU, men har etter hvert blitt tatt opp stadig flere steder. NVE har i mange tiår drevet vassdragsovervåking gjennom observasjon av grunnvannet. Et økende antall hydrogeologer har arbeidet i helprivate (konsulent-)firmaer, samt Bioforsk og NGI. De viktigste eksterne faginstanser ”omkring” hydrogeologien ut over de nevnte er Folkehelseinstituttet, brønnborerbransjen, Mattilsynet, SFT, NIVA og fylkenes miljøetater.

Her er noen milepeler i utviklingen av faget i Norge:

Brønnboringsarkivet opprettet ved NGU (1952)

Første ”Meddelelser fra VBA” (1953)

Første store rørbrønner, Rena (1956)

NVEs grunnvannskontor i funksjon (1963)

Professorat i (hydro-)geologi ved NLH, Ås (1965)

IHD-periode NGU, NVE (1965-1974)

Første hydrogeologiske kart 1:50t (NGU, 1975)

Første hydrogeologiske løsmassekart (NGU, 1976)

LGN opprettet (NVE, NGU 1977)

Ressurskartlegging /kart 1:250t ved NGU (1976-1987)

Første norske doktorgrad i hydrogeologi (1982)

Første hydrogeologiske feltkurs, Kaldvella (UiO, NTH,, UiB, SFDH, TDH samt NGU 1987)
GiN (1989-92)

Grunnvarme entrer repertoaret (medio 1990-åra)

Brønnboringsarkivet første gang på nett: Aksess utenfra (1997)

Første straffereaksjon for manglende innrapportering til GRANADA (2007)

I tiden siden før krigen har NGUs virksomhet innen hydrogeologi dreid fra hovedvekt på direkte assistanse til kunder for å skaffe dem god og rimelig vannforsyning, til å legge hovedvekt på datainnsamling, -handtering og -tilrettelegging. Der er NGU nå.

Håpet for nær framtid er visstnok ressurskartlegging (som ”alle” ønsker og har ønsket seg), og selvfølgelig fortsatt å få flere eldre data på nett, kvalitetssikret og digitalisert.

Hydrogeologi i urbaniserte områder som faktor for bevaring av arkeologiske verdier

Ann Christensson og Sjur Helseth, *Riksantikvaren*

Arkeologiske verdier er i denne sammenheng kulturlag. Dette er historiske avsetninger med organisk og mineralsk innhold som kan undersøkes og gi kunnskap om tidligere tider. Tidligere ble de gravd ut på jakt etter funn, for eksempel gjenstander, fragmenter eller bygningsrester. Ved en utgraving i dag er selvfølgelig også funn viktige, men det legges stor vekt på stratigrafi. Her brukes stratigrafi i sin egentlige betydning, en sammensetning av lag og skrive. I en arkeologisk utgraving av kulturlag bruker man metoder for å kartlegge og tolke lag og sammenhenger.

De største urbane kulturlagene finner vi under Oslo (Gamlebyen), Bergen, Trondheim og Tønsberg. Men også mange andre byer har kulturlag. Hvis lagene er fra før 1537 er de automatisk fredet. Kulturlagene fra middelalderen i Norge er godt bevarte i en europeisk sammenheng og derfor viktige. Litt forenklet kan vi si at forvaltningen av kulturlagene har vært passiv, i den forstand at enten har de ligget der, eller etter søknad og dispensasjon, blitt gravet ut. Med utgangspunkt i Bryggen i Bergen er nå fokus endret mot en mer aktiv forvaltning av kulturlagene. Starten på dette har vært å utvikle metoder for å diagnostisere kulturlagene. En viktig samarbeidspartner i dette arbeidet har vært Nationalmuseet i Danmark og de forskere som arbeider med in-situ bevaring der. Også mange andre aktører fra ut og innland har bidratt, bl.a. NGU. Formålet med en slik diagnostisering er å finne ut om tilstanden er rimelig stabil eller noe foregår. På Bryggen i Bergen foregår det alt for mye i kulturlagene! De brytes ned med en hastighet på opp til 8 mm i året. På Bryggen er dette primært knyttet til utpumping av grunnvann under en nabobygning, hele 100m³ i døgnet. Grunnvannspeilet er senket med opp til 2,75 meter og da slipper det til mer oksygen.

Det er oksygen som er den viktigste faktor for at mikroorganismene kan nedbryte de organiske delene av kulturlagene. Oksygen er lite til stede i vann og dermed er det grunnvann og vanninnhold ellers i lagene som er de viktigste parametrene for å bevare kulturlagenes organiske innhold. Vi kan sikre kulturlagene hvis vi hindrer grunnvannet/vanninnholdet i å forsvinne. Uttørking, temperaturøkning samt eksponering for oksygen og mikroorganismer som resultat av ulike typer inngrep i jordlagene, er blant de største truslene.

Økt nedbrytning av kulturlagene medfører ikke bare tap av et uerstattelig kildemateriale og kulturhistorisk informasjon, men kan også få alvorlige konsekvenser for stående bebyggelse, veibaner og tekniske installasjoner i grunnen som følge av setninger. Det er viktig å huske at dette gjelder alle lag med organisk innhold, ikke bare det vi definerer som kulturlag.

Vi dreier nå forvaltningen av kulturlag over mot aktive fysiske bevaringstiltak. Gangen i det blir diagnostisering- eventuelle kompensierende tiltak som grunnvannsheving – overvåkning av endring – nye kompensierende tiltak –etc. Dette er for de fredete kulturlagene, men problemet er generelt. Norge er et U-land når det gjelder urban hydrologi. De fleste bygninger i våre byer står ikke på fjell, men på løsmasser. Og selv de som står på mineralske lag som leire er ofte fundamentert på tre som er avhengig av riktig grunnvannsnivå. Med det fravær vi har av kunnskap, regelverk og forvaltning av hydrologi i urbane strøk er den egentlige trusselen mot historiske byer ikke riving eller klimaendringer, men grøfter, tetting av vannrør, dype kjellere, håndtering av overvann og bevisstløs drenering.

Et historisk perspektiv på sikkerhet og beskyttelse ved norske vannverk

Sylvi Gaut, *Norges geologiske undersøkelse (NGU)*

1850-årene synes å markere et skille i norsk vannforsyning. Kombinasjonen av tilgang på ny teknologi og en ekspansiv byutvikling gjør at perioden kan regnes som startfasen på vannverksutbyggingen i Norge. Det var også på denne tiden man begynte å se sammenhengen mellom sykdomsspredning og de hygieniske forholdene og i 1860 kom "Sundhetsloven" som rettet fokus mot behovet for god vannforsyning. Ut over 1900-tallet økte forståelsen for god drikkevannskvalitet og sentrale og lokale myndigheter var bekymret for konsekvensen av økt bebyggelse og industri i vannkildenes nedbørsfelt.

Næringsmiddeloven kom i 1933 og den ga blant annet økt statlig styring av drikkevannsforsyningen og satte krav til vannkvalitet og tilsyn med vannverk.

Den første drikkevannsforskriften kom i 1951, men trådte ikke i kraft før 1953. Her ble det for første gang stilt krav til at vannkilden skulle være sikret så godt som mulig mot bakteriell forurensning og mot tilsig fra skadelige stoffer. I oppfølgingen av forskriften ble det lagt spesiell vekt på å hindre permanente forurensningskilder i nedbørsfeltet, særlig kloakkavløp. Oppfølging av drikkevannsforskriften fra 1951 førte også til at man etter hvert skaffet en oversikt over vannverk. I starten gjaldt det de største vannverkene, mens for dagens Vannverksregister er grensen satt til 50 personer. Gjennom driftoppfølgingsprosjektet (DOP) i perioden 1986-1994 ble alle vannverk vurdert. Resultatene viste et klart behov for oppgradering av svært mange vannverk i Norge for å oppnå en tilfredsstillende vannkvalitet.

Drikkevannsforskriften ble revidert i 1995 blant annet som følge av krav fra EU. Det ble eksplisitt forbudt å forurense vannforsyningssystemet. Ny revidering i desember 2001 førte også til at det formelt ble stilt krav om to hygieniske barrierer for å sikre vannkvaliteten.

Mye av fokuset på god vannkvalitet og beskyttelse av vannkilder i Norge har frem mot slutten av 1970-tallet vært rettet mot overflatevann, da dette har vært og er landets viktigste vannkilde. Unntak har vært store vannverk som Korgen (Lillehammer), basert på grunnvann fra løsmasser. I sluttrapporten for NGUs GiN- (Grunnvann i Norge) prosjekt (Ellingsen 1992) står det: "Det er gjort lite for aktivt å beskytte grunnvannet i Norge. [...] At grunnvannet likevel er forholdsvis godt beskyttet mot forurensning, skyldes derfor mer tilfældigheter enn bevisst satsing." Det legges riktig nok til at veilederne "Drikkevann A3" (Folkehelse 1987) og GiN-veileder nr. 7 (Eckholdt & Snilsberg 1992), som begge omhandler beskyttelse av grunnvannskilder, til sammen utgjør et godt faglig grunnlag for bedre beskyttelse av grunnvannskilder.

Både GiN-prosjektet og deretter Program for vannforsyning (PROVA), som begge hadde som mål å øke bruken av grunnvann, har bidratt til å gjøre befolkningen klar over at også grunnvannskildene våre må beskyttes. Klausulering, beskyttelse og sårbarhet er fokusert gjennom prosjekter ved blant annet universitetene (Faneprojekt Gardermoen), NVE og Jordforsk (nå Bioforsk). Folkehelseinstituttet har revidert sin veiledningsserie om drikkevann (Folkehelseinstituttet 2006), og NGU jobber nå med en revidering av GiN-veilederen om beskyttelse av grunnvannskilder. Den vil blant annet ta for seg grunnvannsmodellering og bruk av geofysiske metoder som viktige verktøy for karakterisering og beskyttelse av grunnvannskilder.

Arbeidet med sikkerhet og beskyttelse av norske vannverk vil bli drevet fremover av EUs drikkevannsdirektiv. Direktivet stiller krav til karakterisering og risikovurdering av alt vann. I tillegg krever direktivet overvåking, beskyttelse og konkrete tiltak rettet mot utbedring av den kvantitative og/eller kvalitative tilstanden av vannkilder som har en risiko for ikke å oppnå god tilstand innen 2015.

Takk rettes til Wenche Fonahn ved Folkehelseinstituttet for bakgrunnsmateriale gjennom hennes foredrag "Vurdering av vannkilden som en hygienisk barriere i et historisk lys" holdt på fagtreff i Vannforeningen november 2007.

Referanser

- Eckholdt E., Snilsberg P., 1992: Grunnvann. Beskyttelse av drikkevannskilder. GiN-veileder nr. 7. NGU Skrifter 105, 24 s.
- Ellingsen K., 1992: Grunnvann i Norge (GiN). Sluttrapport. NGU Skrifter 111, 35 s.
- Folkehelse, 1987: Beskyttelse av grunnvannskilder. Drikkevann A3, Statens Institutt for Folkehelse, 30 s.
- Folkehelseinstituttet, 2006: Vannforsyningens ABC - et oppslagsverk om drikkevann.
<http://www.fhi.no/artikler/?id=46542>
- Johansen T.A., 2004: Det viktige vannet. Norsk vann- og avløpshistorie. Interconsult ASA, 271 s.

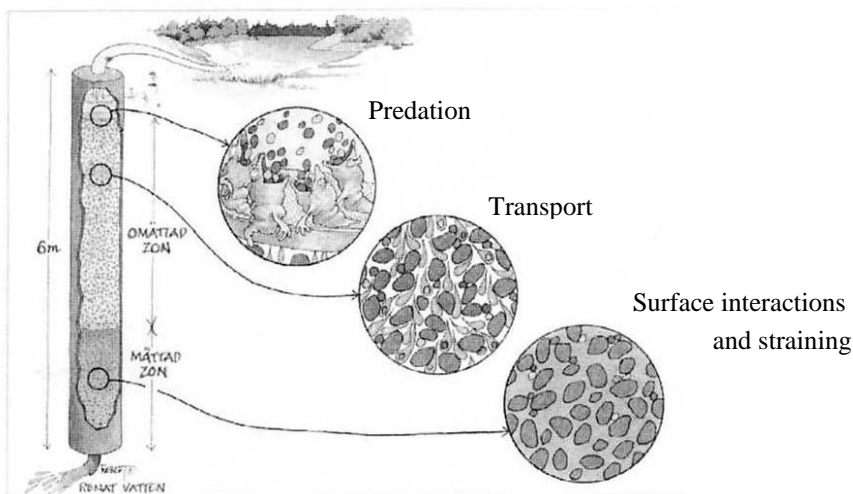
Pathogens in the subsurface – mobility and attenuation

Hanne M. L. Kvitsand, PhD Candidate, Dep. of geology and Mineral Resources Engineering Norwegian University of Technology and Science (NTNU)

Synopsis from an ongoing literature study concerning survival and mobility of pathogens in groundwater and soils.

Migration of disease-causing microbes into and through soil represents a potential risk for contamination of groundwater resources. Estimates suggests that microorganisms can travel significant distances (meter - km) in the field, especially when preferential flow pathways through macropores, cracks and fractures are present. However, rapid transport pathways cannot explain all events of pathogenic contamination of groundwater. Transport of disease-causing microorganisms occurs in most groundwater systems, and is an important mechanism for waterborne disease transmission.

Transport of microorganisms may occur in any soil system where there is presence of moisture, in connection with advection, dispersion and diffusion. The removal mechanisms are distinguished between inactivation/death and separation processes (chemical surface reactions or physical filtration/straining). Pathogen removal is usually most prominent in the upper layers of the unsaturated zone, where the biological activity and predation is high, and where changes in the environmental conditions are more prominent.



Mobility and attenuation of pathogens in groundwater (Lund et al 2006).

Groundwater may be protected against pathogenic contamination by applying adequate setback distances between the source and pumping well, using the soil and sediment as a barrier. According to current guidelines, the setback distance should correspond to a travel time of 60 days, which is assumed to ensure adequate inactivation of pathogenic bacteria. However, both viruses and protozoa have slower inactivation rates in the environment compared to bacteria, indicating that current requirement of travel time is not sufficient. At the same time, enhanced sorption to soil grains may contribute to increased retardation and removal of these pathogens compared to bacteria.

The transport and removal factors perceived to be of importance for the fate of pathogens are mainly studied separately under controlled laboratory experiments and the conclusions

extrapolated to describe the fate in the natural environment. Very few studies have examined the effect of multiple factors interacting in the environment, and the complex interaction of factors controlling their fate of pathogens is poorly understood. Further research in macro and full scale is therefore needed.

References:

1. Lee, H., Abu-Ashour, J., Joy, D. M., Whiteley, H. R., Zelin, S. 1992: *Transport of microorganisms through soil*. Water, air and soil pollution 75: 141-158, 1994. Kluwer Academic Publishers.
2. Schijven, J. F. 2001: *Virus Removal from Groundwater by Soil Passage – Modeling, Field and Laboratory Experiments*. Ponsen & Looijoen B. V., Wageningen. ISBN: 90-646-4046-7.
3. Engblom, K., Lundh, M. 2006: *Mikrobiologisk barriärverkan vid konstjord grundvattenbildning – en litteraturstudie om påverkande faktorer*. VA-Forsk rapport Nr 2006-10.
4. Lund, M., Holmström, E., Långmark, J., Rydberg, H., 2006: *Reduktion av naturlig organisk material och mikroorganismer i konstjord grundvattenbildning. – Del 1: Kolonnforsøk med natursand från Gråbo*. VA-Forsk rapport Nr 2006-19.
5. WHO 2006: *Protecting Groundwater for Health. Managing the Quality of Drinking-water Sources*. WHO Drinking – water Quality Series. World Health Organization. IWA Publishing. Pp. 49-76. ISBN13:9781843390794.

Innrapportering av brønner og grunnvannsrapporter til NGU: Bruk av data og forvaltning av lovverket

Pål Gundersen, *Norges geologiske undersøkelse (NGU)*

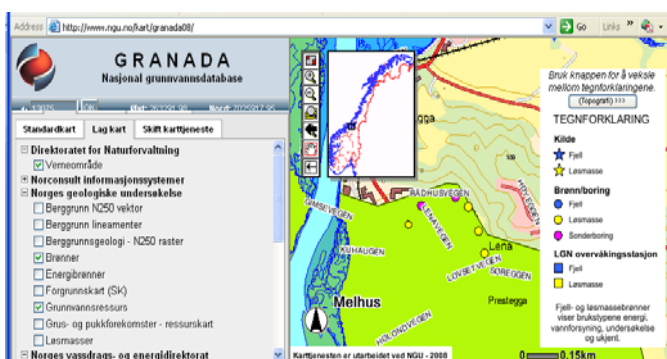
Fra 1965 til 1995 har NGU kontinuerlig hatt gående større nasjonale kartleggingsprogrammer om grunnvann. Dette har ført til økt kunnskap om de norske grunnvannsressursene, og bidratt til at det i dag er en omfattende bruk av, og boring etter grunnvann. Samtidig har energiboringer blitt mer og mer vanlig, og de utgjør nå ca. halvparten av alle brønnboringer på land.

Parallelt med dette har man hatt et økende behov for å lagre og tilgjengeliggjøre de erfaringene man har gjort og gjør. "Brønn databasen" ved Norges geologiske undersøkelse har følgelig eksistert i ulike former og blitt et viktigere og viktigere verktøy siden starten med "Vannboringsarkivet" på 1950-tallet. Etter en revidering av vassdragsloven i 1992 ble brønnboringer og grunnvannsundersøkelser dessuten oppgavepliktig, og siden det har datamengden og -kvaliteten forbedret seg betydelig. NGU har nå nesten 50.000 borerapporter og mer enn 1300 rapporter om grunnvann.



Brønn data ble tilgjengeliggjort over *internett* med "Brønnboringsdatabasen" (senere "Brønn databasen") i 1996, men fra og med 2005 ble alle brønn data utelukkende publisert gjennom den mer omfattende "Nasjonal Grunnvannsdatabase" (GRANADA). "Brønn databasen" som begrep brukes nå følgelig kun om selve innrapporteringsordningen. Oppgaveplikten for *rapporter* om grunnvann ble et prioritert område fra 2006. Rapporter uten tilgangsbegrensninger legges ut via Nasjonal Grunnvannsdatabase, grunnvann.no og gjennom NGUs biblioteksystem.

Men NGU har brukt mye ressurser og til dels sanksjoner de siste årene for å få ordningene til å fungere. De fleste brønnborefirma innrapporterer nå et troverdig antall brønnboringer per år, mens det ennå vil ta litt tid til innrapporteringen av grunnvannsrapporter fungerer optimalt.



For øvrig vil ny versjon av GRANADA presenteres, samt nye innrapporteringsapplikasjoner for grunnvannsrapporter og for brønnparker. Vi vil også vise hvor historiske brønn- og grunnvannsdata kan søkes opp, og diskutere utviklingen av nye brukerorienterte tjenester innen brønnboringer og grunnvann.

Betydning av grunnvanns- og markvannsforhold for tilsig og kraftsituasjon

Hervé Colleuille¹, Stein Beldring¹, Erik Holmqvist¹ and Lars Egil Haugen²

¹Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE), Hydrologisk avdeling, ²Universitetet for Miljø- og Biovitenskap (UMB), Institutt for plante- og miljøvitenskap

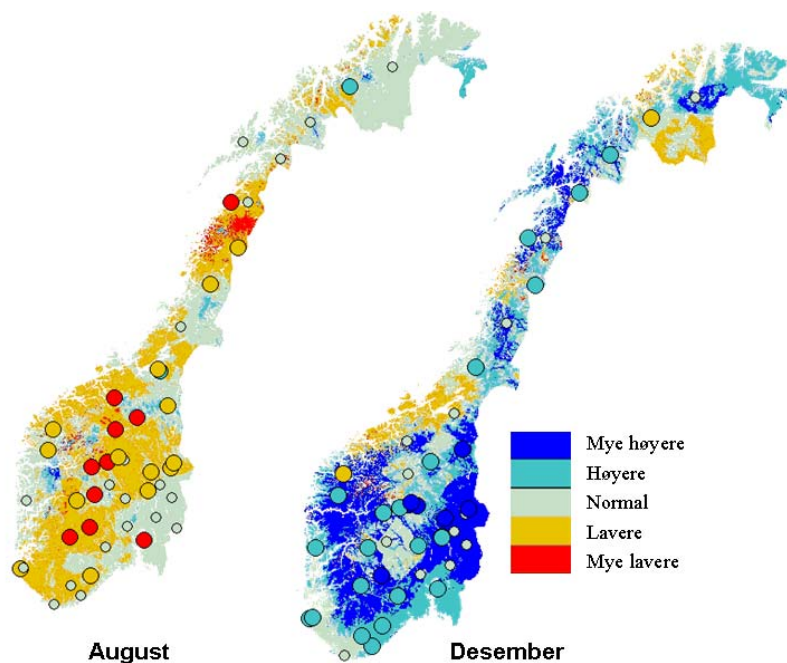
Kjennskap til markvann- og grunnvannstilstand er grunnlaget for en god forvaltning av vannressurser. I perioder uten nedbør eller snøsmelting sørger grunnvannstilsig for at vannføringen i elver og tilsiget til kraftmagasiner opprettholdes. Ved lave vannføringer er praktisk talt hele vannføringen grunnvannstilsig. Undersøkelser utført i Norge viser at grunnvannstilsig kan utgjøre mer enn 80 % av vannføringen i små uregulerte vassdrag ved lave vannføringer (f. eks. Wong og Colleuille, 2005). Siden grunnvannstilsig utgjør en så stor del av totalavrenningen, spesielt om vinteren, er best mulig forståelse av viktige prosesser tilknyttet grunnvannsfornyelse av stor betydning for prognosering av forventet tilsig.

Det hender at tilsiget til kraftmagasiner om våren blir mindre enn forventet ut fra målte snømengder noe som ofte blir knyttet til at vårværet har ført til stor fordamping fra snødekket (Tollan A., 2000). Fordampingen fra snøen (sublimasjon) er ofte neglisjerbar mens virkningen av oppfyllingen av markvannslageret ved infiltrasjon av smeltevann ofte er undervurdert. Hvor stor del av nedbør/smeltevann som raskt går til grunnvannsfornyelse avhenger av jordas vanninnhold. Så lenge jordas vanninnhold er mindre enn feltkapasitet er fornyelsen av grunnvann ubetydelig. Vurderinger av tilsigsprognose for grunnvann foretas gjennom en sammenligning av jordas aktuelle vanninnhold med jordas vanninnhold ved feltkapasitet. Når jordas aktuelle vanninnhold er mindre enn feltkapasitet benevnes forskjellen jordas lagerkapasitet (markvannunderskudd) og beregnes i mm. Jordas lagerkapasitet er for Sør Norge størst i sommerhalvåret når vegetasjonens vannforbruk er størst. I høyfjellsområder med moreneavsetninger, registreres også stort markvannunderskudd om vinteren (Beldring et al., 2005; Colleuille et al., 2007; Colleuille et al., 2008). Dette skyldes langvarige perioder med snø og tele, kombinert med lav vanninfiltrasjon og drenering av jordlagene i den øverste delen av jorda.

NVE, Hydrologisk avdeling er i ferd å utvikle et operativt system for automatisk oppdatering av status for grunnvann og markvann (Colleuille et al., 2008). Oppdateringen baseres på en kombinasjon av daglige observasjoner og modellsimuleringer. Observasjonene stammer fra det nasjonale overvåkingsnettet for grunnvann og markvann (Colleuille og Stenseth, 2007). Simuleringene av markvann og grunnvannstilstanden baserer seg på en distribuert HBV-modell (Beldring et al., 2003) med en romlig oppløsning på 1 km². For å få bedre analyse av markvannslageret anvendes i tillegg en endimensjonale vann- og energi-balansemodellen COUP (Jannsson og Karlberg, 2004).

Systemet ble presentert på NGU seminar i 2007 (Colleuille et al., 2007) og metoden og de første resultatene ble presentert i Colleuille et al. 2007 og Colleuille et al. 2008.

Informasjon om tilstand for grunnvann og markvann er tatt i bruk ved analyse av kraftsituasjonen i tilknytning til tørken sommeren og høsten 2006. I store deler av Norge var august 2006 tørrere enn på mange år. Enkelte steder ble det registrert den laveste grunnvannsstanden på 30 år. Selv om det kom kraftig nedbør i september forsvant mye av nedbøren, først for å gjennomfukte tørr jord, og deretter for å fylle opp tørre grunnvannsmagasiner. Dette forklarer at kraftmagasiner fikk mye mindre påfyll enn nedbøren skulle tilsi. Mildt vær og rekordnedbør førte til at tørken var på retur i november (Figur).



Figur: Grunnvannsstand i forhold til normalt i 2006. Kartene er basert på beregnede verdier. Sirklene viser faktiske observasjoner.

Referanser:

- Beldring S., Colleuille H., Haugen L.E., Roald L.A., Øverlie T., 2005. Climate change impacts on hydrological processes in headwater catchments. HEADWATER CONTROL IAHC konferanse. Bergen, juni 2005.
- Beldring S, Engeland K, Roald LA, Sælthun NR, Voksø A (2003) Estimation of parameters in a distributed precipitation-runoff model for Norway. Hydrology and Earth System Sciences 7:304-316.
- Colleuille og Stenseth, 2007. Nasjonalt overvåkingsnett for grunnvann og markvann. Drift og formidling 2006. Status pr. februar 2007. NVE rapport 2007
- Colleuille H., Beldring S., Mengistu Z., Wong W.K., Haugen L.E., 2007. Prognosesystem for grunnvann og markvann basert på daglige simuleringer og sanntidsdata. Det 16. nasjonale seminar om hydrogeologi og miljøgeokjemi. NGU rapport 2007.003.
- Colleuille H., Beldring S., Mengistu Z., Wong W.K., Haugen L.E., 2007. Groundwater and Soil Water for Norway based on daily simulations and real-time observations. Chapter 43 (567-579). Series IAHS-Selected papers. Aquifer Systems Management Darcy's Legacy in a World of Impending Water Shortage. Ed. L. Chery and G. de Marsily.
- Colleuille H., Beldring S., Mengistu Z., Haugen L.E., Øverlie T. Andersen J. and Wong W.K 2007. Monitoring system for groundwater and soil water based on simulations and real-time observations: the Norwegian experience. NHC 2008. Island August 2008. NHP Report .
- Jansson PE, Karlberg L (2004) Coupled heat and mass transfer model for soil-plant- atmosphere systems. Royal Institute of Technolgy, Dept of Civil and Environmental Engineering, Stockholm .
- Tollan A., 2000. Vanlige misforståelse i hydrologien. Vann 3-2000.
- Wong K.W. og Colleuille H., 2005. Elv og grunnvann. Estimering av grunnvannsbidrag til det totale avløpet ved hydrogramseparering. NVEs Miljøbasert Vannføring rapport 5.2005.

Hydrogeologisk kartlegging av en lukket akvifer: Numedalsprosjektet

Atle Dagestad, Hans de Beer og Aline Saintot, *Norges geologiske undersøkelse (NGU)*

Som en del av GEOS programmet (Geologi i Oslo-området) har området mellom Kongsberg og Hvittingfoss i Numedalen blitt valgt til å gjennomføre ulike hydrogeologiske undersøkelser. Hovedformålet med undersøkelsene har vært å kartlegge ulike hydrogeologiske forhold langs en typisk norsk dalgang med varierende men betydelig løsmassemekthet og skiftende berggrunnsgeologi. Deler av dette studiet har vært fokusert rundt løsmasseakviferen til Hvittingfoss vannverk. Asplan Viak as foresto i begynnelsen av 1990-tallet kartleggingen av denne antatt glasifluviale løsmasseakviferen med grunnboringer, brønnetablering samt kapasitets- og kvalitetsvurderinger, og grunnvannsanlegget sto ferdig utbygd i 1993.

Undersøkelsene viste at akviferen er noe atypisk sett ut fra norske forhold med bl.a. over 30 meter overdekning av lavpermeable marine sedimenter og et mineralrikt grunnvann med høyt innhold av fluor ($> 2,5$ mg/l). Den betydelige overdekningen ga store utfordringer i kartleggingen av akviferens utstrekningen og tilsigsområdet. Et fåtall grunnboringer indikerte en meget begrenset utstrekning på akviferen, mens en kapasitet på > 10 l/s ga imidlertid indikasjoner på en betydelig større utstrekning. For å kompensere for usikkerhet i akviferens utbredelse ble det etablert forholdsvis store beskyttelsessoner rundt grunnvannsanlegget.

Formålet med de nye studiene utført i regi av NGU var å kartlegge utstrekningen på akviferen og tilsigsområde bedre gjennom å utføre tilleggsundersøkelser. Disse undersøkelsene besto i geofysiske undersøkelser med bruk av SkyTEM (airborne geophysics) og 2D resistivitet (bakkegeofysikk), samt nye grunnboringer. Det ble også utført kartlegging av strukturgeologien (berggrunnsgeologi og sprekkesystemer) samt kartlegging av grunnvannskjemi i etablerte grunnvannsbrønner i fjell for å vurdere betydningen av infiltrasjon fra omliggende fjellgrunn til løsmasseakviferen. Det ble i tillegg utført temperaturmålinger av grunnvannet i produksjonsbrønnen samt datering av grunnvannet (SF_6 og CFC) for å estimere oppholdstid på grunnvannet.

Resultatet fra de geofysiske undersøkelsene viste at det ikke var mulig å skille akviferen ut fra omliggende finkornige sedimenter. Årsaken til dette er trolig at akviferen ligger dypt og har begrenset utstrekning, samtidig som kontrasten i resistivitet mellom over- og underliggende sedimenter eller berggrunn, og de mer grovkornete glasifluviale akviferavsetningene, er moderat. De geofysiske undersøkelsene viste imidlertid et mektig sammenhengende dekke av finkornige (silt/leire) sedimenter i brønnefeltets nærområde. Dette ble også verifisert i utførte grunnboringer i det samme området, og viser at grunnvannskilden er meget godt beskyttet mot overflateforurensninger. Grunnboringene viste også at akviferen har en noe større utbredelse langs dalgangen enn antatt ut fra tidligere undersøkelser. Sammenstilling av grunnvannskjemi indikerer at infiltrasjon fra omliggende fjellgrunn kan utgjøre en betydelig del av nydanning av grunnvann til løsmasseakviferen ved at det ble funnet tilsvarende høye fluorverdier i fjellbrønner som i løsmasseakviferen. Strukturgeologisk kartlegging antyder også mulige foretrukne strømningsveier gjennom åpne sprekkesystemer til brønneområdet. Dateringsanalysene av grunnvannet ga divergerende resultater der gjennomsnittlig alder varierte fra over 40 år til nåtid. Resultatene gir derfor ingen dokumentasjon på oppholdstid på infiltrert overflatevann. Utførte temperaturmålinger i produksjonsbrønnen viser imidlertid meget liten variasjon over året og indikerer at grunnvannet har hatt en betydelig oppholdstid i grunnen før det når brønnen.

På bakgrunn av resultatene fra de utførte undersøkelsene er det utarbeidet et forslag til revidering av tidligere foreslåtte beskyttelsessoner rundt anlegget, med en betydelig reduksjon i utstrekning på sonene.

Termogeologi – et nytt (og gammelt) fag; Framtiden for hydrogeologer?

David Banks, *Holymoor Consultancy*

Jordens og vannets evne til å lagre sommervarme og vinterkulde har lenge vært kjent. For USA og Norge var ”kulde” en viktig eksportvare for mer enn 100 år siden. Norske eksportører fraktet is til London for å tilfredsstille engelskmennenes behov for isbiter i sin sherry. I 1856 inngikk Kragerø iskonger, Johan Martin Dahll, en kontrakt med Carlo Gatti, som leverandør av vinteris fra Tokke-vassdraget til Gattis islager (isbrønner) i nord-London.

Denne dyre importeringen av is, samt et behov for kjøling ombord i båtene som fraktet frukt og kjøtt, stimulerte forskning omkring konseptet ”varmepumpe”. Richard Trevithick, William Thomson (Lord Kelvin) og James Harrison hadde alle en viss tilknytning til skipsindustrien.

I 1805, foreslo amerikaneren, Oliver Evans, et kjøleskap som fungerte på kompresjons-ekspansjonsprinsippet. Cornwaleseren Trevithick tenkte ut et dampdrevet kjøleapparat i 1828, men det var Jacob Perkins og John Hague som faktisk bygde den første varmepumpen (et kjøleapparat) i London omkring 1834.

Thomson (som senere ble Lord Kelvin) kan anerkjennes som verdens første ”termogeolog”. I 1862, brukte han termiske prinsipper for å beregne jordens alder til mellom 20 og 400 millioner år. Dette regnestykket avhang av en god kjennskap til den geotermiske gradienten: Dette stimulerte forskere som Joseph Prestwich, J.D. Everett og George Lebour til å seriøst studere temperaturforhold i undergrunnen. Men ikke nok med det; i 1852 skrev Thomson artikkelen '*On the economy of heating or cooling of buildings by means of currents of air*', hvor han foreslo hvordan en varmepumpe kunne benyttes til oppvarming av rom.

Heinrich Zoelly, fra Sveits, patenterte grunnvarmepumpen i 1912. På 1930-tallet, var grunnvanns- og overflatevannsbaserte systemer i bruk i USA og Sveits. I 1945 konverterte Robert C Webber sin amerikanske fryseboks til å danne verdens første fungerende ”lukket”-grunnvarmesystem. Nå i dag rapporteres det om flere enn 200,000 fungerende grunnvarmesystemer i Sverige.

Det er kanskje ironisk at, 150 år etter at Norge begynte med eksport av grunnkulde til England, er Nordens ekspertise i grunnvarme nå anerkjent og etterlyst i Storbritannia og andre steder i Europa, hvor grunnvarmeindustrien raskt tar av. Og hydrogeologer har en viktig rolle å spille i den termologiske fremtiden. Vår moderne hydrogeologiske viten utviklet seg fra Clarence Lubins innsikt i parallellene mellom varmeoverføring og grunnvannsstrømning på 1930-tallet. Det finnes en direkte analogi mellom ligningene som beskriver laminær grunnvannsstrømning og varmeledning i fjell. Likedan er matematikken som beskriver adveksjon av varme med grunnvannsstrømning lik den som beskriver forurensningstransport med vann. Disse ligningene benyttes av termogeologer for å utforme grunnvarmesystemer - henholdsvis ”lukkede” og ”åpne” systemer. Vi kan gå videre med analogien mellom termogeologi og hydrogeologi. Vi kan definere en *aestifer*¹ (”varmemagasin”) med et varmebudsjett som beregnes på samme måte som en akvifers vannbudsjett. Vi kan forøvrig drive med ”kunstig infiltrasjon” av varme til jorden om sommeren, med uttak om vinteren - en meget bærekraftig måte å forvalte vår varmeressurs på!

¹ Fra Lucretius “De Rerum Natura” (omkring 60 f. Kr.): ”...*aestifer ut tantum radiorum exaugeat ictum*”, hvor *aestifer* kan forstås som ”ladet med varmet”: se Possanza DM (2001), *Phoenix* 55, 137-141.

Selv om det fortsatt finnes store utfordringer med drikkevannsforsyning i mange verdensland, kan man argumentere at termogeologien (en integrert forståelse av grunnvanns- og grunnvarmeressursen) er fremtiden for hydrogeologi i Europa. Er man hydrogeolog, har man en ferdiglaget teoretisk "grunnmur" til å forstå termogeologi.

Kan hydrogeologi hjelpe oss å redusere energiforbruket?

Ingrid Flatland Dyrud, Mastergradstudent Høgskolen i Telemark og Sweco Norge AS

*Utdrag fra Masteroppgave med tittel: Kartlegging av grunnvarmepotensialet i Seljord
- Hydrogeologisk kartlegging av et infiltrasjonsmagasin.
Transient 3D modellering*

Bakgrunn:

I 1987 ble den første energibrønnen i Seljord basert på grunnvannsvarme satt i drift (energibrønn og kjølingsbrønn for Seljord lysfabrikk). I 2006 fantes det seks energibrønner og i 2007 var tallet steget til ti brønner. Flere av energibrønnene har vist seg å være en lønnsom investering, blant annet for Seljord kommune som har redusert strømutfordringene etter at grunnvarme ble oppvarmings- og kjølingskilde til sykehjemmet i kommunen. Den globale energisituasjonen, med CO₂-utslipp og klimaendringer setter søkelyset på fornybare og lokale energikilder. Grunnvannsmagasinet i Seljord har vist seg å være godt egnet for uttak av grunnvarme og dermed en energiressurs. Det var derfor interessant å undersøke områdets sedimentologi og grunnvarmepotensiale.

Sammendrag:

I 2007 ble det gjennomført hydrogeologiske undersøkelser i et grunnvannsmagasin i Seljord, Telemark. Formålet med undersøkelsene var å finne potensialet for uttak av grunnvannsvarme. Det er foretatt georadarmålinger, boringer, og analyser av boreprøver. I ni flernivå-undersøkelsesbrønner er det målt temperaturer og grunnvannsnivå på 5, 10 og 20 meter dyp og det er registrert temperaturer og fluktuasjoner i vassdragene rundt akviferen. Dataene har blitt brukt til å utvikle en sedimentologisk modell og til å bygge en tre dimensjonal grunnvannsmodell for simulering av grunnvannsstrømning og varmestrøm. Det er brukt finite element modellen FEflow 5.3 (WASY, 1979-2007). For vurdering av uttakspotensialet er det utarbeidet et transmissivitetsskart og et temperatursenkingskart. Avhengig av avstand til vassdrag er grunnvannstemperaturene stabile på 15 til 20 meters dyp med temperaturer målt på 7-9 °C (9 brønner). Resultatene viser at det er mulighet for store pumpekapasiteter og at det er gode temperaturer for bruk av grunnvarme. Det er også gjort et kart over grunnvarmepotensialet (kW) som viser at potensialet varierer mye innenfor grunnvannsmagasinet. Flere større næringsbygg i Seljord ligger i områder som er egnet for grunnvarmeuttak. Kartleggingen og kunnskapen har ført til at grunnvarme blir vurdert på lik linje med andre energikilder ved utbygging og rehabilitering.

Akkerhaugen Gartneri; utredning av muligheter for ATES

Hans de Beer, *Norges geologiske undersøkelse (NGU)*

Akkerhaugen Gartneri i Sauherad kommune, Telemark, har i dag tradisjonell oppvarming av sine cirka 18.000 m² veksthus med en kombinasjon av fyringsolje og elektrisitet. Gartneriet produserer tomater i perioden fra 1. februar til og med slutten av september. På grunn av økt fokus på miljøaspekter ved drivhusproduksjon av grønnsaker, samt økte energipriser, har Akkerhaugen Eiendom AS bedt NGU å utrede muligheten for bruk av grunnvann og varmepumpe der en lagrer overskuddsvarmen fra drivhuskjøling i sommerhalvåret i undergrunnen for gjenvinning og bruk i vinterhalvåret (Aquifer Thermal Energy Storage, ATES).

Generelt er muligheter for energilagring i undergrunnen sterkt avhengig av lokale grunnforhold, hydrogeologiske forhold, energibehov og eventuelle nødvendige tillatelser. I nærheten av Akkerhaugen Gartneri ligger Nedre Sauherad vannverk som forsyner Sauherad kommune med drikkevann fra 2 grunnvannsbrønner. En eventuelt energilagring i nærheten av vannverket kan ikke etableres innenfor sikringssonene til vannverket og det bør kunne påvises at systemet på ingen måte påvirker vannverkets uttaksområde, når det gjelder vannmengde, vannkvalitet og temperatur.

Hydrogeologiske undersøkelser er utført for å vurdere muligheten til å bruke undergrunnen som energikilde og energilager. Utførte sonderboringer har avdekket et vannførende gruslag (akvifer) som har de rette hydrogeologiske egenskaper for energilagring. Akviferen består av et gruslag overdekket av en finsandig elveavsetning, som ikke har en direkte hydrauliske forbindelse med akviferen som benyttes til vannforsyningen. Avsetningen har god hydraulisk permeabilitet, men er forholdsvis begrenset horisontal utstrekning og mektighet. Det er gjennomført numerisk - modellering av grunnvanns- og varmestrømning. Modellberegninger antyder at akviferen ut fra et hydraulisk og termodynamisk synspunkt er egnet til lagring av varme og kulde, men at kapasiteten er begrenset på grunn av at akviferen er forholdsvis liten. Et ATES-system med både lagring av kaldt og varmt vann betraktes som realistisk ut fra hydrauliske og termodynamiske aspekter. Grunnvannskvalitet kan derimot være en begrensede faktor, særlig for høye konsentrasjoner av jern og mangan. Det forutsettes bruk av varmepumpe til både oppvarming og kjøling av drivhusene, slik at temperaturen til infiltrasjonsvannet kan økes til cirka 30 °C i begynnelsen av fyringssesongen (slutten av kjøleperioden) og senkes til cirka 4 °C mot slutten av fyringssesongen (begynnelsen av kjøleperioden). Oppumpet grunnvann kan trolig dekke 25-50 % av effektbehovet i perioden med størst behov for oppvarming i vintertid. Tilsvarende tall for driftsperioden etter sommeren er inntil 95 %. For å redusere usikkerhetene i de utførte numeriske simuleringer og beregninger, er det anbefalt å etablere grunnvannsbrønner for å gjennomføre langtids prøvepumping og infiltrasjonstester samt kjemiske analyser av grunnvannet. I tillegg er det anbefalt å gjennomføre detaljerte modellberegninger på timebasis med data fra prøvepumpingen for å vurdere systemets evne til å håndtere raske endringer i uttaks- og infiltrasjonsmengder. Resultatene av prøvepumpingen og numeriske analyser kan brukes til videre vurdering av prosjektets gjennomførbarhet og eventuell videre teknisk prosjektering av VVS systemet.

Noen problemstillinger med energibrønner. Behov for økt aktsomhet på industriområder?

Olav Lind, *Sweco Norge AS*

Bakgrunn

Tveiten AS gjennomførte et tverrfaglig prosjekt på Notodden i 2006/2007 i forbindelse med et nytt industribygg. Første utfordring var sanering av forurensede masser i tomta, deretter prosjekterte vi et grunnvarmeanlegg, og til slutt et naturbasert avløpsrensaneanlegg. I alle faser var det forskjellige problemstillinger, og hydrogeologi gikk som en rød tråd gjennom alle delprosjektene. Byggherren ønsket raske avgjørelser fordi byggeprosjektet allerede var forsinket.

Bedriften hadde ervervet ei tomt nær Heddalvannet, i deltaområdet til Heddøla. Først da byggearbeidene startet ble byggherren klar over at det både var geotekniske og forureningsmessige problemer knyttet til grunnen på tomta.

Sammendrag

Problemmassene som måtte saneres var lagdelte. Øverst var det 2-4 meter med industriavfall (slagg, aske og granulat fra Tinfos Jernverk), og underst var det ca. 2 meter med bark. Saneringen omfattet bare byggetomta slik at det på alle sider av bygget fortsatt ligger tilsvarende masser. Barken lå delvis under grunnvannsspeilet. Grunnvannsmagasinet under tomta er et infiltrasjons-magasin, som kommuniserer direkte med Heddøla og Heddalsvannet. Heddalsvannet er uregulert slik at grunnvannsspeilet fluktuerer normalt mindre enn 0,5 meter. Utløpet fra Heddalsvannet er trangt, og i store flomperioder er oppstuvning et problem.

Bedriften hadde planlagt å varme bygget med et luft til luft anlegg. Men i løpet av saneringsperioden ble det klart at et grunnvarmeanlegg basert på grunnvannet kunne være et bedre alternativ. På grunn av at saneringsprosjektet hadde medført en merkostnad på ca. 1 mill. kr. for bedriften, og et stabilt grunnvannsspeil/grunnvannsreservoar ble påvist, foreslo vi at det skulle bygges en billig **horisontal** brønn både for kjøling- og oppvarming. På grunn av at byggeprosa skulle tilbakefylles med rene masser, ville både overfyllingen og det fremtidige bygget over gi akseptable temperaturer på grunnvannet i oppvarmingsperioden.

I forbindelse med prosjektering av ny E 134 ca 150 meter fra tomta var det tidligere påvist store variasjoner i løsmassene, og områder med høyt silt/leirinnhold ned til 30-40 meters dyp. Dette indikerte at forundersøkelser var nødvendig dersom det skulle etableres en vanlig vertikal grunnvannsbrønn, og at en slik brønn også kunne få begrenset kapasitet eller bli dyr. Avgjørelsen måtte tas raskt fordi prosjektet var forsinket, og bygget kontrahert.

Varmepumpeanlegget ble dimensjonert for 50 kW, og vi dimensjonerte en brønn for 30 m³/time. Selve brønnen består av et 30 meter langt Ø 110 mm PVC-filter med slissebredde 0,3 mm. 12-32 mm pukklag ble brukt til omfyllingsmasse, og utenfor pukklaget ligger det en fiberduk. I den ene enden av brønnrøret ble det gradvis bygd opp en vertikal brønn (parallelt med tilbakefylling av rene masser) med betongringer på Ø 1,5 m som avsluttes med lokk i gulvet i verkstedet midt inne i bygget. På grunn av et horisontalt lag på ca. 0,3 m tykkelse i hele grøftelengden ble brønnen lagt i en pukkseng med Ø ca. 1,5 m omsluttet av en **fiberduk**. I følge filterdukens spesifikasjoner skulle vanngjennomgangen være mer enn tilstrekkelig. Det viste seg relativt

raskt at brønnen ikke var så produktiv, og etter ca. 6 mnd. ble kapasiteten målt til ca. 5 m³/time. Dette nærmet seg en rådgivers mareritt!!

Mulige årsaker til problemet ble diskutert, og det ble gjennomført forskjellige undersøkelser basert på de problemstillinger som var aktuelle. Det ble konstatert at filteret ikke var tett, og at grunnvannspeilet stod tilstrekkelig høyt. Analyser viser at det er litt forhøyet jern- og manganinnhold i grunnvannet.

Det ble derfor konkludert med at det var fiberduken som var tett. Men siden bygget var etablert over brønnen var det begrensede muligheter for å få kontrollert duken og avdekket hva problemet egentlig besto i.

Vi konkluderte imidlertid til slutt med at slimdannende mikroorganismer fikk mer enn tilstrekkelig næring fra omliggende bark, og at et konsortium av mikroorganismer gradvis hadde bygd opp ei gjentettingshinne på filterduken. I tillegg til at byggherren ikke aksepterte en slik teori, mente man at vi skulle forutsett at dette kunne skje.

Tveiten AS påtok seg økonomisk ansvar for den ”tette” brønnen, og vi ble enige om at Tveiten AS skulle prosjektere en alternativ løsning. Vi engasjerte brønnborer til forundersøkelser, og etablerte en 5/4 ” brønn fra bunnen av den vertikale brønnen inne i bygget. På grunnlag av resultatene fra forundersøkelsen, prosjekterte vi en ordinær vertikal grunnvannsbrønn med 6 meter stålfilter med 0,3 mm slissebredde på 12-18 meters dyp under bygget. Riggeren sto inne i verkstedbygget, og bortsett fra brudd i en hydraulikkslange, gikk brønnetableringen greitt.

Etter 2 måneders drift produserer grunnvarmeanlegget langt mer energi enn byggherren har bruk for.

Men 100000 kr. spørsmålene i et hydrogeologisk og praktisk perspektiv blir fortsatt :

Var tanken om en horisontal brønn helt på jordet?

Var fiberduken helt overflødig?

Kan gjentettingsproblemet skyldes annet enn en biologisk gjentettingshinne?

Kan tilsvarende problem oppstå med den vertikale brønnen?

Er alle svarene ja, må vi være aktsomme med grunnvarmebrønner i gamle industriområder.

Jeg har behov for svar; imøteser alle slags kommentarer, og takker for oppmerksomheten.

Submarine Groundwater - The last frontier in hydrogeology

Fridtjov Ruden, *Ruden AD AS, and of Department of Mathematical Sciences and Technology, Norwegian University of Life Sciences (UmB)*

Although described by the geographer Strabo in the Levant more than 2000 years ago, the existence of fresh water under the sea floor has until recently been a neglected resource. With recent advances within low frequency EM prospecting technology, coupled with an increasing demand on the World's water resources, submarine hydrogeology may be considered a discipline with considerable growth potential. There is an interesting inverse relationship between the elevation and the size of aquifers; indicating that most if not all of the World's large aquifers are situated well below the sea. Submarine aquifers are classified according to the mechanism of fresh water emplacement, ranging from proglacial and subglacial infiltration in the higher latitudes, via local flow cells driven by artesian pressure, to the effects of sea level variations, and the entrapment of connate water in subsiding sedimentary basins. Often, the presence of fresh submarine aquifer water is the result of a combination of the above mechanisms. Examples of the presentation include the Grand Banks Aquifer off Newfoundland, the Loyd Aquifer off New Jersey, hydrogeological consequences of the Messinian salinity crisis in the Mediterranean, and the Zanzibar Basin Aquifer.

FOREDRAG

12. mars

The Geochemical Impact of Civilization; Why Geochemistry in the Anthropocene Period Matters

Dr. Marty Goldhaber, USGS

This talk deals with two concepts that might not be familiar to everyone. The first is 'Landscape Geochemistry', and the second is the 'Anthropocene'. Modern geochemistry, as defined by V.M. Goldschmidt, "studies the distribution and amounts of chemical elements in minerals, ores, rock, soils, waters, and the atmosphere and the circulation of elements in nature on the basis of their atoms and ions".. Landscape geochemistry is a subdiscipline of geochemistry which "...deals with the study of the environment that occurs at or near the daylight surface of the Earth" (Fortescue, 1980). The geochemical landscape results from the interaction of the lithosphere with the hydrosphere, atmosphere, and biosphere over geological, pedological and ecological time, together with the cumulative effects of humanity's activities during the past few hundred years. The magnitude of anthropogenic effects is becoming increasingly apparent. In 2002, the Nobel Laureate chemist, Paul Crutzen, coined the term Anthropocene. He suggested that due to increased population and economic development, human activities are having such a dramatic impact that we are now the dominant geologic force at work reshaping the face of the planet. The use of this informal term is increasing. A Google search yields about sixty thousand hits. Recently, the members of the Stratigraphic Commission of the Geological Society of London suggested that the scale of human impact is such, that a case can be made for the Anthropocene being considered a formal geological epoch. For example, humans have already transformed 40-50% of global ice-free land surface and humans are now an order of magnitude more important at moving sediment than the sum of all other natural processes operating on the surface of the planet. Much current interest is focused on global climate (IPCC 2007). However, our species is rapidly modifying the chemistry of the regolith as well and these impacts may have equally important consequences to humanity's future. Aldo Leopold, a renowned American conservationist, observed, "the reaction of land to occupancy determines the nature and duration of civilization" (Leopold 1933).

Assessing and developing mitigation strategies for the impacts of human activities on earth surface processes are difficult but critical tasks for today's geochemists. A major challenge to studying the short-term imprint of humanity on longer-term natural processes is the extremely large range in scales of space and time that are involved. The processes that control the development of regolith profiles occur over periods ranging from less than microseconds to more than millions of years. Spatial scales within the regolith vary over 17 orders of magnitude, from the atomic to the global scale. Spatial scales of anthropogenic inputs also differ; from localized (pollution from a single factory), to regional (acid rain), to potentially global (nitrogen, mercury, lead) and the approaches to characterize impacts at these disparate scales differ. Geochemical landscape studies provide an approach to characterize the interaction between natural and anthropogenic processes over these time and spatial scales. In this talk, I will give examples of landscape geochemical studies in both Europe and North America and how they are being used to address the rapidly changing face of our planet in the Anthropocene.

The Future of Geochemistry at Geological Surveys

Clemens Reimann, *Geological Survey of Norway (NGU)*

In many European countries adequate regional geochemical surveys based on regionally appropriate sample material have been completed. The question whether there is anything left to do for geochemists at Geological Surveys appears thus justified. At the same time there are two major political developments that have an important impact on the tasks of geochemists in Geological Surveys:

- globalisation, and
- urbanisation.

At many surveys regional geochemistry has until quite recently been focused on national scale or local mineral resources related studies. Today data are needed on the continental scale and on a very local and detailed scale in areas where people live. Examples for such data are the recently published "Geochemical Atlas of Europe" at the continental scale and urban geochemistry project at the local scale. Environmental issues play a much more important role than previously and the analytical programs need to be modified accordingly.

Multi-element geochemistry has had its stronghold in Geological Surveys for more than 40 years. Geological Survey laboratories were at the forefront of developing analytical techniques for inorganic analyses and improving detection limits. Due to the costs of funding of laboratories and the ever increasing prices of equipment, Geological Surveys world-wide are losing this competitive edge. During the last 10 years multi-media geochemistry has played an important role and it could be demonstrated that to understand the geochemical processes at the earth's surface the regional geochemistry of a variety of materials, representing different parts of the ecosystem, are required. Furthermore the importance of scale for the interpretation of geochemical patterns has been understood.

Geochemical data are still needed at different scales: continental, national and local, for a variety of different purposes. Geological Surveys have a unique opportunity to become national data base centres for environmental data. There are no other organisations working at all scales. Data that support the understanding of the processes controlling transport of substances between lithosphere, pedosphere, hydrosphere, biosphere and atmosphere, and their fate that ultimately link to human health, are urgently needed. Close cooperation with biologists, soil scientists, toxicologists, epidemiologists and medical researchers will be needed for the future work. Both, continental and urban scale are ultimately linked via human health issues. Medical Geology may provide an important vehicle to better sell the importance of regional geochemistry to politicians and the general public.

Selected Pharmaceutical Residues in Norwegian Sewage Treatment Plants and the Adjacent Aqueous Environment - An environmental study with focus on climate and treatment technology influences

Tone Helland, *NTNU*

During the past decade, pharmaceuticals have received increased attention in environmental research due to the fact that pharmaceutical residues are found in aqueous environments associated with effluents from sewage treatment plants (STP) and other potential environmental sources. Both in veterinary, aquaculture and in human medicine, large amounts of antibiotics are used for therapeutic purposes and disease control. In livestock, pharmaceutical the use is extended to also include growth promotion. Many pharmaceuticals are excreted to a large extent unchanged after administration. Therefore they are transferred via urine and feces into the wastewater and subsequently to the aqueous environment. In addition, old or unused medication is often disposed uncontrolled and illegally through the drains in households into the wastewater with obvious environmental consequences. This study has quantified Ibuprofen (incl. major transformation products), Diclofenac, Triclosan and Caffeine in sewage effluent. The influence of climate related parameters as well as different treatment techniques on levels and distribution in the adjacent aqueous environment were thoroughly investigated and discussed in the presentation.

Occurrence and origin of hydrocarbons in bottom sediments from south-western Barents Sea

Stepan Boitsov and Jarle Klungsøyr, *Institute of Marine Research, Bergen*

In 2006, an extensive MAREANO program of detailed mapping of sea bottom environment of the Norwegian shelf has been started in Norway. An important part of this project is the mapping of chemical contaminations in marine sediments. Hydrocarbons are of particular interest, due to the start of oil exploration in the Norwegian Arctic. Levels and sources of polyaromatic hydrocarbons (PAH) and total hydrocarbons (THC) are investigated by Institute of Marine Research (IMR).

Sediment cores have been collected at more than 30 locations in South-Western Barents Sea during 3 cruises carried out in 2006 and 2007. The analysis of the samples collected during the first cruise in 2006 indicates relatively low natural levels of hydrocarbons in the studied area with little or no anthropogenic influence. Thus, in surface sediments, summed levels of PAH (22 compounds and 8 groups of alkylated compounds) are typically around 200 ng/g dry weight, while THC levels are about 6 µg/g dry weight. Sediment core analysis reveals only an insignificant increase in concentrations of certain PAH in recent sediments as compared to deeper layers, or no increase at all. A few locations in fjord areas show an increase for several pyrogenic PAH, not reaching significantly high levels at any point. According to the classification of Norwegian State Pollution Control Authority (SFT), levels of benz[a]pyrene, chosen as the reference compound due to its known carcinogenic properties, are judged as insignificant-or-little contamination at all locations (below 10 ng/g dry weight).

PAH may have various natural origins: pyrogenic, petrogenic or biogenic. The compounds may enter sea sediments from the outer marine environment, from local sources or due to long-range transport, and may also leak up to the surface from deep oil reserves. Oil seepages are found in numerous places in the Barents Sea; one manifestation of their presence may be the pockmarks, geological formations found on the sea bottom. Numerous pockmarks have been found in the studied areas during Mareano cruises; it is considered possible that some of the pockmarks may be active at present time. Distinguishing between various sources of PAH may therefore be a challenge when analysing hydrocarbon composition of the studied sediment samples. A discussion of possible sources of PAH observed in the studied sediments will be given based on known relations between the compounds linked to the source. Sedimentation rates, determined by NGU, and ¹³⁷Cs-measurements, carried out at IMR, in the cores taken from or around the pockmarks, will be discussed to provide a generalised conclusion on the sedimentary environment of the pockmark area.

A regional geochemistry survey of the surficial deposits of Spitsbergen

Tor Erik Finne and Rolf Tore Ottesen, *Geological Survey of Norway (NGU)*

In 1986-1987, Store Norske Spitsbergen Kulkompani (SNSK), in a joint venture with Norsk Hydro (NH), financed and facilitated a low sampling density regional geochemistry mapping project for mineral prospecting purposes in Spitsbergen. The group for geochemistry at the Geological Survey of Norway (NGU), in collaboration with NVE (now The Norwegian Water Resources and Energy Directorate), introduced the feasibility of sampling overbank sediments for geochemical mapping also in areas of permafrost dominated by glaciers, and carried out the project in collaboration with SNSK and NH. The results of this project were initially kept confidential between the partners, but later released by the owner, SNSK.

During a busy month of field work, a helicopter was used to obtain material from the drainage basins, collected at 650 stations outside the National Parks and Refuges defined in 1986. Brief field descriptions were made, and 10-30 kg material from each site was taken to the laboratory of NGU for drying, splitting and sieving to <0,06mm. All samples were analysed for nitric acid soluble content of some 30 elements, including Au, as well as for the total content of about 35 elements, also including Au.

For descriptive purposes, samples were grouped according to the major lithology of their respective drainage basins, and signatures of the major units were used for focusing prospecting activities during the following years.

Over the years, map production facilities have improved greatly, and analytical possibilities as well. In 2008, NGU will publish new maps of these 650 samples from Spitsbergen, and examples of these will be shown.

Mose og epifyttisk lav som indikator på luftforurensning i Øst-Finnmark

Masteroppgave i naturressursforvaltning-naturmiljøkjemi ved NTNU

Ragnhild Oline Eliassen, NTNU

Lufttransportert forurensning fra Russland til Øst – Finnmark har vært et velkjent problem i årevis. Spesielt Sør – Varanger kommune mottar utslipp fra svoveldioksid (SO₂) og tungmetaller fra smelteverkene i Nikel og Zapoljarny, like over grensen i Russland. En rapport fra samarbeidsprosjektet mellom Norge, Russland og Finland om felles miljøovervåking i grenseområdene fra 2007, viser at utslippene av SO₂ er uakseptabelt høye, og at utslippene av toksiske tungmetaller som nikkell og kobber har økt de siste 15 årene. SFTs statusrapport fra 2002 om effektene av luftforurensning i grenseområdet, viser blant annet kontaminering av tungmetaller, endring i jordsammensetningen og forsuring av jordsmonnet i grenseområdet. Dette påvirker i stor grad de terrestriske økosystemene i områdene rundt Nikel.

I 1984 utarbeidet Inga E. Bruteig en hovedfagsoppgave som tok for seg epifyttisk lav som indikator på luftforurensning i Øst – Finnmark. Professor Eiliv Steinnes har i en årrekke utført landsomfattende undersøkelser av tungmetaller i mose, der i blant ved lokaliteter i Øst – Finnmark. En rekke andre undersøkelser viser at mose og epifyttisk lav er svært godt egnet som indikator på luftforurensning.

Masteroppgaven tar utgangspunkt i hovedfagsoppgaven i vegetasjonsøkologi av Inga E. Bruteig, høsten 1984. Hovedmålet med oppgaven er å kartlegge skadevirkningene på norsk side av industriutslipp i Russland, først og fremst industribyen Nikel. I tillegg er det tatt prøver av mose og epifyttisk lav for kjemiske analyser, der innholdet av en rekke tungmetaller er bestemt ved hjelp av ICP-MS. Resultatene viser høye konsentrasjoner av toksiske metaller i lokaliteter nær grensen og i vindretning fra smelteverkene. Samtidig viser lavregistreringen at den totale dekkningen av epifytter går kraftig ned fra referanseområdet mot økende forurensning i områder nærmere utslippskildene.

Lead in the Norwegian environment: Contribution from natural and anthropogenic sources

Eiliv Steinnes, *Department of Chemistry, NTNU*

Ever since the 1970s, it has been evident that Norway is substantially exposed to Pb deposition from transboundary air pollution, particularly in the far south. Investigations of aerosols, precipitation, moss samples, surface soils, peat cores, and natural higher vegetation all point in the same direction. Investigations of dated peat cores indicate that the atmospheric deposition of Pb in Europe was high already in the 19th century, and reached a maximum around 1970. Since the late 1970s, Pb deposition has been monitored regularly in Norway by precipitation analysis and moss surveys, and has declined substantially all over the country. In the far south the current Pb deposition is only around 6% of the level experienced in the mid 1970s.

The long-lasting Pb deposition has caused extensive pollution of natural ecosystems. In surface soils the Pb concentration in the humus layer is consistently tenfold higher in the far south than in the areas of middle and northern Norway moderately exposed to air pollution. In the C-horizon of the soil, a corresponding geographical difference is absent. The Pb content in higher vegetation has been, and still is, significantly influenced by airborne Pb. Plant material from coniferous forest sites in Sørlandet and Sør-Trøndelag, representing leaves and twigs of the most common plant species in these ecosystems, were collected in 1982, 1992, and 2002 from the same sites. The temporal trend in Pb concentration in most cases follows that of atmospheric deposition, indicating that the source is predominantly surface deposition and not lead uptake from the soil.

Natural lead has four stable isotopes: ^{204}Pb , ^{206}Pb , ^{207}Pb , and ^{208}Pb . The primordial isotopic composition of lead in the Earth's crust is continuously changed by addition of ^{206}Pb , ^{207}Pb , and ^{208}Pb from the radioactive decay of respectively ^{238}U , ^{235}U , and ^{232}Th . The uranium and thorium content thus influence the Pb isotopic composition in a given geological sample. Stable lead isotope ratios have been shown to be very useful in tracing pollutant lead and its relative contribution to total lead in environmental samples. Most frequently the $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ is used for this purpose. Measurements of polluted air in Europe over the last 20 years have shown this ratio to vary within the range 1.10-1.17 in most cases. Lead isotope studies of moss samples from different parts of Norway at different times have made it possible to indicate the most important source regions at any time. From a strong contribution from mainland Europe in 1977 a more dominant supply from UK was evident in 1985. In recent years the $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ ratio in moss indicates that most of the remaining transboundary lead supply to Norway is derived from Russia and other countries in the former USSR.

Lead isotope ratios also appear to be very useful in assessing the contribution of pollutant lead to the total lead content in soils. Soil samples from podzol profiles at 14 forest sites in different parts of Norway were subjected to Pb isotope analysis. In the surface layer the $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ was in most cases close to 1.150, which may represent an average of the pollutant lead supplied over time. The $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ ratio increased gradually down the profile, reaching a constant level at 40-60 cm depth. This level, presumably representing the natural lead in the soil, varied within the range 1.20-1.70. Assuming a two-component mixture of natural and pollutant lead the percentage of pollutant lead at different depths in each profile could be calculated. In the south more than 95% of Pb in the humus layer was anthropogenic, and even at remote sites in the north 80% or more was of pollution origin.

Heavy metals in the pristine Norwegian environment: man made (LRT) or nature at work?

Clemens Reimann, *Geological Survey of Norway (NGU)*

A strong gradient in Pb-concentrations from north to south was detected in the early Scandianvian moss surveys at the south tip of Norway. At that time, this gradient was immediately taken as proof for the severe impact of transboundary air pollution on the pristine Norwegian Environment. The strong concentration gradient was interpreted as being caused by Pb emissions from central European sources. The same gradient could be shown when using humus samples and the fact that no comparable gradient is found in the C-horizon of the underlying soils appeared to back the interpretation that the anomaly is caused by long range atmospheric transport of air pollutants. Later work on Pb-isotopes showed that the concentration gradient is not accompanied by a gradient in isotope ratios, Pb isotope ratios are rather surprisingly constant over most of the country and always much lower than isotope ratios found in C-horizon soils or rock samples. This was taken as final proof that over all of Scandinavia more than 80 % of the lead in the organic soil layer and in vegetation is due to an anthropogenic input. The total historical lead production is over 200 million metric tons and lead was used from 1923 until the late 1980s in leaded gasoline. Thus, such an impact did not appear completely unreasonable at first glance, even given the surface area of Scandinavia and in fact the whole world.

However, when studying the geochemistry of the south tip of Norway in more detail there exist several facts that provide strong arguments against above interpretation. Already the Geochemical Atlas of Norway showed a strong geogenic lead anomaly in S-Norway using floodplain sediments. The Baltic Soil Survey showed the same anomaly using agricultural soils and the anomaly was visible in both the A_p-horizon and the B-/C-horizon. Furthermore, many other elements showed a strong enrichment at the S-tip of Norway, e.g. Be, Bi, Cd, Ga, Mo, Nb, Sb, Se, Sn, Tl. The enrichment of all these elements cannot be caused by input of long range atmospheric transport. Rather the question arises whether there exist other gradients in S-Norway that could cause the observed patterns for all elements together.

O-horizon and C-horizon samples were collected along a 200 km long transect from the S-tip of Norway (Mandal) and with Songavatnet as the northern boundary. As expected a very strong, more than tenfold gradient in Pb-concentrations is observed from Mandal (300 mg/kg) to Songavatnet (20 mg/kg) in the O-horizon but not in the C-horizon and on average the Pb-concentrations in the O-horizon are almost 9 times higher than the Pb concentrations in the underlying C-horizon. There are, however, a number of elements that show an even stronger concentration gradient than Pb from south to north, among them Au, Cadmium, Sb, Ag, K and S all show a stronger relative enrichment in the O-horizon than Pb (relative to C-horizon). These gradients are not related to a precipitation gradient. They are, however related to a bio-productivity gradient. As early as 1937 Goldschmidt pointed out the importance of the O-horizon as a geochemical barrier and demonstrated the influence of plants transferring elements from the substrate to the O-horizon, trapping and enriching these elements here, depending on the kinetics of the biogeochemical cycle.

Lead isotopes show almost no variation along the transect in the O-horizon and differ completely from those displayed in the C-horizon. The question thus arises whether Goldschmidt's plant pump can also interfere with isotope systematics. In total, interpretation of the anomaly in S-

Norway depends critically on the relative influence of the biosphere on element cycles at the earth surface. Do plants interact with surface geochemistry? Can we really expect that minerogenic soils provide the background signal (element concentrations and isotope ratios) for the biosphere? Are plants a passive receptor of anthropogenic inputs – or are they an active player in element cycles? If plants are able to change the surface geochemistry of O-horizon soils, we need to expect that they will also be able to change isotope ratios. In such a case there exists at present no established regional background variation to compare our Pb isotope measurements in the atmosphere against and to judge the real anthropogenic impact. This study provides an excellent case why we need multi element, multi media geochemical surveys as carried out by Geological Survey Organisations.

A geochemical survey of topsoil in Porsgrunn – first results

Yngvil Holt, *MSc in Environmental Chemistry, Norwegian University of Science and Technology (NTNU)*

Porsgrunn is a municipality in the southeast of Norway. In the summer of 2007, approximately 300 samples (with a significant number of duplicates) of surface soil (0-2 cm) were taken systematically within the area of Porsgrunn. The samples were mainly taken from the industrial and the urban parts of the municipality.

The samples were dissolved in 7M HNO₃ and analysed for 29 elements with ICP-AES, cadmium with ICP-MS, mercury with cold-vapour technique (CV-AAS) and tin with graphite furnace (GF-AAS).

The purpose with these examinations is i.a. to get an overview of the distribution of heavy metals in the area, identification of source of pollutions, assessment of health risk etc. It is also of great interest to look at the results compared to the development of industry and population in Porsgrunn.

Økt oppløsning av olivin som ledd i CO₂ lagring

Tove Anette Haug, *Norwegian University of Science and Technology (NTNU)*

Magnesiumrik olivin kan benyttes til å lagre CO₂ ved å danne magnesitt (magnesiumkarbonat), og i Norge er det god tilgang på olivin. Det endelige målet for prosjektet som min PhD grad er en del av, er å finne en oppløsnings- og utfellings prosess mellom olivin, vann og CO₂ som er energieffektiv nok til å kunne brukes industrielt. Naturlige reaksjoner mellom olivin og regnvann er godt kjent. CO₂ løst i regnvann løser over tid mange type silikater, og olivin er i følge Goldich sin beskrivelse av forvitring det mineralet som forvitrer lettest. De naturlige reaksjonsratene er ikke raske nok til å utnyttes til industrielle formål, så for at olivin skal kunne utnyttes, må reaksjonshastigheten økes. Naturlig ressurstilgang og bra naturlig kinetikk sammenlignet med andre magnesiumrike mineraler, har gjort at olivin er valgt til laboratoriumundersøkelser.

Økning av reaksjonshastighet kan gjøres på flere måter, og jeg har benyttet mekanisk aktivering som forbehandlingsmetode av olivin. Mekanisk aktivering innebærer veldig høy-intensitetsmaling med relativt kort knusetid. Reaksjonsevnen til den mekanisk aktiverte olivinen ble vurdert ved oppløsning i fortynnet saltsyre. Olivinsand ble aktivert ved bruk av en laboratorium-skala planetmølle ved bruk av forskjellige maletider og vanntilsetning. Selve oppløsningsforsøket ble gjennomført ved rombetingelser. Bruk av løst CO₂ i vann, som egentlig er målet, er vanskelig ved rombetingelser og saltsyre ble brukt som en forenkling.

Oppløsningshastighet vurdert opp mot krystallinitet av materialet og overflateareal viser at destruksjon av krystallinitet er veldig viktig for oppløsningshastighet gitt i g/min.

PCBs from local sources on Svalbard

Morten Jartun, Tore Volden and Rolf Tore Ottesen, *Geological Survey of Norway (NGU)*

Samples of surface soil, paint, concrete, oils, and capacitors were collected from central areas of the (former) settlements in Barentsburg, Pyramiden, and Longyearbyen on Svalbard during summer 2007. The content of polychlorinated biphenyls (PCBs) was determined in all samples, and the main goal was to study possible PCB-containing products and their significance to local contamination of surface soils in these areas. The median concentration of PCB₇ in surface soil from Barentsburg and Pyramiden was 0.268 and 0.172 mg/kg, respectively. In Longyearbyen the median concentration was below detection limit of 0.004 mg/kg. The median concentrations found in Barentsburg and Pyramiden are 40-60 times higher than those found in similar surveys from Oslo, Bergen, Trondheim, Harstad, and Tromsø. High concentrations of PCBs in paint were also found in Barentsburg (up to 3520 mg/kg), Pyramiden (up to 1290 mg/kg), and Longyearbyen (up to 0.695 mg/kg). Small capacitors collected from electrical installations in Barentsburg and Pyramiden contained concentrations of PCB₇ up to 114000 mg/kg. No traces of PCBs were found in samples of capacitors from Longyearbyen. Surface soils in the settlements of Barentsburg and Pyramiden are heavily contaminated with PCBs. Based on the discovery of high concentrations of PCBs in samples of paint and electrical installations; these are probably the most important sources of PCBs in these areas. This study has not focused on whether the high concentrations of PCBs in surface soils may contribute to increased concentrations in e.g. marine sediments. However, large amounts of waste, old electrical installations, and demolished/abandoned buildings are spread around on the surface in these two areas. Mobilization and transport of pollutants by e.g. fluvial- and eolian erosion and snowmelt takes place and will lead to a direct transport of PCBs to the marine environment. Immediate abatement is necessary.

Geokjemiske fordelinger har fraktale dimensjoner

Bjørn Bølviken

Fraktaler er geometriske former som er likeartede enten de betraktes på avstand eller på nært hold. Nyere data indikerer at naturlige geografiske fordelinger av kjemiske elementer følger slike lovmessigheter. Dette er av stor interesse ved geokjemisk kartlegging, fordi signifikante hovedtrekk i naturlige geokjemiske fordelingsmønstre lar seg påvise ved analysedata fra et begrenset antall prøvepunkter, også i tilfeller da det undersøkte areal er meget stort. Denne erkjennelse åpner muligheten for at global geokjemisk kartlegging lar seg realisere innenfor akseptable økonomiske rammer.

Principal Component Analysis (PCA) and Factor Analysis (FA) with geochemical data: problems and possibilities

Clemens Reimann¹ and Peter Filzmoser²

¹Geological Survey of Norway (NGU), ²Institute for Statistics, TU Vienna, Austria

PCA and FA are two frequently used multivariate statistical techniques in Applied Geochemistry. Their principal aim is dimension reduction. PCA accounts for maximum variance of all the variables, FA accounts for maximum intercorrelations. Both methods are based on the correlation or covariance matrix. Geochemical data are compositional data, they sum up to a constant, e.g. 100 wt.-% or 1,000,000 mg/kg once all chemical elements are accounted for. This has serious consequences for all correlation based techniques, because the data are not free to vary, the data are "closed". One such consequence, is for example, that none of the much-used classical correlation coefficients is mathematically valid for such data. Further problems encountered with geochemical data include different data ranges, variability, skewness, the data distribution in general, censored data, inhomogenous data, spatial dependence, dimensionality and the existence of data outliers - all must be taken care of before a PCA or FA is entered.

This presentation will discuss some of the special properties of geochemical data and their impact on data analyses. Several methods to open closed data arrays will be presented and their effect on the results obtained with multivariate correlation based methods will be demonstrated. Both procedures, PCA and FA need to be undertaken with care, ensuring that their assumptions are met as closely as possible, that the data are appropriately conditioned, that outliers are handled judiciously, and that problems posed by data closure were considered.

POSTER- PRESENTASJONER

Hydrogeological modeling in the Brumunddal area

Tesfamarian Berhane Abay, *University of Oslo*

During the last decades several wells yielding up to 100,000 l/h have been drilled in the reddish Brumunddal Sandstone, which covers approximately 10 km² near Lake Mjøsa, Southern Norway. Most of the wells are situated along prominent fracture zones. The Brumunddal sandstone with its high porosity and competent character facilitates water flow along the many steeply-dipping and flat lying joints. During last summer (2007), field work was conducted. Samples of rocks were taken to understand the geology and hydrogeology of the area. Ground water levels were measured during the field stay and further measurement will be considered during spring 2008.

Data from the wells show that ground water occurs through out the area underlain by this sandstone. Considerable variation in the ground water level has also been recorded. To understand the flow conditions within the aquifer, detailed studies will be carried out into the aquifer properties, and the influence of rivers, while estimation of recharge will also be considered.

Numerical model solutions will be used to check the adequacy of the understanding of the flow processes. Visual MODFLOW, a numerical ground water flow model, will be used to evaluate the impacts of ground water exploration on stream flow depletion.

The method provides a framework for isolating and quantifying the impacts of aquifer pumping on stream baseflow in sandstone terrain. Having validated the model by comparisons with field data, the model will then be used to predict the probable water level changes in the future.

Reactivity of alum and black shale in the Oslo region, Norway

Abreham Yacob Abreham, *University of Oslo*

Mineralogical and chemical analysis of alum shale and black shale samples were performed using XRD, XRF, sulfur chemical analysis, petrographic and scanning electron microscopy. Samples from two study areas in the Oslo region, Konows gate and Slemmestad have abundant quartz and pyrite. Calcite and gypsum minerals were also found in the Konows gate and Slemmestad areas samples. Other minerals in small concentrations such as barite, chalcopyrite, pyrrhotite, sphalerite and dolomite were detected by the petrographic and scanning electron microscopy.

The microscopic analysis (SEM and reflected light ore microscopy) showed recrystallization of the pyrite and graphite minerals in the alum shale. The alum shale from the Konows gate area had high graphite content and recrystallized cubic pyrite, while the Slemmestad samples had small amount of pyrite, most in framboidal form. The vein formations of calcite, pyrite and graphite depicted active site of transformation or reactions, as here there is access for the oxygen and water to come in contact with the minerals of the alum shale.

Geochemical simulations showed extensive reaction of the most reactive and at the same time most abundant sulfide mineral in the alum shale when coexisting with calcite. The pyrite undergoes both aqueous and electrochemical oxidation. The oxidation of pyrite changed the composition and also property of the rock through time. The change in composition may cause swelling problems due to loss of density, because of formation of gypsum due to oxidation of pyrite, and dissolution of calcite. The minerals calcite and pyrrhotite have an effect on the rate of pyrite oxidation. Calcite caused inhibition of the rate of pyrite oxidation but it was important for the growth of gypsum, while pyrrhotite had a catalytic effect on the process of oxidation. Free swelling tests showed that there was no expanding clay or smectite in the alum shale sample from the Konows gate nor in the black shale sample from the Slemmestad.

What can we learn from GPR tomography?

M. Bagher Farmani¹, Nils-Otto Kitterød² and Henk Keers³

¹Department of Geosciences, University of Oslo, ²Norwegian Institute for Agricultural and Environmental Research, ³WesternGeco, Oslo Technology Center

Cross-well Ground Penetrating Radar (GPR) datasets from three adjacent wells were collected near Oslo's Gardermoen airport (Norway) before, during and after snowmelt in 2005. Velocity images from the GPR data, obtained using ray tracing and travel time tomography, provide a time dependent 2D picture of the vadose zone. The electromagnetic (EM) velocity images show two distinct units: delta topset and foreset layers. These results are consistent with GPR surface reflection data, core data, as well as knowledge of local sedimentary geology. Through petrophysical relations (Topp et al. 1980) the EM-velocities were converted to soil water content, which we used as input observations for inverse modeling of unsaturated flow parameters. Two innovative procedures were implemented in this project: (i) optimization of geological geometry and (ii) computation of estimation weights based on ray coverage. Using this method we were able to demonstrate focusing and de-focusing of water infiltration after snow-melt. Focusing of infiltration implies a faster flow than previous predictions. Defocusing implies that smaller volumes of the unsaturated zone take an active part in transport of contaminants. Both focusing and defocusing effects means reduced remediation capacity in the unsaturated zone. By imaging focusing and defocusing of water flow, GPR-tomography can be used to evaluate vulnerability of groundwater resources to contamination from surface infiltration.

Biotilgjengelighet av tungmetaller i barnehagejord i Oslo

Grethe Fremo, NTNU

I forbindelse med prosjektet Ren barnehagejord, i Oslo, har NGU tatt nesten 7000 jordprøver i ca 700 barnehager. Jordprøvene er analysert for 33 grunnstoffer, PAH og PCB. I noen av prøvene ble det funnet meget høye konsentrasjoner av blant annet bly. 24 av prøvene med høyest innhold av As, Cd, Cr, Ni og Pb valgt ut. In vitro biotilgjengelighetstester ble gjennomført for å finne biotilgjengeligheten til de utvalgte metallene.

Barns fysiologi, utvikling og atferd gjør dem spesielt sårbare og mottakelige for jordforurensning. Derfor er det viktig å minimere deres eksponering for miljøgifter som tungmetaller og arsen. Risikovurderinger baseres ofte på toksisitetsstudier hvor forurensningsstoffer inntas med væske eller mat. I slike tester taes det ikke hensyn til forskjeller i biotilgjengelighet i ulike medier. For å bli biotilgjengelig må en forbindelse først mobiliseres fra jorda ved fordøyelse. Jordforurensning kan være mindre biotilgjengelig enn for eksempel forurensning i væske eller mat, og det er derfor mulig at risikoen kan overvurderes. Biotilgjengeligheten avhenger bl a av hvilken form en forbindelse foreligger i. Generelt kan en si at antropogene metaller er mer biotilgjengelige enn naturlige.

Ved å benytte en metode som på best mulig måte simulerer fordøyelsesprosessen i forhold til barns fysiologi, kan en unngå å overestimere risikoen forbundet med barnehagejorda. *In vitro* fordøyelsesprosedyren som er brukt i denne oppgaven tar hensyn til variabler som kroppstemperatur, forhold mellom jord og væske/fordøyelsesvæske, pH, oppholdstid i de ulike deler av systemet, kjemisk sammensetning av de ulike fordøyelsesvæskene og mekanisk behandling slik at oppsettet på best mulig måte simulerer fordøyelsesprosessen i forhold til barns fysiologi.

Denne metoden gir det mest realistiske målet på den maksimale biotilgjengelige mengden i forhold til barns fysiologi. Metoden gir et worst-case scenario for biotilgjengeligheten, og en unngår dermed å underestimere mengden som er tilgjengelig for opptak. Samtidig unngår en å overestimere risikoen forbundet med metallinnholdet i jorda. Dette er viktig å ta med i vurderingen av hvor en skal gjøre tiltak.

Landfill gas from waste sites in Norwegian cities: challenges for climate and human health

Henning K. B. Jensen, *Geological Survey of Norway (NGU)*

The major urban centres in Norway have in the past decades been through a tremendous development. New housing, shopping centres and other urban development projects have increased the demand for areas in the urban centres. This demand also includes closed-down landfills. This in turn presents major challenges to urban planning, causes concern for health and it increases focus on climate gas emissions.

Challenge 1

Many of the sites develop landfill gas (LFG) comprising primarily of methane and carbon dioxide. Many trace components within the LFG are carcinogenic or able to cause severe chronic diseases if humans are exposed for longer periods in in-house climate. Only minor attention has been addressed to this problem the last few years, where development projects have taken place on former landfills. It is documented that people living or working at former landfills are exposed to LFG and associated traces of volatile compounds. However an overview with regard to health effects on both a local and national level is missing.

Challenge 2

The other side of the LFG-problem is the climate gas methane (CH₄), which contributes as much as 2 – 3 % of the total Norwegian climate gas emissions according to calculations by the Statistical Agency (Statistisk Sentralbyrå).

Challenge 3

LFG generation will be modest for several decades after the first years with peak LFG-generation. Additionally the gas migration and emergence at the surface is not easy to predict. There are potentially several hundred landfills distributed throughout Norway where moderate LFG-generation takes place and will continue to do so tens of years to come.

How to meet the challenges?

The combined health and climate challenges suggest that there should be increased efforts to reduce the LFG problem at the old landfills. One such solution is to extract generated LFG from the waste sites before it migrates either into buildings or into the atmosphere. One major task will be improving the removal of LFG from landfills. There is a need for increased R&D into this field. If successful it will reduce climate gas emissions and reduce potential health risks and at the same time increase the value of urban areas. The R&D effort should include collaboration between research institutions, municipalities, environment and pollution authorities as well as industry (waste management, engineering) in a joint effort. Important research topics are organic matter degradation in landfills (degradation rates and duration), improved identification of waste cells with LFG generation, LFG extraction systems and landfill migratory pathways. If possible it would be a major contribution if the produced methane could be exploited for either heating or other purposes. Many countries will have the same problems as Norway. This advocates international cooperation and transfer of technology to the developing countries.

Bruk av aktivt karbon i tynn tildekking av forurensede sedimenter

Silje Nag, NTNU

Forurensning som slippes til vann i Norge, blir ofte liggende i sedimenter på bunnen av fjorder og i havnebasseng langs kysten. Miljøgifter i sedimenter utgjør en risiko for miljøet ved at utlekking kan føre til redusert vannkvalitet, bioakkumulering og biomagnifisering i vannlevende organismer, og spredning til mindre forurensede områder.

Stortingsmelding nr. 14, ”Sammen for et giftfritt miljø”, beskriver fylkesvise tiltaksplaner for opprydding i forurenset sjøbunn for 17 av de høyest prioriterte områdene i Norge. Enkelte tiltak innebærer tildekking av områder større enn 1 km². I Norge er det hittil ingen erfaring med tildekking av så store arealer, og også internasjonalt er erfaringene begrensede.

I tillegg til å være svært tid- og ressurskrevende er det usikkert hvordan tildekking av store arealer vil påvirke det marine plante- og dyrelivet. Det er derfor ønskelig å redusere mengden dekkmateriale mest mulig. To norske forskningsinstitutt, NGI og NIVA, og fire bedrifter, Secora, Agder Marine, NOAH og Hustadmarmor, har gått sammen i et forskningsprosjekt (Opticap) finansiert av Norsk forskningsråd (NFR), for å undersøke mulighetene for tynn tildekking av større områder. Med tynn tildekking menes tykkelse betydelig mindre enn dagens anbefalte minimumstykkelse på 30 centimeter.

Undersøkelser i USA og Norge indikerer at tilsetning av aktivt karbon (AC) til forurensede sedimenter eller til dekklag over forurensede sedimenter, vil øke sedimentenes eller dekklagets sorpsjonsevner og helt eller delvis forhindre hydrofobe organiske forbindelser å bli tatt opp i biota, eller bli transportert til overliggende vannmasser. AC er et kunstig materiale, framstilt av organiske stoffer som har gjennomgått forbrenning med begrenset tilgang på oksygen. På grunn av meget stort overflateareal (300-2000 m²/g) har materialet stor sorpsjonskapasitet for organiske forurensninger.

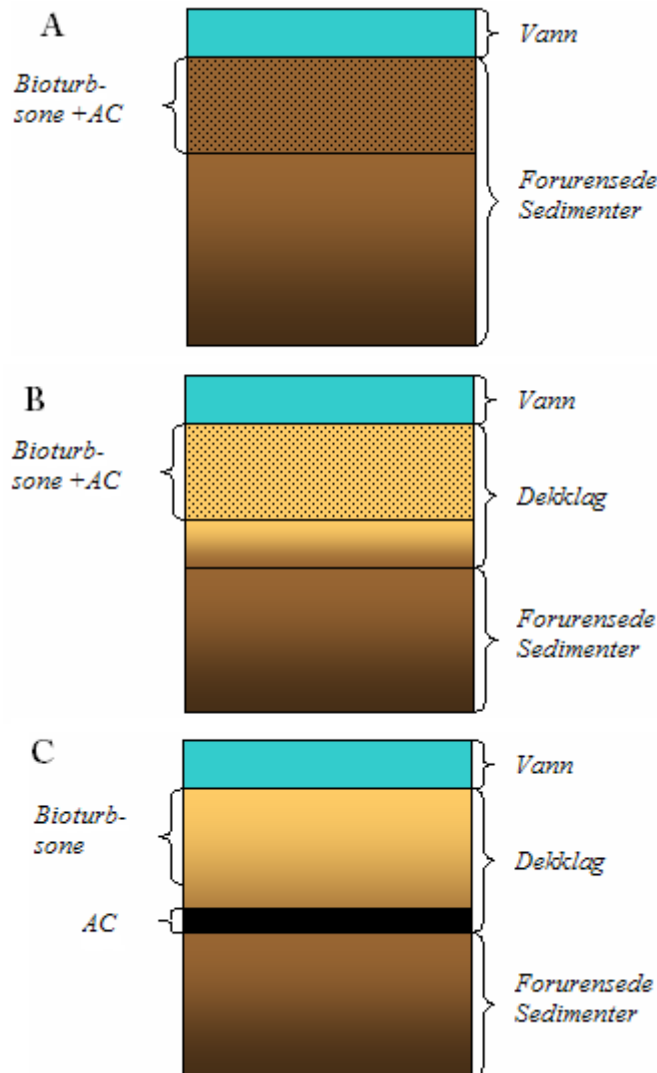
Tilsetning av AC til forurensede sedimenter eller dekklag gir følgende sorpsjonseffekter på organiske forurensninger:

- Økt kjemisk isolasjon i dekklaget
- Redusert forurensningsfluks og økt retensjonstid
- Redusert porevannskonsentrasjon
- Redusert biotilgjengelighet

Adsorpsjon til AC avhenger av dosen AC, ACs kornstørrelse og hvordan AC implementeres i de forurensede sedimentene eller dekklaget. Forskjellige lokale forhold som type sedimenter, type bioturbatører, porevannskonsentrasjon av organiske miljøgifter i sedimentene og forekomst av tilsynelatende adsorpsjon (konkurranse fra andre naturlige organiske stoffer), er også avgjørende for sorpsjonseffekten.

Enkle modelleringsforsøk av diffusjon indikerer at millimeter til centimeter tykke lag av AC, kan hindre miljøgifter å nå maksimal fluks i flere tusen år. Modelleringen er utført kun med hensyn til diffusjon. Andre drivende faktorer som bioturbasjon og adveksjon ved gass eller grunnvann, er ikke tatt med i modelleringen.

AC kan implementeres direkte over de forurensede sedimentene i et tynt lag. Dette vil føre til at graving fra bunnlevende organismer blander AC inn i den biologisk aktive sonen. En annen måte er å kombinere AC med andre dekkmaterialer. Dette kan være fordelaktig, da disse kan ha utfyllende egenskaper ved motstand mot transport eller tilbakeholdelse av tungmetaller eller andre forurensninger.



Figur 1 Ulike måter å implementere AC i sedimenter.

Kilder:

Marsh, H. and F. Rodriguez-Reinoso. 2006. *Activated Carbon*. Elsevier Ltd: 1-12.

Zimmermann, J. R., D. Werner, U. Ghosh, R. N. Millward, T. S. Bridges og R. G. Luthy. 2005. Effects of dose and particle size on activated carbon treatment to sequester polychlorinated biphenyls and polycyclic aromatic hydrocarbons in marine sediments. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 24 (7): 1594-1601.

St.meld. 14. 2006-2007. *Sammen for et giftfritt miljø – forussetninger for en tryggere fremtid*. Tiltrådning fra Miljøverndepartementet av 15. desember 2006, godkjent i statsråd samme dag. 83-87.