

GEOLOGI FOR SAMFUNNET

GEOLOGY FOR SOCIETY



Rapport nr.: 2013.056		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen
Tittel: Kadmium i løsmasser, overflatevann og grunnvann fra Salten som lokalt naturlig bidrag til forhøyet Cd-nivå i taskekrabbe langs kysten.			
Forfatter: Tor Erik Finne		Oppdragsgiver: Fylkesmannen i Nordland	
Fylke: Nordland		Kommune: Beiarn, Bodø, Fauske, Gildeskål, Hamarøy, Meløy, Rødøy, Saltdal, Steigen, Sørfold	
Kartblad (M=1:250.000)		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000)	
Forekomstens navn og koordinater:		Sidetall: 27 Kartbilag: 0	Pris: 115kr
Feltarbeid utført: 23.09-02.10.2012	Rapportdato: 15.11.2013	Prosjektnr.: 349400	Ansvarlig: <i>Belinda Flum</i>
<p>Sammendrag:</p> <p>I 2009 ble det konstatert at klokjøtt fra krabbe fanget på Saltenkysten hadde konsentrasjon av kadmium (Cd) som ofte overskrider EU's grenseverdi for omsetning. Miljøvernavdelinga hos Fylkesmannen i Nordland har oppgaven som koordinator for flere aktørers arbeid med å avklare situasjonen rundt denne miljøtilstanden som har ført til kostholdsråd, stans i kommersiell fangst og påfølgende konkurs. NGU har fått tilskudd fra Fylkesmannen for å utføre tilleggsarbeid i pågående kartlegging i Nordland for å kunne vurdere i hvor stor grad Cd i ferskvann og landmiljø kan tenkes å påvirke situasjonen i krabbebestanden.</p> <p>Prøver av overflatevann og grunnvann ble samlet inn fra hhv 51 og 43 lokaliteter høsten 2012 sammen med et mindre antall løsmasseprøver. Analyser med ICP-MS for Cd i disse prøvene sammen med løsmasseprøver fra tilstøtende områder, og eldre, mer grovmaskede data er brukt for å vurdere om avrenning fra det aktuelle området kan ha betydning for de høye verdiene av Cd i krabbebestanden fra utløpet av Saltenfjorden og nordover. Fokus har vært på å dokumentere tilstanden i vannet i de små vassdragene som ikke tidligere er undersøkt, og som har utløp direkte til sjøen, samt å etablere eventuell sammenheng mellom Cd-status i ferskvann og i berggrunn og løsmasser.</p> <p>I overflatevannet er det bare fire av prøvene som har Cd-konsentrasjoner som overstiger deteksjonsgrensen 0,03 µg/L. Sulitjelma, Saltdal og Beiarn-vassdragene inngår i NIVA's rapportering for Miljødirektoratet til OSPAR (RID), og har alle tilsvarende verdier nå som tidligere publiserte måledata (fram til 2003). Bare to av grunnvannprøvene har verdier over deteksjonsgrensen. Data for vann i små vassdrag hittil ikke rapportert i RID har ikke Cd-verdier som avviker fra det kjente bildet i området.</p> <p>Det opprinnelige regionale bildet av Cd i løsmassene er uendret etter utfyllende prøvetaking, og utover å bekrefte generell kunnskap om at kalkstein/marmor kan ha noe høyere innhold av Cd, er det lite konkret som peker på at det er andre forhold i abiotisk terrestrisk miljø i Salten og Ofoten enn øvrige områder langs kysten, der taskekrabbe ikke er funnet å ha høye Cd-verdier. Et nylig igangsatt større prosjekt på NGU om forvitningsstatus kan bidra til ny kunnskap om geografisk variasjon i Cd-tilgjengelighet.</p>			
Emneord:	Kadmium	Naturlig bakgrunnsnivå	
Berggrunn	Løsmasser	Overflatevann	
Grunnvann			

INNHold

1. INNLEDNING.....	4
2. METODER	5
3. RESULTATER.....	9
4. DISKUSJON.....	13
5. KONKLUSJON.....	25
6. REFERANSER.....	25

FIGURER

Figur 1. Lokalitasnummer for NGUs prøver høst 2012. Figuren viser også tegnforklaring for berggrunnskartet. Cd-konsentrasjoner i sedimenter sommeren 2012.	6
Figur 2. Lokalitasnummer for grunnvannsbrønner prøvetatt av eier seinhøstes 2012, analysert av NGU. Figuren viser også tegnforklaring for berggrunnskartet.. Akvaplan-nivas prøvelokaliteter for sjøbunn angitt med blå punkter.	7
Figur 3. Kart over HNO ₃ -ekstrahert Cd i borkjerner fra 2-3m dyp. Upubliserte data fra NGUs pågående LITO-prosjekt. Kartet viser også Cd i klokjøtt og tilstandsklasse for Cd i sedimenter.	10
Figur 4. XY-diagram som viser reproduserbarhet av data for Cd i løsmasser gjennom 37 feltdubletter i analyseserien "Nordland og Troms" og 34 feltdubletter i serien der prøvene fra høsten 2012 inngikk.	11
Figur 5. Kart over Cd i løsmasser, overflatevann og grunnvann i antatt influensområde for tilstanden i området der krabber har høye Cd-konsentrasjoner. Kartet viser også Cd i klokjøtt og tilstandsklasse for Cd i sedimenter.	12
Figur 6. Sammenstilling av data fra RID for Cd-tilførsel til havet fra Nordland og for Norskehavet, samt data fra Direktoratet for mineralforvaltnings overvåking av Sulitjelmavassdraget pga forurensing fra gammel gruvedrift.	15
Figur 7. Sektordiagrammet viser andel av samlet tilførsel av Cd til havet fra vassdragene i Nordland 2000-11.	16
Figur 8. Utsnitt av kart over Cd i bekkevann for Europa bekrefter nivåene rapportert her og av RID.	17
Figur 9. XY-plottet viser god overensstemmelse mellom konsentrasjoner av Zn og Cd i filtrert bekkevann fra Finland, Norge og Sverige.	18
Figur 10. Kart over overflatevannets innhold av Zn*0,006 som proxy for Cd. Bakgrunnskartet er utdrag av berggrunnskartet etter spørring på kalk*. Kartet viser også Cd i klokjøtt og tilstandsklasse for Cd i sedimenter.	19
Figur 11. Kumulativ frekvensfordeling for Cd i grunnvann fra brønner i fjell fra Sør-Norge.	20
Figur 12. Kart over lokaliteter for sedimenter i Sulitjelmavassdraget analysert for Cd. ØS Øvre Sølvbekkvann, F Fiskløysvann, L5, L6 og L7 tre stasjoner i Langvann i økende avstand fra utslipp av avgang fra foredlingsanlegget, Ø Øvrevann, Fv Fauskevika.	21
Figur 13. Forløpet av Cd-konsentrasjon i sedimenter i Sulitjelmavassdraget fra fjellvann 15km oppstrøms, gjennom deponiet i Langvann, gammel utskipningskai midtveis og til fjordarm like ved utløpet til sjø.	22
Figur 14. Boxplots for Cd i sjøbunn, alle kjernedyp, for Mareano (inkl Barentshavet) 2003-2012, Skagerrak, Salten og Astafjorden. Salten vha van Veen grabb og Niemistö kjerneprøvetaker, ellers overveiende vha multi/minicorer.	22
Figur 15. Cd-nivåer i 13907 sedimentprøver hentet fra MOD-databasen. Median og 98-prosentil for 8 (sammenslåtte) regioner er vist.	23
Figur 16. Utsnitt av kart over forvittringsindeksen CIA i topplaget (0-25cm) av mineraljord i Europa. Høyere verdier indikerer framskredet kjemisk forvitring.	24

1. INNLEDNING

I slutten av januar 2011 fikk NGU en henvendelse fra Miljødirektoratet (Klif), som i samarbeid med Miljøvernavdelinga hos Fylkesmannen i Nordland hadde tatt tak i situasjonen med lokale funn av krabbekjøtt med kadmium-verdier over EU's grense for omsetning (FMNO 2010). Henvendelsen gjaldt om naturforhold som berggrunn, løsmasser og vann kunne være medvirkende til høye Cd-konsentrasjoner i krabbekjøttet. Kort oppsummert var svaret "Ja", eller: "Kortversjonen av teksten nedenunder er at lokal berggrunn like gjerne kan være kilde til de høye verdiene for Cd i krabbe som de mulige antropogene kildene som er diskutert nedenunder."

Mattilsynets krabbefangstprogram fra 2010 i området Meløy-Kjerringøy ble gjentatt/utvidet i 2011 med bekreftende resultat (Mattilsynet 2011), og gjennom vinteren 2011/12 var det dialog mellom Fylkesmannen og NGU om hvordan en undersøkelse av vann og geologi burde utformes for å gi svar på spørsmålet om naturens bidrag til Cd-problemet i krabbe.

I 2012 hadde Klif på programmet en prøvetaking av sjøbunn på et antall lokaliteter utenfor Bodø for å gi status på kjente dumpel plasser og vrak fra etter 1940, og med FMNO sitt økonomiske bidrag, ble det også mulig og prøveta sjøbunn på de fleste av fangststedene der krabbe hadde for høye Cd-verdier i kjøttet. Klif gjennomførte innkjøp av tjenestene prøvetaking, analyse og rapportering med faglig støtte fra NGU. Sjøbunnsprøvetaking ble gjennomført av Akvaplan-niva, som rapporterte til Klif og Fylkesmannen.

NGU foreslo å samtidig gjennomføre en tilsvarende undersøkelse på land i tilstøtende områder, der målet skulle være vurdere bidrag fra land til fangstfeltene for krabbe, blant annet gjennom tall for Cd i naturlig avrenning til kystvannet. Det aktuelle området var etter krabbefangsten 2011 utvidet videre nordover til Steigen og Hamarøy. En slik undersøkelse på land ble vurdert som en nødvendig samtidig undersøkelse med sjøbunnsundersøkelsen, for å unngå ytterligere forsinkelse i arbeidet med å finne årsaken til at Mattilsynet gikk ut med kostholdsråd i september 2011 som er ytterligere utvidet (Mattilsynet 2013). Utvidelsen kom etter at et første forsøk på nasjonalt datasett for tungmetall i krabbekjøtt var etablert gjennom Mattilsynets samarbeid med en rekke aktører langs kysten, Havforskningsinstituttet og NIFES (Julshamn m.fl, 2012). Det var et uttalt ønske fra krabbefiskere og -mottak om mulig å kunne få friskmeldt deler av fangstområdet.

NGU har flere prosjekter i Nordland som omfatter geokjemi; LITO prøvetar systematisk kjerner av berggrunn i et løst rutenett på 81 km² over hele landet for blant annet kjemiske analyser, det ferske MINN-programmet omfatter blant annet gjenbruk (moderne analyser) av løsmasseprøver fra 1980-tallet fra hele fylket, men med dårlig dekning på kysten, og på grunnvannssiden det landsomfattende grunnvannsnettet LGN som i flere årtier har overvåket grunnvannets kjemiske sammensetning. Sist, men ikke minst, NGU har forvaltningsansvar for den nasjonale brønndatabasen, og har derfor adgang til kontaktinformasjon for brønneiere som ellers ikke er tilgjengelig. Felles for disse prosjektene var at de ved små tilpasninger i forhold til planer allerede lagt for 2012 ville kunne bidra til å kaste lys over problemstillingen gjennom en kortvarig feltkampanje og påfølgende analyse av innsamlet materiale. NGU søkte derfor Fylkesmannen i Nordland om tilskudd til å utvide aktiviteten i de pågående prosjektene for å kunne bidra inn mot Cd-krabbe i Salten. Den 30.08.2012 ga Fylkesmannen tilsagn om tilskudd på 490 000kr, inklusive bidrag fra Nordland Fylkeskommune.

2. METODER

For å kunne dra nytte av eksisterende data fra NGUs generelle geokjemiske kartlegging inn mot den spesielle oppgaven å karakterisere naturlig bidrag til forhøyede Cd-nivåer i krabbene, er det benyttet felt-, opparbeidings- og analysemetoder som i noen grad kan avvike fra beskrivelser i veiledere som måtte kunne ansees som aktuelle.

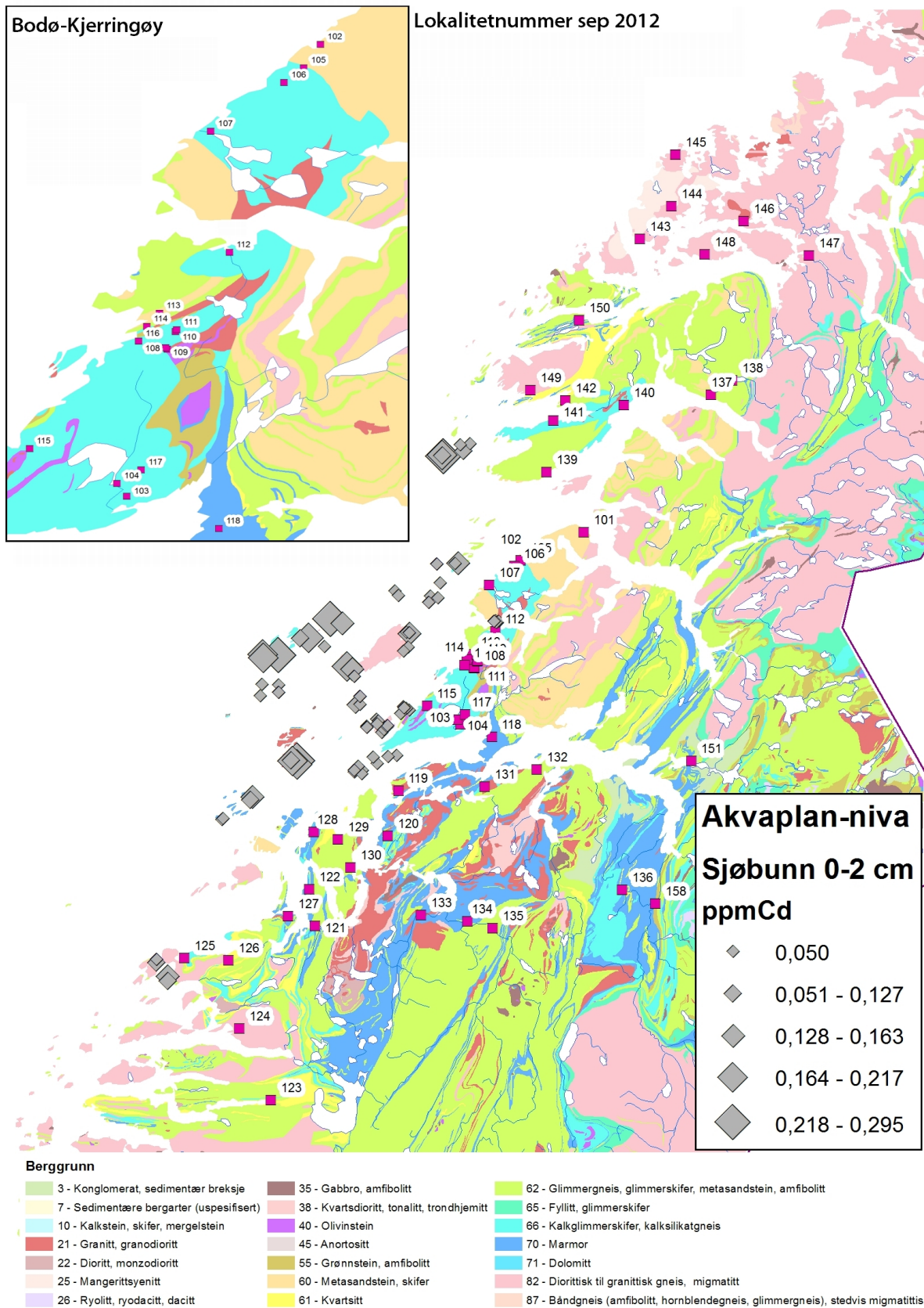
2.1 Feltarbeid

Feltarbeidet ble utført i perioden 23.09. - 02.10.2012 av Tor Erik Finne, Pål Gundersen (til 28.09) og Ola Anfin Eggen (fra 29.09). Pål Gundersen har også stått for utvalget av brønner og sammen med Marianne Engdal tatt hånd om kontakten med brønneierne. Valg av tid for gjennomføring av arbeidet var styrt av tilgjengelig kapasitet og fordelen med å prøveta overflatevann i et tidsrom som både korresponderer med tidsserier fra NIVA i store vassdrag og erfaringsmessig øker sjansen for å få vannprøver med målbare konsentrasjoner av tungmetaller. Valg av lokaliteter ble basert på geografisk dekning av eksisterende prøvemateriale av berggrunn og løsmasser, samt mulighetene for å kunne skaffe prøver av grunnvann fra registrerte brønner og fra overflatevann i områder der det er dårlig dekning av grunnvannsbrønner og kunnskap om kjemi i overflatevann. Alle lokaliteter ble posisjonsbestemt og fotografert ved hjelp av GPS med kamera og elektronisk kompass, slik at fotografiene er geotagget og kameraretning registrert. Et kart med nummer på de lokalitetene som ble særskilt prøvetatt for dette prosjektet er vist i Figur 1.

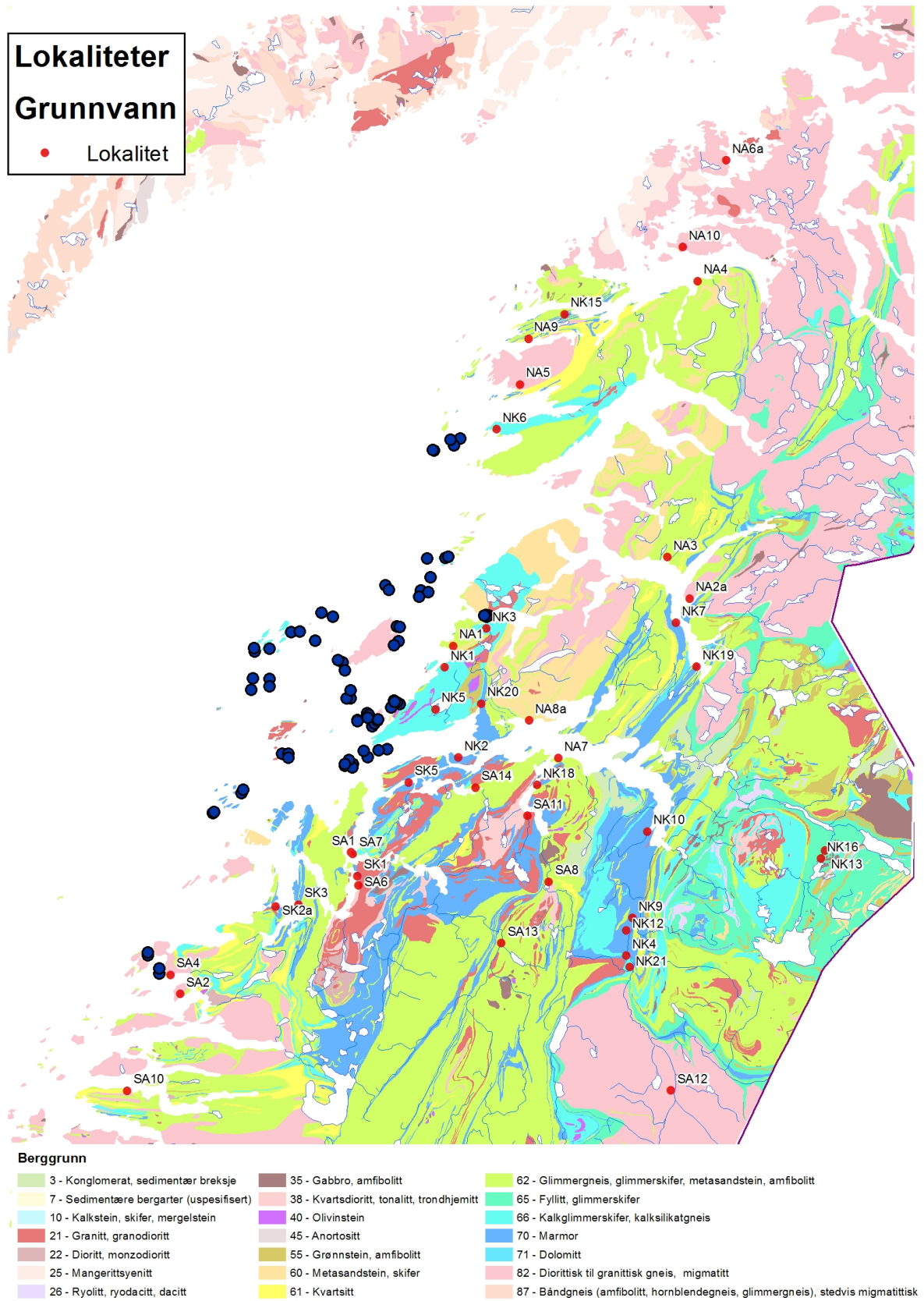
Vannprøver ble tatt fra bekker, elver og kilder på 51 lokaliteter, bergartsprøver fra 43 lokaliteter, og løsmasseprøver fra bare 15 lokaliteter, siden det var best dekning av løsmasseprøver fra tidligere. Sammen med eksisterende prøver gir dette et rimelig, om ikke robust datagrunnlag for å beskrive kilder til og mengder av Cd tilført kystvannet fra land.

Prøvetaking av grunnvann fra borebrønner i fjell ble gjennomført ved at brønneiere sendte inn prøver tatt etter instruks og med utsendt prøveemballasje. NGU tok på forhånd telefonisk kontakt med 48 aktuelle brønneiere (mange hyttebrønner) og forklarte formålet med prøvetakingen. Brønneierne reagerte meget positivt; dersom opprinnelig planlagt brønn ikke var tilgjengelig ble oppgaven gitt til nabo som med stor glede sto for prøvetaking i sin brønn. Ved oppstart av analysene var det kommet prøver fra 43 brønner. Fire av disse var også etter vårt ønske prøvetatt in duplo for å gi en ide om reproduserbarhet. Et kart med nummer på de brønnene som ble særskilt prøvetatt for dette prosjektet er vist i Figur 2

Prøve av overflatevann ble tatt ved å tre ganger suge vann fra like under overflaten inn i en 60mL sprøyte og tømme denne for å skylle med lokalt vann. Deretter fylles sprøyta igjen, et innkapslet 0,45µm engangsfiler monteres og skylles med vann før 2 stk 100mL flasker av polyetylen skylles med 10-20mL filtrert vann tre ganger. Prøvetakingen kan så gjennomføres på tilsvarende måte, ved at flaskene fylles til randen med filtrert vann. Den ene flasken surgjøres ved dagens slutt ved tilsats av 1 dråpe suprapur salpetersyre per 10mL vann for å forhindre at kationer bindes til flaskeveggen i påvente av analyse. Den andre flasken behandles ikke videre før analyse av anioner. Alle prøver ble oppbevart mørkt og kjølig fram til analyse. Alle innkjøpte partier flasker kontrolleres ved ankomst NGU, bl.a. ved stikkprøver av påvirkning av vann. Temperatur, pH og elektrisk ledningsevne ble målt i bekken etter at prøvetaking var gjennomført.



Figur 1. Lokalitetsnummer for NGUs prøver høst 2012. Figuren viser også tegnforklaring for berggrunnskartet. Cd-konsentrasjoner i sedimenter sommeren 2012.



Figur 2. Lokalitetnummer for grunnvannsbrønner prøvetatt av eier seinhøstes 2012, analysert av NGU. Figuren viser også tegnforklaring for berggrunnskartet.. Akvaplann-nivas prøvelokaliteter for sjøbunn angitt med blå punkter.

Grunnvann fra brønner boret i fjell ble prøvetatt fra utvalgte eksisterende brønner i et område fra sør for sørligste krabbefangst og til nord for nordligste krabbefangst i 2010-11. Siden kjemien i grunnvann i fjell i stor grad påvirkes av bergarten(e) som brønnen er boret i, ble det lagt vekt på å få en fordeling av brønner i de ulike arealmessig viktigste bergartene, både sør og nord for Saltenfjorden. Instruksjonen som ble sendt brønneierne sammen med en 0,5L polyetylenflaske sier at vannet skal renne 5 minutter først, og at prøven tas nærmest mulig brønnen, før evt vannbehandling, og etter 3x skylling av flasken. Berøring av flasketopp eller innside av kork/flaske må unngås. Emballasje ferdig adressert og frankert for A-post for innsending av prøve var lagt ved utsendelsene

Løsmasse ble prøvetatt i åpent lende i utmark etter graving med malingsfri stålspace gjennom vegetasjonsdekke ned til underkant av utfellingslag i podzol jordprofil om mulig, til 40-60cm dyp i andre jordtyper, eventuelt til fjell ved tynt løsmassedekke. Prøven ble tatt ut med liten hagespade av stål, og oppbevart i store polyetylen poser med lynlås. Prøvemengde var minimum 2kg, mer hvis løsmassen var grovkornig. Etter prøvetaking og dokumentasjon av lokaliteten ble hullet fylt igjen og dekket til med opprinnelig "torv" og vegetasjonsdekke.

Berggrunn ble prøvetatt med slegge og hammer fra fastfjell som syntes representativ for berggrunnen i området. Prøvemengde var minimum 2kg.

2.2 Prøvepreparering og analyse

Vann.

Ved ankomst til NGU ble alle grunnvannsprøver behandlet tilsvarende overflatevann i felt; skylling, filtrering av 2x 100mL og surgjøring av den ene av de to. Både grunnvannsprøvene og overflatevannsprøvene ble oppbevart i mørkt kjølerom < 5°C til døgnet før analyse. Oppholdstiden var så lang at bestemmelsen av NO₂⁻ og NO₃⁻ ikke er pålitelig, i beste fall semikvantitativ.

Da overflatevannsprøvene kom til NGU 04.10.2012 var ICP-MS prioritert til analyse av ekstrakter i en lang periode framover. For å skaffe tall for Cd snarest mulig, ble det bestemt å kjøre vannsprøvene etter analyseprogrammet for syreekstrakter, og regne om resultatene slik at konsentrasjoner for Cd i vann kunne rapporteres (som ikke-akkrediterte resultater). De samme prøvene ble analysert for 10 hovedelementer og 22 sporelementer (inklusive Cd) med ICP-AES noe senere. De ikke surgjorte prøvene ble analysert med ionekromatografi (IC) for 7 anioner (grupper).

Grunnvannsprøvene ble tatt til analyse like over nyttår 2013, og analysert med ICP-AES og ICP-MS for 10 hovedelementer og 36 sporelementer, og med IC for 7 anioner (grupper). Deteksjonsgrensen for Cd er 0,03µg/L for ICP-MS og 0,5µg/L for ICP-AES. All håndtering og analyse av vann ble utført ved NGU-Lab.

Løsmasser.

Løsmasseprøvene ble delt i 2 deler for å redusere tørketiden, den ene lagt i aluminiumskål og den andre lå igjen i åpen prøvepose før innsetting i tørkerom <30°C. Etter tørking ble en utsplittet del av prøven siktet gjennom 2mm nylonsikt, og fra <2mm fraksjon ble det tatt ut 30g+ for innsetting i en større serie med flere hundre andre løsmasseprøver for analyse av 65 grunnstoffer etter samme kongevannekstraksjon og analysemetode som nå er benyttet for over 4000 prøver av løsmasser fra Nord-Norge. Deteksjonsgrensen for Cd er 0,01mg/kg (ppm). Analysene ble utført ved ACME Laboratories, Vancouver, BC, Canada.

Berggrunn.

Prøvene fra september 2012 er ikke opparbeidet og analysert. Basert på resultatene fra sjøbunnskartleggingen utført av Akvaplan-niva (Falk, 2012), og resultatene fra vann- og løsmassesanalysene, ble det vurdert som helt usannsynlig å finne verdier for Cd i berggrunnen som skulle kunne bidra til forklaringen på Cd-problemene i krabbebestanden, og derfor ville det være dårlig bruk av ressurser å gjennomføre standard analyser av disse.

Prøvene fra LITO-prosjektet, som var med å sette fokus på terrestrisk miljø bidrag til Cd-anrikningen i krabbene langs Saltenkysten, er prøver fra borkjerner på tre meters dyp. De er knust og malt, og en splitt av materialet er ekstrahert med salpetersyre og analysert med ICP-MS etter NS4770, (LITO, 2013)

3. RESULTATER

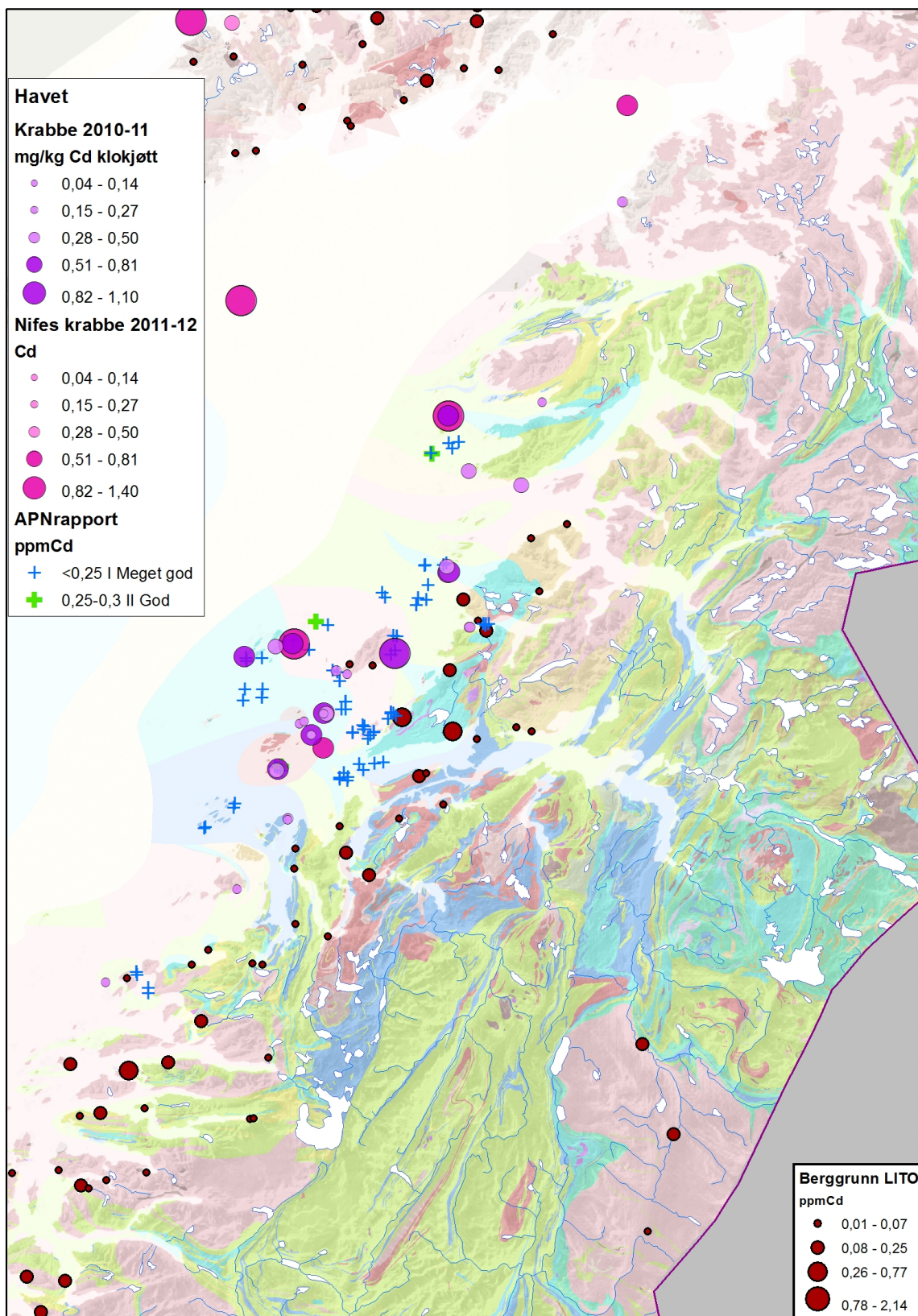
Resultatene fra krabbefangst i lokal regi i 2010 og 2011 (Mattilsynet - DK Salten, 2011), og ved Mattilsynet/NIFES i 2011-12 [fanget 20.07.2011-19.01.2012] (Julshamn m.fl 2012), samt fra prøvetaking og analyse av sjøbunn fra Støtt til Andholmen i 2012 (Falk, 2012), er gjort tilgjengelige gjennom de respektive publikasjoner. Resultatene fra disse arbeidene er vist i kart i denne rapporten for å bedre oversikten. Etter at søknaden om tilskudd til NGU fra Fylkesmannen i Nordland ble sendt, er det framskaffet nye resultater for eksisterende prøver av berggrunn og løsmasser, og for nye prøver av løsmasser og overflatevann, og fra grunnvann fra brønner i fast fjell.

Forutsatt at et datasett over geokjemiske målinger har bare en deteksjonsgrense (egentlig: nedre bestemmelsesgrense) for den enkelte variabel, er den vanligste praksis blant geokjemikere å gi verdier rapportert som mindre enn deteksjonsgrensen ny tallverdi lik $0,5 \cdot \text{deteksjonsgrenseverdien}$. Dette grepet for å skaffe verdier for alle målinger er også benyttet her, og er kommet til anvendelse i stor grad for vannprøvene.

Resultater for overflatevann legges inn i vannmiljo.miljodirektoratet.no, øvrige data fra NGU kan skaffes ved henvendelse til forfatteren/NGU.

Berggrunn.

Alle foreliggende borkjerner fra NGUs LITO-prosjekt i området har gjennomgått analyse med ICP-MS for bl.a Cd. Deteksjonsgrensen er dermed senket fra 0,05 til 0,01 ppm, og påliteligheten i analyseverdiene i området ned mot grensen er økt. Kartet i Figur 3 viser konsentrasjon av Cd i salpetersyreekstrakt i prøver av berggrunn tatt på 2-3m dyp. Ingen av de prøvene som ble tatt av berggrunn i overflaten høsten 2012 er analysert.

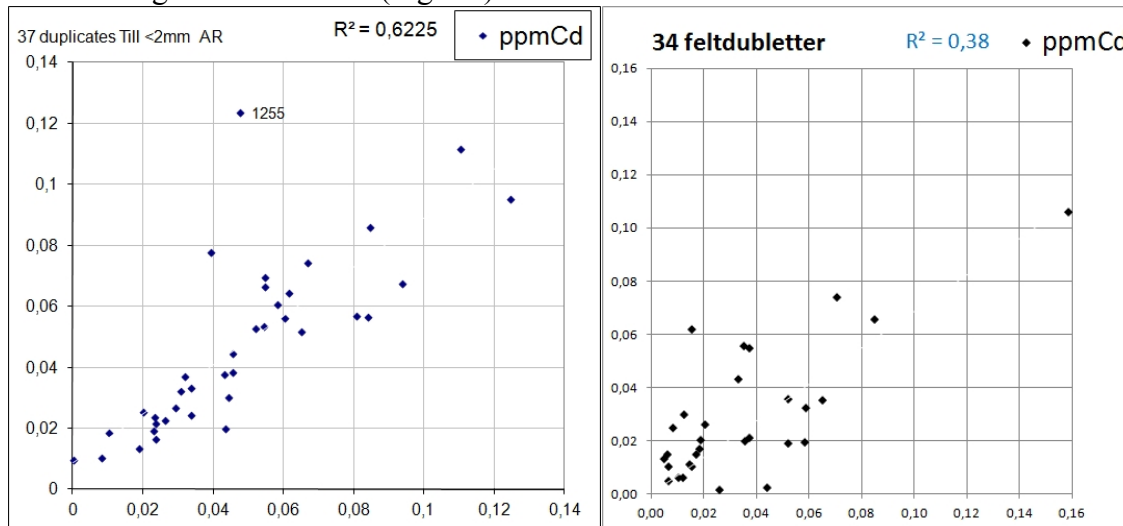


Figur 3. Kart over HNO₃-ekstrahert Cd i borkjerner fra 2-3m dyp. Upubliserte data fra NGUs pågående LITO-prosjekt. Kartet viser også Cd i klokjøtt og tilstandsklasse for Cd i sedimenter.

Løsmasser.

De 15 prøvene av løsmasser som ble samlet i Salten høsten 2012, ble analysert sammen med prøver fra 877 lokaliteter i Nord-Salten og Ofoten (Finne og Eggen, 2013).

Prøveopparbeiding og analyse fulgte samme prosedyre som ble benyttet i 2011, da 979 løsmasseprøver innsamlet i Nordland og Troms (ca 1prøve/40km²) i 1986 ble reanalysert (Reimann m.fl. 2011). Alle 15 analyseresultatene lå over deteksjonsgrensen, og data for reproduserbarhet gjennom analyse av feltdubletter viser god til rimelig kvalitet for 2011-datasettet og 2012-datasettet (Figur 4).

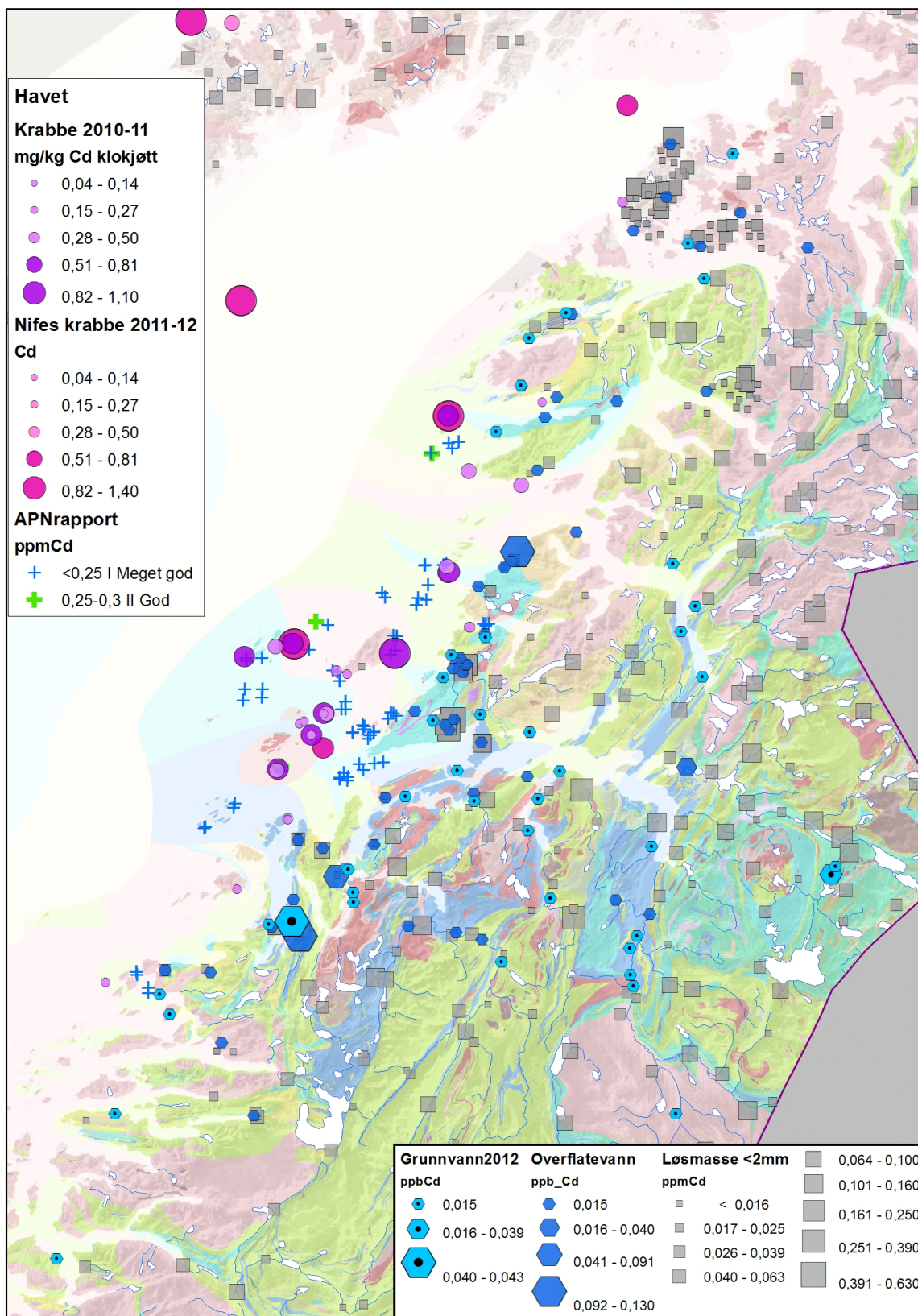


Figur 4. XY-diagram som viser reproduserbarhet av data for Cd i løsmasser gjennom 37 feltdubletter i analyseserien "Nordland og Troms" og 34 feltdubletter i serien der prøvene fra høsten 2012 inngikk.

Kartet i Figur 5 viser resultatene av 2011-analysene for Cd fra 1986-prøvene sammen med de 15 prøvene og et utvalg av prøvene fra de nevnte 877 lokalitetene. Symbolene for fylkeskartleggingen er tonet noe ned, men ellers er tegnforklaringen den samme.

Overflatevann og grunnvann.

Kun fire av de 51 lokalitetene prøvetatt for overflatevann hadde analyseverdier for Cd høyere enn deteksjonsgrensen (0,03µg/L), og ingen verdier er høyere enn 3x denne verdien. Det er med andre ord veldig liten målt variasjon i Cd-konsentrasjonen i overflatevannet. Situasjonen er svært lik for grunnvannet, der bare to av de 43 brønnene hadde Cd-konsentrasjoner over (den samme) deteksjonsgrensen. Resultatene for alle vannprøvene er vist i samme kart som løsmasserresultatene i Figur 5.



Figur 5. Kart over Cd i løsmasser, overflatevann og grunnvann i antatt influensområde for tilstanden i området der krabber har høye Cd-konsentrasjoner. Kartet viser også Cd i klokjøtt og tilstandsklasse for Cd i sedimenter.

4. DISKUSJON

Kadmium i terrestrisk miljø er knyttet til sedimentære bergarter, særlig de kalkholdige og fosforholdige, der konsentrasjonen kan være mellom 2 og 25ppm (mg/kg). Metamorfe og magmatiske bergarter har sjelden over 2ppm Cd. Løsmasser fra bergartene vil gjenspeile den relative kontrasten i konsentrasjon, men gjennom transport med bre og vann er løsmassene blandet slik at det sjelden er så sterke kontraster mellom sedimentærbergartsområder og andre områder som tallene over kunne antyde. Kadmium har liknende kjemiske egenskaper med kalsium og med sink, og opptrer ofte i malmforekomster av disse grunnstoffene. Det er basemetallforekomstene som er råstoff for så godt som all Cd-utvinning. Gruvedriften på kobber-sink-sulfidmalm i Sulitjelma er interessant i denne sammenheng. Cd følger i stor grad sink i det industrielle kretsløpet, men raffineres også for bruk f.eks i lave konsentrasjoner i ulike legeringer til forbedring av styrke, strekkfasthet og smeltetemperatur, og som stabilisator i PVC sammen med barium (typisk 1ppm Cd i plastmaterialet). På denne måten er Cd også blitt en del av det menneskeskapte miljøet, slik at det f.eks kan finne veien inn i landbruket både ved bruk av Cd-holdige kalk/fosfat-gjødselprodukter, og gjennom deponering av kloakkslam på landbruksjord.

Kadmium er forholdsvis labilt i løsmasse/vann-kontakten under oksiderende forhold, som i rennende vann og grunne innsjøer og i sjøen til flere hundre meters dyp. Eksempler på dette urolige bildet av Cd-konsentrasjonen i ulike nivåer i sedimentkjerner fra kysten finnes langs Saltenkysten (Falk, 2012) og i Astafjorden (Lepland m.fl, 2012) og lenger til havs (Jensen m.fl, 2013).

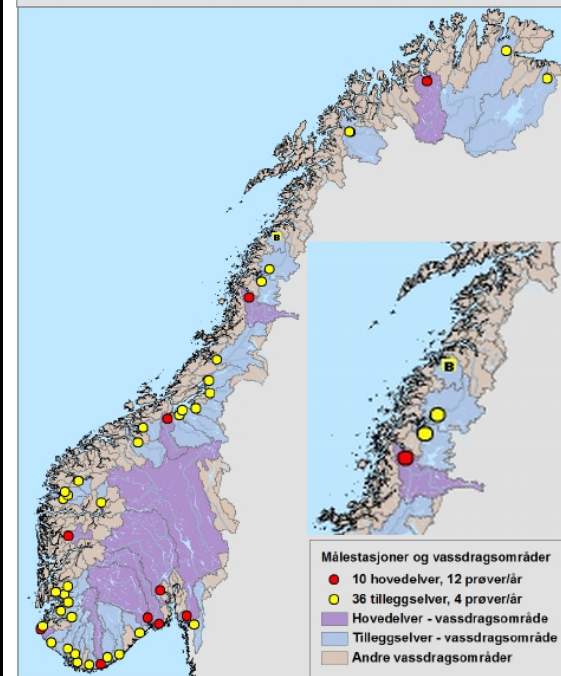
Problemet med høye Cd-verdier i krabbe fanget i området fra munningen av Saltenfjorden og nordover har ukjent historie, dvs det foreligger ingen kunnskap om dette før funnet i 2010, og det finnes ingen holdepunkt for om dette er et nytt fenomen i området eller ikke. Problemet er imidlertid kjent i andre farvann, bl.a Skottland. Davies m.fl (1981) refererer en rekke rapporter fra 1970-tallet om høye kadmiumverdier i krabbe fra farvann der ingen forurensningskilde er identifisert, og viser gjennom kontrollerte foringsforsøk hvordan kvaliteten på fôr og vann gjenspeiler seg i ulike organer hos krabben. Situasjonen fra Salten har mange likhetstrekk med rapportene fra Skottland, men med usikkert hvor stor rolle avrenning fra gruveforurensningene i Sulitjelma spiller.

Den store geografiske utbredelsen på problemområdet må forklares med enten en lokal høykonsentrert kilde med tilstrekkelig evne til å distribueres over et stort område, eller et regionalt fenomen som tilfører krabbens næringskjede rikelig med Cd, evt som også omfatter mekanismer som oppkonsentrerer Cd langt mer effektivt enn i tilstøtende områder sør for Saltenfjordens munning.

For å kunne bidra fra ”geologisk” side, ble valg av prøvemedium og geografisk fordeling av lokaliteter gjort med sikte på å kunne avklare om det kunne påvises høye Cd-verdier i vassdrag og akviferer som har unngått det noe grovmaskede nettet som Elvetilførselsprogrammet (se faktaboks) har benyttet siden 1990, og samtidig sikre prøvemateriale av løsmasser og berggrunn som skulle kunne benyttes for å beskrive geologisk kilde til eventuelle funn i vann.

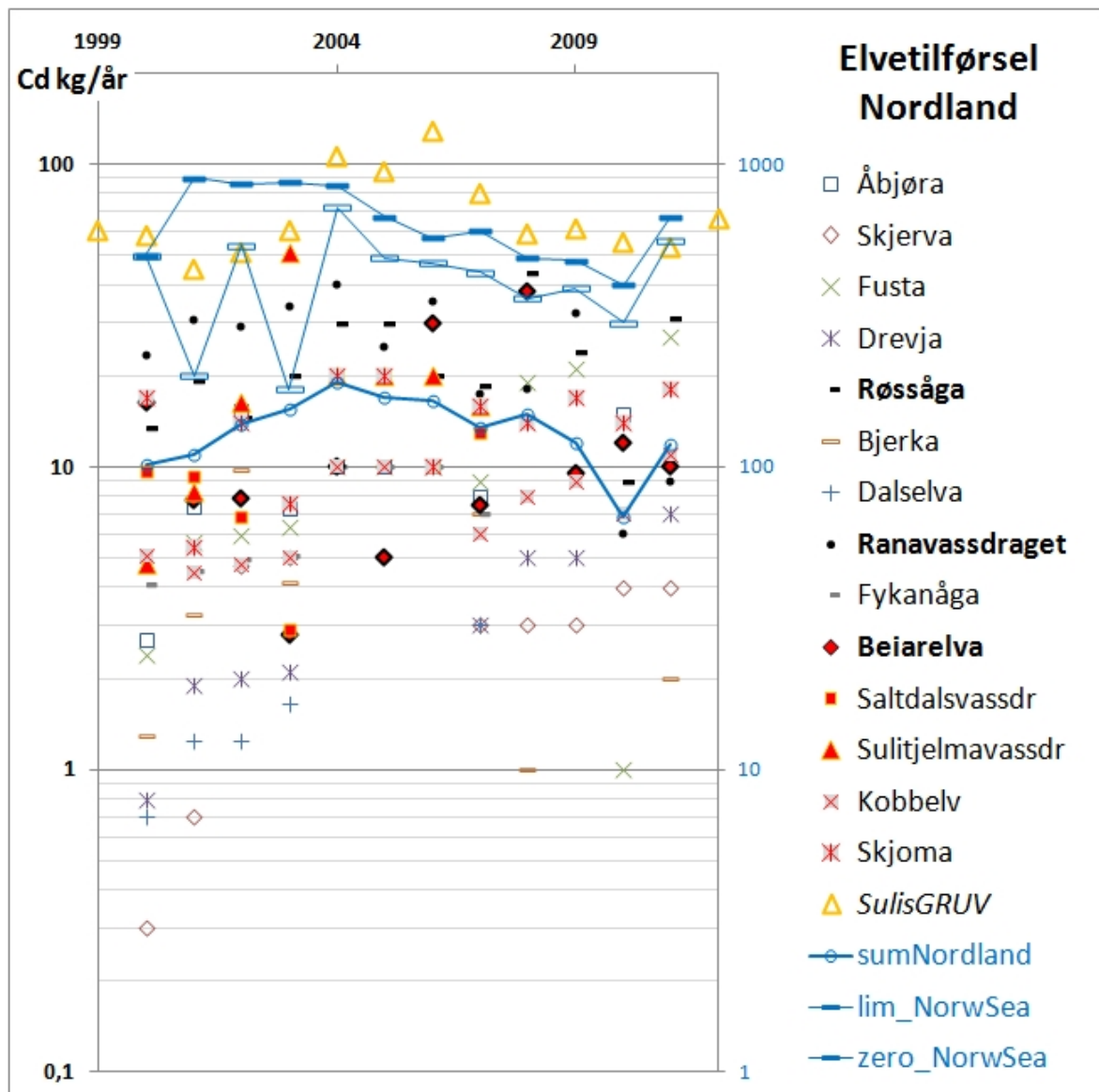
I landområdet som drenerer til Norskehavet (i RID definert til utløp fra fylkene Møre og Romsdal til og med Troms) er det hovedvassdragene Orkla og Vefsna og 13 mindre vassdrag som jevnlig prøvetas. Årlig elvetilførsel til Norskehavet beregnes fra aktuelle målinger fra disse 15 vassdragene, mens måleverdiene fra 2000-2003 for 48 små vassdrag inngår i

beregningen sammen med korresponderende årlig vannmengde iht NVEs tall (Skarbøvik m.fl., 2012). I området fra Saltenfjorden og nordover til Vesterålen er det bare Beiarelva, merket i kartet i faktaboksen, som fortsatt prøvetas i RID, mens Salt(dals)elva, Sulitjelmavassdraget, Kobbelva og Skjoma utgjør det lokale bidraget blant de 48 små vassdrag der måling opphørte i 2004. Sulitjelmavassdraget overvåkes imidlertid på grunn av gruvedforurensning, og tallene derfra er viktige i denne sammenheng. Konsentrasjoner av Cd målt i RID var tilsynelatende gjennomgående høyere i begynnelsen av programmet. Analysemetodene er forbedret, og med bedre deteksjonsgrenser blir gjerne tallene i nærheten av deteksjonsgrensen mer pålitelige. Måleverdiene fra perioden 2000-2003 benyttes som nevnt for beregning av tilførsel til havet. Man kan anta at valget er gjort ikke bare fordi disse tallene gir den ferskeste beskrivelsen av Cd-tilstanden, men også fordi verdiene ansees som mer robuste enn de eldste. Det er imidlertid viktig å være klar over at måling bare fire ganger i året kan gi usikre tall for årlig tilførsel, og at det er svært lave verdier for Cd i vassdragene i forhold til analysemetodenes nedre grense (Skarbøvik m.fl., 2012).

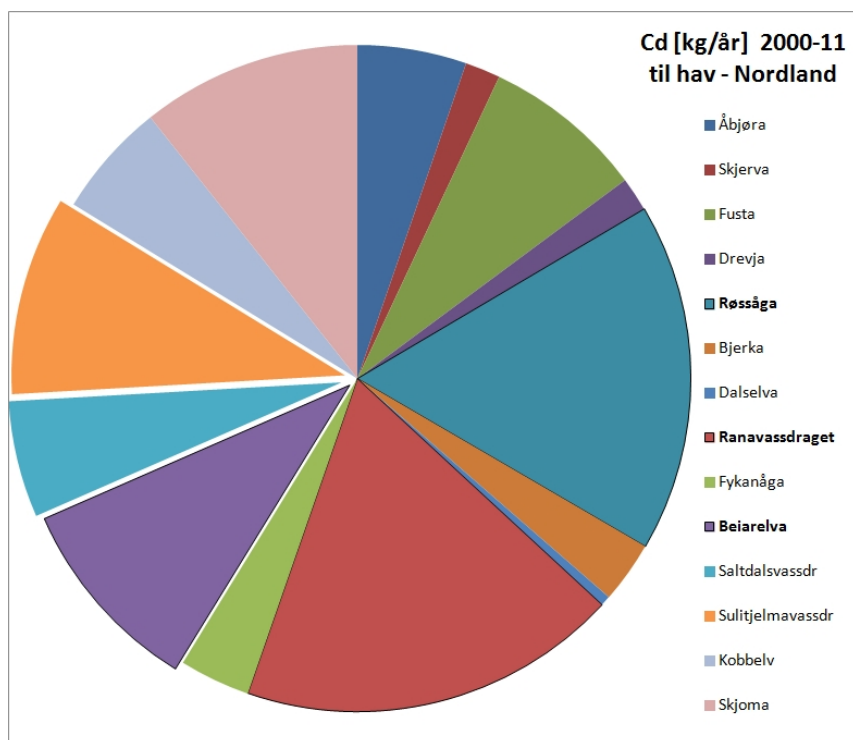
Overvåkingsstasjoner og vassdragsområder i elvetilførselsprogrammet	Antal	ca % av land-areal	Objekt	Målinger/år periode
 <p data-bbox="491 1328 738 1451"> Målestasjoner og vassdragsområder ● 10 hovedelver, 12 prøverfår ● 36 tilleggselever, 4 prøverfår ■ Hovedelver - vassdragsområde ■ Tilleggselever - vassdragsområde ■ Andre vassdragsområder </p>	10	30	Hovedvassdrag	ca 12 1990-2009→
	36	25	Mindre vassdrag	1 1990-2003 4 2004-2009→
	109	15	Små vassdrag	1 1990-2003 0 2004→ (modellert)
	92	30	Umålte (kystnære) nedbørfelt	Modellert m TEOTIL for RID

Elvetilførselsprogrammet RID (**R**iverine **I**nterface and **D**irect **D**ischarges) ble initiert i 1990 gjennom Miljødirektoratet (den gang SFT). Programmet ble opprettet som et bidrag til å oppfylle Norges forpliktelser i OSPAR-konvensjonen, og har gitt årlige tall for (beregnet) avrenning av næringsstoffer og miljøgifter til norske havområder.

Tall for transportert mengde Cd ut av RID-vassdragene i Nordland og for samlet tilførsel fra RID-vassdragene til hele Norskehavet i perioden 2000-2011 er hentet fra Miljødirektoratets rapporter for Elvetilførselsprogrammet og satt sammen med tilsvarende tall fra overvåking av gruveforurensning i Sulitjelmavassdraget, der målepunktet ” Langvatnet, utløp Hellarmo” ligger lenger opp i vassdraget enn det som benyttes i RID. Tallene er framstilt i diagrammet i Figur 6. Diagrammet viser at det er betydelig variasjon over tid i Cd-transporten, både for det enkelte vassdrag og når vassdragene sammenliknes over tid. En enkel summering over perioden for hvert enkelt vassdrags Cd-transport er gjort, og vist i sektordiagram i Figur 7. Samlet tilførsel fra alle 14 målte vassdrag utgjør 1451,2 kg Cd i løpet av 12 år. De ni vassdragene i Nordland som forsyner kyststrømmen sør for Saltenfjorden utgjør de første sektorene i diagrammet, regnet fra toppen av sirkelen (Åbjøra – Fykanåga), mens Beiarelva tilhører Saltenfjorden i denne sammenhengen. Det er sannsynlig at mesteparten av elvevannet strømmer nordover på østsiden av Sandhornøya etter å ha kommet ut av Beiarfjorden. Transporten av Cd fra Beiarn, Saltdal og Sulitjelma utgjør til sammen snau 29% av samlet tilførsel til havet fra de målte vassdragene i Nordland i denne perioden.



Figur 6. Sammenstilling av data fra RID for Cd-tilførsel til havet fra Nordland og for Norskehavet, samt data fra Direktoratet for mineralforvaltnings overvåking av Sulitjelmavassdraget pga forurensning fra gammel gruvedrift.



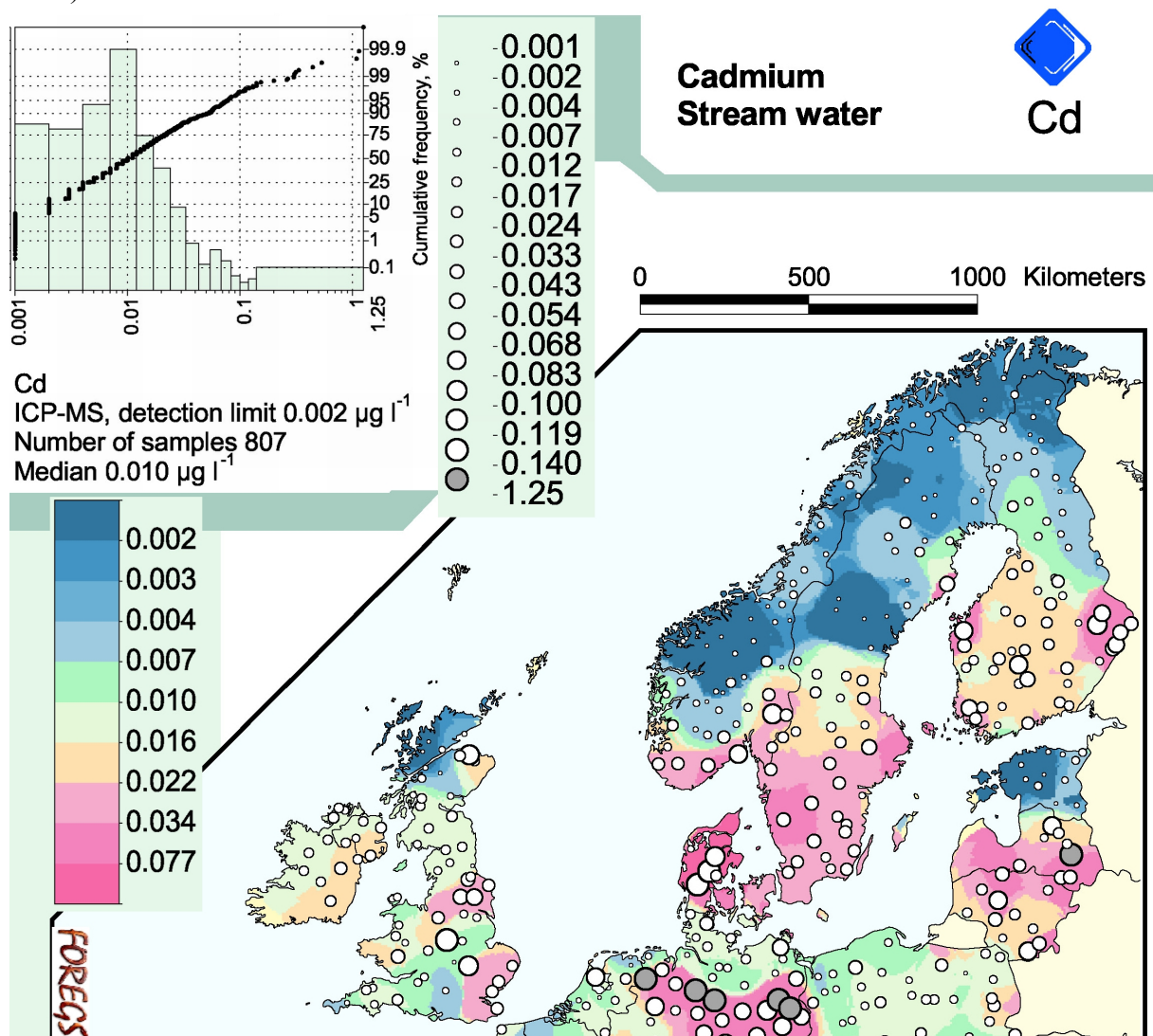
Figur 7. Sektordiagrammet viser andel av samlet tilførsel av Cd til havet fra vassdragene i Nordland 2000-11.

Nordland fylke har med sin lange kyst og korte avstand fra vannskillet til sjøen en form som gir stor andel areal i klassen ”umålte områder” i RID-terminologi. Dette øker muligheten for å kunne oppdage ukjente naturlige Cd-kilder ved å legge vekt på ”umålte områder” i kartleggingen. Av de 51 lokalitetene som ble prøvetatt for overflatevann var det bare fem som ikke var fra vassdrag tilhørende ”umålte”; to til Beiarelva (134 og 135), to til Saltdalselva (136 og 158) og en til Sulitjelmavassdraget (151). Av de 40 prøvene RID har analysert fra Beiar siden 2000 har tre hatt Cd-verdi lik eller over $0,03\mu\text{g/L}$ (vannmiljo.miljodirektoratet.no), mens prøvene 134 og 135 hadde mindre enn $0,03\mu\text{g/L}$. For Saltdalselva er det ingen data fra RID-programmet i databasen, men årsrapportene fra RID oppgir gjennomsnittsverdi for 2000 lik $0,005\mu\text{g/L}$ og $<0,01\mu\text{g/L}$ for årene 2001-2003. Prøve 158 fra Saltdalselva og 136 fra sidebekk i kalkførende skifre hadde Cd-konsentrasjon $<0,03\mu\text{g/L}$. Langt nede i Sulitjelmavassdraget ligger lokalitet 151 Utløp av Øvrevatn, som også er RID-lokalitet og sporadisk målt i forbindelse med overvåkning av gruvevassdraget. RID har rapportert Cd årsmiddelverdier for årene 2000 til 2003 som hhv $0,003$ - $<0,005$ - $0,012$ og $0,033\mu\text{g/L}$, mens NGUs fem parallellprøver høsten 2013 alle viste $0,04\mu\text{g/L}$.

De tre andre lokalitetene med Cd-konsentrasjoner i overflatevann over deteksjonsgrensen er spredd i området, og har ikke umiddelbar nærhet til kalkførende bergarter. Men lokalitet 102 ($0,13\mu\text{g/L}$) er fra en naturlig kilde i fjell, ikke langt fra kalkholdig bergart. Lokalitet 121 (også den $0,13\mu\text{g/L}$) ligger nær en grunnvannsbrønn i fjell, der det var målbart Cd ($0,043\mu\text{g/L}$). Den siste av overflatevannprøvene med målbart Cd-innhold ($0,09\mu\text{g/L}$) kom fra lokalitet 130, der elva renner på kalksilikatskifer. En av to nabobrønner i hyttebebyggelse i Sulitjelmfjellet hadde også målbart Cd, $0,039\mu\text{g/L}$. Bergarten i dette tilfellet er en glimmerskifer. Det er altså svært lave verdier for Cd i alt vann som ble prøvetatt av NGU høsten 2012.

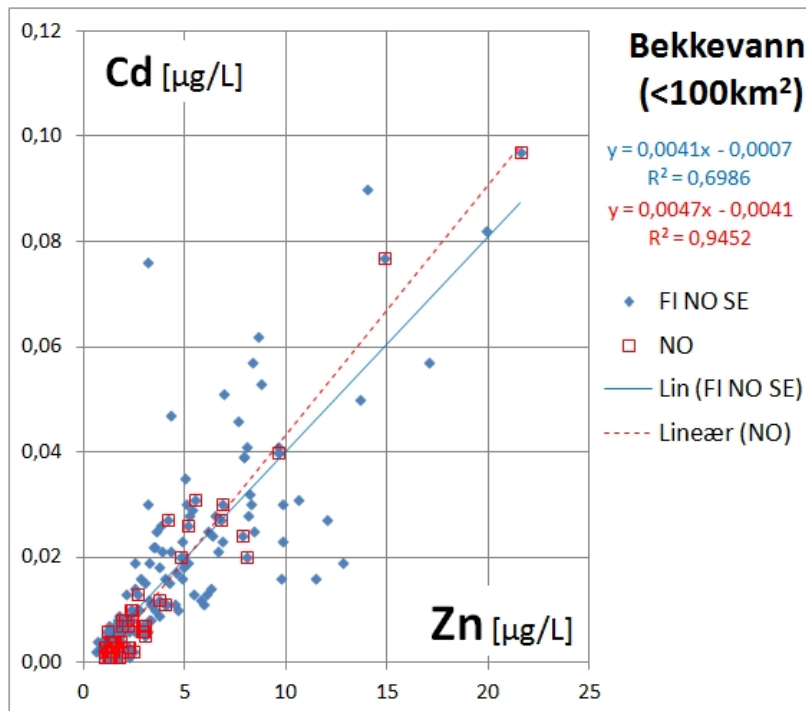
NGU driver i samarbeid med NVE et program for overvåkning av mark- og grunnvann, LGN, (grunnvann.no, 2013). Siden 2006 har grunnvann fra løsmassebrønn på Fauske og fra kilde i fjell på Rognan vært analysert med ICP-MS 1-2 ganger årlig, men aldri vist verdier for Cd over deteksjonsgrensen $0,03\mu\text{g/L}$, (Jæger m.fl., 2012, Jæger, muntlig meddelelse, 2013).

Forum of European Geological Surveys (FOREGS) gjennomførte i årene 1998 – 2001 en geokjemisk multimedia kartlegging i Vest-Europa og Baltikum som også omfattet bekkevann (Salminen m.fl, 2005). Alle vannprøvene ble samlet inn med utstyr kontrollert og forsynt av en av partnerne i prosjektet, og kationeanalysene ble gjennomført ved ett laboratorium (Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, BGR) for å redusere mulige feilkilder. Feltprosedyren i herværende undersøkelse er identisk med den benyttet i FOREGS, og skiller seg fra NIVAs rutine ved at NGU filtrerer vannet før det tilsettes syre til pH=2 for å unngå å løse ut kationer fra partikler i ufiltrert vann. Gundersen (2002) har dokumentert hvordan Cd opptrer nesten utelukkende i løsning i bekker og elver med tilsvarende geologiske og topografiske forhold som de som er prøvetatt i denne undersøkelsen. Dette tillater oss i større grad enn hva gjelder for Cu og Al og til dels Zn, å kunne sammenholde Cd-data fra undersøkelser med ulike filtreringspraksis. Et utsnitt av FOREGS's kart for Cd er vist i Figur 8, og det gir en klar indikasjon på at verdiene i denne undersøkelsen og i RID er i god overensstemmelse med den internasjonale undersøkelsen (i Norge utført av NGU 28.07-17.10 1998).



Figur 8. Utsnitt av kart over Cd i bekkevann for Europa bekrefter nivåene rapportert her og av RID.

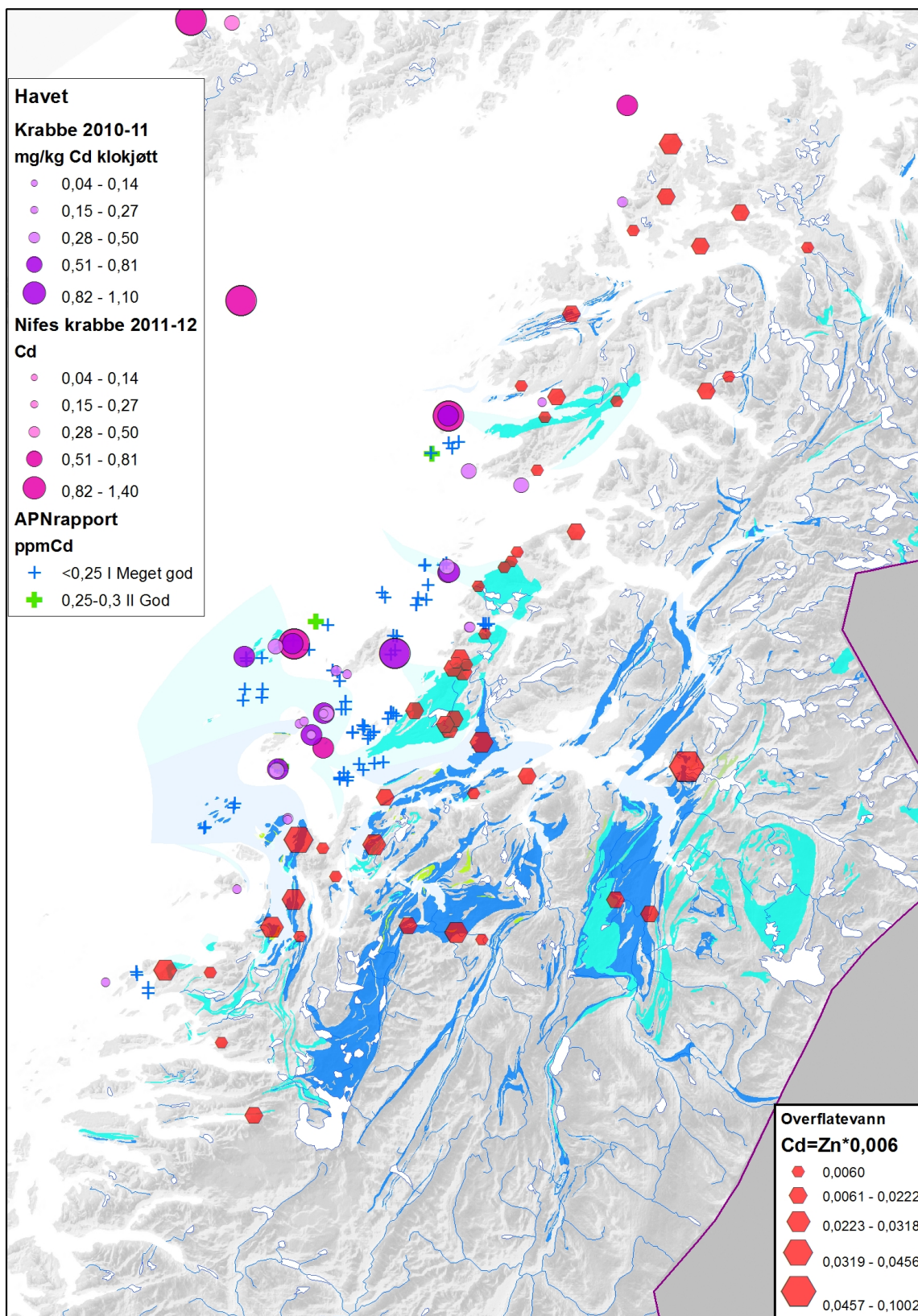
Det er bare 59 lokaliteter i Norge; 64 og 51 i Finland og Sverige. Skandinavia har mye til felles av geologiske og meteorologiske forhold, og i overflatevannet har kadmium en svært god korrelasjon med sink i de 174 lokalitetene ($R^2 = 0,70$, for Norge alene er R^2 hele 0,95), se Figur 9.



Figur 9. XY-plottet viser god overensstemmelse mellom konsentrasjoner av Zn og Cd i filtrert bekkevann fra Finland, Norge og Sverige.

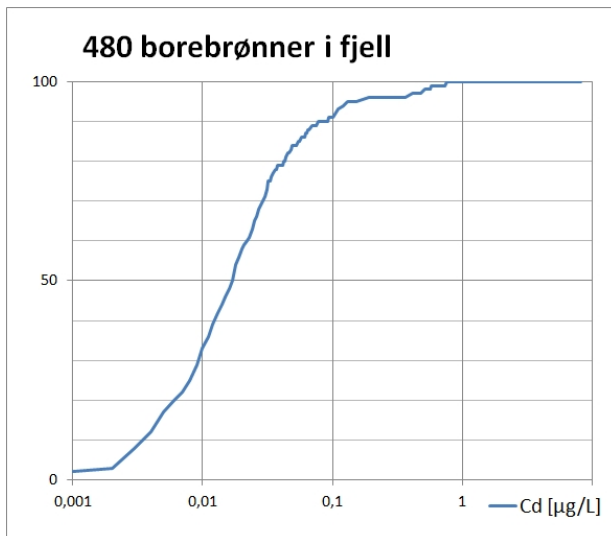
I områder som er lite antropogent påvirket, kan denne gode samvariasjonen benyttes til å estimere verdier for Cd når disse ikke foreligger, såfremt man har gode verdier for Zn. Et alternativt kart over overflatevannets konsentrasjon av kadmium basert på Zn-verdiene multiplisert med en faktor er vist i Figur 10. Dette kartet avviker fra kartet over Cd som målt med ICP-MS ved at de to høyeste overflatevannpunktene for Cd ikke framtrer som høye verdier i ”0,006*Zn-kartet”.

Flaten (1986) gjennomførte en undersøkelse av vannkjemien fra 384 norske vannverk ved prøvetaking fire ganger gjennom et år, deriblant åtte rundt Saltenfjorden. Flaten analyserte Cd, men underkjente resultatene for Cd ut fra lav nøyaktighet på kontrollprøver. Benyttes Zn som indikator for Cd som diskutert over, er det bare ett av vannverkene (Klungset i Fauske) som har Zn-verdi over gjennomsnitt for landet (51 µg/L), mens halvparten ligger over median (16,6 µg/L) og har alle selve vannkilden i områder med kalkrik berggrunn.



Figur 10. Kart over overflatevannets innhold av Zn*0,006 som proxy for Cd. Bakgrunnskartet er utdrag av berggrunnskartet etter spørring på kalk*. Kartet viser også Cd i klokjøtt og tilstandsklasse for Cd i sedimenter.

Frengstad (2002) beskrev vannkvaliteten i norske drikkevannsbrønner i fjell i Sør-Norge. Resultatene av 480 Cd-analyser er tegnet opp som kumulativ frekvensfordeling i Figur 11. Også dette sammenlikningsgrunnlaget, for de 43 grunnvannsprøvene tatt høsten 2012, viser at resultatene ligger godt innenfor det som er vanlig i (Sør-)Norge.



Figur 11. Kumulativ frekvensfordeling for Cd i grunnvann fra brønner i fjell fra Sør-Norge.

De nye løsmasseprøvene fra den supplerende og mer detaljerte prøvetakingen i 2012 avdekket ikke områder med sammenhengende høye Cd-verdier nær kysten. Fra før var det kjent at det ikke forelå spesielt høye enkeltresultater eller områder med gjennomgående høyere Cd-konsentrasjon i landområdene som drenerer til Saltenkysten (Reimann m.fl, 2011).

Naturlig variasjon for Cd i løsmasser og berggrunn i Norge er dokumentert av Andersson m.fl (2011). For innsjøsedimenter og fjordsedimenter i Salten er det derimot ikke mange tilgjengelige målinger utover det som er foretatt for å overvåke gruveforurensningen etter gammel gruvedrift i Sulitjelma. NIVA har siden 1974 gjort målinger av vannkvalitet i vassdraget, og dokumentert transport av Cd gjennom vassdraget med avtakende konsentrasjoner nærmere fjorden.

Tall for Cd i sedimenter er funnet for to fjellvann i 2005 15km oppstrøms fra Sulitjelma (NIVA, hentet fra vannmiljo.miljodirektoratet.no), fra to(tre) stasjoner i Langvannet midt i Sulitjelma i 1974 og 1988 (Arnesen m.fl, 1976 og Iversen, 1990), fra Ørevann halvveis mellom Sulitjelma og fjorden i 1978 (Johannessen m.fl, 1980), og fra Fauskevika like ved utløpet fra Sulitjelmavassdraget (Kristensen m.fl, 2011). Neste datasett er fra kystfarvannet kartlagt i sammenheng med Cd-krabbe-problematikken (Falk, 2012). Den geografiske plasseringen av disse sedimentprøvene er vist i Figur 12.

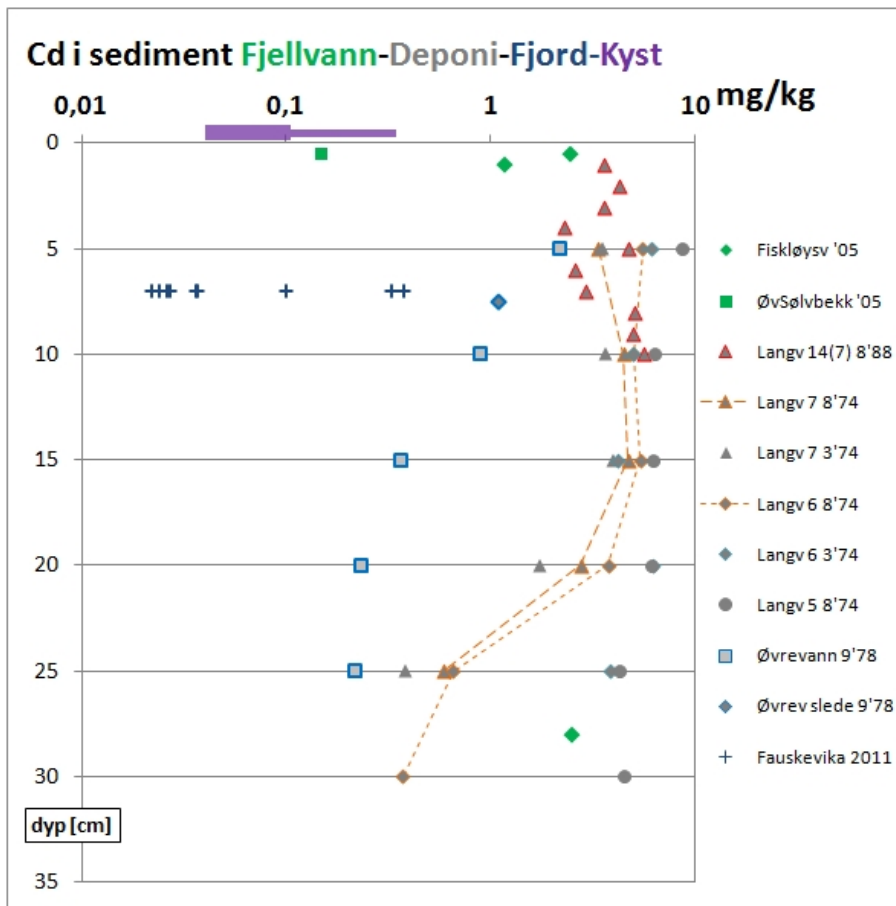
I hovedsak er disse basert på noenlunde samme metode for prøvetaking og analyse, men i løpet av 37 år og fire-fem aktører må man kunne påregne at tallene ikke er helt korrelerbare. Måleverdiene er presentert i Figur 13, der måleseriene har hver sin signatur, og verdiene for Cd i sjøbunnen på kysten (Falk, 2012) er skissert med lilla øverst i diagrammet.



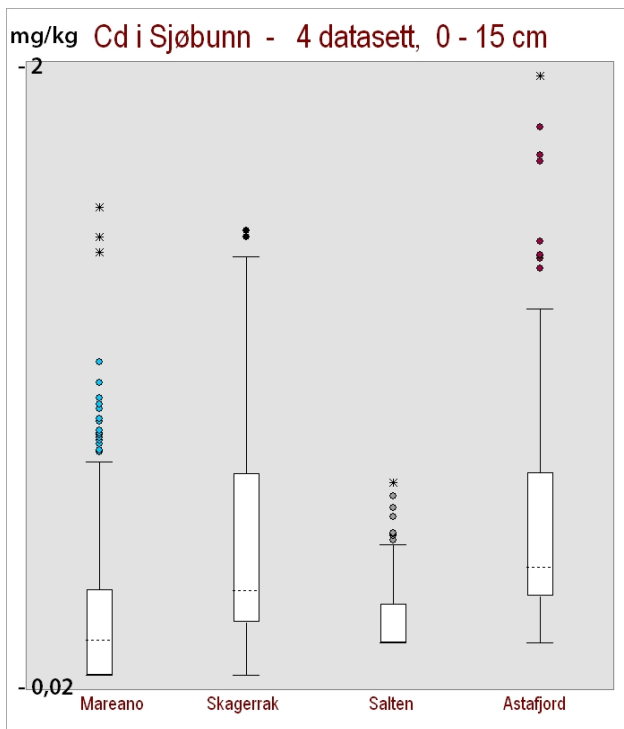
Figur 12. Kart over lokaliteter for sedimenter i Sulitjelmavassdraget analysert for Cd. **ØS** Øvre Sølvbekkvann, **F** Fiskløysvann, **L5**, **L6** og **L7** tre stasjoner i Langvann i økende avstand fra utslipp av avgang fra foredlingsanlegget, **Ø** Øvrevann, **Fv** Fauskevika.

Figuren viser at bunnen av Langvannet har et 30cm+ tykt lag av avgangsmasser fra foredlingsanlegget ikke langt fra utslippsstedet (L5), og at det i L7, 5km vestover har kilt ut til mellom 20 og 25cm tykkelse, der Cd-nivået er sammenliknbart med det som ble funnet nederst i kjernen fra Øvrevann. Verdiene fra grabbprøvene i Fauskevika ligger ned mot en størrelsesorden lavere, men de to høyeste kommer fra lokaliteter nærmest utløpet av Sulitjelmavassdraget, og det kan se ut som om møtet med saltvann er effektiv mekanisme for sedimentering av Cd suspendert eller løst i ferskvannet som strømmer ut av Finneidstrømmen. Cd-verdiene for sedimentene i fjellvannene Øvre Sølvbekkvann og Fiskløysvann viser stor variasjon over kort avstand (<2km mellom vannene, og 0,5cm mellom øverste og nest øverste nivå i sedimentkjernen), noe som viser at det er en utfordring å skaffe robuste tall for Cd-konsentrasjonen. Det ingen grunn til å kommentere dette videre, annet enn at det også ved prøvetaking for hver 1cm i deponiet i Langvann, L14(7) 8'88, var svært ustabile verdier fra skive til skive. Denne erfaringen er som nevnt innledningsvis i dette kapittelet også gjort i sedimenter i saltvann.

Frantzen (1986) dokumenterte Cd-nivåer på ulike sedimentdyp i 11 sedimentkjerner mellom Saltstraumen og Rognan, 8 kjerner i Fauskevika, og 6 kjerner fra Nedrevann og Øvrevann til Sjønståelvas utløp. Gjennom Skjerstadvjorden varierte konsentrasjonen av salpetersyreløst Cd lite; (0,06-0,18mg/kg), likeså i Fauskevika med unntak av stasjonen nærmest utløpet fra Nedrevann (0,6-1,2 mg/kg). De to kjernene nærmest utløpet av Sjønståelva i Øvrevann hadde 0,6-1,2mg/kg Cd. Derfra og utover til utløpet i Skjerstadvjorden var det 2 av 16 prøver fra i alt 4 kjerner som hadde verdier over 0,3mg/kg.



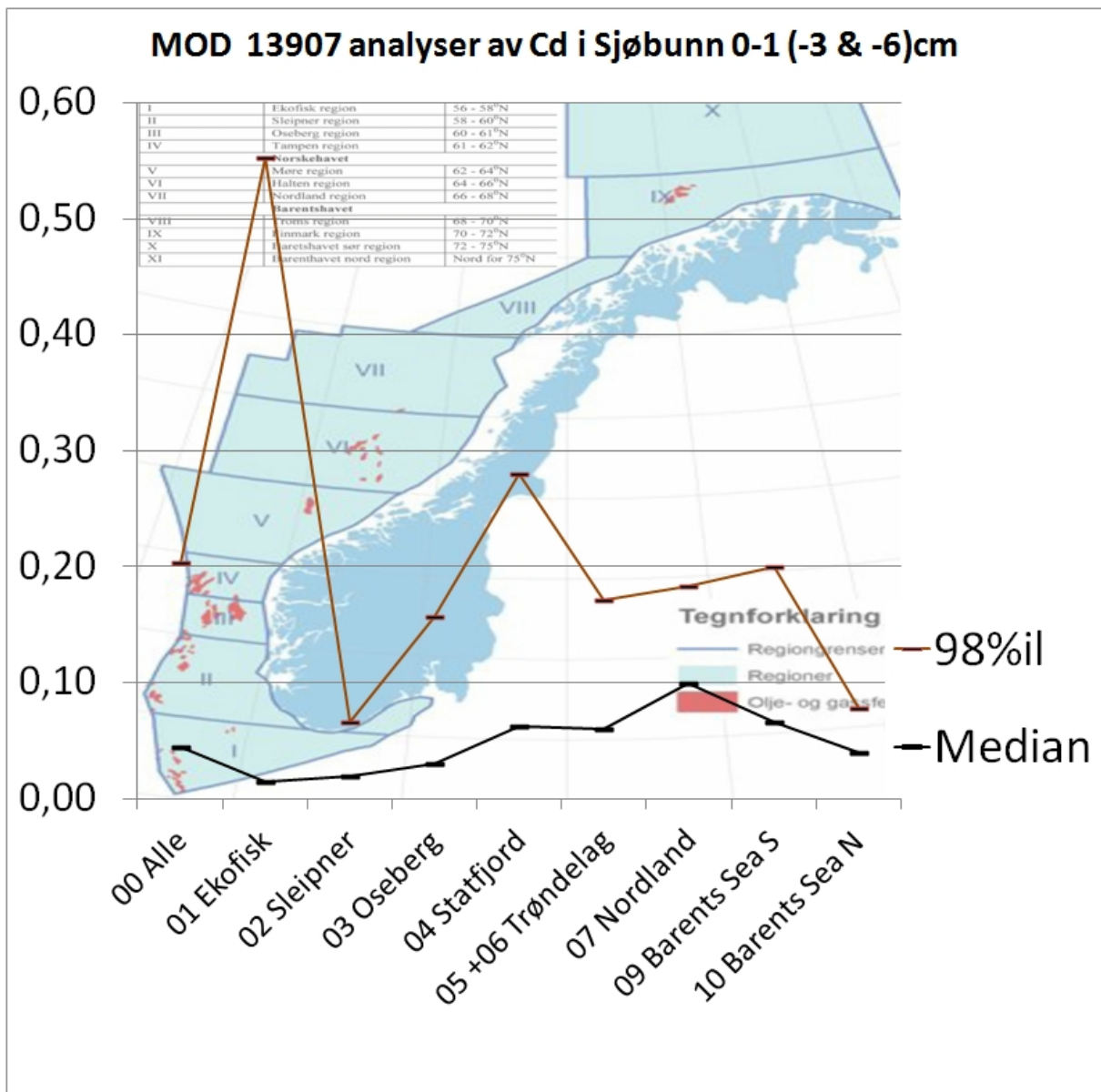
Figur 13. Forløpet av Cd-konsentrasjon i sedimenter i Sulitjelmavassdraget fra fjellvann 15km oppstrøms, gjennom deponiet i Langvann, gammel utskipningskai midtveis og til fjordarm like ved utløpet til sjø.



Tre omfattende NGU-prosjekter har erfaring med Cd-innhold i sjøbunn – Mareano i samarbeid med Kartverket og Havforskningsinstituttet (mareano.no, 2006-), Skagerrak (Longva og Thorsnes, 1997) og Astafjordprosjektet, et slags ”Kystmareano” i samarbeid med kommuner og næring rundt Astafjorden i Troms (Lepland m.fl, 2012). Disse prosjektene har i liten grad operert i trange fjorder, og er satt sammen med tallene fra Saltenkysten (Falk, 2012) for å sammenlikne nivåer i ulike havområder i Figur 14 (Finne, 2013). I dette selskapet er Cd-verdiene fra Salten helt klart ikke høye.

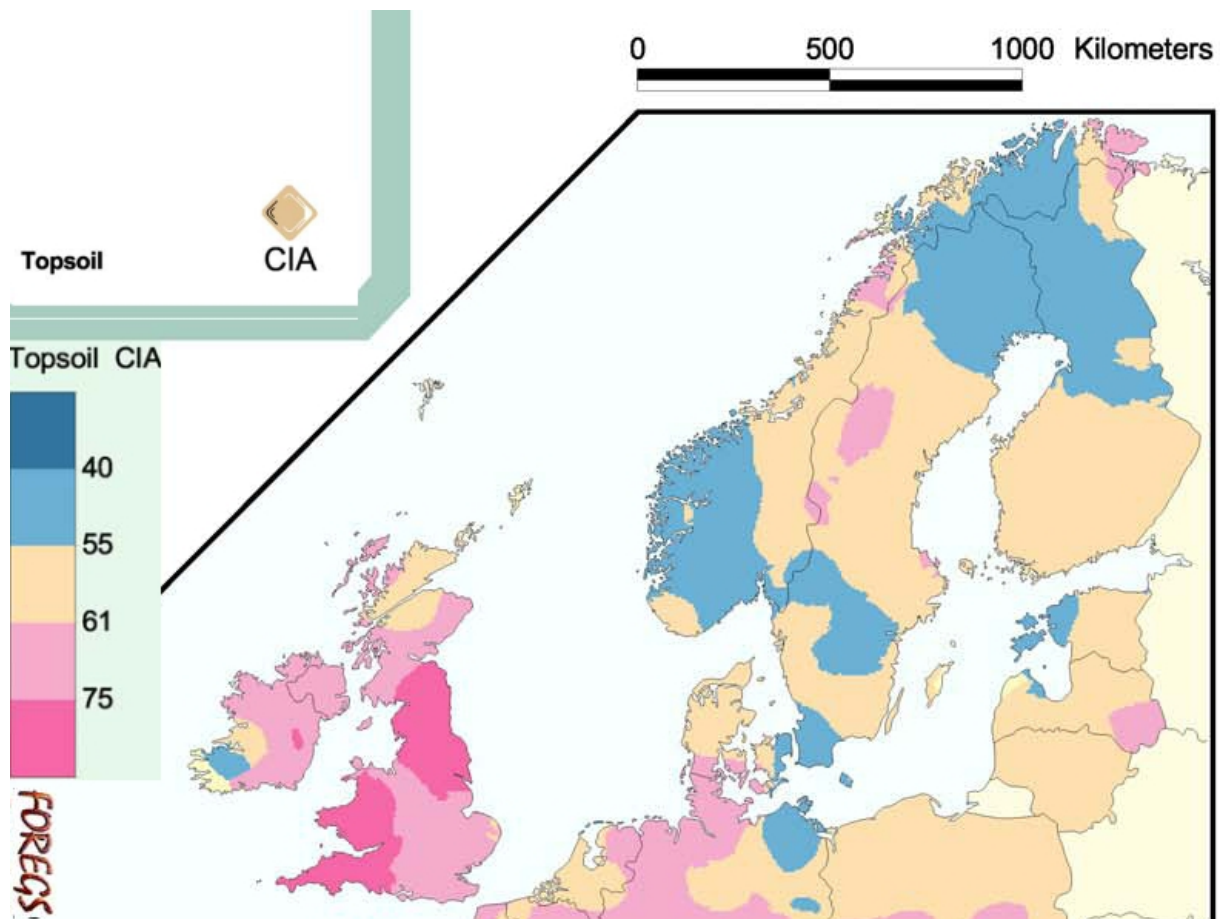
Figur 14. Boxplots for Cd i sjøbunn, alle kjerneedyp, for Mareano (inkl Barentshavet) 2003-2012, Skagerrak, Salten og Astafjorden. Salten vha van Veen grabb og Niemistö kjerneprøvetaker, ellers overveiende vha multi/minicorer.

Utvides sammenlikningsmaterialet for sjøbunn til å omfatte alle rapporterte verdier for Cd i MiljøOvervåkningsDatabasen for Aktivitetsforskriften i Petroleumsvirksomheten (MOD, mars2012) er bildet ikke vesentlig annerledes. En høsting av data fra MOD utført i mars 2012 ga muligheten til å sette sammen diagrammet i Figur 15, som sammenfatter analyser av Cd i snaue 14000 prøver av sjøbunn hovedsakelig nær oljeinstallasjoner, men også referansestasjoner i de fleste regioner i norske farvann. Fra Region VII Nordland er det 232 prøver, og medianen er klart noe høyere i denne regionen enn i noen andre. Når det samtidig er en relativt normal verdi for 98-%ilen sammenliknet med naboregionene, dvs at det ikke er spesielt ulik forurensningshistorie gjennom petroleumsvirksomheten, må det tolkes som at det faktisk er svakt høyere Cd-verdier fra naturens side i dette området. Dette er ikke usannsynlig, ettersom sjøbunnen utenfor Nordland grenser mot det området i Norge som har høyest forekomst av kalkholdig berggrunn, og en stor del av sjøbunnen består av løsmasser fra denne berggrunnen. Det må imidlertid tas forbehold om at miljøundersøkelsene som rapporteres inn til MOD ikke har en rigid og gjennomgående kvalitetssikring utover standardiserte og akkrediterte metoder.



Figur 15. Cd-nivåer i 13907 sedimentprøver hentet fra MOD-databasen. Median og 98-prosentil for 8 (sammenslåtte) regioner er vist.

Et annet aspekt, der lite er gjort til nå i Norge, er systematisk kartlegging av kjemisk forvitring av geologiske materialer som berggrunn og løsmasser. FOREGS (deVos, 2006) har beregnet én kjemisk forvitringsindeks kalt CIA (Chemical Index of Alteration) basert på analyse av totalinnhold av Al, Ca, Na og K i ”Topsoil” (25 øverste cm av mineraljord). Et utsnitt av kartet er gjengitt i Figur 16, og indikerer at landområdene rundt Lofoten *kan* ha en annen forvitringstilstand enn tilstøtende områder. Merk at tilsvarende gjelder for områdene på kysten av Skottland der tilsvarende Cd-problem er rapportert.



Figur 16. Utsnitt av kart over forvitringsindeksen CIA i topplaget (0-25cm) av mineraljord i Europa. Høyere verdier indikerer framskredet kjemisk forvitring.

TWIN-prosjektet (Olesen m.fl, 2012) startet i 2009 med undersøkelser av egenskaper og utbredelse av ”råttent fjell”, og har dokumentert lokaliteter bl.a i Hamarøy, Lofoten og Vesterålen der berggrunnen har egenskaper som best kan forklares med forvitringsprosesser som er forbundet med varmt klima heller enn med frostsprengning.

Det kan tenkes at mineralogien i slike forvitringssoner har en annen sammensetning enn ellers, men som ved bruk av vanlige analysemetoder kommer ut med samme konsentrasjoner av Cd (og andre grunnstoffer) som for områder som ikke har vesentlig påvirkning av tropisk forvitring. En annen mineralogisk sammensetning som gir høyere mobilitet for Cd i sjøvann kombinert med svakt høyere nivå for Cd i sjøbunnen på krabbefeltene kan dermed tenkes å gi det ekstra bidrag av Cd som skal til for at krabben høyt oppe i næringskjeden ender opp med høy Cd-konsentrasjon til at den kan brukes som menneskeføde.

5. KONKLUSJON

En kartlegging av Cd-konsentrasjoner i overflatevann, grunnvann, løsmasser og berggrunn er gjennomført i området som forventes å være av betydning for å kunne vurdere betydningen av naturmiljø på land i forhold til et skarpt avgrenset område med høye Cd-verdier i krabbe. Tradisjonelle geokjemiske metoder kan ikke påvise noen klar forskjell på Cd-status mellom landområdet som har avrenning til det aktuelle krabbefangstfeltet, og områder som har avrenning til sjø der krabbene ikke har forhøyet Cd-konsentrasjon.

Med fokus på små og kystnære vassdrag som ikke er målt gjennom Elvetilførselsprogrammet RID har denne undersøkelsen ikke påvist forhold som endrer på beregnet tilførsel til havet gjennom avrenning.

Litteraturgjennomgang viser at det i andre havområder også er dokumentert forhøyede nivåer for Cd i krabbe uten at det kan forklares med forurensning eller med måling av Cd i geologisk materiale alene. Studier av forvitningsgrad i geologiske materialer kan kanskje være med å bidra til en karakterisering av økosystemet som gjør Salten-krabbene rikere på Cd enn andre krabber langs Norskekysten, men ventelig ikke løse problemet som Cd utgjør.

6. REFERANSER

Andersson, Malin ; Eggen, Ola Anfin. ; Finne, Tor Erik ; Ottesen, Rolf Tore 2011. [Områder i Norge med naturlig høyt bakgrunnsnivå \(over normverdi\) – betydning for disponering av masser](#). Klif Rapport TA-2863

Arnesen, Rolf T, Grande, Magne, Iversen, Eigil R. 1976. A/S Sulitjelma Gruber. Undersøkelse av Langvatn som deponeringssted for avgang. NIVA rapport O-3/74.

Davies, I. M., G. Topping, W. C. Graham, C. R. Falconer, A. D. McIntosh, and D. Saward. 1981. Field and experimental studies on cadmium in the edible crab (*Cancer pagurus*). *Marine Biology* 64: 291-297.

Falk, Anna Helena. 2012. Kartlegging av kadmium i sediment - Saltenområdet i Nordland. Akvaplan-niva rapport nr. 6063.01.

Finne, Tor Erik. 2012. Fangst og analyseresultater. Innlegg på Krabbekonferansen 2013. Tilgjengelig på <http://www.fhf.no/prosjektdetaljer/?projectNumber=900867>.

Finne, Tor Erik og Eggen, Ola Anfin. 2012. Soil geochemical data from Nord-Salten, Nordland. NGU report 2013.015. 101 sider.

Flaten, Trond Peder. 1986. An investigation of the chemical composition of Norwegian drinking water and its possible relationships with the epidemiology of some diseases. Dr. ing avhandling ved Institutt for uorganisk kjemi, NTH.

Frantzen, Frank. 1986. Tungmetallbelastning i indre deler av Saltenfjordområdet. Hovedoppgave i kjemi, Universitetet i Trondheim.

Frantzen, S., B. T. Lunestad, A. Duinker og K. Julshamn .2011. Årsrapport 2010 Mattilsynet. Tilsynsprogrammet for skjell 2010. Fremmedstoffer (tungmetaller og organiske miljøgifter i skjell og tungmetaller i snegler og krabbe). Mikroorganismer. . Bergen, NIFES, 54 s.

Frengstad, Bjørn. 2002. Groundwater quality of crystalline bedrock aquifers in Norway. Doktor Ingeniør dissertasjon ved Institutt for geologi og bergteknikk, Fakultet for ingeniørvitenskap og teknologi, NTNU.

Gundersen, Pål. 2002. Concentrations and speciation of Cu, Zn, Cd, and Al in mine-polluted Norwegian rivers: Influence of main water parameters and consequences to fish. Dr. Scient thesis ved Institutt for kjemi, Fakultet for naturvitenskap og teknologi, NTNU.

Høgåsen, T., Skarbøvik E., Stålnacke, P., Selvik, J.R., Aakerøy, P.A., Kaste, Ø. 2011. Elvetilførselsprogrammet (RID) - 20 års overvåking av tilførsler til norske kystområder (1990-2009). Datarapport 1 – Vannkjemi i RID-elvene. Klima- og forurensningsdirektoratet rapport TA-2868/2011.

Høgåsen, T., Skarbøvik E., Stålnacke, P., Selvik, J.R., Aakerøy, P.A., Kaste, Ø. 2012. Elvetilførselsprogrammet (RID) - 20 års overvåking av tilførsler til norske kystområder (1990-2009). Datarapport 2 – Tilførsler til havområdene. Klima- og forurensningsdirektoratet rapport TA-2869/2011, oppdatert utgave 2012.

Jensen, Henning K.B.; Knies, Jochen; Finne, Tor Erik; Thorsnes, Terje. 2013. Miljøgeokjemiske data og dateringsresultater fra fire sedimentkjerner i Nordkapptransektet, Troms III og Nordland VI – MAREANO. NGU-rapport 2013.010.

Johannessen, Merete, Iversen, Eigil Rune, Grande, Magne. 1980. A/S Sulitjelma Gruber. Kontrollundersøkelser i Langvassdraget 1976-79. NIVA-rapport O-77018, L-1208.

Johannessen, Merete, og Wright, Richard F. 1980. Sulitjelma – effekter av luftforurensninger på innsjøer. NIVA-rapport L-1238.

Julshamn, Kåre, Bente Nilsen, Stig Valdersnes og Sylvia Frantzen. 2012. Årsrapport 2011. Mattilsynets program: Fremmedstoffer i villfisk med vekt på kystnære farvann: Delrapport I: Undersøkelser av miljøgifter i taskekrabbe.

Jæger, Øystein; Storrø, Gaute; Gaut, Sylvi. 2012. Landsomfattende mark- og grunnvannsnett - årsrapport 2011. NGU-rapport 2012.028.

Kristensen, Torstein, Holen, Silje Nygaard, Garmo, Øyvind, Kvassnes, Astri S., Iversen, Eigil. 2012. Utredning av forhold knyttet til gruveavrenning fra Sulitjelma-feltene: Tålegrenser for ferskvannsfisk, effekter på marint miljø, samt bruksmønster og holdninger til området hos lokalbefolkningen. NIVA-rapport L-6330-2012

Lepland, Aivo; Jensen, Henning K.B.; Plassen, Liv; Longva, Oddvar. 2012. Forurensningsstatus i sjøbunnsedimenter i Astafjordområdet/Sør-Troms. NGUrapport 2012.002.

Longva, Oddvar og Terje Thorsnes. 1997. Skagerrak in the past and at the present - an integrated study of geology, chemistry, hydrography and microfossil ecology. NGU Special publication nr 8.

Mattilsynet - DK Salten. 2011. Innhold av kadmium i taskekrabbe (*Cancer pagurus*) i området fra Nordarnøya (Gildeskål) til Leinesflesjan (Steigen) i 2010 og 2011.

Mattilsynet 2013.

http://www.mattilsynet.no/mat_og_vann/produksjon_av_mat/fisk_og_sjomat/oppretholder_a_dvarsel_mot_krabber_fra_nord.9153. besøkt 10.11.2013.

Olesen, Odleiv, Dag Bering, Marco Brønner, Einar Dalsegg, Karl Fabian, OlaFredin, Jomar Gellein, Berit Husteli, Christian Magnus, Jan Steinar Rønning, Terje Solbakk, Jan Fredrik Tønnesen & Jon Arne Øverland. 2012. Tropical Weathering In Norway, TWIN Final Report. NGU-report 2012.005.

Reimann, Clemens; Finne, Tor Erik og Filzmoser, Peter. 2011. Nye geokjemiske data fra en samling moreneprøver fra Nordland, Troms og Finnmark. NGU-rapport 2011.044. 152 sider.

Salminen R. (Chief-editor), Batista M.J., Bidovec M., Demetriades A., De Vivo B., De Vos W., Duris M., Gilucis A., Gregorauskiene V., Halamic J., Heitzmann P., Lima A., Jordan G., Klaver G., Klein P., Lis J., Locutura J., Marsina K., Mazreku A., O'Connor P.J., Olsson S.Å., Ottesen R.-T., Petersell V., Plant J.A., Reeder S., Salpeteur I., Sandström H., Siewers U., Steenfelt A., Tarvainen T. 2005. Geochemical Atlas of Europe. Part 1-Background, Information, Methodology and Maps. Tilgjengelig på <http://weppi.gtk.fi/publ/foregsatlas/index.php>

Skarbøvik E., Stålnacke, P., Selvik, J.R., Aakerøy, P.A., Høgåsen, T., Kaste, Ø. 2012. Elvetilførselsprogrammet (RID) - 20 års overvåking av tilførsler til norske kystområder (1990-2009). Klima- og forurensningsdirektoratet rapport TA-2857/2011, oppdatert utgave 2012.

de Vos W. and Tarvainen T. (Chief-editors), Salminen R., Reeder S., De Vivo B., Demetriades A., Pirc S., Batista M.J., Marsina K., Ottesen R.T., O'Connor P.J., Bidovec M., Lima A., Siewers U., Smith B., Taylor H., Shaw R., Salpeteur I., Gregorauskiene V., Halamic J., Slaninka I., Lax K., Gravesen P., Birke M., Breward N., Ander E.L., Jordan G., Duris M., Klein P., Locutura J., Bel-lan A., Pasieczna A., Lis J., Mazreku A., Gilucis A., Heitzmann P., Klaver G., Petersell V. 2006. Geochemical Atlas of Europe. Part 2 - Interpretation of Geochemical Maps, Additional Tables, Figures, Maps, and Related Publications. Tilgjengelig på <http://weppi.gtk.fi/publ/foregsatlas/part2.php>

<http://www.ngu.no/no/tm/Om-NGU/Prosjekter/Lito-prosjektet/Provetakiganalysen/> besøkt 20.10.2013

<http://weppi.gtk.fi/publ/foregsatlas/index.php> besøkt 20.10.2013.

http://www.grunnvann.no/overvaking_eks.php, besøkt 20.10.2012.

MOD. <http://projects.dnv.com/MOD/Default.aspx?TOOL=HJEM> , høstet mars 2012.



Norges geologiske undersøkelse
Postboks 6315, Sluppen
7491 Trondheim, Norge

Besøksadresse
Leiv Eirikssons vei 39, 7040 Trondheim

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

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

*Visitor address
Leiv Eirikssons vei 39, 7040 Trondheim*

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