




GEOLOGI FOR SAMFUNNET

SIDEN 1858



**NORGES
GEOLOGISKE
UNDERSØKELSE**
· NGU ·



Rapport nr.: 2020.015	ISSN: 0800-3416 (trykt) ISSN: 2387-3515 (online)	Gradering: Åpen	
Tittel: Geokjemiske bakgrunnsverdier i Longyearbyen planområde, Svalbard			
Forfatter: Andersson M., Flem B.		Oppdragsgiver: Svalbard miljøfond/Longyearbyen lokalstyre	
Fylke: Svalbard		Kommune: Longyearbyen	
Kartblad (M=1:250.000) C9G-Adventdalen		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000)	
Forekomstens navn og koordinater:		Sidetall: 54	Pris:
		Kartbilag: 1	
Feltarbeid utført: juni 2019	Rapportdato: juli 2020	Prosjektnr.: 382900	Ansvarlig: 
Sammendrag: <p>Berggrunnen på Svalbard skiller seg fra den på fastlandet, hvilket gir opphav til geokjemiske forskjeller i fastfjell, men også i løsmasser. Nasjonale grenseverdier og normverdier kan utgjøre en utfordring da noen grunnstoff forekommer lokalt i høyere konsentrasjoner. Denne undersøkelse presenterer data for prøver tatt i planområdet for Longyearbyen, 85 løsmasseprøver og 27 fastfjellsprøver. Alle prøvene ble analysert for 53 grunnstoff etter en Aqua Regia oppslutning.</p> <p>Resultatene viser, ved sammenligning mot nasjonale tilstandsklasser for forurenset grunn, at konsentrasjonen for arsen overgår normverdien i alle løsmasseprøvene og i 44% av fastfjellsprøvene. Den naturlige bakgrunnskonsentrasjonen for arsen er høyere generelt på Svalbard – dette gjelder også områder som ikke er påvirket av kullforekomster eller -drift. Høye arsenkonsentrasjoner i denne undersøkelsen er i samsvar med andre, tidligere undersøkelser, sammenstilt i denne rapport. Generelt inneholder løsmassene i det undersøkte området lave tungmetallkonsentrasjoner.</p> <p>De høye konsentrasjonene av arsen vil derfor fortsette være en utfordring ved masseuttak, uansett plassering på Svalbard. Det anbefales å høyne normverdien for arsen til 20 mg/kg på Svalbard.</p>			
Emneord: Svalbard	Longyearbyen planområde	geokjemi	
tilstandsklasser	normverdi	arsen	

INNHOOLD

1.	BAKGRUNN	5
1.1	Tilstandsklasser og normverdi	5
1.2	Naturlig kjemisk bakgrunnsnivå.....	6
2.	GEOLOGISK BESKRIVELSE	7
2.1	Berggrunn	7
2.2	Løsmasser	8
3.	KULTURLEVNINGER KNYTTET TIL FORURENSING	9
4.	TIDLIGERE KJEMISKE UNDERSØKER.....	10
4.1	Flomsediment	10
4.2	Longyearbyen	11
4.3	Endalen	12
4.4	Kull og skeidestein, Svea og gruve 7	12
4.5	Sjøsediment rundt Spitsbergen – MAREANO	13
5.	METODIKK.....	14
5.1	Prøvetaking og -preparering	14
5.1.1	Fastfjellsprøver	14
5.1.2	Løsmasseprøver.....	14
5.2	Kjemiske analyser.....	14
5.3	Nedbørsfelt	15
6.	RESULTAT	15
6.1	Nedbørsfelt	15
6.2	Kjemiske analyser.....	16
6.2.1	Løsmasser.....	16
6.2.2	Fastfjellsprøver	21
7.	ARSEN.....	25
8.	KONKLUSJONER	27
9.	REFERANSER	27

FIGURER

Figur 2.Kartet viser til nedbørsfelt som er representert av løsmassene tatt i dette studie.

Figur 3.Kartet viser prøvetakingslokalitetene for løsmasseprøver og tilstandsklassene for arsen.

Figur 4. PCA-plott av utvalgte element for løsmasseprøvene.

Figur 5.Kartet viser prøvetakingslokalitetene for fastfjellsprøver og tilstandsklassene for arsen.

Figur 6.PCA-plott av utvalgte element for fastfjellsprøvene

Figur 7. Kumulativ frekvensfordeling som viser konsentrasjon av alle prøver i dette studie.

TABELLER

Tabell 1.Tilstandsklasser for forurenset grunn for uorganiske grunnstoffer. Alle tall i mg/kg.

Tabell 2.Konsentrasjoner (mg/kg) for flomsediment fra hele Spitsbergen. Alle resultat er etter HNO₃-ekstraksjon (Ottesen mfl., 2010) (N=650)

Tabell 3.Konsentrasjoner (mg/kg) for flomsediment fra et utvalgt område på Spitsbergen med berggrunn fra jura, kritt og tertiær (Ottesen mfl., 2010) (N=109)

Tabell 4.Konsentrasjoner (mg/kg) fra overflatejord i Longyeardalen (Breedveld, 2000). Prøvene ble tørket ved 105°C og 50°C, oppløsning i mikrobølgeovn med konsentrert HNO₃ + H₂O₂ (N=10)

Tabell 5.Konsentrasjoner (mg/kg) fra overflatejord i Longyearbyen (Eggen mfl., 2008) (N=3)

Tabell 6.Konsentrasjoner (mg/kg) fra overflatejord i Endalen (Vaksvik, 2019) (N=41)

Tabell 7. Kjemiske resultat for kull (N=14) og skeidestein (N=10).

Tabell 8.Konsentrasjoner (mg/kg) fra overflatesedimenter rundt Spitsbergen (N=121) (www.mareano.no)

Tabell 9.Statistiske parametre for løsmasseprøvene. N>DL = antall prøver over deteksjonsgrensen. DL = den analytiske deteksjonsgrensen for hvert element. Q2 = det høyeste tallet for de 2 % laveste konsentrasjonene. Spenn viser til hvor mange tierpotenser dataene strekker seg over.

Tabell 10.Statistiske parametre for fastfjellsprøvene. N>DL = antall prøver over deteksjonsgrensen. DL = den analytiske deteksjonsgrensen for hvert element. Q2 = det høyeste tallet for de 2 % laveste konsentrasjonene. Spenn viser til hvor mange tierpotenser data strekker seg over.

VEDLEGG

Vedlegg 1. Informasjon og feltobservasjoner om løsmasseprøvene

Vedlegg 2.Informasjon om fastfjellsprøvene samt bergartstype

Vedlegg 3.Resultat for petrofysiske parametre målt ved NGU lab

Vedlegg 4. Kart for alle analyserte grunnstoff

Vedlegg 5. XY-plott for sjøbunnsediment. Arsen mot kornstørrelse, TC, TOC og TS

1. BAKGRUNN

Tidligere undersøkelser og erfaringsgrunnlag fra grave/byggeprosjekter viser at Svalbard har annerledes geokjemi enn fastlands-Norge med høyere nivåer av grunnstoffer som arsen, nikkel og sink. Siden det i dag ikke er kartlagt hva som er naturlige bakgrunnsverdier i Longyearbyen planområde, brukes nasjonale tilstandsklasser for forurenset grunn. Dette kan medføre at masser med naturlig høye konsentrasjoner må behandles som forurenset masse. Den svært begrensede deponikapasiteten på Svalbard har gitt behov for etablering av lokale normverdier som tar lokale forhold i betraktning. Dette for å unngå at større mengder masser med naturlig høye konsentrasjoner må sendes til fastlands Norge for deponering.

Dette prosjektet vil gi et kunnskapsgrunnlag om de naturlige geogene konsentrasjonsnivåene av grunnstoffer i løsmasser og berggrunnen i planområdet. Prosjektet vil resultere i informasjon som tilsier hvor det bør utøves aktsomhet ved oppdatering av reguleringsplaner, bytte av arealbruk, bygningsarbeider eller andre tiltak.

Resultatene vil gjøre planlegging av byggevirkosomhet enklere og mer forutsigbar når det gjelder gravemasser. Resultatene vil også gi informasjon om hvor det bør utøves aktsomhet ved oppdatering av reguleringsplaner, bytte av arealbruk, bygningsarbeider eller andre tiltak. Dette kan bidra til å unngå unødvendig transport av gravemasser ved utbygging. Da arealplanen viser til fortsatt fortetting i sentrale byggefelt, Gruvedalen samt Hotellneset, kan dette bety generering av gravemasser med ukjente konsentrasjoner av tungmetaller og organiske miljøgifter.

Tiltakshavere kan støte på utfordringer ved terrenginngrep, som graving, planering, masseuttak og utfylling i områder hvor det:

- 1) eksisterer naturlige masser med kjemiske konsentrasjoner over normverdi (tilstandsklasse 2 eller høyere)
- 2) har vært virksomhet som kan ha forurenset grunnen, eller
- 3) hvor det finnes tilkjørte forurensete masser.

Hvis disse massene kjemisk sett ligger under lokal, naturlig bakgrunnsnivå kan de gjenbrukes lokalt, med forbehold om hvilket arealbruk området skal brukes til. Hvis massene ikke kan brukes lokalt må de leveres til godkjent deponi på fastlandet, hvilket gir opphav til store transportkostnader og negative miljøeffekter ved utslipp av klimagasser.

1.1 Tilstandsklasser og normverdi

Helsebaserte tilstandsklasser for forurenset grunn (Miljødirektoratet, 2009) er definert i fem klasser som brukes i behandling og vurdering av helserisiko i forbindelse med forurensning i grunnen og setter grenser for hvilke nivåer som kan aksepteres av miljøgifter i jord til ulik arealbruk. Tilstandsklassene er etablert for å hjelpe tiltakshavere, grunneiere og konsulenter som jobber med forurensning i grunnen å vurdere hvordan massene kan brukes.

Begrepet normverdi er basert på skadepotensialet til et stoff. Konsentrasjoner innenfor normverdien utgjør ingen risiko for helse eller miljø og er representert av grenseverdien mellom klasse 1 og 2 (Tabell 1). Normverdien utgjør dermed maksimumsverdien i tilstandsklasse 1, mens den øvre grensen for klasse 2 og 3 er helsebaserte akseptkriterier. Risiko for spredning av forurensning til omkringliggende resipienter og vurdering av helserisiko ved å oppholde seg på arealet må vurderes ved den videre klasseinndelingen (Miljødirektoratet, 2009).

Noen byer i Norge har justert den nasjonale normverdien for spesifikke grunnstoff, for eksempel har Trondheim høyere nikkel (75 mg/kg) og krom (100 mg/kg) normverdi enn den nasjonale verdien mens Bodø har høyere kromverdi (100 mg/kg).

Tabell 1. Tilstandsklasser for forurenset grunn for uorganiske grunnstoffer. Alle tall i mg/kg.

Tilstandsklasse	1 Meget god	2 God	3 Moderat	4 Dårlig	5 Svært dårlig
Arsen	< 8	8-20	20-50	50-600	600-1 000
Bly	<60	60-100	100-300	300-700	700-2 500
Kadmium	<1.5	1.5-10	10-15	15-30	30-1 000
Kvikksølv	<1	1-2	2-4	4-10	10-1 000
Kobber	<100	100-200	200-1 000	1 000-8 500	8 500-25 000
Sink	<200	200-500	500-1 000	1 000-5 000	5 000-25 000
Krom (III)	<50	50-200	200-500	500-2 800	2 800-25 000
Krom (VI)	<2	2-5	5-20	20-80	80-1 000
Nikkel	<60	60-135	135-200	200-1 200	1 200-2 500

1.2 Naturlig kjemisk bakgrunnsnivå

All jord har et naturlig innhold av tungmetaller. Forurenset grunn er i henhold til forurensningsforskriftens kapittel 2 (bygge- og graveforskriften) definert som grunn som har konsentrasjoner av helse- eller miljøfarlige stoffer over normverdiene og samtidig ligger over det naturgitte bakgrunnsnivået i grunnen.

NGU utarbeidet en rapport (Andersson mfl., 2011) som baserer seg på eksisterende geokjemiske data fra berggrunn og løsmasser og angir hvor i Norge det naturlige bakgrunnsnivået for arsen (As), kadmium (Cd), kvikksølv (Hg), krom (Cr), kobber (Cu), nikkel (Ni), bly (Pb) og sink (Zn) overskrider gjeldende normverdi. Eksempelvis kan skiferbergarter i Rogaland og Innlandet ha forhøyet arseninnhold. Dersom bakgrunnsnivået for arsen er 13 mg/kg vil en jordkonsentrasjon på 12 mg/kg fortelle at jorden ikke er forurenset selv om normverdien for arsen på 8 mg/kg er overskredet.

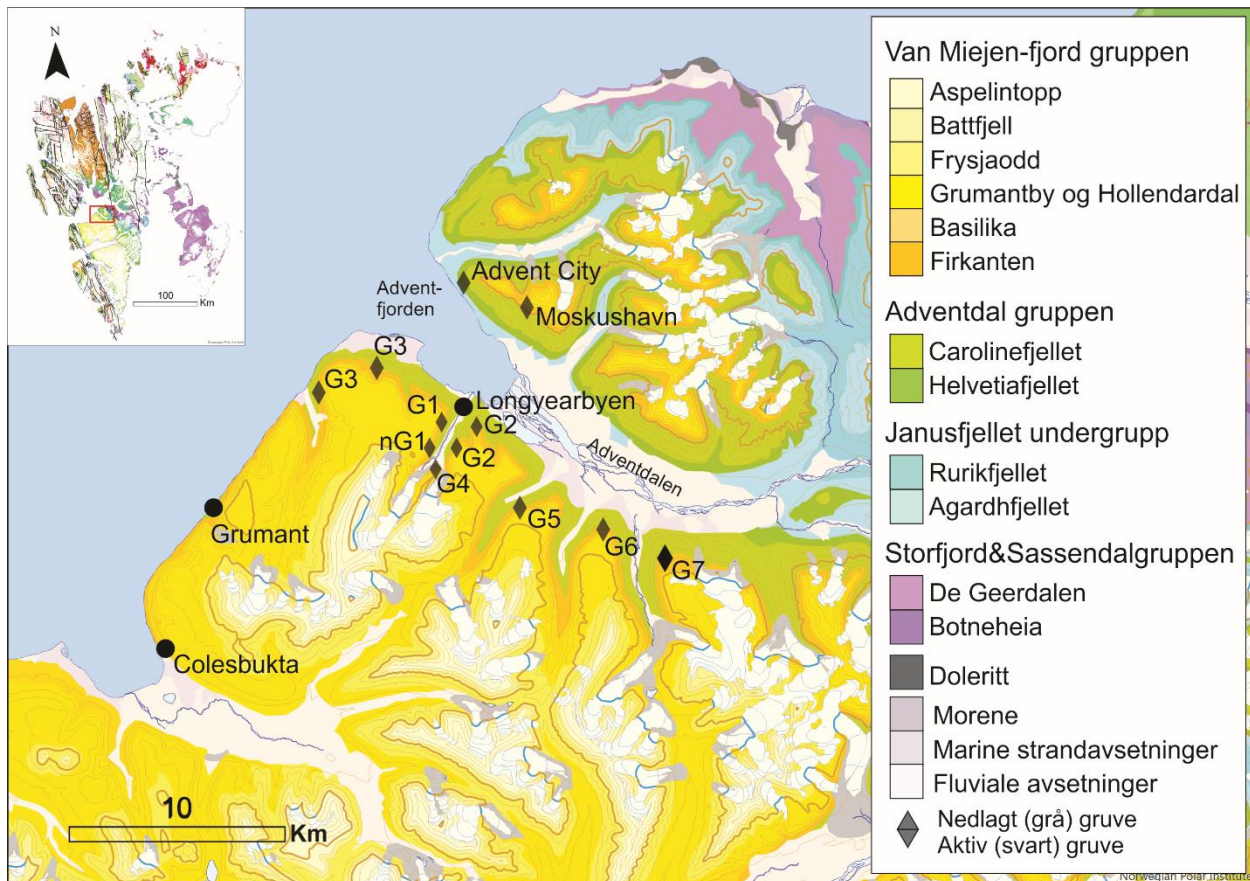
2. GEOLOGISK BESKRIVELSE

2.1 Berggrunn

Berggrunnen i det undersøkte området består av flatliggende sedimentære formasjoner som ligger i den nordøstre delen av det sentrale tertiære bassenget. Bergartene i planområdet har blitt datert fra tidlig Perm (~400 Ma) til Eocen tid (mellom 56 og 34 Ma). Formasjonene består hovedsakelig av klastiske sedimentære bergarter – mest sandstein vekslet med skifer, som primært har lavt organisk innhold. Disse vekslingene mellom sandstein og mer finkornete bergarter reflekterer skiftende dannelsesmiljøer. Lagene ligger svakt hellende, slik at de eldste lagene ligger nederst i NE-delen av det prøvetatte området (Major mfl., 1992).

De eldste sedimentære bergartene i det aktuelle området kan derfor ses NE for Adventfjorden, i Moskushavn (Figur 1). Der er det mulig å se sand- og siltstein samt leirskifer fra Rurikfjellet- samt Helvetiafjellet-formasjonen (Janusfjellet og Adventdalgruppen).

På den andre siden av fjorden, ved Longyearbyen, nederst i dalbunnen og ut mot fjorden finnes skifer, siltstein og sandstein tilhørende Carolinefjellformasjonen, datert til å være avsatt i yngre Kritt. Den tilhører også Adventdalsgruppen.



Figur 1. Geologiske formasjoner samt gruver i området. Kartkilde: Norsk polarinstitutt.

Over Adventdalgruppen ligger Van Mijenfjorden Gruppen, som i det prøvetatte området består av (fra bunn til topp (platået)): Firkanten formasjonen, Basilikaformasjonen og Grumantby- og Hollendardals-formasjonen (Major mfl., 1992).

I den nederste delen av Firkanten formasjonen finnes de karakteristiske tykke kullbærende lagene, som har gitt opphav til driften i gruvene rundt Longyearbyen. Som med mesteparten av de kullrike formasjonene på Svalbard, er Firkantformasjonen datert til å være avsatt i Paleocen (Dallmann mfl., 1999). Firkantformasjonen er varierende med lag med sand-, siltstein og skifer i gjentagende lag av varierende tykkelse.

Basilikaformasjonen er en relativt tynn formasjon som hovedsakelig består av mørke skifer og noen siltstein. Formasjonen representerer et danningsmiljø der et gjørmete sokkelmiljø fikk tilførsel av siltige sediment fra omkringliggende basseng (Major mfl., 1992).

Grumantby- og Hollendardals-formasjonene danner de flate platåene i området og består hovedsakelig av massiv, homogen sandstein, som stedvis inneholder glaukonitt. Glaukonitt er et grønt glimmermineral som dannes i sedimentære avsetninger på havbunnen.

2.2 Løsmasser

Klimaet på Svalbard bidrar til at naturlige geokjemiske prosesser er langsommere i forhold til fastlands Norge. Nedbrytning av berggrunn og løsmasser foregår hovedsakelig via mekanisk forvitring, som frost- og tineprosesser (Breedveld mfl., 1999). Mange av de unge bergartene er lite motstandsdyktige mot frostsprengning. Der berggrunnen har ligget bar etter isavsmeltingen, er det mange steder dannet store mengder forvittringsjord. Til dels kan det finnes sandsteinurer selv i landskap uten sterk helling (Låg, 1978).

I planområdet generelt ligger det elve- og breelvavsetninger i bunnen av dalene. Dette er sand, grus og stein som er fraktet av vannet nedover dalen og som underveis er blitt trillet rundt og knust i elveløpet. Avsetningene er sorterte, lagdelte, og partiklene er mer runde i formen enn morenemateriale. De fineste kornstørrelsene som leire og silt mangler fordi de er blitt vasket ut i fjorden (Rubensdotter mfl. 2015).

I skråningene finnes løsmasser som er blitt transportert og avsatt av ulike skråningsprosesser. Skråningsprosesser drives av tyngdekraften alene ved steinsprang, eller i kombinasjon med snø og/eller vann ved sørpe-, jord- og flomskred. I noen områder dominerer snøskredsavsetninger, mens andre områder har mer jord- og flomskredsavsetninger. Forskjellen mellom jord- og flomskred defineres ut fra skredmassens vanninnhold. Skredet løses ut når stabiliteten til materialet overskrides. Dette kan skje når for eksempel nedbør eller snøsmelting hever vanntrykket inne i jordmassen over en kritisk grense. Massen kollapser da og river med seg mer og mer materiale på sin vei nedover skråningen. Desto mer vann i skredmassen, desto lengre vil skredet bevege seg ut i dalbunnen. Løsnepunktet er vanligvis i skråninger brattere enn 30°, men kan forekomme også på slakere skråninger avhengig av materialtype og porevanntrykk i bakken.

Mesteparten av skredmassene blir liggende som lober og hauger nederst i skråningen hvor energien i skredet minker. Siden jord- og flomskred ofte gjentar seg på samme plass fører dette over tid til oppbygging av dype skredkanaler og skredvifter (Rubensdotter mfl. 2015). Snøskred fra fonn har vist seg å bidra betydelig til erosjon av fjell- og dalveggene i Longyeardalen (Eckerstorfer mfl., 2013).

I skråninger med lavere gradient forekommer løsmasser som er påvirket av frostprosesser, solifluksjon. Permafrosten påvirker bakken slik at frostheving og frostkryp skaper bevegelse i den øverste delen av løsmassene, spesielt der det er god tilgang til vann. Nedenfor skråninger kan en finne store flater med denne krypende jordtypen og steinmasser, som langsomt beveger seg ut over dalbunnen (Rubensdotter mfl. 2015).

Ut mot havet forekommer marine avsetninger som har sitt opphav under eller nært havnivå (Rubensdotter mfl. 2015).

Løsmassene i Longyeardalen har forskjellige kornstørrelser avhengig av plassering i dalføret. I NV-delen av dalføret har løsmassene relativt grovere kornfordeling, sandfraksjonen er her større sammenlignet med den østre delen der silt- og leirfraksjonen er større. Det forklarer Szymański mfl. (2019) med at finfraksjonen har blitt transportert med vind fra Adventdalen.

Mineralsammensetningen for løsmassene i Longyeardalen er generelt uniform med kvarts, kalifeldspar, plagioklas, glimmer og kloritt som de vanligste mineralene. Under gruve 1 finner man også kalsitt, dolomitt hematitt og magnesitt i løsmassene (Szymański mfl. 2019).

3. KULTURLEVNINGER KNYTTET TIL FORURENSING

Kullgruvedrift bidrar med forurensing via spredning av kullfragmenter og sidestein. Foruten at kull sprer forurensning av polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH), inneholder kullet og restmaterialet fra gruvedriften også pyritt. Pyritt oksideres og danner svovelsyre som gir opphav til sur avrenning og videre oppløsning av metaller. De lave pH-verdiene gir opphav til bufferreaksjoner som gir omdanning av for eksempel jernmineraler til mer lett løselige jernhydroksider. Vannet i sivevannsbekker viser ofte veldig lave pH-verdier og høye konsentrasjoner av kobber, nikkel, sink, jern, aluminium og sulfat. Konsentrasjonene av disse grunnstoffene øker nedover skeidesteinstippene (Breedveld mfl., 1999). Bydelene i Longyearbyen vokste frem etter hvor en ny gruve ble åpnet (Sysselmannen på Svalbard, 2010).

Kullet ble sortert fra omkringliggende stein i enten gruveanlegg og i senere tid i oppredningsverk (Sysselmannen på Svalbard, 2010). Det var stor byggevirkosomhet i Lia i Longyearbyen mellom 1979-1982. Da ble mye skeidestein hentet fra oppredningsverket og brukt som fyllmasse i vegbaner og under bolighus. Det har gitt opphav til forgiftningsfelt der sivevann/drenering har spredt metaller fra disse fyllmassene (Låg, 1988).

4. TIDLIGERE KJEMISKE UNDERSØKER

4.1 Flomsediment

Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) har i samarbeid med NGU undersøkt den geokjemiske sammensetningen av flomsediment på Spitsbergen (Ottesen mfl., 2010). Flomsedimenter forekommer langs elver og bekker med varierende vannføring og består i hovedsak (90-99%) av mineraler og bergartsfragmenter. De fleste av disse har en diameter som er mindre enn 0,2 mm. Sedimenter avsettes på elvesletter og diker fra vannsuspensjoner under flom, når vannføringen stiger over det normale elveløpet. Nye sedimentkilder kan åpnes opp under flom. Dermed er opprinnelsen av de suspenderte materialene i strømmen mangfoldig, men partiklene stammer fra elvens dreneringsområde. Under en flom og spesielt i de siste fasene, vil noe av det suspenderte materialet deponeres på elvesletter som er utilgjengelig under vanlig vannføring. Horisontale lag av flomsedimenter bygges da opp over tid. På Svalbard er erosjonsprosesser og mekanismer ved sedimenttransport forskjellige sammenlignet med de samme prosessene i varmere klima. Lite vegetasjon, permafrost og innvirkning fra isbreer, som dekker ca. 60 % av Svalbard, påvirker avrenning og erosjon i skråninger. Derfor dominerer sedimenttilførsel fra isbreer sedimentbudsjettet (Ottesen mfl., 2010).

Prøvene i undersøkelsen av flomsediment (Tabell 2) ble tatt utenfor bosetninger og i lav tetthet over hele Spitsbergen. Derfor kan kartleggingen av flomsedimenter brukes som bakgrunnsmateriale for å forstå kjemiske nivåer i forskjellige geologiske litologier, ettersom sedimentene representerer naturlig kjemisk bakgrunnsnivå. Men da det er langt mellom prøvelokalitetene kan de ikke brukes som grunnlag for detaljert planlegging i for eksempel bosetningsområder.

Tabell 2. Konsentrasjoner (mg/kg) for flomsediment fra hele Spitsbergen. Alle resultat er etter HNO₃-ekstraksjon (Ottesen mfl., 2010) (N=650)

Element	minimum	maksimum	median
Arsen	<1	108	6,8
Bly	<1	85	12
Kadmium	<0,02	3,8	0,15
Kobber	0,92	163	20
Krom	4,1	174	22
Kvikksølv	<0,01	0,25	0,03
Nikkel	5	158	28
Sink	11	169	68

Ettersom prøvene i Tabell 2 representerer hele Spitsbergen, kan konsentrasjonene bli misvisende om de sammenlignes direkte med analyser av prøver tatt i denne undersøkelse, hvor prøvene kun er tatt i områder med bergarter fra tidsperioden jura og senere. Tabell 3 presenterer derfor et utvalg av prøver som ligger i områder på Spitsbergen med berggrunn av samme alder som den

som utgjør berggrunnen rundt Longyearbyen. Resultatene viser en mindre spredning i konsentrasjoner da disse prøver representerer et område med et mer homogent utvalg av bergarter. Arsen, kvikksølv og bly viser høyere konsentrasjoner i bergarter fra jura, kritt og kvartær sammenlignet med hele Spitsbergen der mange eldre bergarter også forekommer.

Tabell 3. Konsentrasjoner (mg/kg) for flomsediment fra et utvalgt område på Spitsbergen med berggrunn fra jura, kritt og tertiær (Ottesen mfl., 2010) (N=109)

Element	minimum	maksimum	median
Arsen	7	27	11
Bly	7,5	24	15
Kadmium	0,05	0,8	0,15
Kobber	8,3	37	19
Krom	11	34	22
Kvikksølv	0,014	0,144	0,044
Nikkel	11	41	28
Sink	44	120	70

4.2 Longyearbyen

Norges geotekniske institutt (NGI) utførte en mindre undersøkelse der det ble sett på bakgrunnsnivåer av uorganiske grunnstoff og organiske komponenter i overflatejord (Breedveld, 2000). Tabell 4 viser resultatene fra den undersøkelsen. Resultatene kan vise en undervurdering av kvikksølv da prøvene ble tørket ved relativt høye temperaturer.

Denne rapport refererer ikke til konsulentrapporter som har undersøkt og analysert jordprøver fra Longyearbyen ettersom disse studiene har konsentrert seg om kjente forurensede områder.

Tabell 4. Konsentrasjoner (mg/kg) fra overflatejord i Longyeardalen (Breedveld, 2000). Prøvene ble tørket ved 105°C og 50°C, oppløsning i mikrobølgeovn med konsentrert HNO₃ + H₂O₂ (N=10)

Element	minimum	maksimum	gjennomsnitt
Arsen	11	29	12
Bly	11	78	23
Kadmium	0,1	0,6	0,2
Kobber	17	103	31
Krom	14	28	20
Kvikksølv	0,04	0,19	0,1
Nikkel	15	33	23
Sink	56	217	89

Tabell 5 sammenfatter resultat fra et fåtall prøver for overflatejord fra Longyearbyen som ble tatt i samband med en undersøkelse av organiske miljøgifter på Svalbard.

Tabell 5. Konsentrasjoner (mg/kg) fra overflatejord i Longyearbyen (Eggen mfl., 2008) (N=3)

Element	minimum	maksimum	gjennomsnitt
Arsen	8,3	12	10
Bly	6,3	17	13
Kadmium	<0,1	0,11	-
Kobber	28	35	32
Krom	16	29	24
Kvikksølv	<0,01	0,03	-
Nikkel	16	37	28
Sink	36	92	68

4.3 Endalen

En masterstudent studerte jord i Endalen for å finne ut hva som kan forventes av forurensing i områder med kullgravedrift (Vaksvik, 2019). Gruve 5, som ligger på østsiden av dalen var aktiv mellom 1959 til 1971 (Syssemlannen på Svalbard, 2010). Prøvene ble tatt langs dalen der de innerste forventes å vise lokale bakgrunnskonsentrasjoner. Studiet viser forhøyede konsentrasjoner av arsen, krom, kobber, barium og vanadium i sedimentene nær de gamle gruvemassene sammenliknet med resten av dalen (Tabell 6). Samtidig viser analysene en markant reduksjon i konsentrasjonen av kalsium i masser nær gruve (Vaksvik, 2019). Studien konkluderer med at det fortsatt pågår sur avrenning med skadelig konsentrasjoner av flere grunnstoffer, men at dette er konsentrert til områdene nær gruvedeponiene.

Tabell 6. Konsentrasjoner (mg/kg) fra overflatejord i Endalen (Vaksvik, 2019) (N=41)

Element	minimum	maksimum	gjennomsnitt	median
Arsen	11	77	18	16
Bly	14	26	20	20
Kadmium	0,02	0,49	0,19	0,15
Kobber	20	60	30	27
Krom	30	65	43	43
Kvikksølv	Ikke analysert	-	-	-
Nikkel	59	92	74	73
Sink	75	121	92	88

4.4 Kull og skeidestein, Svea og gruve 7

NGU har analysert og rapportert resultat for både kull og skeidesteinprøver (sidestein til kull) (Tabell 7) for Store Norske Spitsbergen Kulkompani (Jensen, 1999). Prøvene ble tatt fra Svea og Gruve 7 (Figur 1). Det er generelt høyere konsentrasjoner for alle presenterte grunnstoff, unntatt

kadmium, i de tilgrensende bergartene enn i kullet. Store variasjoner i konsentrasjon eksisterer både for kullet og bergarten rundt.

Tabell 7. Kjemiske resultat for kull (N=14) og skeidestein (N=10).

Element	Kull			Skeidestein		
	min	maks	median	min	maks	median
Arsen	1,1	28	7,1	<1	225	79
Bly	1,1	11	2,5	11	28	23
Kadmium	<0,02	1,1	0,2	<0,02	1,5	0,5
Kobber	3,9	30	7,7	12	61	28
Krom	1,8	15	4,7	26	122	52
Kvikksølv	<0,01	0,1	0,05	<0,01	1	0,4
Nikkel	<2	8,4	4,2	6	38	18
Sink	3,4	36	7,6	9,7	107	41

4.5 Sjøsediment rundt Spitsbergen – MAREANO

Mareano-programmet er et samarbeidsprosjekt mellom NGU, Kartverket og Havforskningsinstituttet og finansieres av Nærings- og fiskeridepartementet og Klima- og miljødepartementet gjennom bevilgninger over statsbudsjettet. Programmet kartlegger dybde, bunnforhold, biologisk mangfold, naturtyper og forurensning i sedimentene i norske havområder. Tabell 8 sammenstiller resultat fra 17 sedimentkjerner tatt under tre forskjellige tokt: 2016-113, 2017-115 og 2018-109. Sedimentkjernene har en dybde på mellom 1 og 39 cm. Resultatene fra akkurat disse kjernene er valgt ut pga. deres geografiske beliggenhet rundt Spitsbergen.

Tabell 8. Konsentrasjoner (mg/kg) fra overflatesedimenter rundt Spitsbergen (N=121) (www.mareano.no)

Element	minimum	maksimum	gjennomsnitt	median
Arsen	5,6	80	18	14
Bly	9,1	34	17	15
Kadmium	0,05	0,8	0,25	0,2
Kobber	11	23	17	17
Krom	19	63	42	43
Kvikksølv	0,01	0,08	0,04	0,04
Nikkel	21	50	32	32
Sink	57	103	79	80

5. METODIKK

5.1 Prøvetaking og -preparering

5.1.1 Fastfjellsprøver

Bergartsprøvene ble tatt fra fast fjell ved hjelp av hammer. I noen få tilfeller ble det tatt løse håndprøver fra skredvifter der det ikke var mulig å få tak i prøver fra formasjoner som lå høyere i topografien. Totalt ble det tatt 27 bergarts-/fastfjellsprøver.

Ved ankomst til NGU ble bergartene dobbeltsjekket, og 19 prøver ble videre analysert for petrofysiske parametre (Vedlegg 3). Alle prøvene ble knust og malet i agatmølle. Minimum 50 g ble fylt i Kautex bokser for kjemisk analyse.

5.1.2 Løsmasseprøver

Prøvetakingen for løsmasseprøvene ble planlagt ut fra et 200x200 m prøvetakingsnett, for å få en god spredning av prøvelokaliteter. I tillegg ble lokalitetene på forhånd og i felt valgt for å unngå forurensningskilder (SFT, 1998). Løsmasseprøvene skal derfor representere masser som er minimalt påvirket av antropogene prosesser. Prøvehullene ble gravd ut med spade og prøvematerialet ble overført til prøveposen (Rilsan) med en sandblåst malingsfri hagespade. En duplikatprøve ble samlet fra enkelte lokaliteter på samme måte som en ordinær prøve. Typisk ble en duplikatprøve tatt 2-10 m fra den ordinære prøve. Til sammen ble det tatt 85 løsmasseprøver (av disse er 6 duplikatprøver).

Ved ankomst til NGUs laboratorium ble alle prøver tørket i sine åpne originale prøvetakingsposer i tre uker ved temperaturer under 40 °C. Etter tørking var prøvenes gjennomsnittsvekt 1,3 kg. Alle prøver ble deretter tørrsiktet til 2 mm i nylonsikt, hvor materialet < 2 mm ble sendt til analyse. Både under prøvetaking og pre-analyse var det forbudt for alle involverte å bruke smykker, dette for å unngå kontaminering av prøvene med for eksempel gull. Krysskontaminering via prøvestøv under sikting ble unngått ved at prøvene ble siktet én om gangen i en ventilert kasse. Alt sikteutstyr ble rensset ved hjelp av en støvsuger mellom hver prøve. Det kan noteres at et stort antall av prøvene var veldig finkornete og hadde tørket til harde klumper. Kautex bokser ble fylt med 50+ g prøvemateriale.

5.2 Kjemiske analyser

Etter pre-analyse ble alle prøvene randomisert, dvs. at rekkefølgen ble omrokkert. Dette blir gjort for å unngå at den geografiske plasseringen av prøven (rekkefølgen) påvirker analysen på noen måte.

Den randomiserte prøveserien som bestod av både løsmasse- og fastfjellsprøvene ble sendt til ACME-laboratorier (Bureaus Veritas) i Vancouver, Canada for å analyseres etter deres AQ 251 EXT-metode. Metoden benytter 15 g prøveinnvekt. Prøvene ble ekstrahert i 90 ml kongevann i en time ved 95°C i vannbad. Etter avkjøling ble oppløsningene fortynnet til et sluttvolum på 300

ml med 5% HCl. Forholdet mellom prøvevekt og oppløsningsvolum er 1 g per 20 ml. Løsningene ble analysert ved å bruke et Spectro Ciros Vision- induktivt koblet plasmaemisjons-emisjons-spektrometer (ICP-AES) og et Perkin Elmer Elan 6000/9000 induktivt koblet plasmaemisjons-massespektrometer (ICP-MS).

5.3 Nedbørsfelt

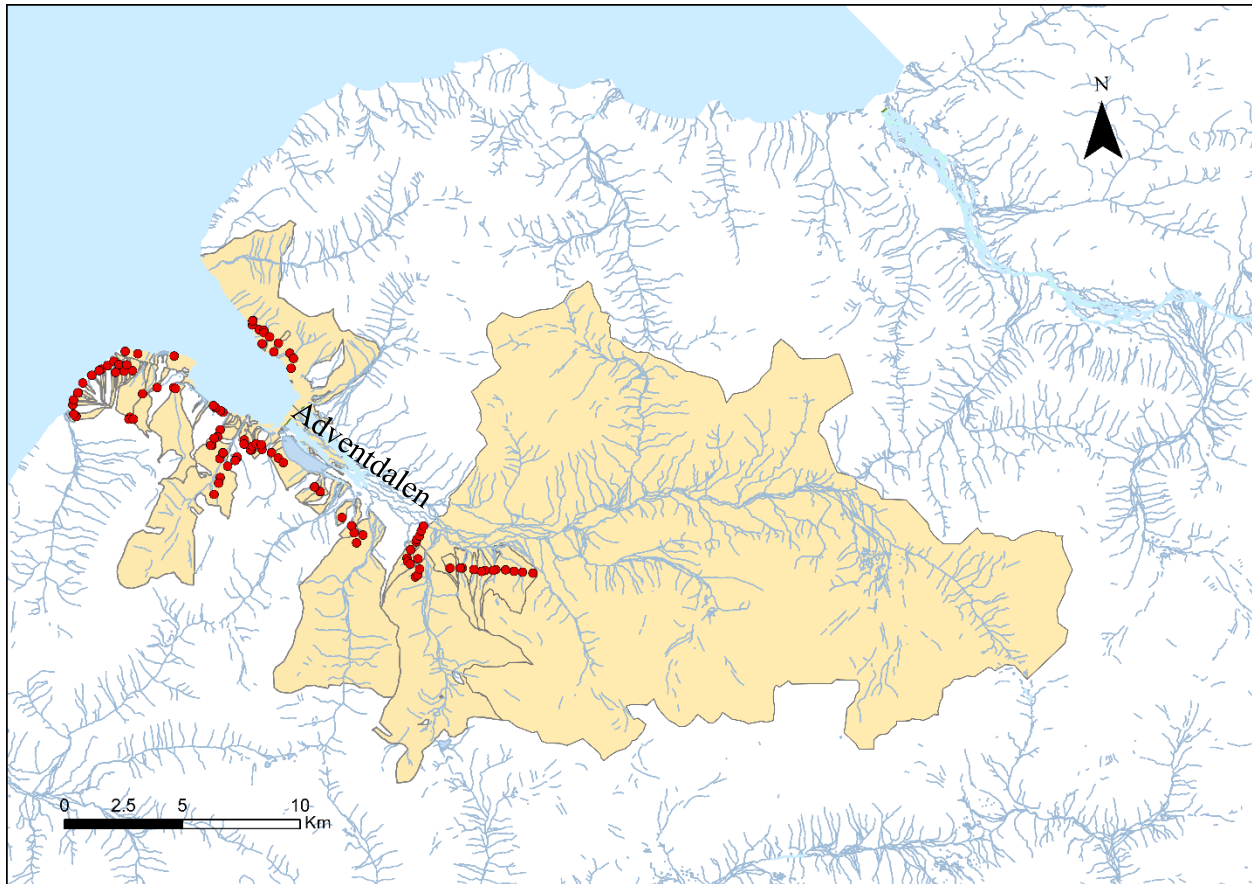
Nedbørsfelt er arealer med avrenning av overflatevann til et bestemt utløpspunkt. Analysen ble gjort i dette prosjekt for å visualisere det område innen planområdet som påvirker de lokaliteter der løsmasseprøvene ble tatt.

Nedbørsfeltanalysen brukte terrengmodeller (10x10 m) hentet fra geonorge.no. Alle analyser ble utført i ArcGis Pro. For å unngå at små forsenkninger skulle påvirke analysen ble disse fylt inn ved en Fill-metode i ArcPro. Etter det ble hver celle i terrengmodellen tilegnet en avrenningsverdi og -retning via Flow accumulation og Flow direction-metodene. Strømningsretningen for alle randceller ført ut av cellen. Til slutt ble Basin-metoden brukt for å beregne nedbørsfeltet.

6. RESULTAT

6.1 Nedbørsfelt

Nedbørsfeltanalysen viser nedbørsfeltene som representerer av de valgte prøvelokalitetene for løsmasseprøvene (Figur 2). Sedimenttransport samt transport av overflate- og porevann fra nedbørsfeltet påvirker prøvematerialet i det aktuelle området i større eller mindre grad. Prøvetakingslokalitetene ble valgt som utløpspunkt for feltet. Figur 2 viser at en stor del av planområdet er representert av de analyserte løsmasseprøvene. Løsmasseprøvene som er tatt i en profil i bunn av Adventdalen representerer et stort nedbørsområde mot øst.



Figur 2. Kartet viser til nedbørsfelt som er representert av løsmassene tatt i dette studie.

6.2 Kjemiske analyser

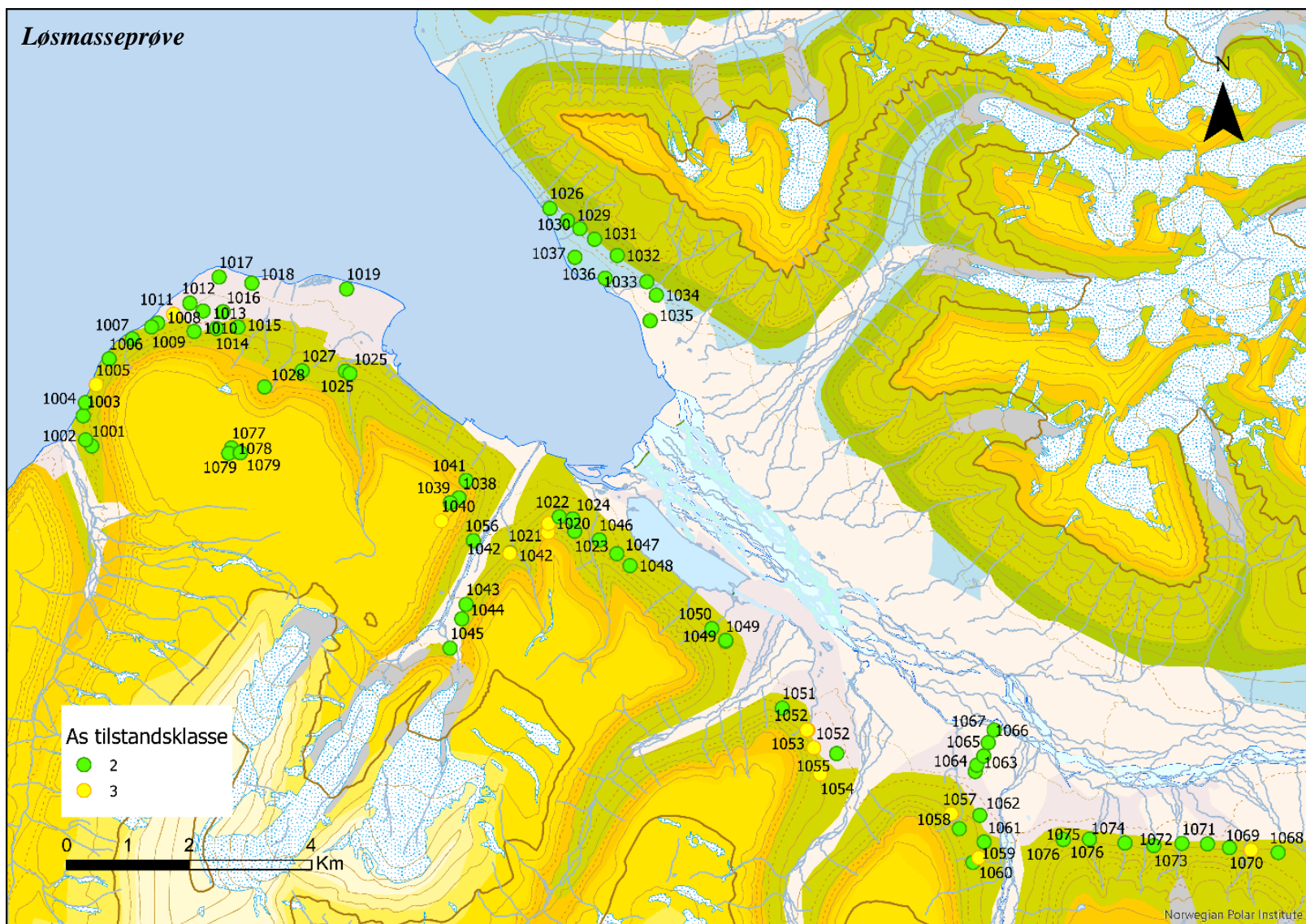
6.2.1 Løsmasser

Tabell 9 sammenfatter resultatene fra denne undersøkelsen, der grunnstoff med normverdi er fremhevet. Med arsen som unntak, er alle metaller som er gitt tilstandsklasser, under normverdien. Følgelig er det bare arsen som utgjør et problem ved at konsentrasjonene for grunnstoffet er høyere enn normverdien dette gjelder alle løsmasseprøvene (Figur 3).

Tabell 9. Statistiske parametre for løsmasseprøvene. $N > DL$ = antall prøver over deteksjonsgrensen. DL = den analytiske deteksjonsgrensen for hvert element. $Q2$ = det høyeste tallet for de 2 % laveste konsentrasjonene. Spenn viser til hvor mange tierpotenser dataene strekker seg over.

Element	N>DL	DL	Min	Q2	Q5	Q10	Q25	Q50	Q75	Q90	Q95	Q98	Max	Spenn	Stdev
Ag	79	0.002	0.0106	0.0153	0.0207	0.0323	0.0418	0.0510	0.0584	0.0634	0.0768	0.0833	0.187	1.2	0.02
Al	79	100	6900	7920	8280	9440	10700	12500	14800	16600	17100	17800	18700	0.4	2928
As	79	0.1	8.92	10.1	11.0	12.9	14.2	15.9	18.5	21.1	23.1	27.0	30.7	0.5	4.1
Au	58	0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	0.00055	0.000816	0.00144	0.00176	0.00251	0.00285	1.2	0.001
B	79	1	2.27	3.13	4.55	4.76	5.37	6.29	7.66	8.87	9.66	10.3	10.8	0.7	1.9
Ba	79	0.5	37.8	45.2	58.5	95.5	132	165	188	222	246	272	314	0.9	54
Be	79	0.1	0.460	0.503	0.529	0.599	0.720	0.863	0.948	1.03	1.07	1.11	1.36	0.5	0.2
Bi	79	0.02	0.0663	0.0673	0.0865	0.119	0.132	0.166	0.188	0.218	0.222	0.232	0.236	0.6	0.04
Ca	79	100	329	691	967	1190	1570	2040	3040	3950	4160	4900	5930	1.3	1049
Cd	71	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.0102	0.0267	0.0559	0.0730	0.0962	0.117	0.138	0.146	1.2	0.03
Ce	79	0.1	22.3	27.6	28.5	28.9	33.6	37.4	44.0	51.4	56.0	66.7	92.1	0.6	10
Co	79	0.1	5.49	7.85	8.61	9.88	12.4	14.2	16.8	18.7	19.4	19.9	21.0	0.6	3.6
Cr	79	0.5	16.2	17.1	17.9	20.1	23.3	26.0	30.5	34.1	36.2	36.7	38.0	0.4	5.8
Cs	79	0.02	0.501	0.650	0.765	0.896	1.07	1.26	1.43	1.62	1.72	1.85	1.92	0.6	0.3
Cu	79	0.01	7.50	8.83	9.37	15.8	18.7	21.3	25.6	30.4	31.7	34.4	35.4	0.7	6.5
Fe	79	100	20300	23900	25900	27100	29700	36000	40300	42600	43500	44700	45000	0.3	6721
Ga	79	0.1	2.61	2.74	2.85	2.93	3.77	4.50	5.33	6.28	6.54	6.70	6.77	0.4	1.2
Ge	0	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0	0.02
Hf	71	0.02	<0.02	<0.02	<0.02	0.0208	0.0290	0.0424	0.0518	0.0628	0.0681	0.0837	0.105	0.7	0.02
Hg	79	0.005	0.0127	0.0148	0.0172	0.0264	0.0327	0.0401	0.0451	0.0500	0.0567	0.0610	0.0752	0.8	0.01
In	75	0.02	<0.02	<0.02	0.0216	0.0257	0.0324	0.0372	0.0437	0.0506	0.0525	0.0569	0.0582	0.5	0.01
K	79	100	741	987	1050	1220	1590	1840	2010	2160	2230	2430	2720	0.6	386
La	79	0.5	9.70	10.8	11.3	11.9	12.9	15.0	17.0	20.6	22.7	25.9	39.9	0.6	4.1
Li	79	0.1	7.62	13.4	14.6	16.2	19.6	22.5	28.2	36.4	40.8	42.5	43.4	0.8	8.3
Mg	79	100	799	1820	1980	2340	2770	3340	4590	5600	6020	6600	6680	0.9	1353
Mn	79	1	65.7	131	192	236	288	337	421	476	519	530	624	1	105
Mo	79	0.01	0.812	0.856	0.896	0.928	1.04	1.25	1.54	1.79	1.99	2.26	2.85	0.5	0.4
Na	79	10	46.2	52.4	72.1	89.0	106	163	244	423	634	1010	1670	1.6	234
Nb	79	0.02	0.0481	0.0544	0.0623	0.0667	0.0875	0.109	0.155	0.182	0.217	0.272	0.428	0.9	0.1
Ni	79	0.1	13.1	13.3	14.7	16.3	20.5	26.4	33.4	40.1	42.4	45.0	47.3	0.6	9.2
P	79	10	306	356	380	424	491	601	705	759	800	866	930	0.5	142
Pb	79	0.01	7.53	8.37	9.28	11.2	12.5	14.3	16.0	17.3	18.3	19.0	19.6	0.4	3.1
Pd	0	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0	0.001
Pt	0	0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	0	0.0004
Rb	79	0.1	6.54	7.76	8.36	9.66	11.8	13.9	15.2	16.6	18.0	20.2	22.1	0.5	3.1
Re	18	0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.00126	0.00156	0.00207	0.00236	0.4	0.0005
S	76	200	<200	<200	253	361	558	824	1310	2310	3560	4440	8520	1.6	1193
Sb	79	0.02	0.0968	0.107	0.113	0.119	0.154	0.178	0.201	0.245	0.255	0.292	0.324	0.5	0.05
Sc	79	0.1	2.19	2.85	3.13	3.57	4.29	4.97	6.03	6.65	7.10	7.29	7.84	0.6	1.3
Se	79	0.1	0.190	0.363	0.415	0.486	0.605	0.769	1.01	1.37	1.58	1.77	2.22	1.1	0.4

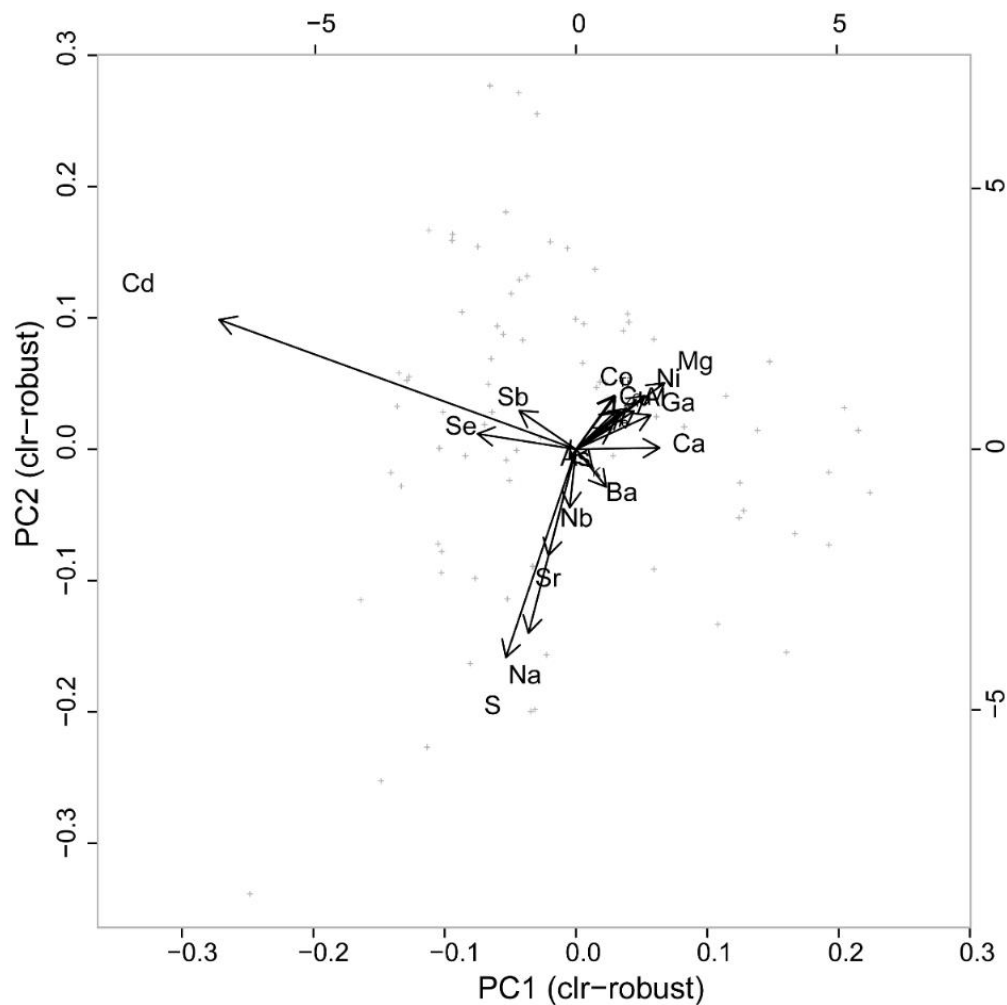
Sn	79	0.1	0.252	0.289	0.318	0.359	0.450	0.523	0.572	0.630	0.689	0.739	0.803	0.5	0.1
Sr	79	0.5	8.29	16.5	28.6	31.8	45.9	61.6	88.0	112	133	176	233	1.4	36.7
Ta	0	0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	0	0.002
Te	79	0.02	0.0319	0.0339	0.0444	0.0587	0.0711	0.0823	0.0929	0.105	0.108	0.109	0.116	0.6	0.02
Th	79	0.1	2.88	3.66	3.74	4.03	4.72	5.40	5.96	6.52	6.90	7.31	7.78	0.4	1.0
Ti	79	10	17.1	18.0	18.9	20.2	21.6	25.3	28.7	32.4	34.4	36.3	40.6	0.4	7.0
Tl	79	0.02	0.0373	0.0520	0.0638	0.0703	0.0874	0.112	0.132	0.147	0.156	0.199	0.263	0.8	0.04
U	79	0.05	0.320	0.351	0.379	0.388	0.448	0.522	0.636	0.708	0.769	0.834	1.20	0.6	0.1
V	79	1	32.0	33.5	36.0	39.0	45.1	49.0	54.4	62.3	70.9	87.4	100	0.5	12
W	0	0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	0	0.01
Y	79	0.01	4.85	6.56	6.93	7.44	8.85	10.4	11.8	13.0	13.8	15.7	17.4	0.6	2.4
Zn	79	0.1	36.5	41.8	48.6	56.3	61.5	70.5	80.1	91.2	96.7	98.5	99.9	0.4	16
Zr	79	0.1	0.350	0.710	0.763	0.829	0.950	1.31	1.78	2.14	2.47	2.74	6.11	1.2	0.7



Figur 3. Kartet viser prøvetakingslokalitetene for løsmasseprøver og tilstandsklassene for arsen.

Dette er i samsvar med tidligere undersøkelser av løsmasseprøver (Tabell 3-6), kull og skeidestein (Tabell 7) samt sjøbunnsedimenter i sjøområdene rundt Spitsbergen (Tabell 8). Geokjemien for sjøbunnsediment reflekterer det geokjemiske miljøet på land der sedimentene har sitt opphav.

For å undersøke om de høye arsenkonsentrasjonene er knyttet til et spesielt mineral, prosess eller lignende ble en robust prinsipal komponent analyse (PCA) utført på alle ordinære løsmasseprøver (Figur 4). Før analyse ble alle data clr-transformert (centered log ratio). Analysen kan vise tendenser og grupperinger i dataene som kan relateres til egenskaper ved de ulike prøvene. I analysen ble de grunnstoff som er angitt under plottet benyttet. Plottet viser at arsen ikke er spesielt relatert til noen andre grunnstoffer (As plassert i midten av plottet).



Al, As, Ba, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Ga, K, Mg, Na, Nb, Ni, S, Sb, Se, Sr, Ti, Zn

Figur 4. PCA-plott av utvalgte element for løsmasseprøvene.

Det må understrekes at løsmasseprøvene ble tatt uten synlige forurensningskilder nær lokalitetene og at de fleste prøvene ble tatt på 15 cm dyp eller dypere (Vedlegg 1). Informasjonen i vedlegget viser også at kornstørrelse i prøven ikke ser ut til å ha en påvirkning av konsentrasjonen, både fin- og grovkornete masser har høye arsenkonsentrasjoner.

Vedlegg 5 viser xy-plottet, der man kan studere sammenheng mellom arsen i sjøbunnsediment fra MAREANO-prosjektet og leire-, silt-, sand- og grusfraksjonen i disse sediment. I tillegg vises arsen mot totalt svovel (TS) totalt karbon (TC) og totalt organisk karbon (TOC). Plottene viser en viss sammenheng mellom arsen og innhold av leirfraksjon samt totalt organisk karbon. Det faktum at arsen knytter seg til organisk karbon og leirpartikler kan være en av årsakene til at løsmasseprøvene har høyere arsenkonsentrasjoner enn fastfjellsprøvene.

6.2.2 Fastfjellsprøver

Tabell 10 sammenfatter resultatene fra denne undersøkelsen for fastfjellsprøvene, der de grunnstoff med normverdi er fremhevet. Med arsen som unntak, er alle metaller som er representert med tilstandsklasser under normverdien. Akkurat som med løsmasseprøvene er det kun arsen som utgjør et problem ved at konsentrasjonene for grunnstoffet er høyere enn normverdien for 44 % av fastfjellsprøvene (Figur 5).

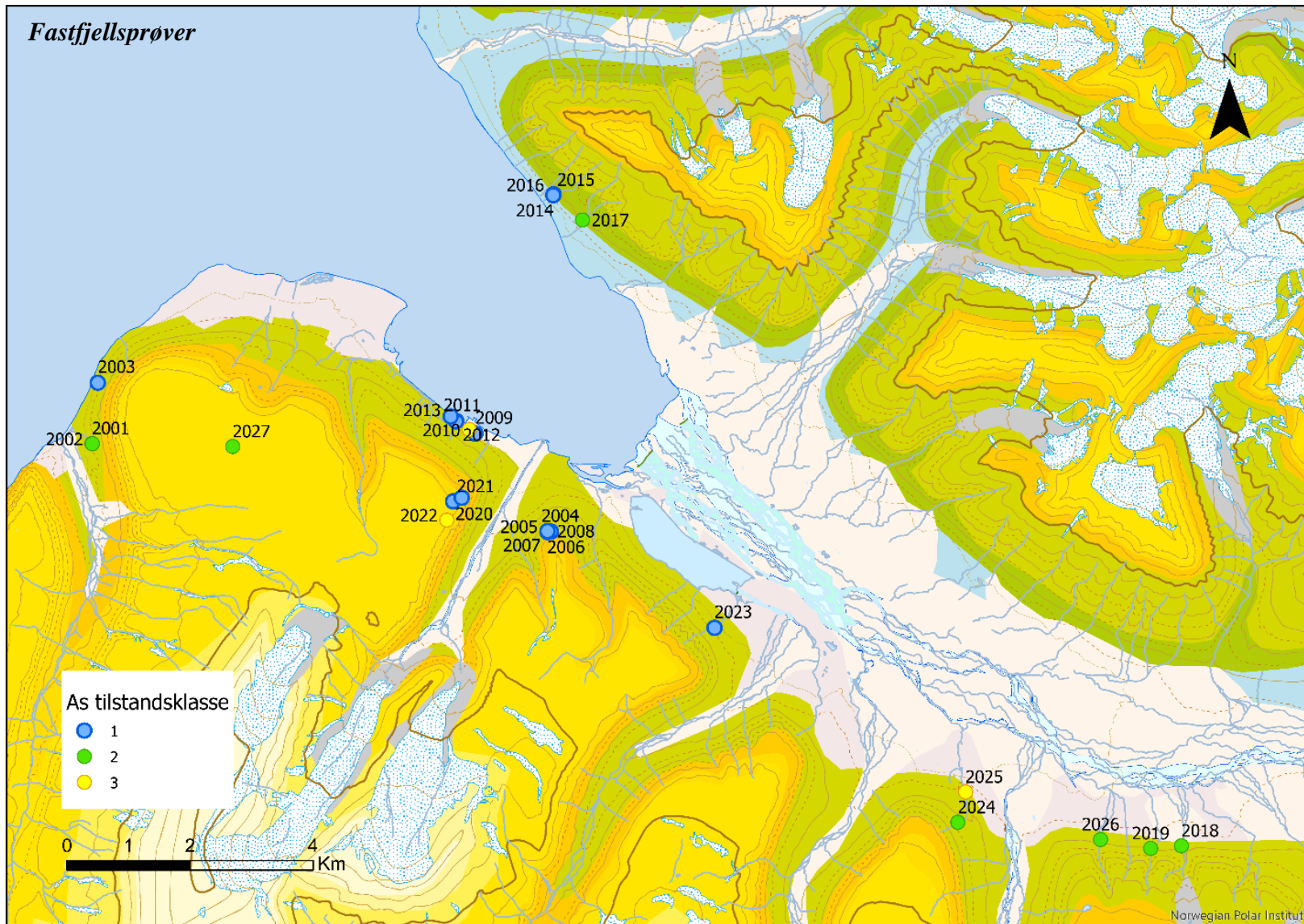
Vedlegg 2, som beskriver prøvetakingslokalitet og bergart, viser at det kan finnes store lokale variasjoner i arsenkonsentrasjon også innen samme formasjon (for eksempel prøver 2009 og 2010 som er tatt fra samme formasjon og veiskjæring). Høye arsenverdien ser ikke ut til å være tilknyttet en spesiell formasjon, men høye konsentrasjoner forekommer i alle bergartstyper av alle aldre.

Det er umulig å bestemme hvilken bergartsformasjon løsmassene er erodert fra dersom man tar prøven i en skråning, ettersom bergartsformasjonene ligger nesten horisontalt. En løsmasseprøve vil, i disse områder, alltid være en blanding av forskjellige bergartstyper. De høye arsenkonsentrasjonene gir opphav til høye konsentrasjoner også i løsmassene.

Tabell 10. Statistiske parametre for fastfjellsprøvene. $N > DL$ = antall prøver over deteksjonsgrensen. DL = den analytiske deteksjonsgrensen for hvert element. $Q2$ = det høyeste tallet for de 2 % laveste konsentrasjonene. Spenn viser til hvor mange tierpotenser data strekker seg over.

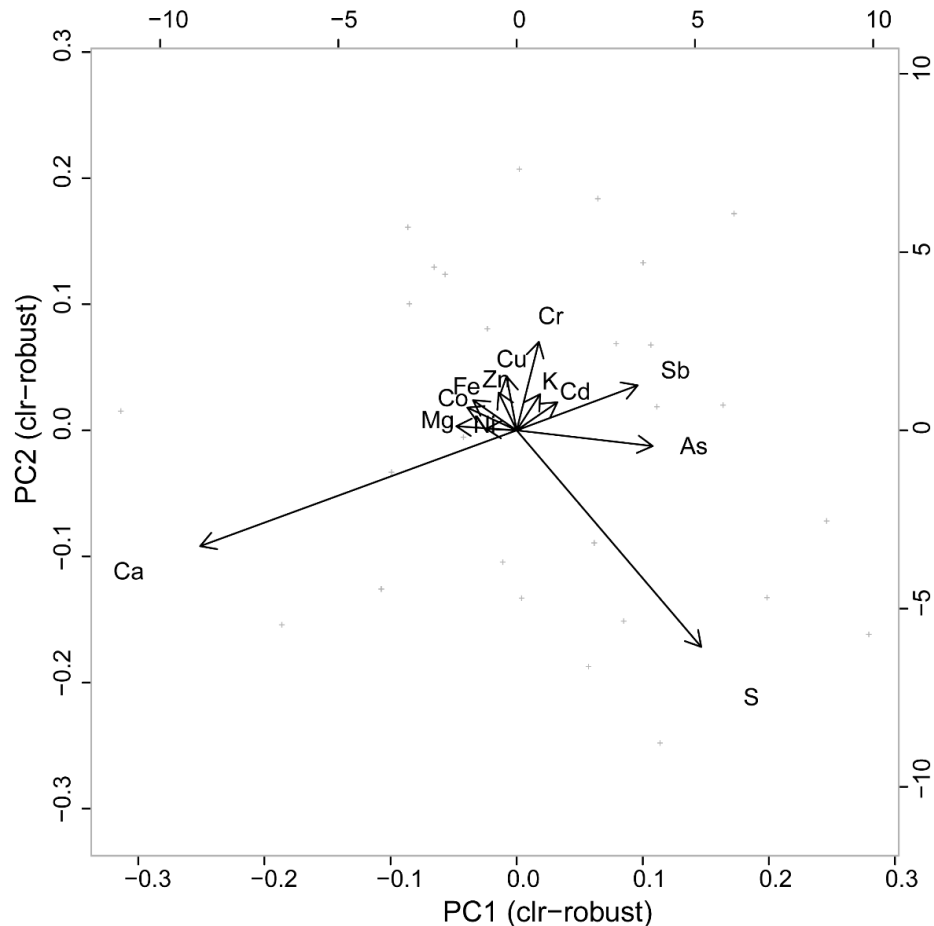
Element	N>DL	DL	Min	Q2	Q5	Q10	Q25	Q50	Q75	Q90	Q95	Q98	Max	Spenn	Stdev
Ag	26	0.002	0.00200	0.00206	0.00236	0.00601	0.0129	0.0229	0.0423	0.0554	0.0653	0.0828	0.0993	1.7	0.02
Al	27	100	304	757	1200	1440	4970	9410	12400	14400	16800	17900	18300	1.8	4994
As	25	0.1	0.100	0.100	0.203	1.12	3.61	6.75	11.3	18.2	23.0	25.5	27.2	2.4	7.2
Au	7	0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	0.000263	0.00043	0.000675	0.00218	0.00370	1.3	0.001
B	26	1	<1	1.88	2.84	3.49	5.08	6.50	9.06	12.8	14.9	15.7	16.1	1.2	3.8
Ba	27	0.5	7.60	16.6	25.7	32.6	65.6	86.1	150	219	327	374	385	1.7	95
Be	24	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.141	0.353	0.511	0.731	1.08	1.20	1.69	2.18	1.3	0.4
Bi	20	0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	0.0247	0.0547	0.102	0.195	0.397	0.590	0.713	1.6	0.2
Ca	24	100	<100	<100	<100	115	211	2060	4780	15700	29300	46300	62700	2.8	13439
Cd	15	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.0200	0.0466	0.0570	0.0941	0.115	0.121	1.1	0.03
Ce	27	0.1	2.32	3.53	4.86	6.32	25.8	29.8	40.8	55.4	58.7	63.5	67.1	1.5	17
Co	27	0.1	0.356	0.401	0.444	0.492	1.96	6.87	11.1	15.9	18.8	20.4	21.4	1.8	6.3
Cr	27	0.5	4.42	4.53	4.83	5.68	11.4	22.2	32.1	35.2	37.9	41.7	44.7	1	12
Cs	27	0.02	0.0222	0.0331	0.0515	0.0881	0.312	0.631	1.00	1.44	1.68	1.77	1.80	1.9	0.5
Cu	27	0.01	1.05	1.19	1.35	1.46	3.81	5.74	11.1	25.8	30.8	33.4	34.3	1.5	9.6
Fe	27	100	1080	1250	1450	2130	9580	26900	36000	42600	72900	136000	191000	2.2	36960
Ga	26	0.1	<0.1	0.210	0.322	0.626	1.82	3.30	4.22	5.75	6.49	6.79	6.89	1.8	1.9
Ge	1	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.110	0.121	0.1	0.03
Hf	25	0.02	<0.02	<0.02	0.0212	0.0272	0.0469	0.0569	0.101	0.126	0.134	0.147	0.159	0.9	0.04
Hg	22	0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	0.0064	0.0104	0.0259	0.0730	0.151	0.236	0.295	1.8	0.1
In	18	0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	0.0275	0.0408	0.0500	0.0588	0.0801	0.102	0.7	0.02
K	27	100	122	318	616	914	1140	1530	1900	2280	2440	2640	2810	1.4	607
La	27	0.5	1.13	1.40	1.84	3.40	10.5	13.0	17.5	24.3	26.7	27.5	27.5	1.4	7.2
Li	27	0.1	0.299	0.301	0.306	0.323	8.63	15.3	20.9	27.9	39.3	43.5	45.4	2.2	12
Mg	22	100	<100	<100	<100	<100	979	2540	3990	7100	8160	15300	23000	2.4	4533
Mn	27	1	18.4	19.6	22.9	38.5	85.9	166	300	583	1130	1890	2480	2.1	509
Mo	27	0.01	0.0479	0.0539	0.0839	0.160	0.224	0.472	0.700	1.49	1.82	2.40	2.91	1.8	0.7
Na	27	10	19.7	26.9	38.1	70.0	114	158	230	271	315	338	346	1.2	84
Nb	6	0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	0.0567	0.0977	0.120	0.136	0.8	0.03
Ni	27	0.1	0.866	1.36	1.93	2.36	5.69	12.5	22.1	38.6	41.2	45.3	49.1	1.8	14
P	27	10	11.6	19.8	27.5	29.9	176	528	624	754	840	1270	1710	2.2	367
Pb	27	0.01	1.09	1.20	2.04	4.28	5.55	7.63	12.0	16.1	17.0	17.6	18.1	1.2	4.7
Pd	0	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0	0.001
Pt	0	0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	0	0.0004
Rb	27	0.1	0.449	1.31	2.19	2.75	5.72	9.48	12.4	15.3	17.0	17.6	17.7	1.6	4.7
Re	7	0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.00106	0.00271	0.00273	0.00299	0.00326	0.5	0.001
S	18	200	<200	<200	<200	<200	<200	426	1350	3490	5260	7750	10100	1.7	2245
Sb	18	0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	0.0371	0.108	0.156	0.174	0.194	0.215	1	0.1
Sc	26	0.1	<0.1	0.268	0.449	0.525	2.05	3.27	4.89	6.66	7.00	8.86	10.8	2	2.4

Se	14	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.199	0.383	0.623	0.815	1.20	1.59	1.2	0.4
Sn	24	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.127	0.275	0.473	0.555	0.603	0.635	0.781	0.939	1	0.2
Sr	27	0.5	1.53	3.27	7.24	16.2	24.1	50.4	84.0	200	393	453	493	2.5	123
Ta	0	0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	0	0.001
Te	22	0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	0.0296	0.0379	0.0716	0.126	0.190	0.262	0.317	1.2	0.1
Th	27	0.1	0.566	0.633	0.759	0.951	3.33	4.67	5.69	6.39	6.76	6.91	7.00	1.1	1.9
Ti	23	10	<10	<10	<10	<10	14.5	36.0	42.7	51.9	59.8	70.5	79.3	0.9	19
Tl	22	0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	0.0226	0.0283	0.0435	0.0625	0.102	0.189	0.265	1.1	0.05
U	26	0.05	<0.05	0.0539	0.0590	0.112	0.238	0.300	0.360	0.471	0.608	0.665	0.690	1.1	0.2
V	26	1	<1	2.25	4.11	6.35	16.7	39.2	82.1	111	135	173	209	2.3	50
W	0	0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	0	0.01
Y	27	0.01	0.245	0.342	0.496	1.08	2.82	7.71	9.89	10.8	12.0	13.1	14.3	1.8	4.2
Zn	27	0.1	1.57	1.97	2.52	3.98	18.0	44.8	69.6	93.1	102	108	112	1.9	33
Zr	27	0.1	0.389	0.504	0.618	0.818	1.12	1.58	2.45	2.67	2.69	3.67	4.73	1.1	0.9



Figur 5. Kartet viser prøvetakingslokalitetene for fastfjellsprøver og tilstandsklassene for arsen.

Det er gjort en tilsvarende PCA-analyse for fastfjellprøvene (Figur 6). Da et lavere antall prøver er analysert, må antallet grunnstoff også minkes – dette for at robustheten i analysen skal beholdes. Arsen viser, i fastfjell, en tilknytning til antimon (Sb) og svovel (S).



Figur 6. PCA-plott av utvalgte elementer for fastfjellsprøvene

7. ARSEN

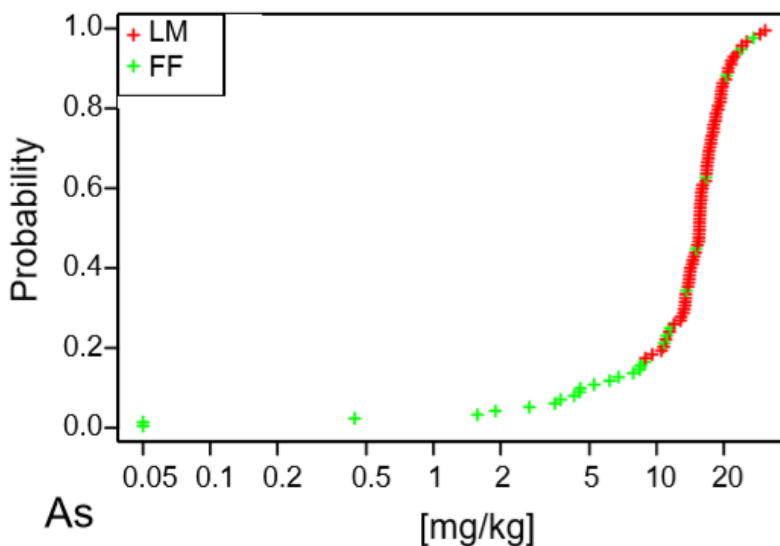
Studien viser at arsen generelt forekommer i høyere konsentrasjoner i løsmassene enn i fastfjellet i det undersøkte området. Kull, som naturlig inneholder relativt høye konsentrasjoner av arsen, pga. sulfider, ble ikke analysert i denne undersøkelsen.

Generelt er den naturlige oksidasjonen av lufteksponerte sulfidmineraler en av årsakene til at grunnstoffer mobiliseres, dette gjelder spesielt ved generering av sur avrenning fra gruver og avgang fra gruvevirksomhet. Immobilisering av arsen i miljøet skjer gjennom utfelling av salter, for eksempel kalsiumarsenat, med lav oppløselighet og adsorpsjon på mineralkorn i jord og sedimenter (Magalhães, 2002). Amorfe jern- og aluminiumhydroksider, leirinnhold og pH er jordegenskapene som rapporteres å være mest relatert til As sorpsjon.

Helserisiko for et kjemisk stoff eller forbindelse i jord er en funksjon av dets evne til å utløse helseskade, dvs. helsefare og eksponeringsgraden. Helserisiko vil være avhengig av i hvilken grad mennesker eksponeres for jordmassen. Da tilstandsklassene ble kalkulert (ikke klasse 1) ble eksponeringsveiene: inhalasjon av støv og gass, hudkontakt, inntak gjennom munnen og indirekte via lokalt dyrkede grønnsaker. Eksponeringstidene var satt til 365 dager (oralt inntak) og 80/45 dager (hudkontakt for barn/voksne) (Ottesen mfl., 2007).

På grunn av klimaet på Svalbard er mange av de vanlige eksponeringsveiene redusert. Inhalasjon og hudkontakt er kraftig redusert på grunn av permafrost og snø/isdekke. I tillegg benyttes ikke grunnvann til drikkevann og lokalt dyrkede grønnsaker er heller ikke tilgjengelig. Redusert innvirkning fra disse faktorene gjør at eksponeringen for arsen reduseres.

Forslaget til ny normverdi støttes av resultatene som klart viser at løsmassene i planområdet har en relativt ensartet arsenkonsentrasjon (Figur 7). Det ses derfor som trygt å anbefale en forhøyelse av normverdien til en konsentrasjon som motsvarer 90-persentilen av bakgrunnsprøvene i denne studien. Hvis den nye normverdien for arsen blir 20 mg/kg, gir den en tydelig grense for bakgrunnskonsentrasjonen i naturlige masser.



Figur 7. Kumulativ frekvensfordeling som viser konsentrasjon av alle prøver i dette studie.
LM=løsmasseprøver, FF=fastfjellsprøver

Det må beregnes nye steds spesifikke, helsebaserte akseptkriterier som tar lokale forhold i betraktning for å definere grenseverdiene til klasse 2, 3 og 4.

8. KONKLUSJONER

Innen Longyearbyen planområde har løsmasser som ikke har blitt påvirket av menneskelig virksomhet generelt lavt tungmetallinnhold.

Av de grunnstoff som, per i dag, har normverdi er det kun arsen som har naturlig høyere konsentrasjoner som overgår normverdien. Alle løsmasseprøver i denne undersøkelse har konsentrasjoner over normverdien for arsen. 44% av fastfjellsprøvene overgikk også denne normverdi.

Den høye arsenverdien har sitt opphav i berggrunnen og det anbefales at normverdien for arsen høynes for Svalbard til 20 mg/kg.

9. REFERANSER

Ottesen RT, Alexander J, Joranger T, Rytter E, Andersson M. 2007. Forslag til tilstandsklasser for jord. NGU-rapport 2007.019. Norges geologiske undersøkelse.

Andersson M, Eggen O, Finne TE, Ottesen R.T. 2011. Områder i Norge med naturlig høyt bakgrunnsnivå (over normverdi) – betydning for disponering av masser. NGU-rapport 2011.035/Miljødirektoratet rapport TA-2683/2011.

Breedveld G, Skedsmo M, Otter R. 1999. Svalbard. Undersøkelse av forurensede lokaliteter, Longyearbyen I. NGI-rapport 984096-1.

Breedveld G. 2000. Svalbard. Terrestriske bakgrunnsverdier i Longyearbyen. NGI-rapport 994070-5.

Dallmann WK, Dypvik H, Gjelberg JG, Harland WB, Johannessen EP, Keilen HB, Larssen GB, Lønøy A, Midbøe PS, Mørk A, Nagy J, Nilsson I, Nøttvedt A, Olaussen S, Pcelina TM, Steel RJ, Worsley, D. 1999. Lithostratigraphic Lexicon of Svalbard - Van Mijenfjorden Group, Norsk Polarinstitut. Tilgjengelig på: <http://nhm2.uio.no/norges/litho/svalbard/tert.htm>

Eckerstorfer M, Christiansen HH, Rubensdotter L, Vogel S. 2013. The geomorphological effect of cornice fall avalanches in the Longyeardalen valley, Svalbard. *The Cryosphere* 7, 1361-1374.

Eggen OA, Ottesen RT, Volden T. 2008. Undersøkelse av mulige lokale kilder til PCB i Barentsburg, Colesbukta, Fuglehuken fyr, Grumant, Isfjord radio, Longyearbyen, Ny-Ålesund og Svea. NGU-rapport 2008.073. Norges geologiske undersøkelse.

Jensen H. 1999. Resultater av kjemiske analyser av prøver av Svalbard kull og tilgrensende bergarter over, under og mellom kullfløtsene. NGU-rapport 99.140. Norges geologiske undersøkelse.

Låg J. 1978. Litt om jordbunnsforholdene på Svalbard. Norsk forening for jordforskning.

Låg I. 1988. Jordforgiftning fra gruveavfall brukt som fyllmasse i Longyearbyen, Svalbard. *Jord og Myr* 7, 208-211.

Magalhães MCF. 2002. Arsenic. An environmental problem limited by Solubility. *Pure Applied Chemistry* Vol. 74, No. 10, pp. 1843–1850, 2002.

Miljødirektoratet. 2009. Helsebaserte tilstandsklasser for forurenset grunn - Veileder (TA2553)

Major H, Nagy J, Haremo P, Dallmann WK, Andresen A, Salvigsen O. 1992. Geologisk kart Svalbard, skala 1: 100 000, kartblad C9G. Norsk Polarinstitutt.

Ottesen RT, Bogen J, Finne TE, Andersson M, Dallmann WK, Eggen OA, Jartun M, Lundqvist Q, Pedersen HR, Volden T. Geochemical atlas of Norway. Part 2: Geochemical atlas of Spitsbergen. Norges geologiske undersøkelse. Trondheim.

Rubensdotter L, Romundset A, Farnsworth WR, Christiansen HH. 2015. Landskapsformer og løsmasser, Bjørndalen-Vestpynten, Svalbard. Kvartærgeologisk kart, 1:10 000. Norges geologiske undersøkelse.

SFT. 1998. Kartlegging av deponier, forurenset grunn og etterlatenskaper på Svalbard. TA-1522/1998. Miljødirektoratet-rapport.

Sysselmannen på Svalbard 2010. Teknisk industrielle kulturminner i Longyearbyen og omegn. Verneverdi og forvaltning. Rapport 1/2010. 82 s. Tilgjengelig på Internett: www.sysselmannen.no

Szymański W, Siwek J, Skiba M, Wojtuń B, Samecka-Cymerman A, Pech P, Polechońska L, Smyrak-Sikora A. 2019. Properties and mineralogy of topsoil in the town of Longyearbyen (Spitsbergen, Norway). Polar Record 55: 102–114. [https:// doi.org/10.1017/S0032247419000251](https://doi.org/10.1017/S0032247419000251)

Vaksvik SB. 2019. Geokjemisk analyse av sedimenter fra Endalen (Svalbard), Sandmoen og Øya (Trondheim). Master-oppgave NTNU. <https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/handle/11250/2637923>

Vedlegg 1. Informasjon og feltobservasjoner om løsmasseprøvene

Fargene i tabellen motsvarer tilstandsklasse for arsen. Koordinatene motsvarer UTM-sone 33 (WGS84)

Lokalitet	Prøvedyp	Jordtype	Notater	E-koord	N-koord
1001	10	Skr		507468	8683610
1002	25	Forv/Skr	Brun, seig finkornete masse. Nær elveslette	507367	8683711
1003	15	Skr/Forv	Steinete, blandningsjord. Tydeligvis i snøskredvifte. Noen jern/svovelutfellinger	507328	8684103
1004	20	Forv/Skr	Mye finstoff, masse vann. Tykt organisk lag på toppen.	507365	8684317
1005	20	Skr/Forv	Noen røtter. Finkornet materiale med skifrige steiner rundt.	507541	8684610
1006	25	Skr/Forv	Mye vann, litt røtter, finkornig med mye kantig stein	507753	8685032
1007	25	Skr/Forv	Seig finkornete masse med mye kantete steiner i alle størrelser	508133	8685357
1008	25	Skr	Sigejord, finkornete	508545	8685616
1009	25	Forv/Skr	Finkornete masser, lite stein	508446	8685553
1010	25	Skr/Forv	Finkornete med mange kantete stein. Kullhaug ganske nære	509141	8685480
1011	40	Forv/Skr		508805	8685764
1012	25	Skr/Forv	Finkornete, lite og små stein	509072	8685942
1013	30	Forv/Skr	Sigejord, få steiner	509289	8685813
1014	20	Skr/Forv	Mye stein, nær skredvifte	509506	8685528
1015	24	Skr/Forv	Skredvifte; nytt skred like ved. Stein i ulike størrelser	509860	8685551
1016	20	Forv/Skr	Skifrig jord	509614	8685801
1017	25	Forv	Mye skifrete stein. På sida av rullebanen, flyplassen	509550	8686368
1018	18	Skr		510086	8686267
1019	25	Forv/Fyll	På toppen 12 cm svart, glinsende masser. Trolig ikke bakgrunnsprøve	511633	8686174
1020	20	Forv/Skr	Grovkornet masse, vått	514923	8682198
1021	5	Forv/Skr	Finere masser enn høyere opp. Stein av forskjellig størrelse	514934	8682345
1022	15	Forv	Seig masse, mye finmaterial	515110	8682453
1023	10	Skr/Forv	Tatt ovenfor taubanen, under skredmasse. Klebrig jord	515359	8682220
1024	15	Forv/Skr	Seig masse med mye stein. Ca femti meter fra kulltaubane	515329	8682419
1025	20	Forv	Steinete, skifrig jord	511613	8684832
1025D	20	Forv/Skr	Duplikat. Seig, steinete masse. Tatt på andre sida om bekken.	511688	8684793
1026	30	Forv	Klissete sigejord noe skifrige steiner	514953	8687491
1027	30	Forv/Skr	Noe uhomogene masser, stein av ulik størrelse. Transporterte masser like ved.	510906	8684838

1028	15	Forv	Steinete, grovkornet i steinhav	510290	8684572
1029	20	Forv	Finkornet, klissete, steiner i forskjellige størrelser, noe røtter	515242	8687289
1030	20	Forv	Innholder noen svarte, skifrige steiner. Lukter noe svovel	515445	8687158
1031	25	Forv	Klissete jord, noe stein	515684	8686986
1032	30	Forv/Skr	Mye finmasser, stein med ulik farge. Mer grovkornet enn 1031	516056	8686720
1033		Forv	Lite stein, klebrig jord	516538	8686291
1034	25		Noe skiferstein.	516695	8686074
1035	25	Forv/Skr	Sigejord, mye stein som er mer avrundet. Litt røtter	516593	8685653
1036	25	Forv	Ingen stein, bare seigt finstoff	515858	8686350
1037	30	Forv	Sigejord, ingen stein. Jernutfelling på 10 cm dyp. Vått	515365	8686690
1038	20	Forv/Morene	Frossen jord, veldig grå, veldig finkornig	513471	8682764
1039	5	Forv		513327	8682686
1040		Forv		513180	8682387
1041	15	Forv/Skr	Finkornig masse med stein i alle størrelser	513585	8683048
1042	30	Forv/Skr	Finkornet med mye grovt fra grus til stein	514304	8681865
1042D	25	Skr/Forv	Seig jord med stein	514301	8681858
1043	25	Forv/Skr	Sigejord, klissete med større steiner	513585	8681024
1044	15	Forv/Skr	Tørr, steinete masse	513516	8680786
1045	20	Breelvav	Begge runde og kantete steiner	513325	8680309
1046	20	Skr/Forv	Kantete steiner	515763	8682077
1047	15	Forv/Skr	Skifrige steiner, nesten frossen	516048	8681850
1048	15	Forv/Skr	Grusete, tørr.	516265	8681656
1049	25	Forv/Skr	Sigejord, ingen stein	517830	8680423
1049D	20	Forv/Skr	Mer stein enn i originalprøven	517829	8680436
1050	15	Skr/Forv	Alle typer stein, mye skifrig. Litt røtter	517601	8680627
1051	30	Morene/Forv	Mørk jord, lite stein. Frossen på bunn	518753	8679329
1052	30	Forv/Skr	Seig sigejord, ingen stein og noen røtter	519172	8678975
1052D	30	Forv/Skr	Sigejord, lite stein	519156	8678975
1053	20	Forv/Skr	Grusig;steinete, leirete, kantig stein i ulik størrelse	519267	8678683
1054	20	Skr/Forv	Sigejord, bløtt og klissete	519373	8678254
1055	35	Forv/Skr	Seig sigejord, ingen stein	519642	8678588
1056	20	Skr/Forv	Taubane langs fjellet ovenfor, kontaminert? Jordskred avsetning	513704	8682065
1057	20	Forv/Skr	Lite stein. Seig jord	521512	8677605
1058	25	Forv/Skr	Klissete masser med kantete stein i alle størrelser.	521645	8677362
1059	15	Forv	Klissete sigejord, litt røtter. Lite stein.	521868	8676812

1060	25	Forv/Skr	Ikke bakgrunn. Ved skredvifte med kull. Seig sigemasse.	521962	8676886
1061	20	Forv/Skr	Tørt, hardere. Litt gruset.	522049	8677147
1062	30	Forv/Skr	Sigejord, ingen stein	521979	8677580
1063	35	Elveav	Bare finsand. Jernutfelling på 15cm dyp. Noen jernspotter ved prøven.	521903	8678295
1064	40	Elveav	Jernutfelling på 15cm steinete elve avsetning fra 35cm dybde	521931	8678400
1065	30	Elveav	Fine masser iblandet elvestein	522045	8678548
1066	50	Elveav	Jernutfellinger hele veien ned. Finstoff. Grus på 55 cm	522118	8678767
1067	60	Elveav	Jernutfelling hele veien. Frossent på bunn. Bare finstoff	522215	8678971
1068	30	Forv/Skr	Lite stein, sigejord	526857	8676971
1069	25	Forv/Skr	Store, kantete, skifrige stein	526413	8677013
1070	30	Forv/Skr	Runde og kantete stein	526058	8677050
1071	20	Skr/Forv	I skredvifte med mørkere stein. Steinete, grove masser	525699	8677112
1072	20	Skr/Forv	I skråning	525284	8677121
1073	35	Skr/Forv	Gruset, ikke mye steiner	524825	8677084
1074	25	Forv/Skr	Kantete stein under forvitring	524354	8677126
1075	20	Forv	Ingen store steiner	523773	8677191
1076	20	Forv/Skr	Grove masser	523344	8677182
1076D	30	Forv/Skr	Mer finstoff enn I hovedprøven	523346	8677184
1077	3	Forv	Lite finstoff	509754	8683578
1078	2	Forv	Steinete tælemasser, blokkhav ellers	509708	8683491
1079	5	Forv	Finkornet område grunnen tæleprosesser i steinhav	509891	8683501
1079D	5	Forv	Finkornet område grunnen tæleprosesser i blokkhav på platået	509898	8683501

Forv = Forvittringsjord

Skr = Skredmasser

Elveav = Elveavsetninger

Breelav = Breelavsetninger

Vedlegg 2. Informasjon om fastfjellsprøvene samt bergartstype

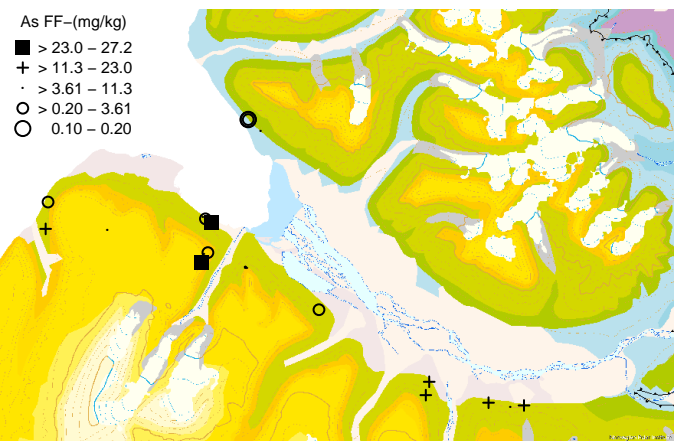
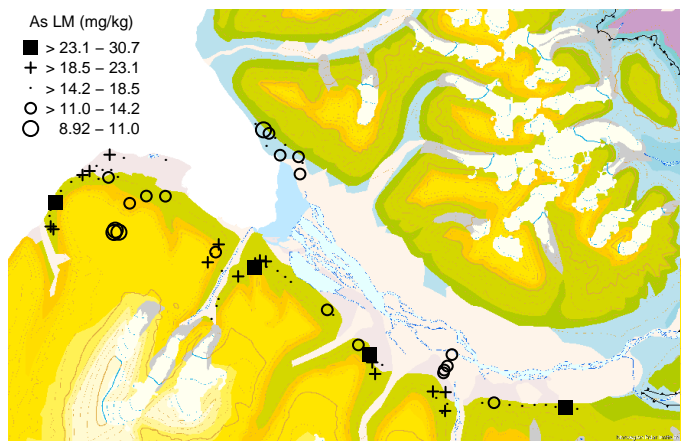
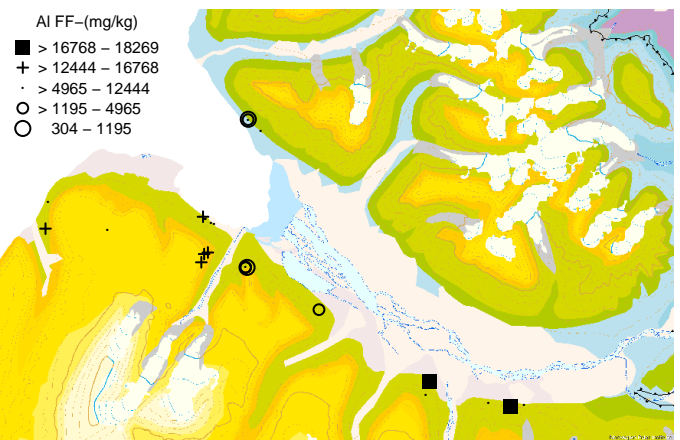
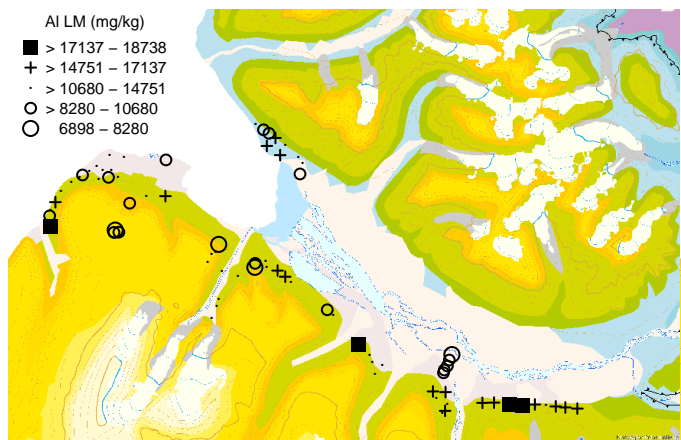
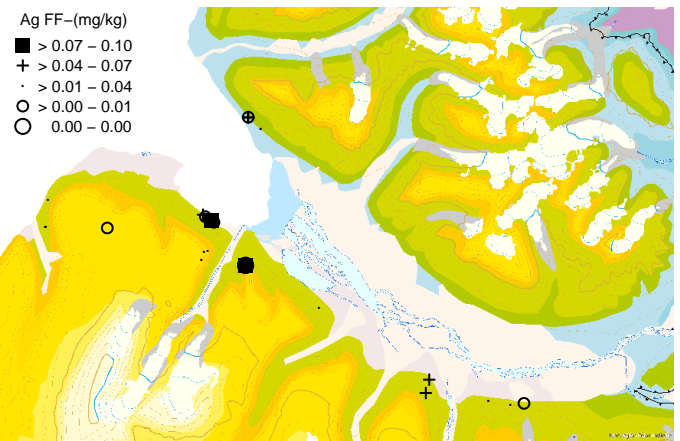
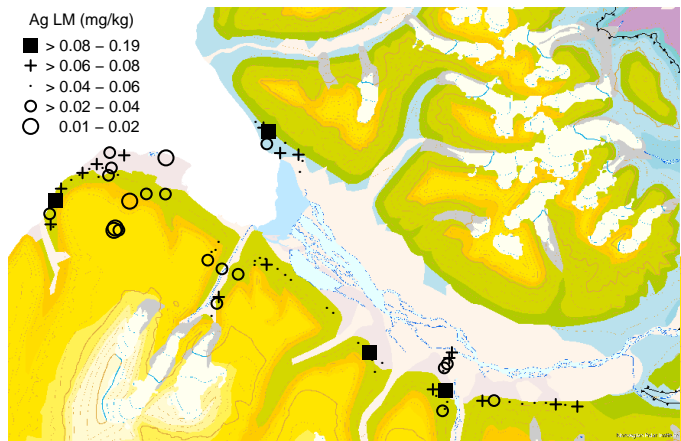
Fargene i tabellen motsvarer tilstandsklasse for arsen. Koordinatene motsvarer UTM-sone 33 (WGS84)

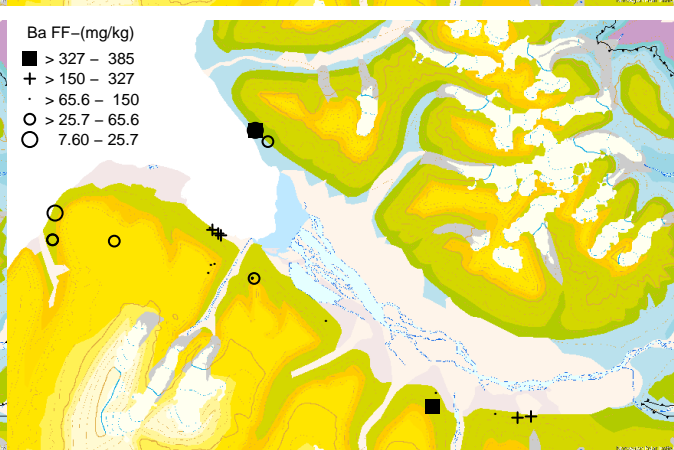
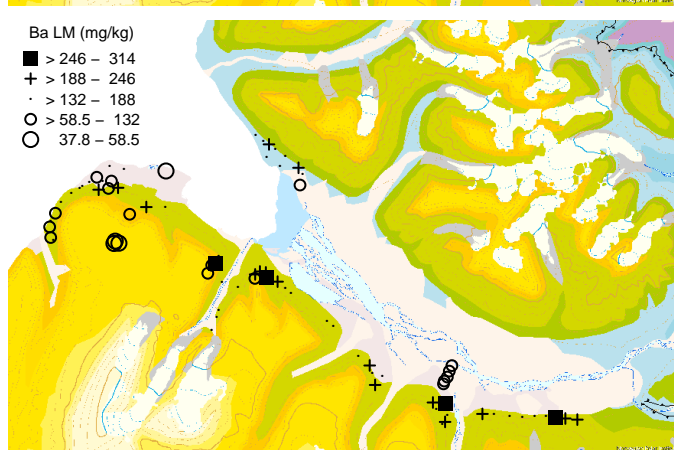
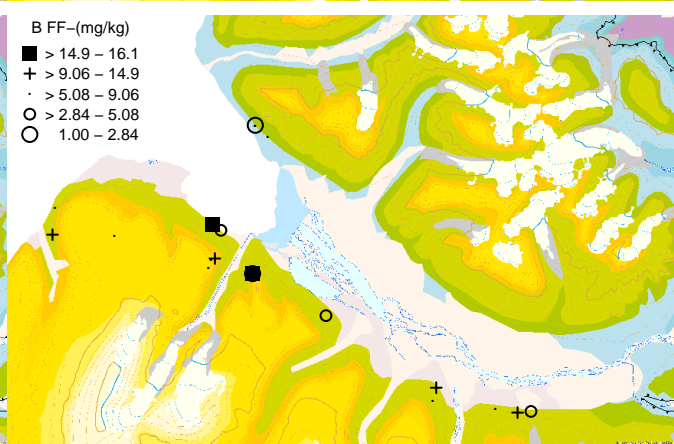
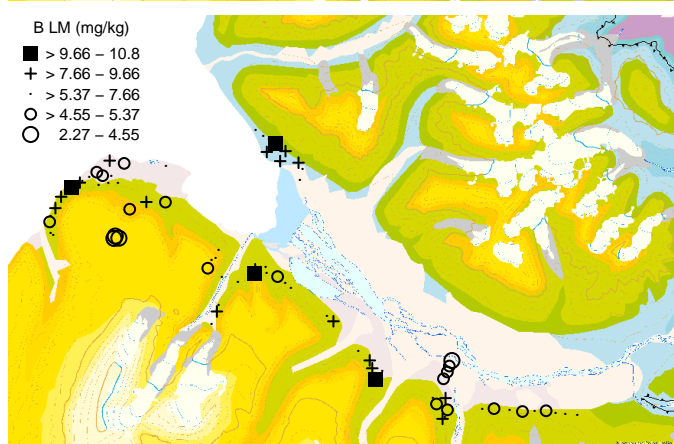
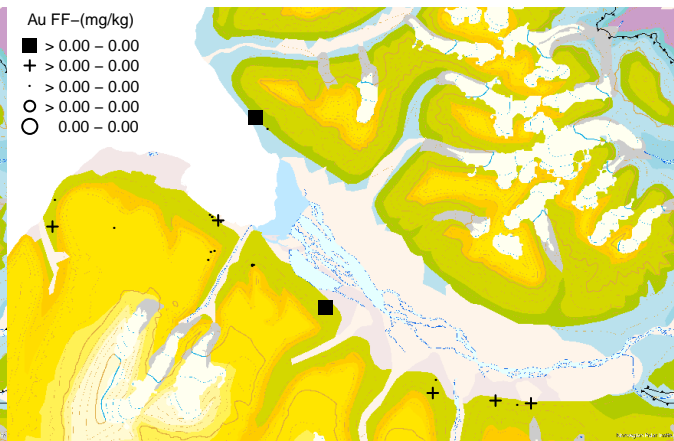
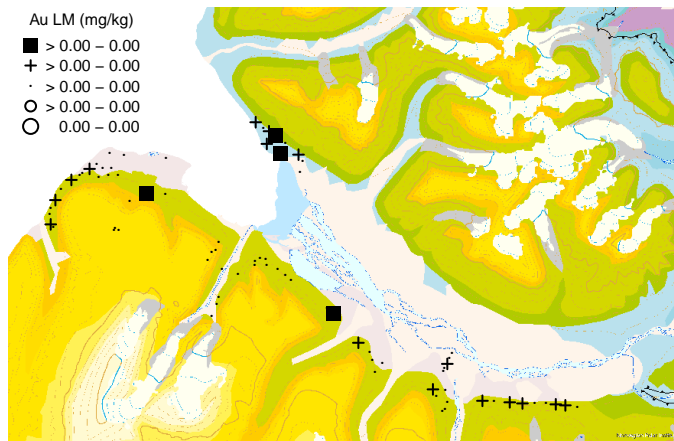
Lokalitet	Bergartstype	Notater	E-koord	N-koord
2001	Finkornet sandstein, grågrønn (glaukonitt)	Steiner fra (aktiv) skredvifte, grått sediment	507465	8683629
2002	Finkornet sandstein	Skredvifte, mørkere sedimentbergart. Samme lokalitet som 2001	507471	8683623
2003	Sandstein	Rimelig fersk skredvifte. Lys koksgrå sediment	507560	8684617
2004	Sandstein	Lys sandstein, løs blokk	514925	8682196
2005	Finkornet sandstein	Skifrig, litt mørkere sandstein med lag av boudinert siltstein	514870	8682200
2006	Leirskifer	Meget skifrig, mørk leirstein	514866	8682198
2007	Finkornet sandstein	Mørk rød sandstein, nær gruve 2a	514869	8682188
2008	Finkornet sandstein	Lys rød sandstein nær gruve 2a	514868	8682203
2009	Finkornet sandstein	Carolinerformasjonen, langs veien til flyplassen	513698	8683790
2010	Finkornet sandstein	Carolinerformasjonen, langs veien til flyplassen	513598	8683857
2011	Siltstein	Knakkprøve langs veien til flyplassen.	513384	8683995
2012	Finkornet sandstein	Mindre forvitret sone	513382	8683988
2013	Sand/siltstein	Lett forvitret fjell, finkornet	513296	8684070
2014	Sandstein	Lysbrun, hard sandstein	514970	8687678
2015	Leirskifer	Svart leirskifer. Meget lettsmudret lag, måtte grave for å komme til prøven	514967	8687669
2016	Leirskifer	Lettforvitret, så ligger løst i skråninga	514963	8687664
2017	Sandstein, grågrønn (glaukonitt)	Grønn farget stein, nært elvekant, fant ikke samme type i fastfjell	515437	8687261
2018	Sandstein	Sandstein med varierende farge	525173	8677088
2019	Siltig skifer	Mørkere skifrete, lettforvitrede lag mellom sandsteinen	524675	8677044
2020	Sandstein, mørk, siltig	Mørk, massiv	513475	8682746
2021	Finkornet sandstein	Lys grå	513336	8682689
2022	Finkornet sandstein	Lysgrå, rustfarget overflate ved eksponering	513233	8682384
2023	Sandstein	Lysbrun sandstein, ikke fastfjell	517585	8680632
2024	Finkornet sandstein	Ikke stedegent. Kommer fra lenger opp i topografi. Mørk massiv.	521539	8677470
2025	Finkornet sandstein	Tatt i elveblotning, mørk	521666	8677964
2026	Finkornet sandstein	Elve blotning	523861	8677190
2027	Sandstein	Løs stein fra blokkhav, sandstein	509752	8683578

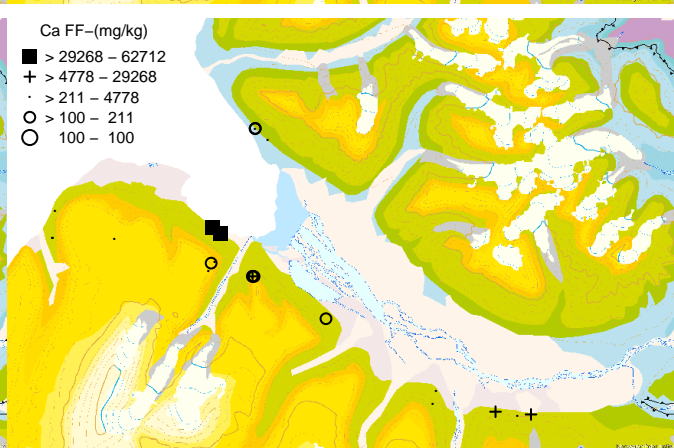
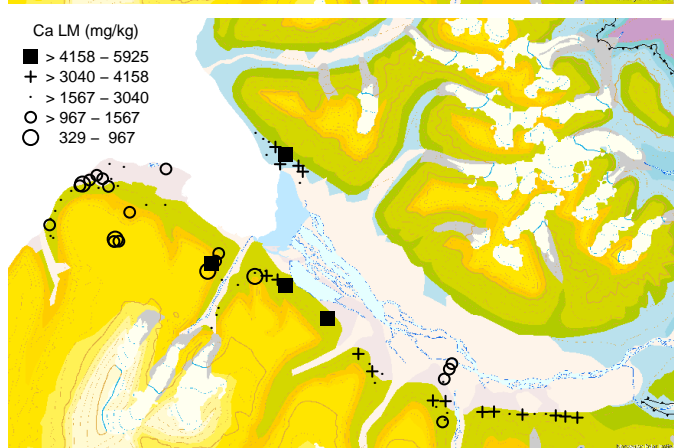
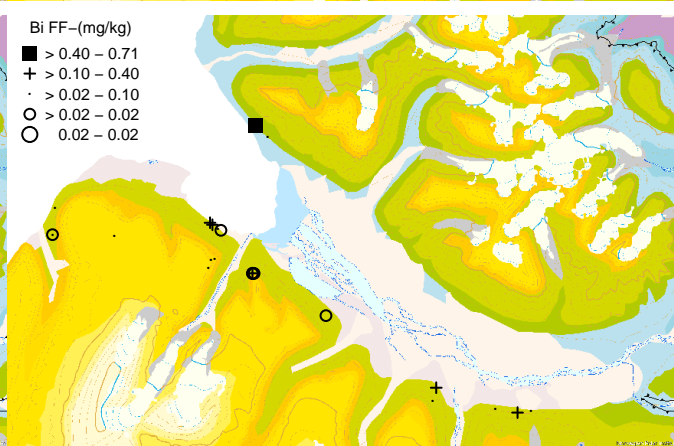
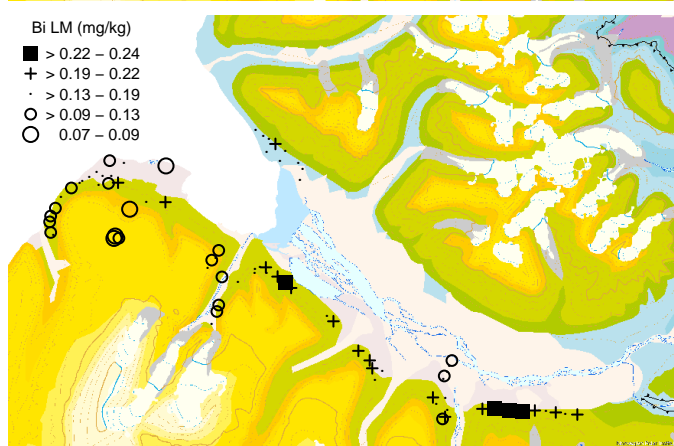
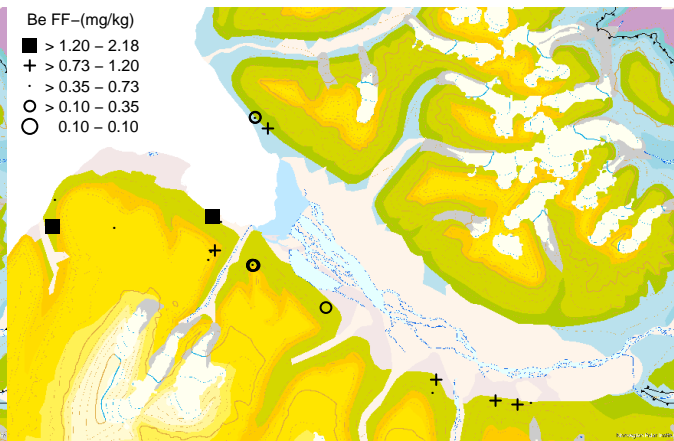
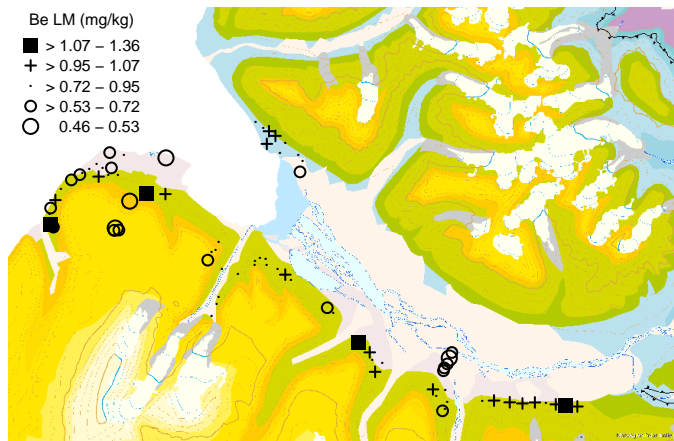
Vedlegg 3. Resultat for petrofysiske parametre målt ved NGU lab

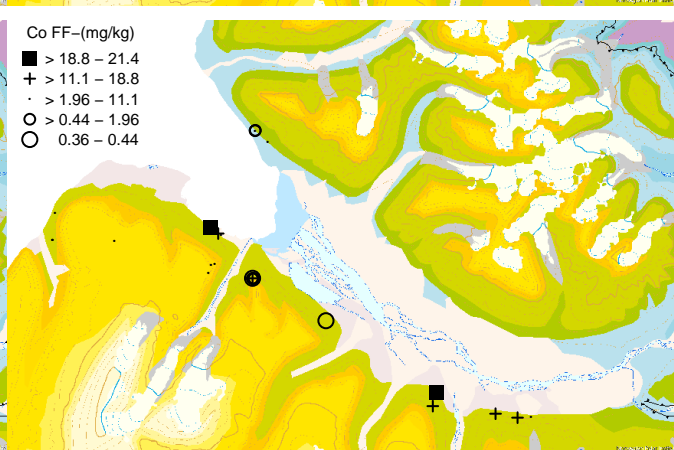
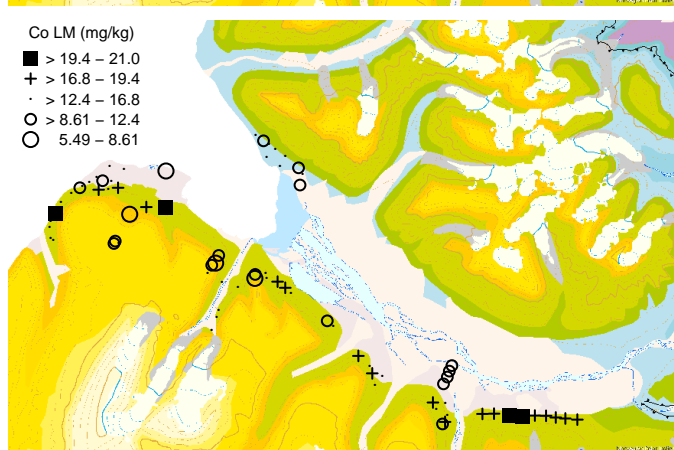
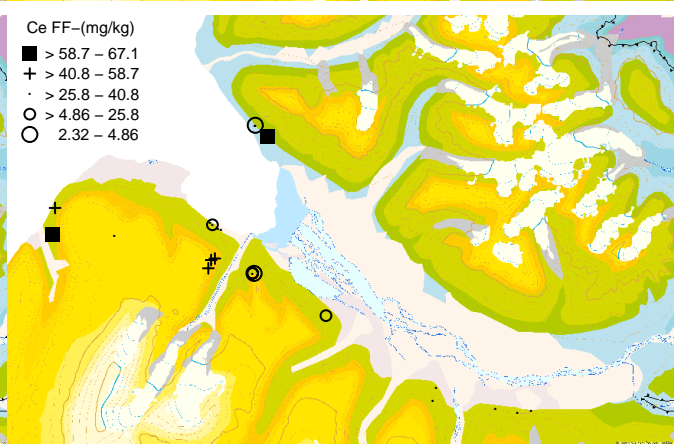
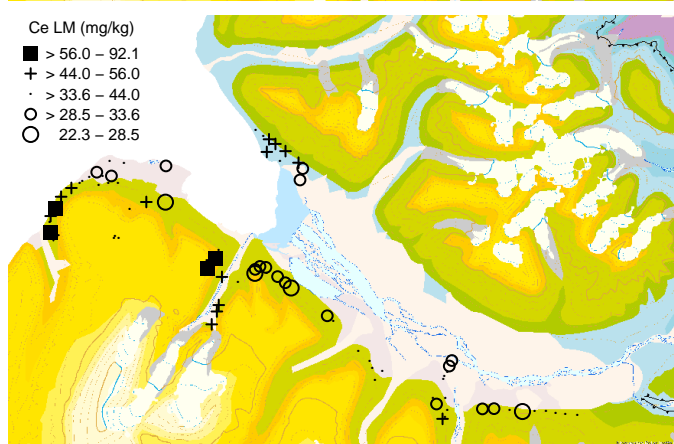
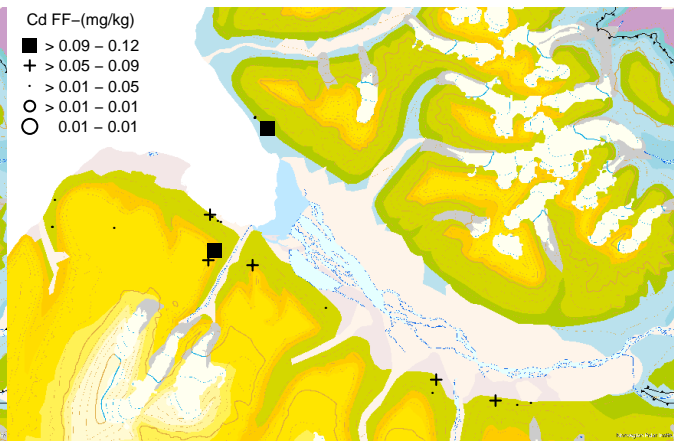
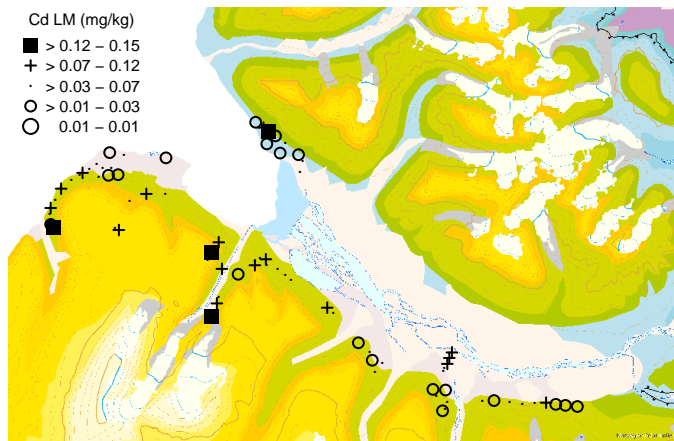
Prøve ID	UTM Zone	UTM X	UTM Y	Tørrvekt (g)	Våtvekt i luft (g)	Våtvekt i vann (g)	Volum (cm³)	Tetthet (g/cm³)	Porevolum (cm³)	Porøsitet (%)	Susceptibilitet (10⁻⁶ SI)	Remanens (mA/M)
2001	UTM33N	507465	8683629	380.52	391.6	234.78	156.82	2.43	11.08	0.07	464.4	5.5
2002	UTM33N	507471	8683623	151.04	152.77	93.59	59.18	2.55	1.73	0.03	385.3	4.5
2003	UTM33N	507560	8684617	472.38	486.36	291.17	195.19	2.42	13.98	0.07	353.8	3.9
2004	UTM33N	514925	8682196	257.18	262.21	154.74	107.47	2.39	5.03	0.05	256.1	4.8
2005	UTM33N	514870	8682200	176.54	178.5	109.8	68.7	2.57	1.96	0.03	509.7	11.6
2009	UTM33N	513698	8683790	237.6	238.94	147.88	91.06	2.61	1.34	0.01	287.6	10.6
2010	UTM33N	513598	8683857	301.87	303.42	189.67	113.75	2.65	1.55	0.01	313.4	7.3
2012	UTM33N	513382	8683988	398.79	403.93	246.29	157.64	2.53	5.14	0.03	257.5	3.9
2014	UTM33N	514970	8687678	532.85	535.19	328.25	206.94	2.57	2.34	0.01	114.1	6.0
2017	UTM33N	515437	8687261	185.21	190.97	115.05	75.92	2.44	5.76	0.08	343.5	14.3
2018	UTM33N	525173	8677088	213.39	214.99	133.12	81.87	2.61	1.6	0.02	114.7	11.2
2019	UTM33N	524675	8677044	128.59	129.69	79.72	49.97	2.57	1.1	0.02	419.5	10.6
2020	UTM33N	513475	8682746	303.21	305.36	188.37	116.99	2.59	2.15	0.02	335.2	5.6
2022	UTM33N	513233	8682384	231.55	233.47	143.13	90.34	2.56	1.92	0.02	444.9	8.3
2023	UTM33N	517585	8680632	346.9	352.23	209.7	142.53	2.43	5.33	0.04	253.9	1.8
2024	UTM33N	521539	8677470	204.64	205.73	127.83	77.9	2.63	1.09	0.01	314.1	8.1
2025	UTM33N	521666	8677964	346.59	349.06	219.3	129.76	2.67	2.47	0.02	377.4	12.4
2026	UTM33N	523861	8677190	314.86	317.48	199.4	118.08	2.67	2.62	0.02	648.1	4.4
2027	UTM33N	509752	8683578	292.85	301.56	176.97	124.59	2.35	8.71	0.07	188.2	6.7

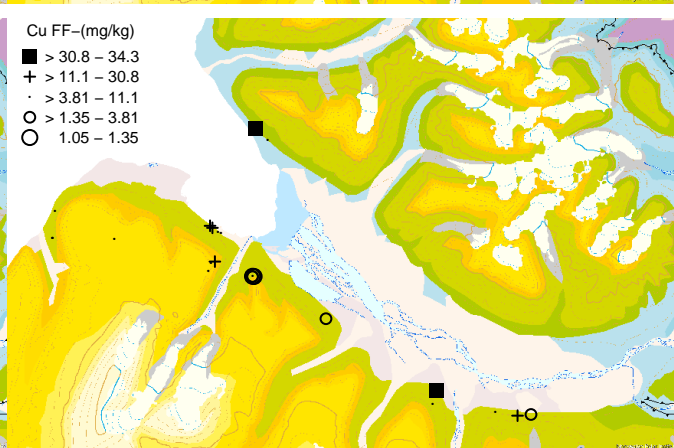
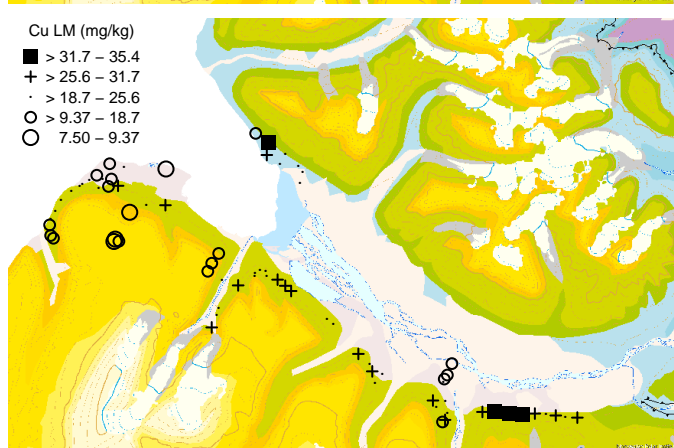
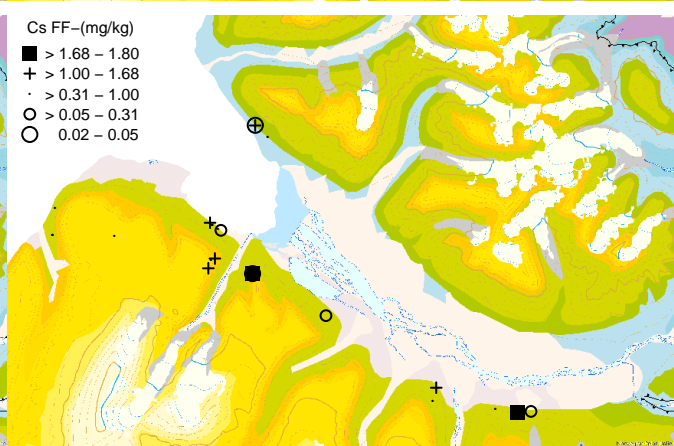
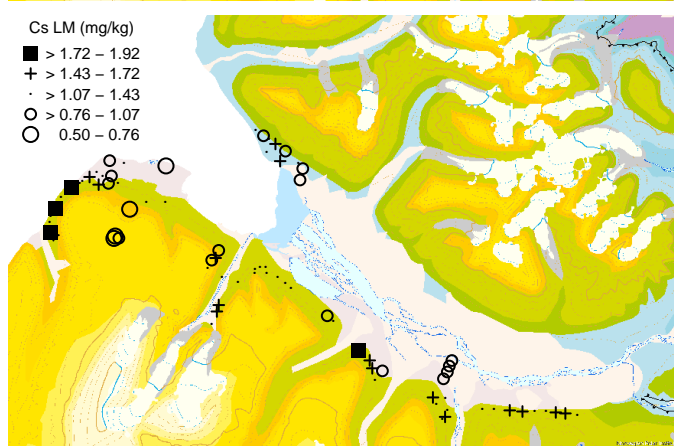
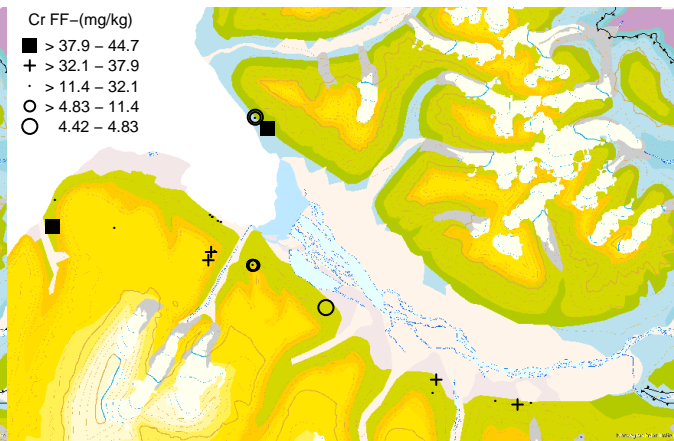
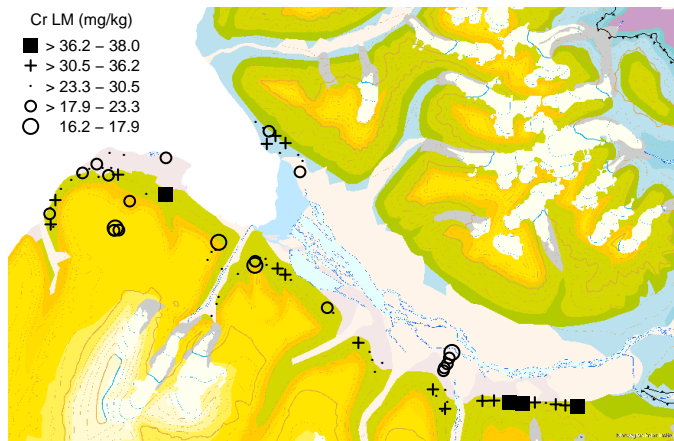
Vedlegg 4. Kart for alle analyserte grunnstoff

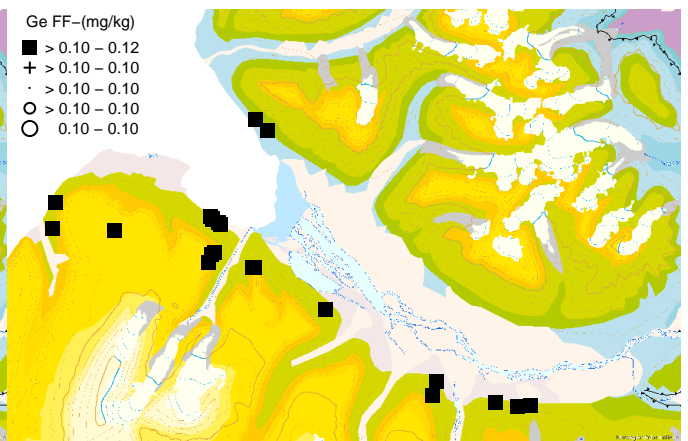
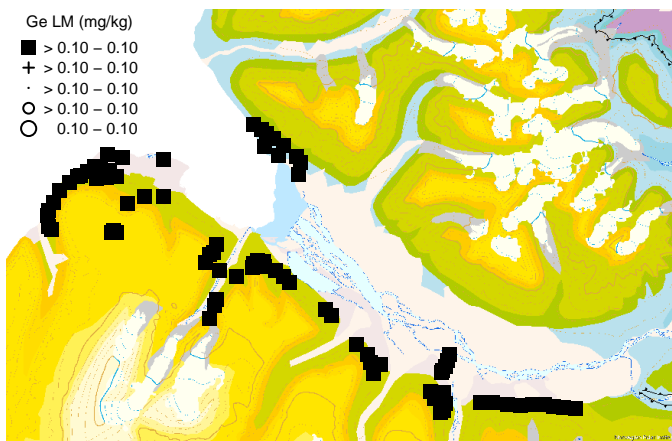
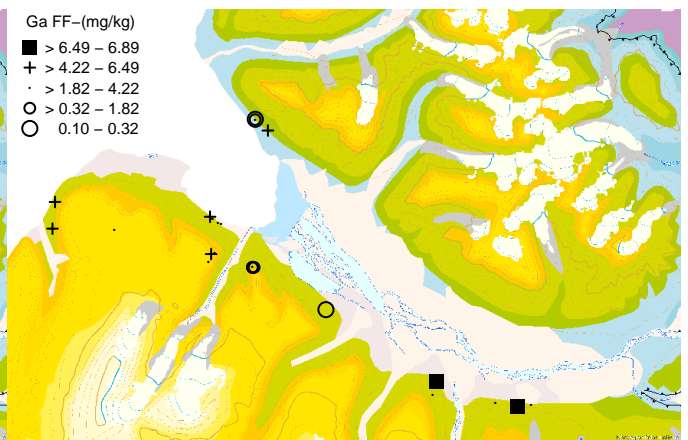
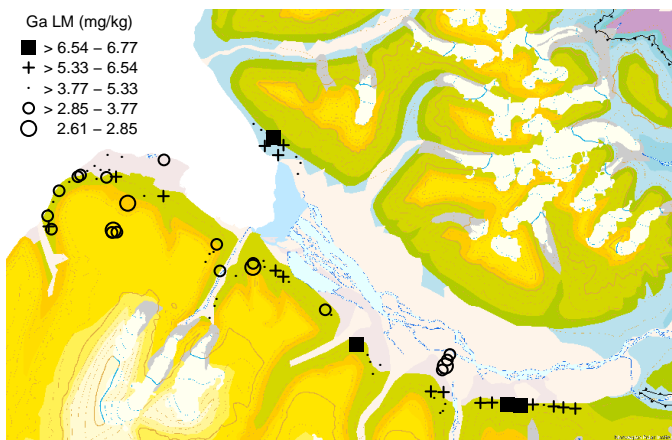
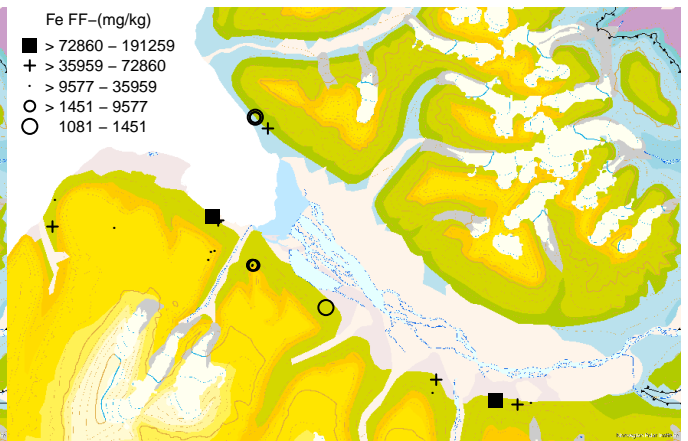
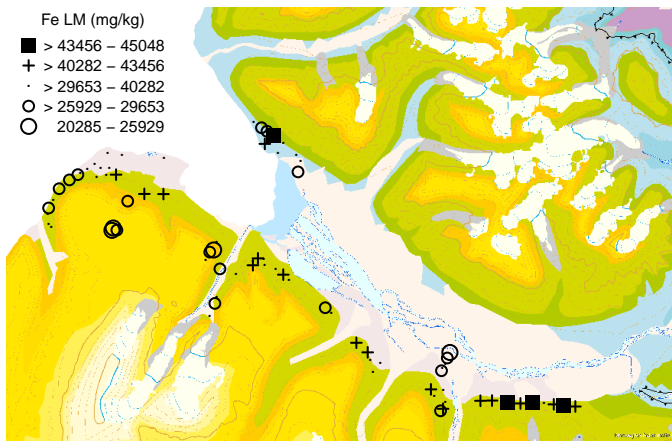


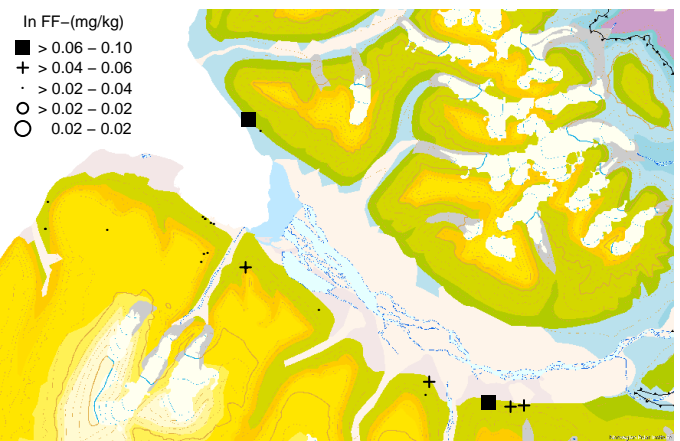
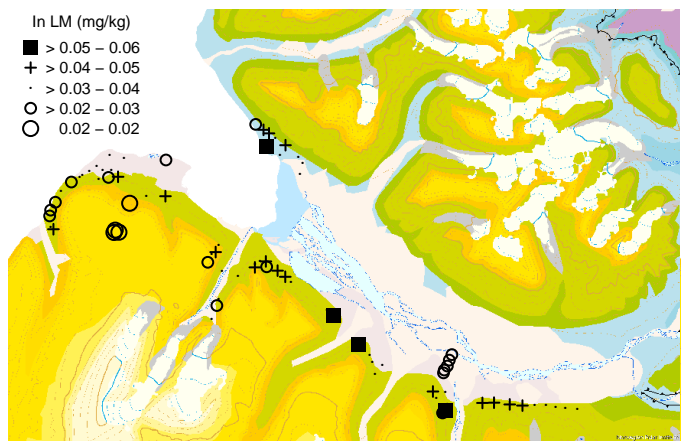
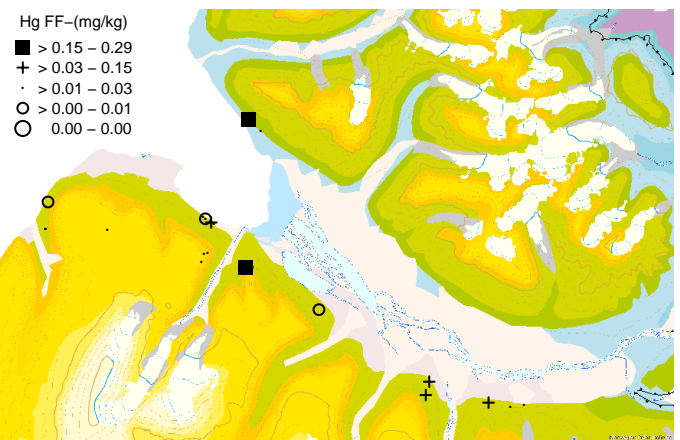
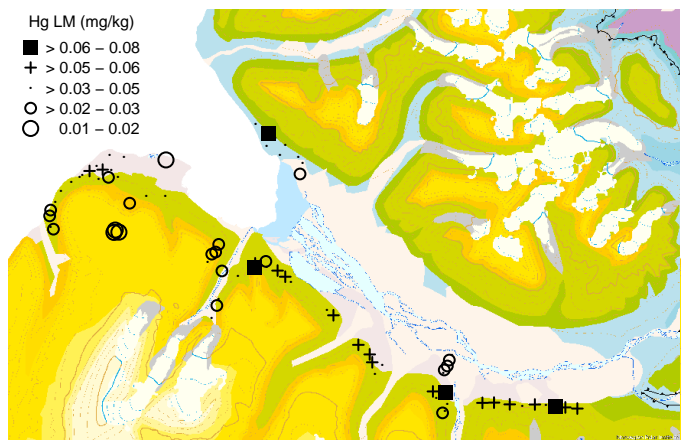
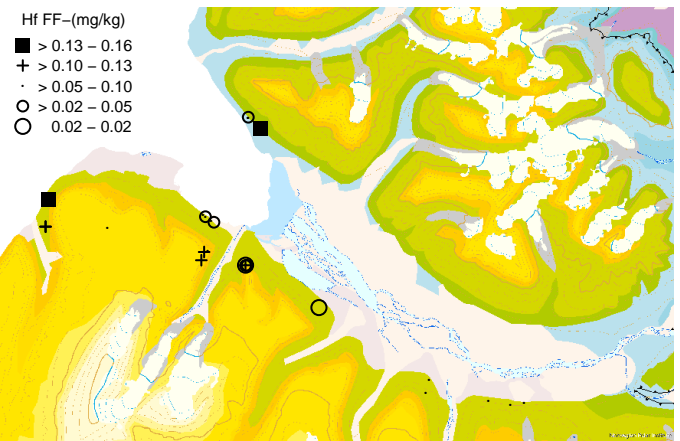
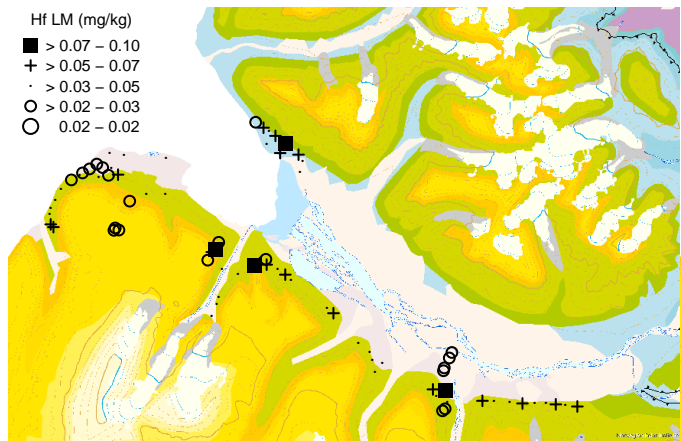


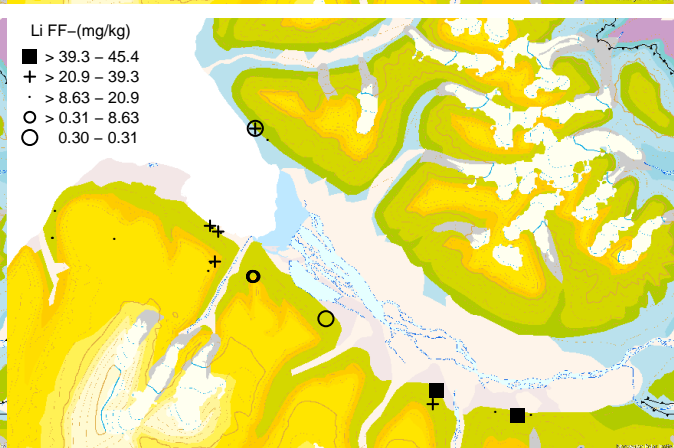
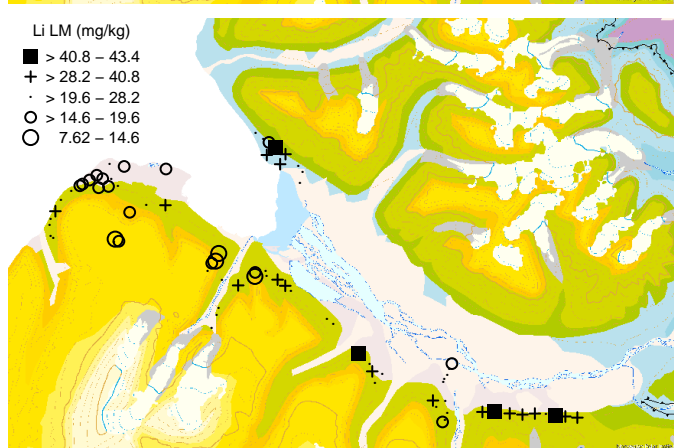
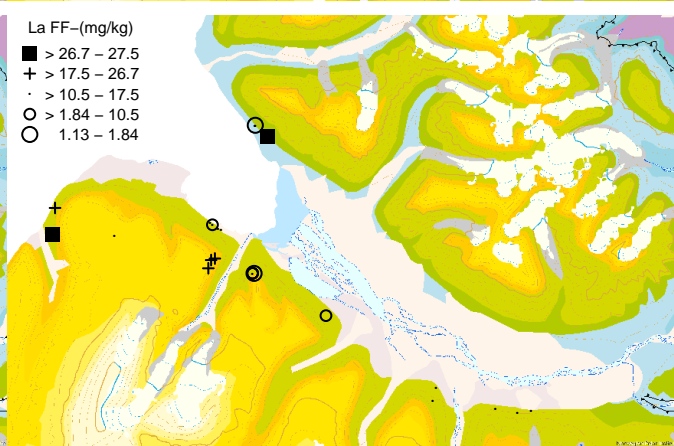
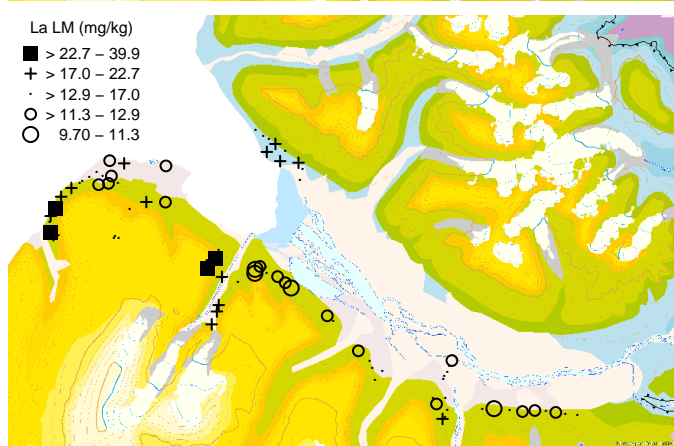
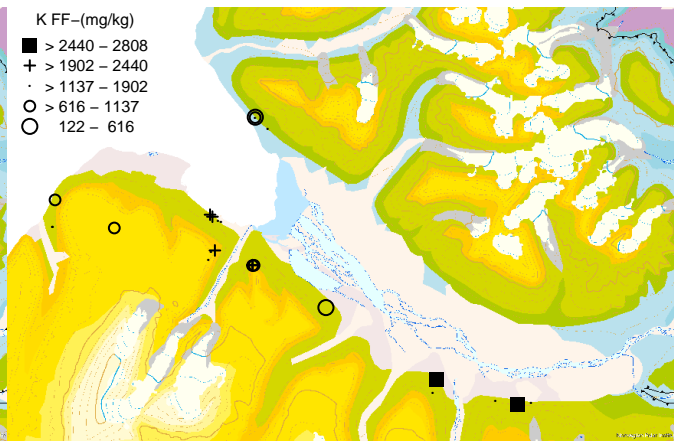
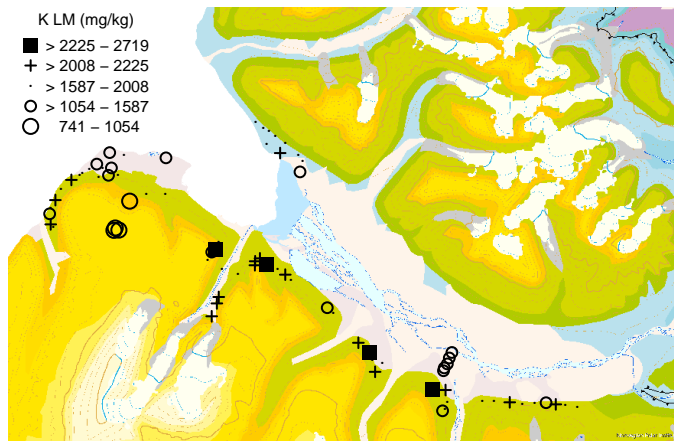


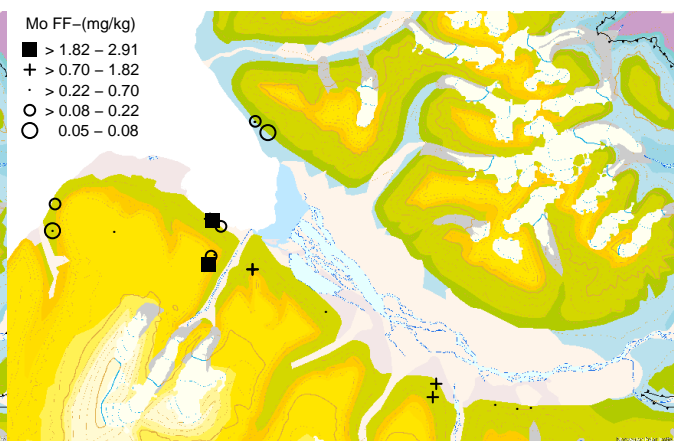
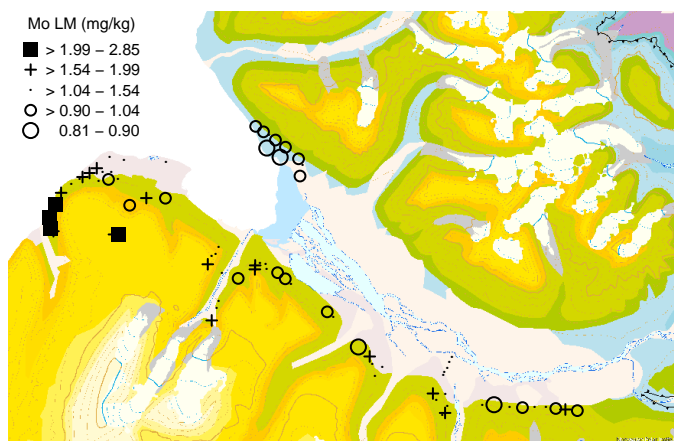
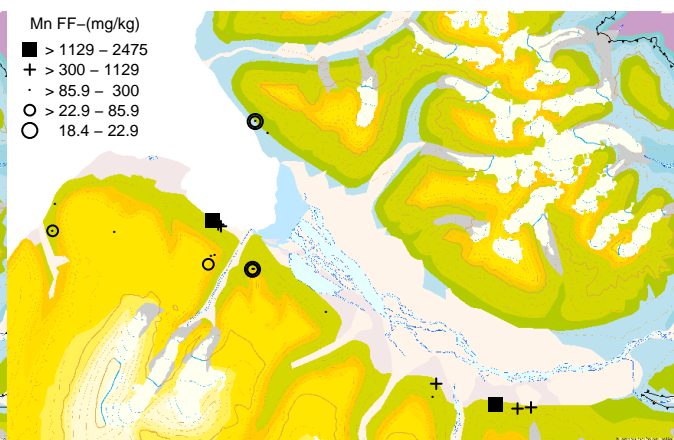
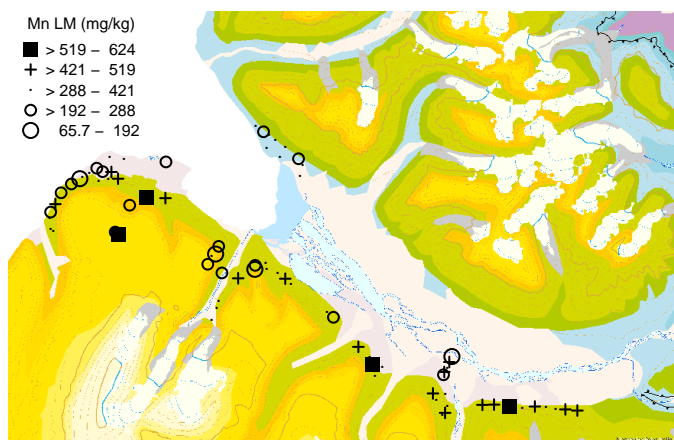
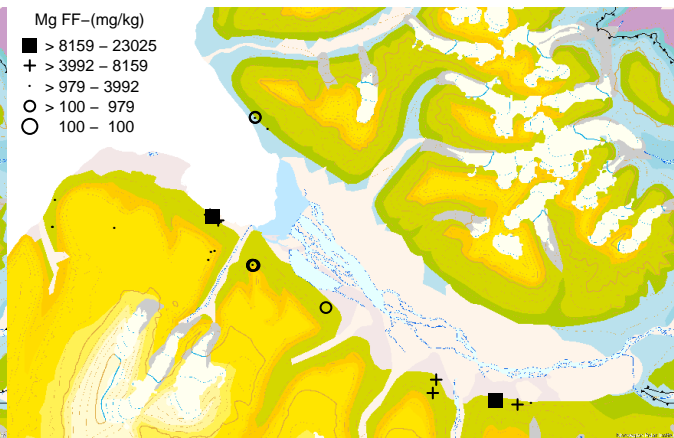
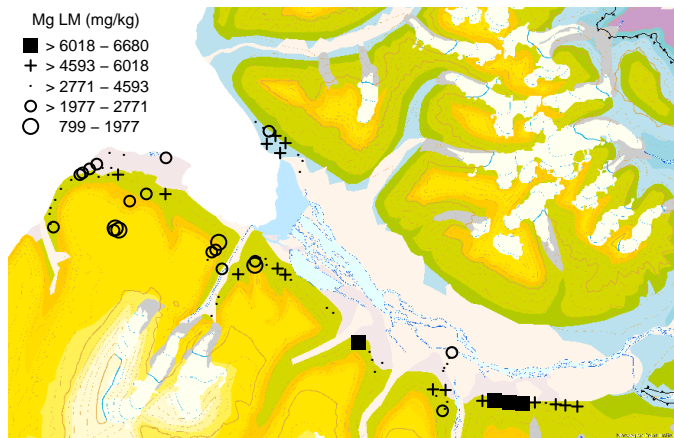


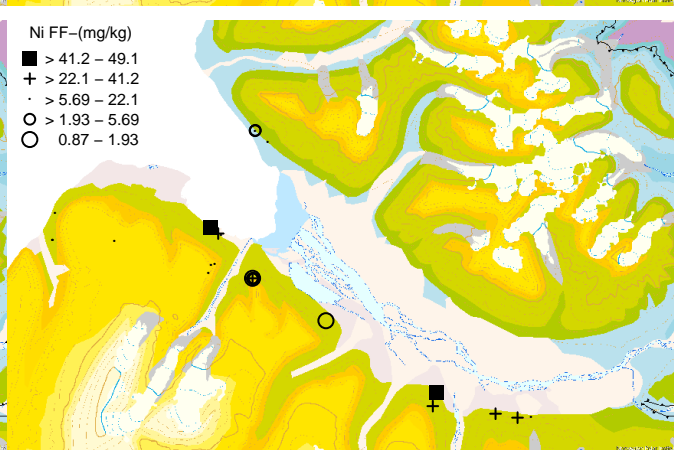
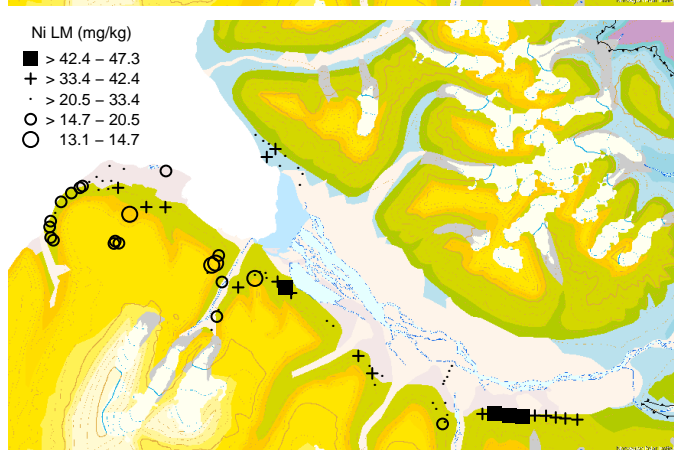
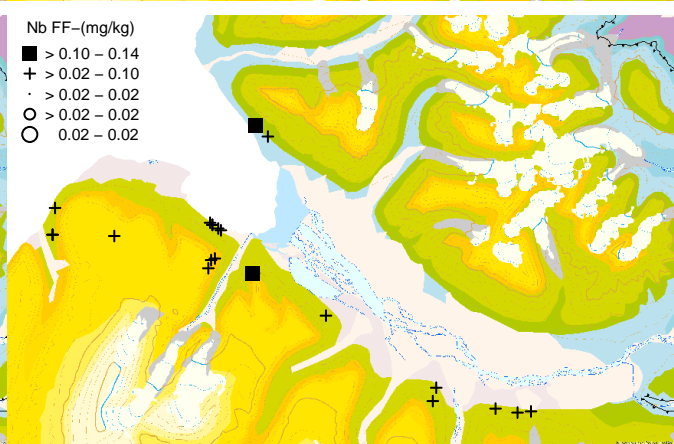
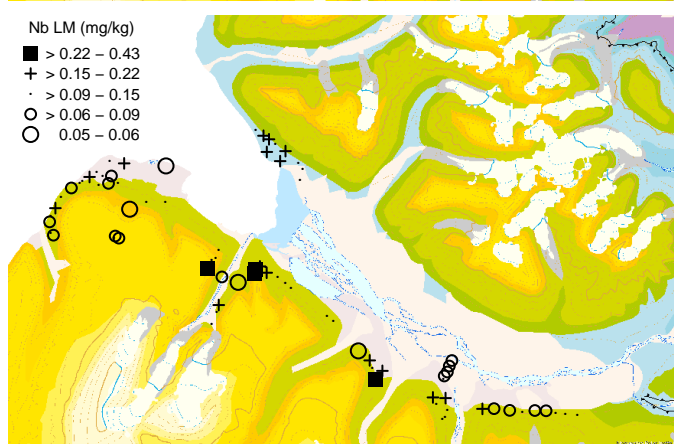
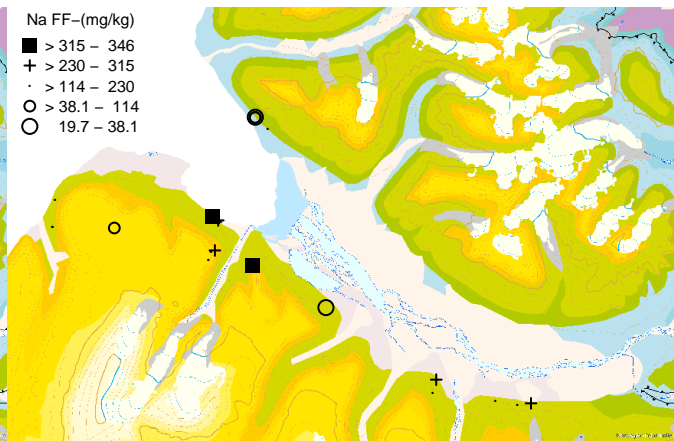
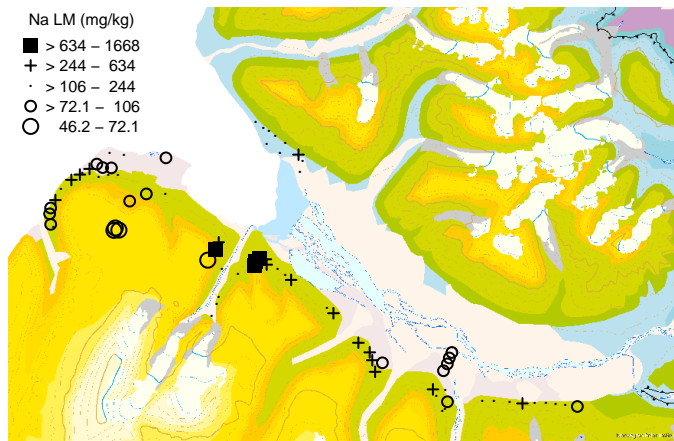


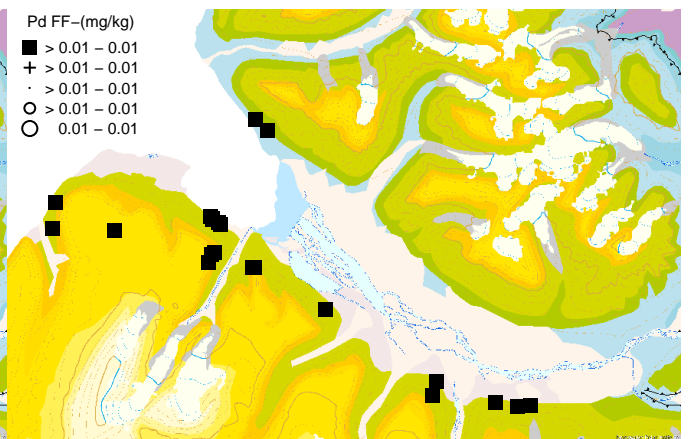
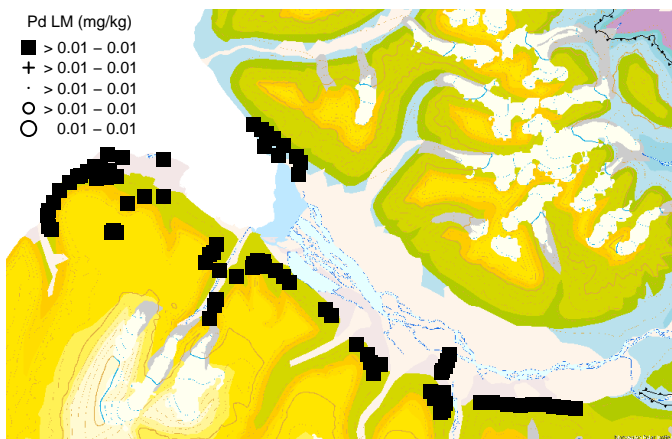
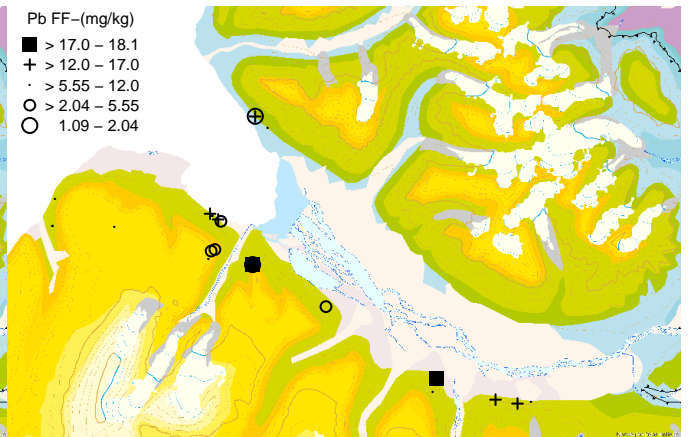
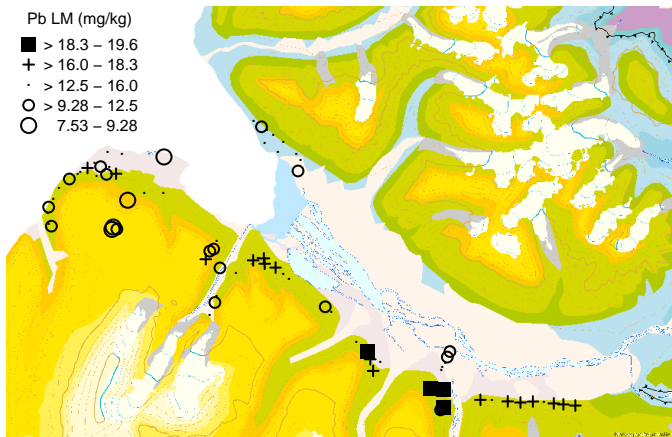
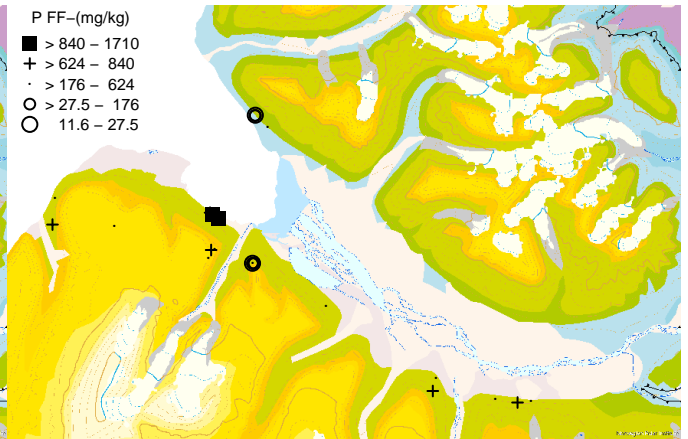
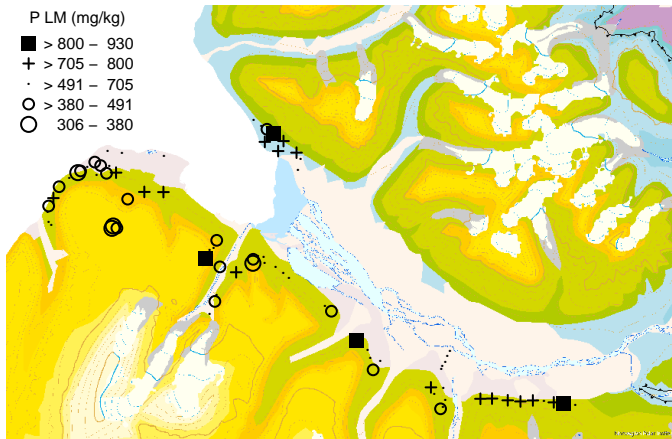


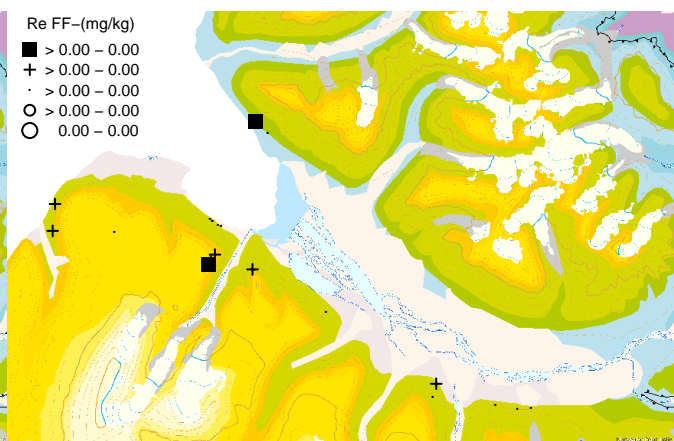
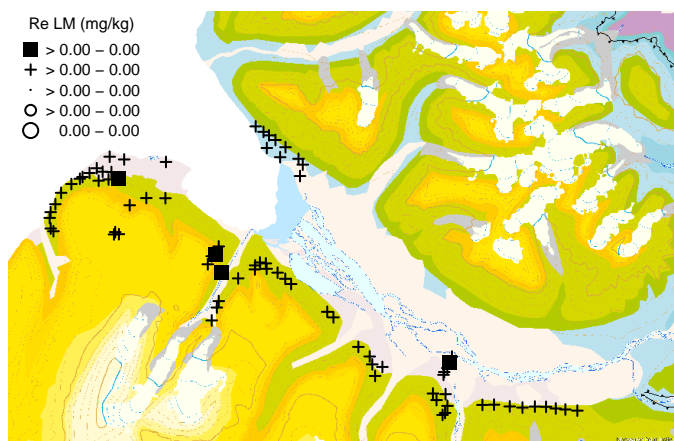
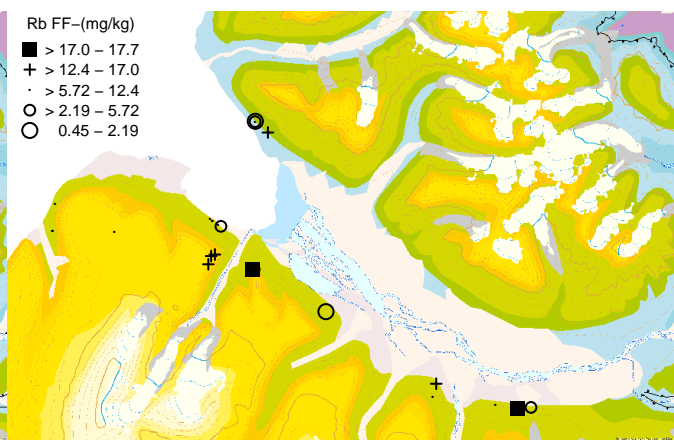
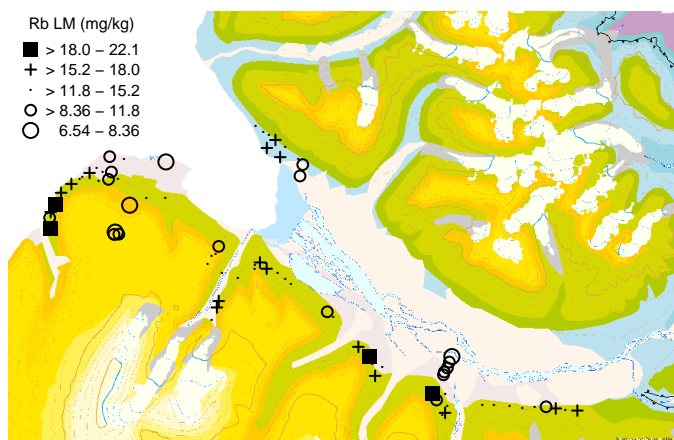
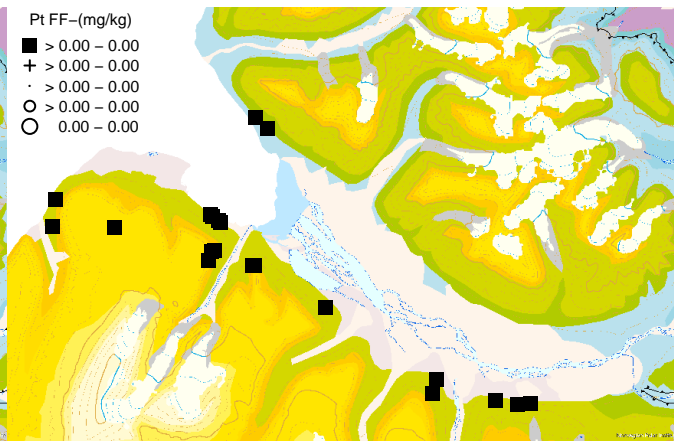
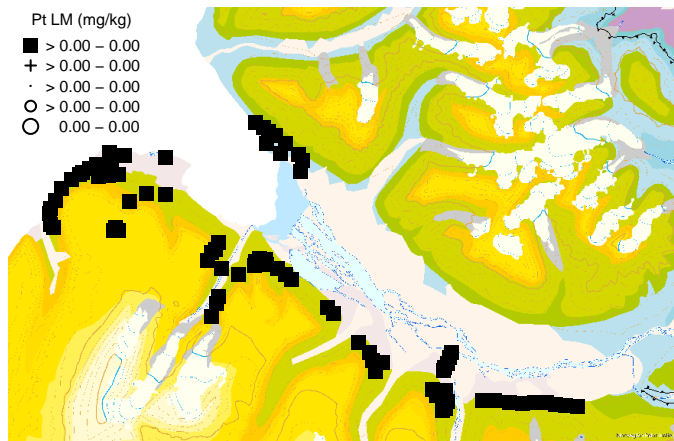


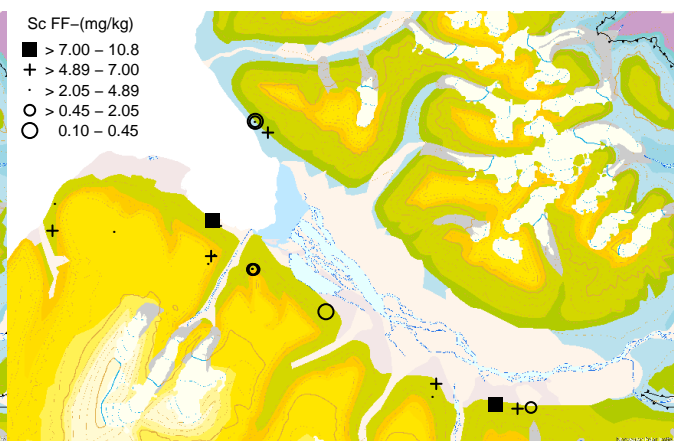
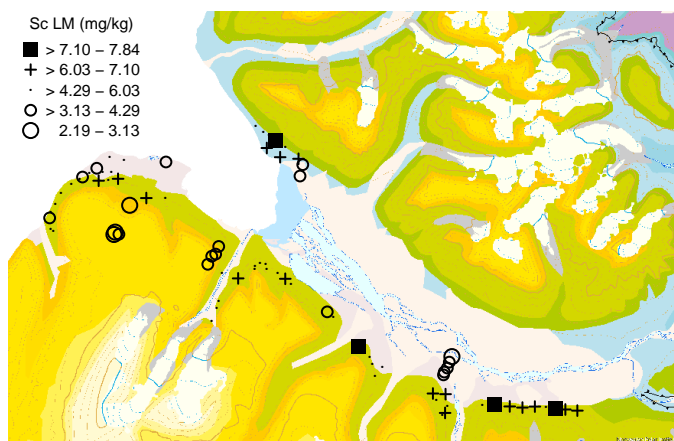
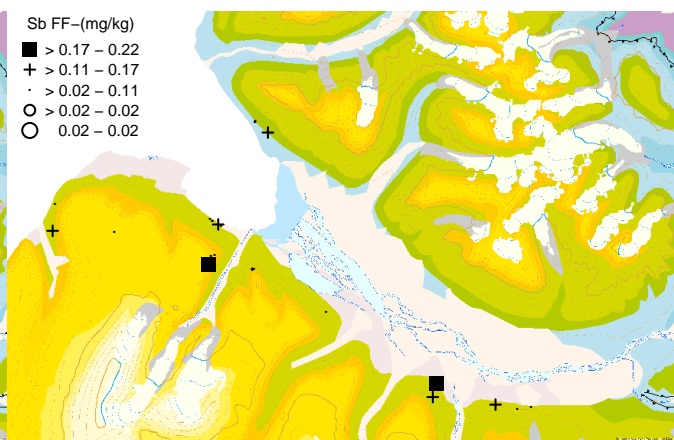
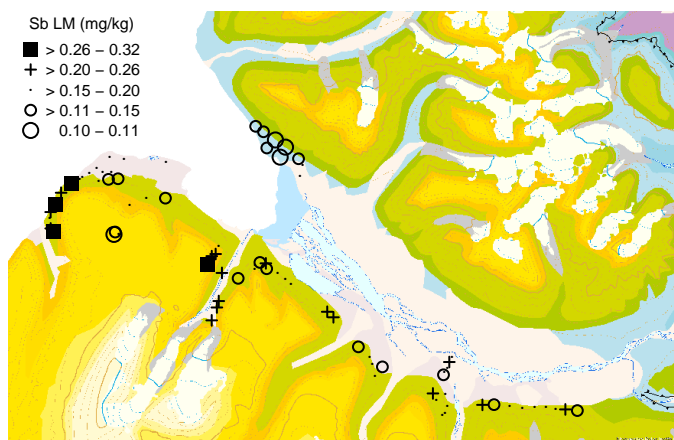
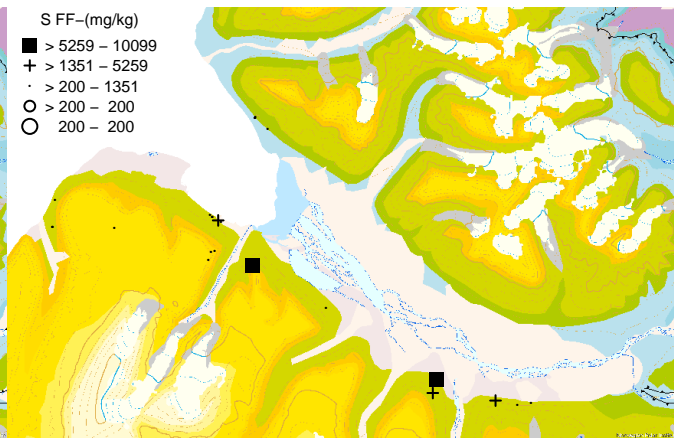
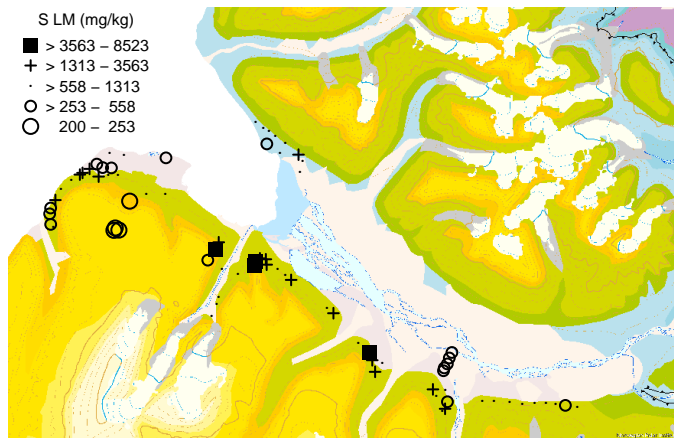


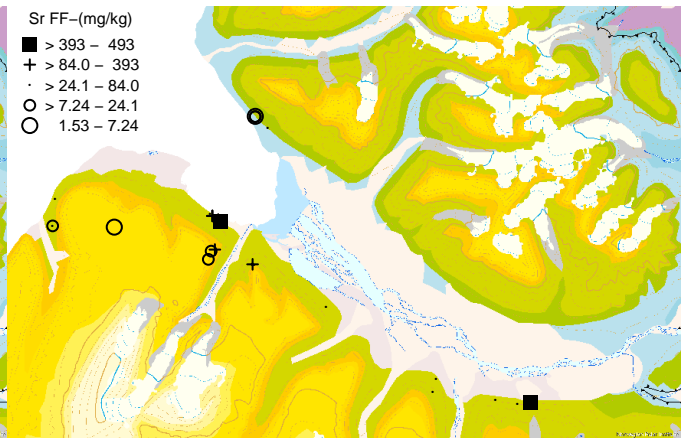
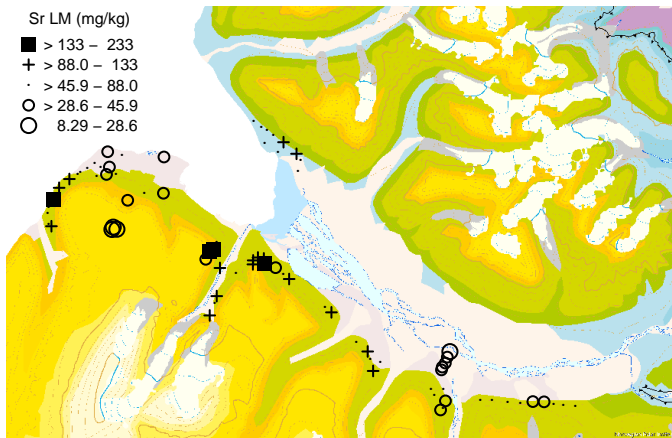
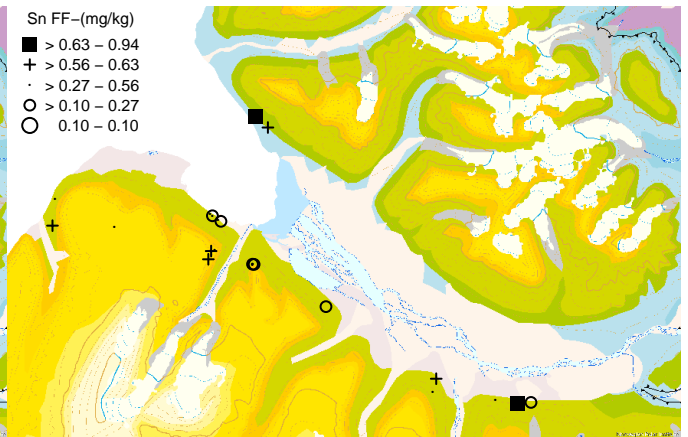
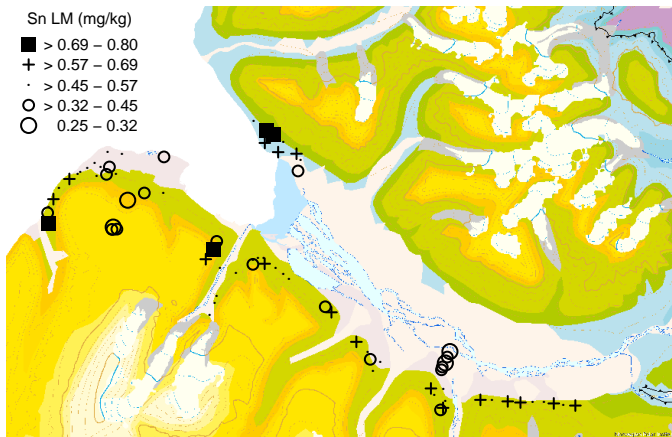
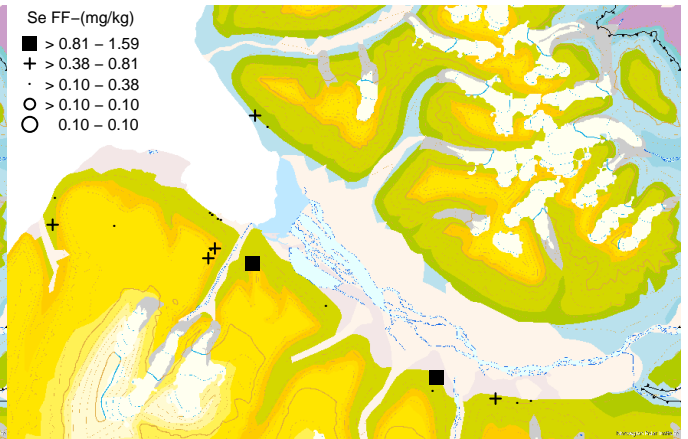
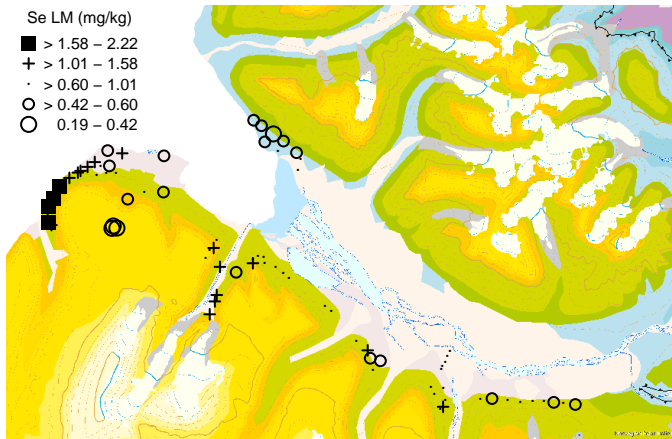


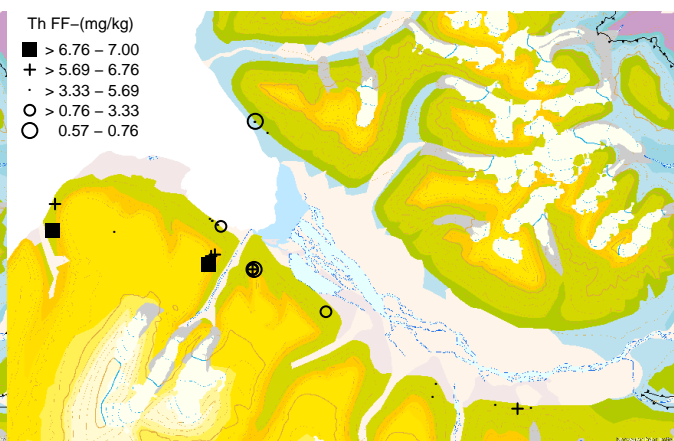
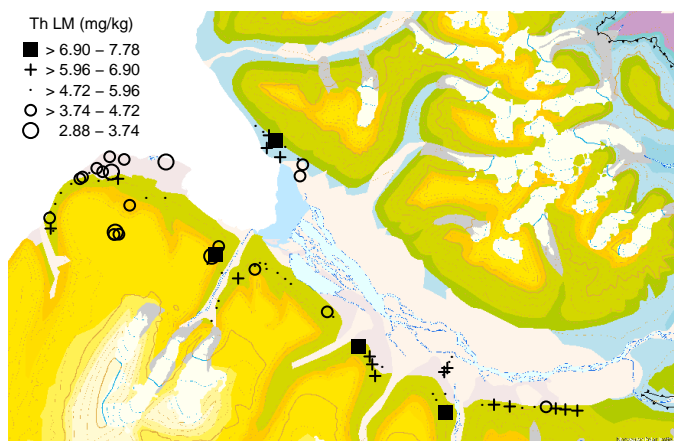
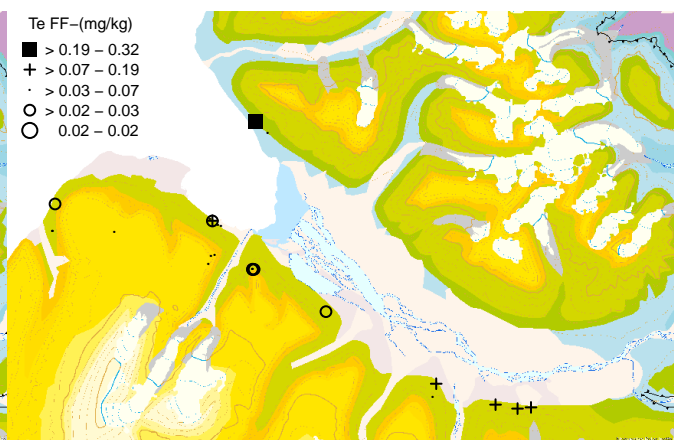
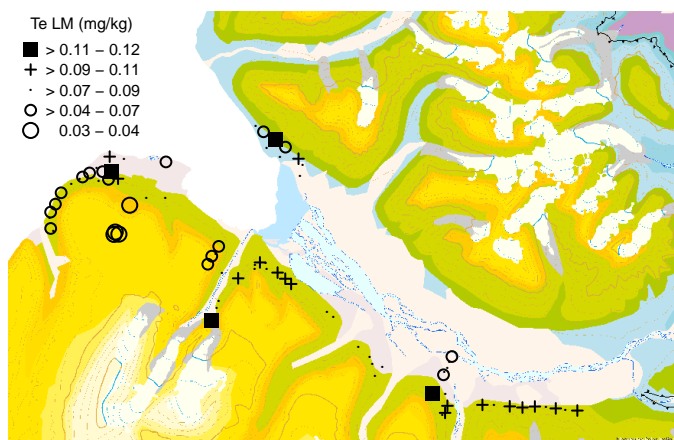
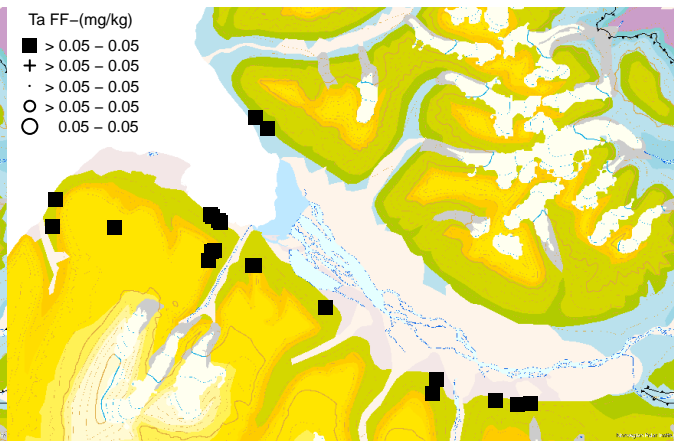
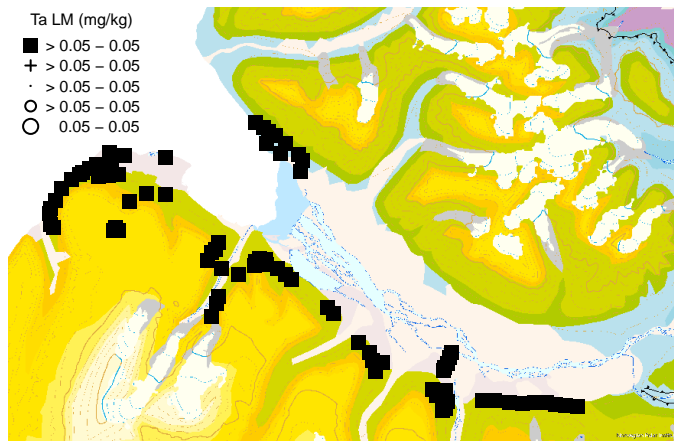


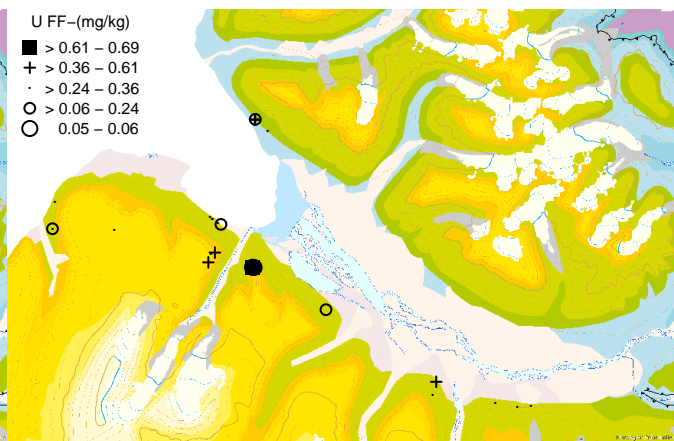
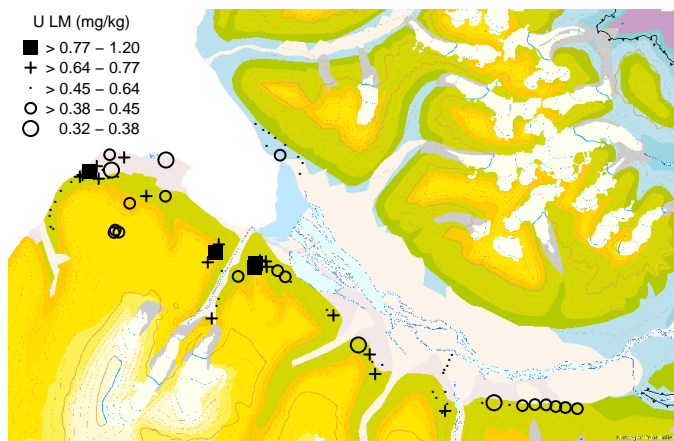
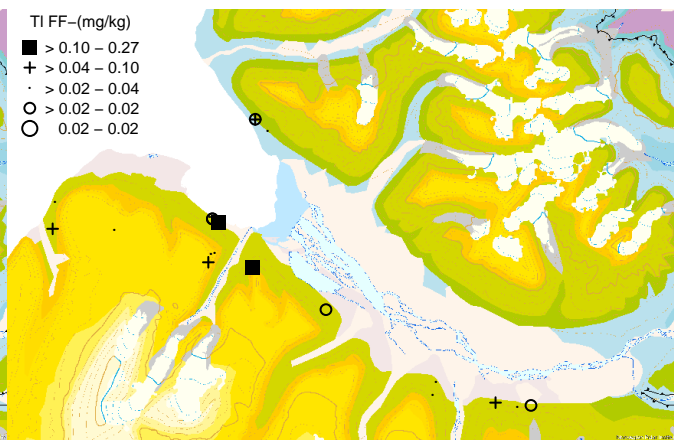
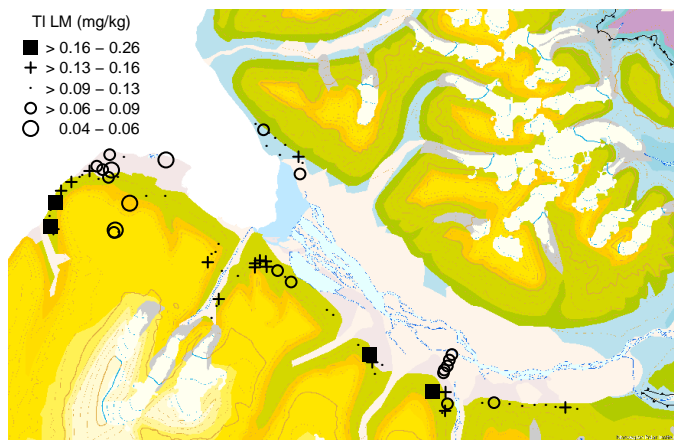
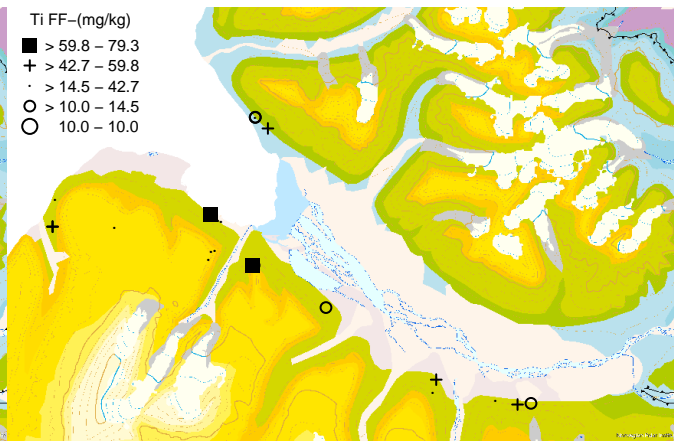
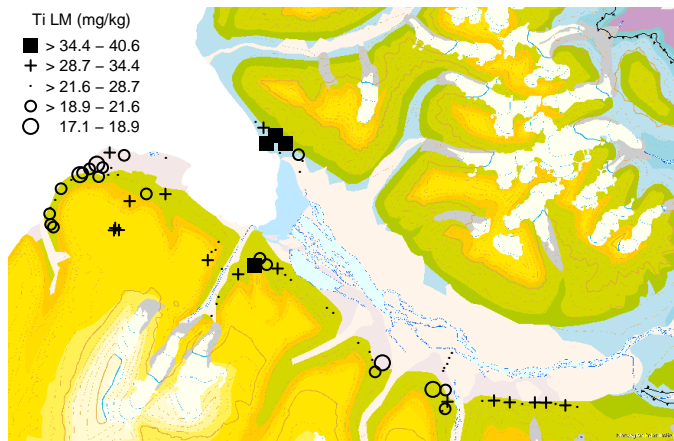


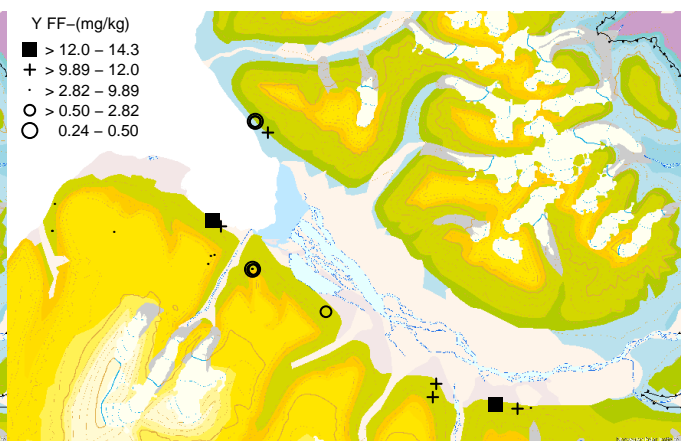
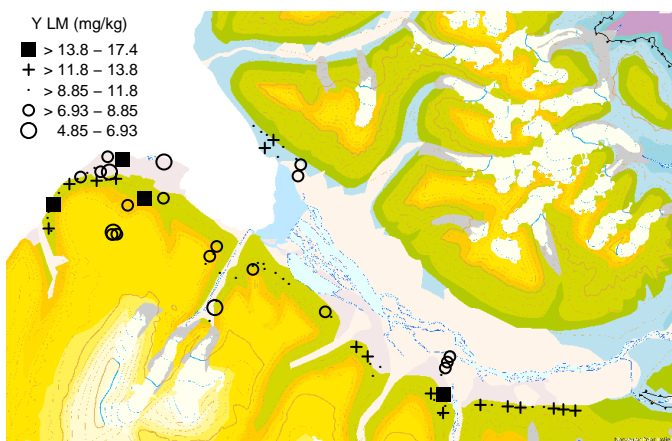
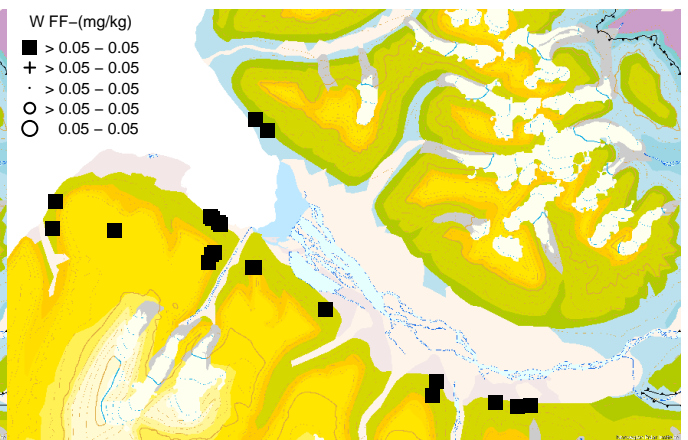
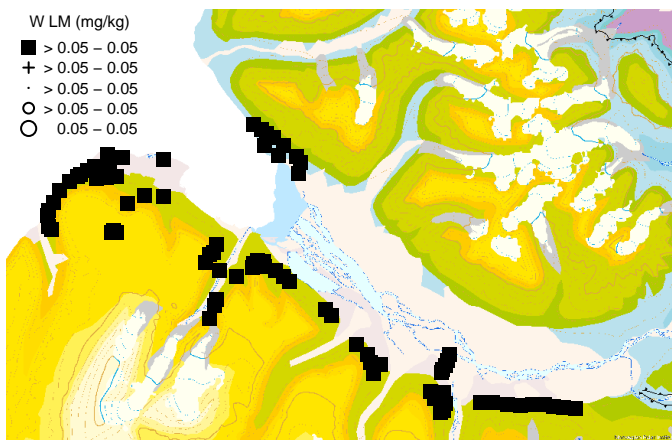
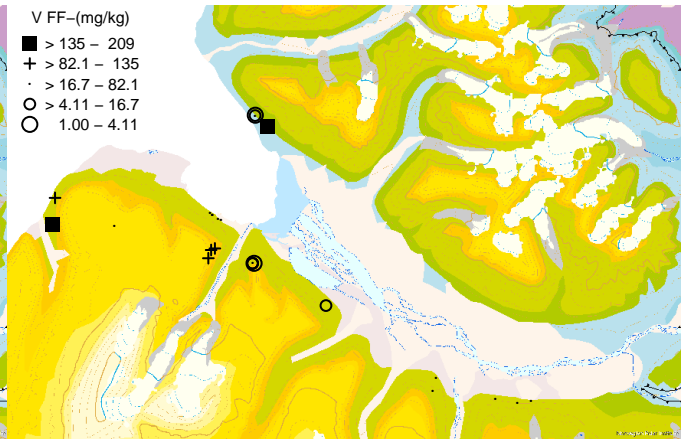
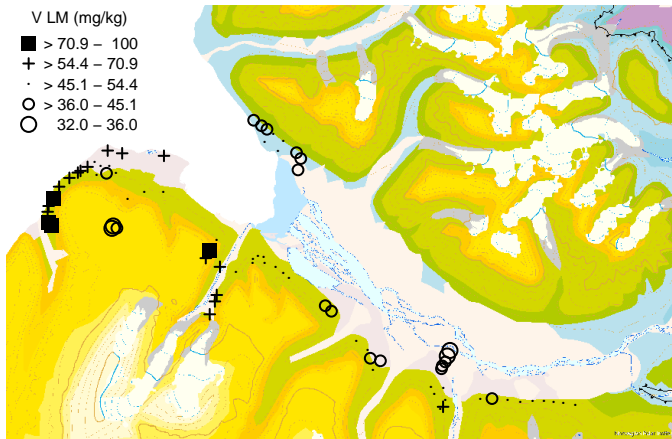


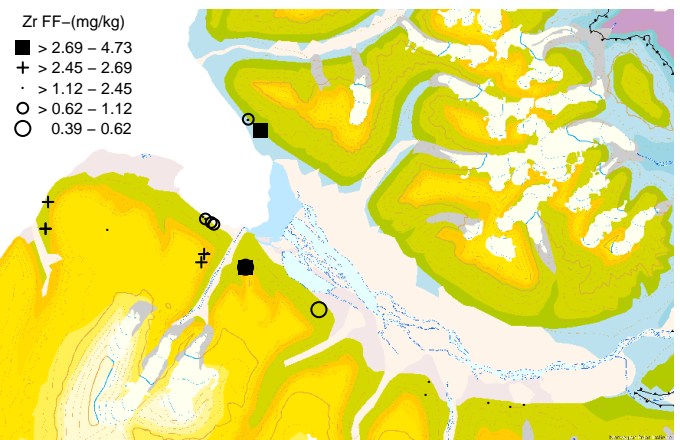
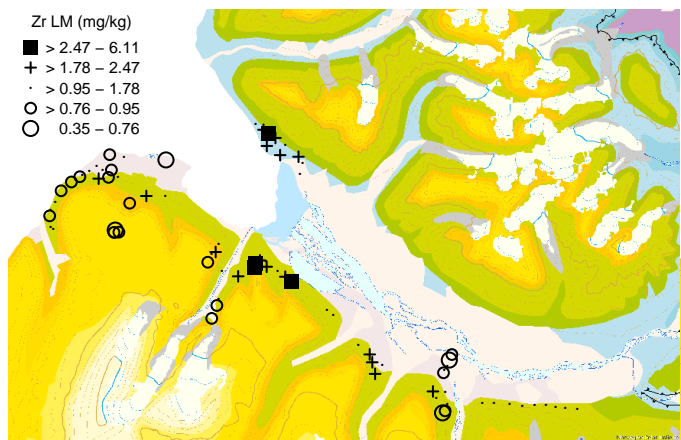
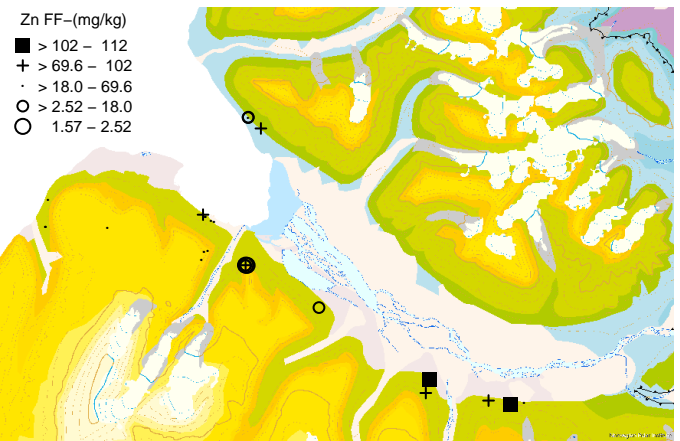
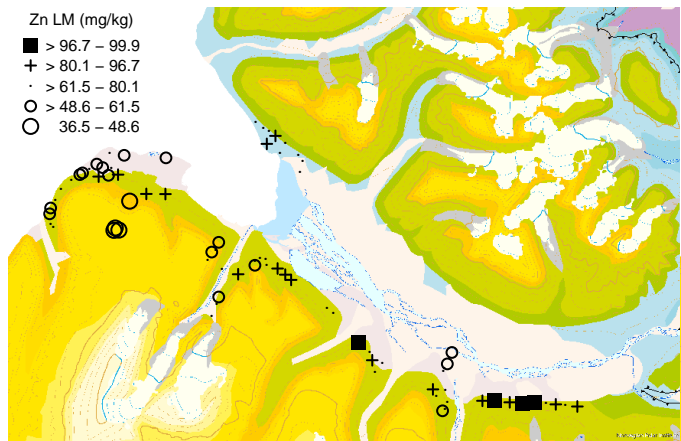




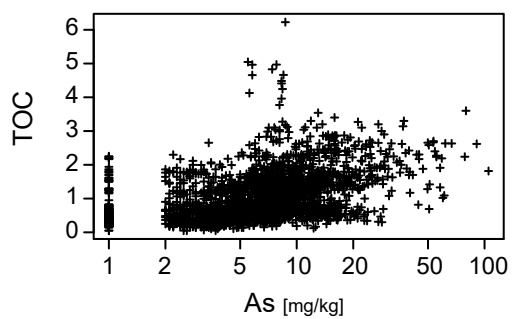
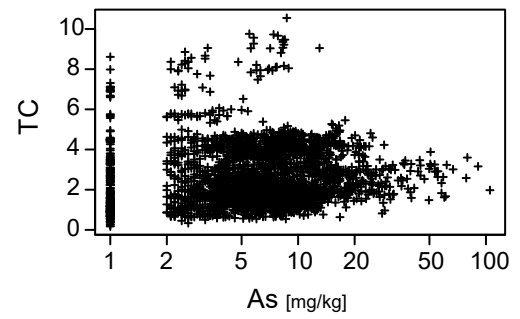
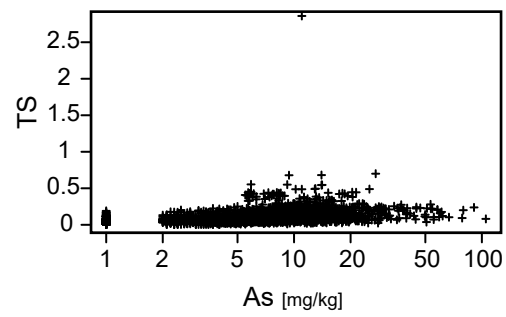
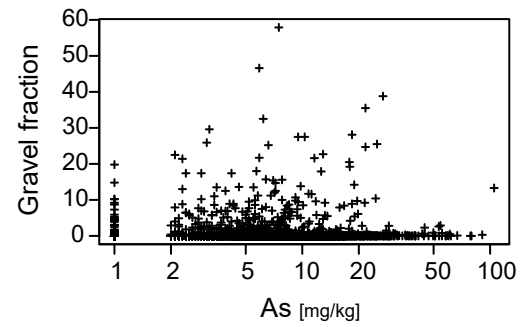
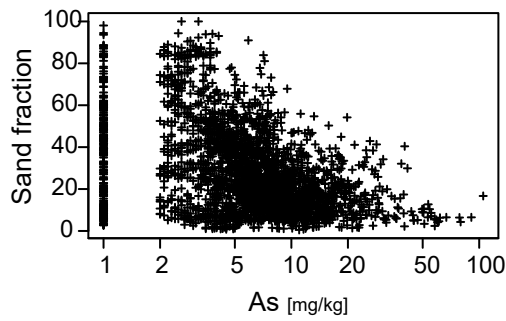
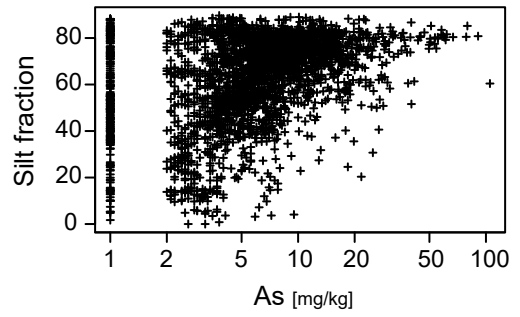
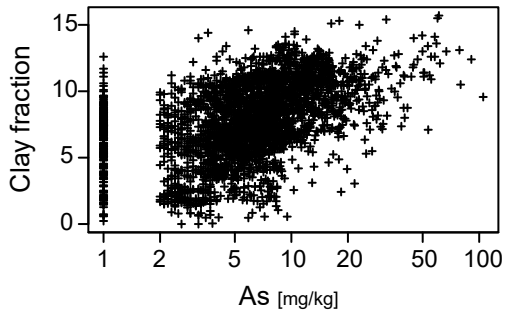








Vedlegg 5. XY-plott for sjøbunnssediment. Arsen mot kornstørrelse, TC, TOC og TS





NORGES
GEOLOGISKE
UNDERSØKELSE
· NGU ·

Norges geologiske undersøkelse
Postboks 6315, Sluppen
7491 Trondheim, Norge

Besøksadresse
Leiv Eirikssons vei 39
7040 Trondheim

Telefon 73 90 40 00
E-post ngu@ngu.no
Nettside www.ngu.no