

GEOLOGI FOR SAMFUNNET

SIDEN 1858



**NORGES
GEOLOGISKE
UNDERSØKELSE**
· NGU ·

NGU RAPPORT 2022.023

Miljøkjemiske data og dateringsresultater fra
bunnsedimenter i områdene Garsholbanken,
Eggakanten vest for Aktivneset, NH01-BO1,
KB Folla, KB Sklinna – Vestfjorden,
Vestfjorden Ytre, Spitsbergenbanken,
Kirkegården og Kratere N - MAREANO



Rapport nr.: 2022.023	ISSN: 0800-3416 (trykt) ISSN: 2387-3515 (online)	Gradering: åpen	
Tittel: Miljøgeokjemiske data og dateringsresultater fra bunnsedimenter i områdene Garsholbanken, Eggakanten vest for Aktivneset, NH01-BO1, KB Folla, KB Sklinna – Vestfjorden, Vestfjorden Ytre, Spitsbergenbanken, Kirkegården og Kratere N - Mareano			
Forfatter: Henning K. B. Jensen og Valérie K. Bellec		Oppdragsgiver: Mareano	
Fylke:		Kommune:	
Kartblad (M=1:250.000):		Kartbladnr. og -navn (M1:50.000):	
Forekomstens navn og koordinater:		Sidetall: 119	Pris: 360
		Kartbilag:	
Feltarbeid utført: 2021	Rapportdato: 15.03.2023	Prosjektnr.: 311730	Ansvarlig: Reidulv Bøe
Sammendrag <p>På Mareano-toktene 2021103, 2021104 og 2021115 med FF G.O. Sars i 2021 ble det tatt sedimentkjerner og overflateprøver (0-1 cm eller 0-2 cm fra grabb og boxcorer) fra totalt 29 stasjoner, fordelt med 8 stasjoner på Garsholbanken, 5 stasjoner på Eggakanten vest for Aktivneset, 2 stasjoner i NH01-BO1, 2 stasjoner i Kystbelte (KB) Folla, 2 stasjoner i KB Sklinna, 4 stasjoner i ytre Vestfjorden, 4 stasjoner i Kirkegården og 1 stasjon på Spitsbergenbanken i tillegg til 1 stasjon i Sognefjorden. Det er generelt lave konsentrasjoner av metallene Cd, Cu, Cr, Hg, Ni, Pb og Zn i alle områdene. As har høye konsentrasjoner i overflateprøvene fra Spitsbergenbanken og Kirkegården i Barentshavet, tilsvarende moderat forurensing. I NH01-BO1 er As til stede i litt høyere konsentrasjoner sammenliknet med prøvene fra sokkelen, tilsvarende tilstandsklasse II, god. Overflateprøven fra Sognefjorden har generelt høyere konsentrasjoner av de fleste metallene sammenliknet med stasjonene fra sokkelen og skråningen i Norskehavet. Tretten stasjoner fra Sognefjorden, Garsholbanken, Eggakanten vest for Aktivneset, NH01 BO1, KB Folla, KB Sklinna, Ytre Vestfjorden, Kirkegården og Spitsbergenbanken ble valgt ut for kjemisk analyse i flere dybdenivå. Åtte av disse ble datert med bruk av ²¹⁰Pb og analysert for innhold av ¹³⁷Cs, som kan indikere nedfall fra Tsjernobyl-utslippet 1986 i tillegg til andre menneskelige kilder (Fukushima 2011 og atombombeprøvesprengninger på 1950- og 1960 tallet). ²¹⁰Pb-dateringene er av middels til god kvalitet. Sedimentasjonsratene er lave i alle områdene, varierende fra 0,7 til 1,2 mm/år. Det er meget høye Ba-verdier i de øverste centimeterne i en sedimentkjerne fra Garsholbanken (2290 mg/kg sediment). Denne stasjonen ligger få km unna Heidrun-feltet. Sammenliknet med naturlige bakgrunnsverdier dypere i sedimentkjernen er det 33 ganger høyere Ba-verdier øverst i denne sedimentkjernen. Det er ikke avklart hva som er kilden for de økte Ba-verdiene i de øverste lagene. For de fleste andre metallene er konsentrasjonene lave og på naturlige bakgrunnsnivå. Et unntak er As i prøver fra Spitsbergenbanken hvor As-konsentrasjonen øker markant i toppen av kjernen. Mikroplast er til stede med lavt antall partikler pr. kg sediment i de fleste av 17 analyserte overflateprøver (0-2 cm). På to stasjoner er det ikke funnet mikroplast. Mikroplast opptrer også i dypere lag av de ²¹⁰Pb-daterte sedimentkjernene.</p>			
Emneord			
Maringeologi	Sediment	Forurensing	
Tungmetall	Prøvetaking	MAREANO	
Geokjemi	Datering	Mikroplast	

INNHOOLD

1	INNLEDNING	10
2	TOKT OG PRØVETAKING	10
3	DATA OG METODIKK	18
3.1	Prøvetaking og uttak av prøver til analyser	19
3.2	Analyser utført ved NGUs laboratorium	19
3.2.1	Metoder for kjemiske analyser	19
3.2.2	Metoder for kornfordelingsanalyser	20
3.2.3	XRI	20
3.3	Analyser som utføres ved eksterne laboratorier	20
3.3.1	Analyse av radioaktive isotoper ^{210}Pb og ^{137}Cs	20
3.3.2	Metode for bestemmelse av mikroplast ved NIVA	21
3.3.3	Metode for bestemmelse av mikroplast ved Eurofins Norge	22
3.4	Rutiner for kvalitetskontroll	22
3.5	Analysedata og bruk av kvantifiseringsgrense	23
4	RESULTATER	24
4.1	Sedimentklassifisering og beregning av vektprosent karbonat	24
4.2	Overflateprøver	25
4.2.1	Kornstørrelsesfordeling, organisk karbon, karbonat og svovel	25
4.2.2	Innhold av tungmetaller, arsen, barium og ^{137}Cs	34
	Kvikksølv (Hg)	35
4.3	Analyser av sedimentkjerner	49
4.3.1	Visuell bedømmelse og XRI-analyser	49
4.3.2	Kornstørrelsesfordeling i sedimentkjerner	63
4.3.3	Total organisk karbon, karbonat og svovel	66
4.3.4	Blyisotop 210 (^{210}Pb), ^{137}Cs -målinger og sedimentakkumulasjonsrater	68
4.4	Tungmetaller, arsen og barium i 8 daterte sedimentkjerner og 5 udaterte sedimentkjerner	81
4.5	Bariumanrikning i toppsedimenter i deler av Norskehavet	107
4.6	Mikroplast (MP)	109
4.6.1	Mikroplast - typer og egenskaper	109
4.6.2	Prøver sendt til analyse av mikroplast	109
4.6.3	Mikroplast i overflatesedimenter	110
4.6.4	Mikroplast i daterte sedimentkjerner	113
4.6.5	Pyrolyse-GC/MS	115
4.6.6	Mikroplastanalyser: sammenlikning med tidligere studier på sedimentprøver fra Norskehavet	115
5	OPPSUMMERING	117
6	REFERANSER	118

VEDLEGG (Vedlegg 1-5 tilgjengelig digitalt ved nedlasting fra:

https://www.ngu.no/upload/Publikasjoner/Rapporter/2022/2022_023_vedlegg.zip

Vedlegg 1. Prøveliste og analyseresultater fra NGUs laboratorium. Kornstørrelsesfordeling (Coulter), Leco (total S, total C og organisk C), HNO₃-ekstrahert og analysert med AAS (Hg) og ICP-OES (As, Ba, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb og Zn). Data for naturlige standarder følger med i analyserapportene.

Vedlegg 2. Kart over Cd, Cr, Cu og Zn i prøvene (0-1 cm dyp) og sedimentasjonsrater basert på ²¹⁰Pb-data.

Vedlegg 3. ²¹⁰Pb- og ¹³⁷Cs-analyserapporter fra åtte sedimentkjerner. Leverandør av rapporter: Gamma Dating Center, Københavns Universitet, Danmark.

Vedlegg 4. NIVA mikroplastrapport: Analyse av mikroplast i marine sedimentprøver (NIVA prosjekt 220152), 22 sider + vedlegg.

Vedlegg 5. Eurofins mikroplastrapport.

Forkortelser benyttet i rapporten (i alfabetisk rekkefølge).

Forkortelse	Forklaring
CV-AAS	Atomabsorpsjonsanalyse av kvikksølv (Hg) med kalddampeteknikk (CV-AAS) (Cold Vapour Atomic Absorption Spectrometry)
Ek	Eggakanten
Gns	Gjennomsnittverdi av et datasett
ICP-OES	Induktivt koblet plasma optisk emisjonspektrometri (Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry)
i.k.	Ikke kvantifiserbar
KB	Kystbelte
LPS	Laser partikkelteller (Laser Particle Size analysis)
Max	Maksimum verdi i et datasett
Med	Medianverdi for et datasett
Min	Minimum verdi i et datasett
MP	mikroplast
Pyr-GC/MS	pyrolyse gas kromatografi/masse spektrometri
TC	totalt karbon
TOC	totalt organisk karbon
TS	total svovel
vekt%	vektprosent
XRI	Røntgen inspeksjon (X-Ray Imaging)

Liste over tabeller

Tabell 1: Prøvetakingsstasjoner.....	11
Tabell 2. Beskrivelse av prøvetakingsutstyr, kjernelengde og prøver til ulike analyser.....	12
Tabell 3. Beskrivelse av analysemetoder, utstyr og instrumenter. LLQ: nedre kvantifiseringsgrense. Med mindre annet presisert; ved rapportering av analyseusikkerhet benyttes konfidensintervallet 95%. ¹⁾ Akkreditert ved Norsk akkreditering TEST020. ²⁾ Analyseusikkerheten spesifiseres etter måleområde hvis relevant.....	18
Tabell 4. Tekniske spesifikasjoner for Pyr-GC/MS-metode ved Eurofins Norge.....	22
Tabell 5. Sedimentklassifisering og kornstørrelser i henhold til NGUs sedimentklassifisering.....	24
Tabell 6. Kornstørrelsesfordeling og sedimentklassifisering for overflateprøvene (0-1 cm dybde) basert på Coulter data.....	29
Tabell 7. Metaller og arsen (29 stasjoner fra tokt 2021103, 2021104 og 2021115) i henhold til Miljødirektoratets tilstandsklasser for marine overflatesedimenter. Uthevet skrift viser antall prøver i overflateprøver i hver av klassene I-V.....	48
Tabell 8. Daterte sedimentkjerner fra MAREANO-tokt 2021103, 2021104 og 2021115. LSR: Lineær sedimentasjonsrate for intervaller karakterisert som pålitelig basert på ²¹⁰ Pb-aktivitetskurver. Analysene viser en betydelig eksponentiell nedgang av ²¹⁰ Pb-aktivitet og langsom utflating av ¹³⁷ Cs-konsentrasjon.....	78
Tabell 9. Sedimentkerne R2373MC001 (0-33 cm): minimums-, gjennomsnitts-, median- og maksimumsverdier for tungmetaller, arsen og barium.....	81
Tabell 10. Sedimentkerne R2401MC003 (0-31 cm): minimums-, gjennomsnitts-, median- og maksimumsverdier for tungmetaller, arsen og barium.....	83
Tabell 11. Sedimentkerne R2438MC005 (0-34 cm): minimums-, gjennomsnitts-, median- og maksimumsverdier for tungmetaller, arsen og barium.....	85
Tabell 12. Sedimentkerne R2454MC006 (0-27 cm): minimums-, gjennomsnitts-, median- og maksimumsverdier for tungmetaller, arsen og barium.....	87
Tabell 13. Sedimentkerne R2486MC007 (0-33 cm): minimums-, gjennomsnitts-, median- og maksimumsverdier for tungmetaller, arsen og barium.....	89
Tabell 14. Sedimentkerne R2524MC008 (0-27 cm): minimums-, gjennomsnitts-, median- og maksimumsverdier for tungmetaller, arsen og barium.....	91
Tabell 15. Sedimentkerne R2558MC009 (0-33 cm): minimums-, gjennomsnitts-, median- og maksimumsverdier for tungmetaller, arsen og barium.....	93
Tabell 16. Sedimentkerne R2596MC012 (0-31 cm): minimums-, gjennomsnitts-, median- og maksimumsverdier for tungmetaller, arsen og barium.....	95
Tabell 17. Sedimentkerne R2651MC014 (0-31cm): minimums-, gjennomsnitts-, median- og maksimumsverdier for tungmetaller, arsen og barium.....	97
Tabell 18. Sedimentkerne R2669MC014 (0-25 cm): minimums-, gjennomsnitts-, median- og maksimumsverdier for tungmetaller, arsen og barium.....	99
Tabell 19. Sedimentkerne R2770MC017 (0-31 cm): minimums-, gjennomsnitts-, median- og maksimumsverdier for tungmetaller, arsen og barium.....	101
Tabell 20. Sedimentkerne R2773BC075 (0-33 cm): minimums-, gjennomsnitts-, median- og maksimumsverdier for tungmetaller, arsen og barium.....	103
Tabell 21. Sedimentkerne R2869MC019 (0-33 cm): minimums-, gjennomsnitts-, median- og maksimumsverdier for tungmetaller, arsen og barium.....	105
Tabell 22. Plasttyper - forkortelser og typiske bruksområder (fra Haave m. fl., 2022).....	109
Tabell 23. Sedimentprøver til mikroplastanalyser.....	109
Tabell 24. Antall mikroplastpartikler pr. kg sediment tørrvekt i 4 daterte sedimentkjerner. Enhet: antall MP/kg sediment tørrvekt.....	110
Tabell 25. Antall mikroplastpartikler pr. kg sediment tørrvekt i 4 daterte sedimentkjerner (NIVA-analyser, Vedlegg 4). Enhet: antall MP/kg sediment tørrvekt.....	114
Tabell 26. Typer plastpolymerer det kan analyseres for med pyr-GC/MS-metoden til Eurofins Norge.....	115

Liste over figurer

Figur 1. Kart over alle MAREANOs prøvetakingsstasjoner i perioden 2006–2020, inkludert stasjoner fra 2003 og 2004. Prøvetakingsområdene for de 29 stasjonene tatt i 2021 er vist med navn innenfor de røde rektanglene med unntak av prøvetakingsstasjonen i Sognefjorden. Stasjonsnumrene er markert i Figur 2. Symbolene i kartet viser både stasjoner analysert for overflateprøver og full kjerne, samt stasjoner med daterte prøver. Det er brukt ulike symboler for å skille mellom stasjoner fra 2021 og tidligere stasjoner. GHB: Garsholbanken.	13
Figur 2. Stasjoner prøvetatt på tokt 2021103, 2021104 og 2021115.	14
Figur 3. Multicorer med tre rør bestående av to gjennomsiktige PVC-rør for kjemiske analyser, samt stålrør i midten for mikroplastprøvetaking. Prøvetakingen på bildet er fra stasjon R2438, Garsholbanken.	15
Figur 4. Multicorer-kjerne A fra Stasjon R2869 (Spitsbergenbanken) tatt for uorganiske kjemiske analyser. Røret er 60 cm langt og sedimentkjernen med uforstyrret overflate har en klar vannsøyle over sedimentene. Dermed er kjernen godkjent for bruk til kjemiske analyser.	16
Figur 5. Bokscorer fra stasjon R2773 (Kirkegården). Det settes ned rør i boksen. Den gule lappen er 7,5x7,5 cm. Eremittkreps i nedre venstre hjørne.	17
Figur 6. Toppen av sedimentkjerne «A» med vannmettet overflate fra stasjon R2869 fra Spitsbergenbanken, før sedimentkjernen deles opp i 1 cm skiver til uorganisk kjemisk analyse. De øverste centimeterne i sedimentkjernen har høyt vanninnhold.	20
Figur 7. Opparbeiding av Mareano-sedimentprøver til analyse. Figuren er fra NIVAs mikroplastrapport (Vedlegg 4).	21
Figur 8. Andel finstoff (slam, < 63 µm) i overflateprøvene. Prøvene fra toktene i 2021 (2021103, 2021104 og 2021115) er markert med rød ring.	27
Figur 9. Andel finstoff (slam, < 63 µm) i overflateprøver tatt i 2021.	28
Figur 10. TOC i overflateprøver (vektprosent). Prøvene fra 2021-toktene er med markert med rød ring.	30
Figur 11. TOC i overflateprøver (vektprosent). Prøvene fra 2021-toktene er med markert med rød ring.	31
Figur 12. Karbonat i overflateprøver (vektprosent). Prøvene fra toktene 2021103, 2021104 og 2021115 er vist med rød ring.	32
Figur 13. Karbonat i overflateprøver (vektprosent). Prøvene fra toktene 2021103, 2021104 og 2021115 er vist med rød ring.	33
Figur 14. As-konsentrasjon i overflateprøver. Blå punkt angir tilstandsklasse I (<15 mg/kg), grønne punkt tilstandsklasse II (15-18 mg/kg), gule punkt tilstandsklasse III (18-71 mg/kg) og oransje punkt tilstandsklasse IV (71-580 mg/kg). Prøvene fra 2021 er markert med rød ring.	37
Figur 15. As-konsentrasjon i overflateprøver. Blå punkt angir tilstandsklasse I (<15 mg/kg), grønne punkt tilstandsklasse II (15-18 mg/kg), gule punkt tilstandsklasse III (18-71 mg/kg) og oransje punkt tilstandsklasse IV (71-580 mg/kg). Prøvene fra 2021 er markert med rød ring.	38
Figur 16. Pb-konsentrasjon i overflateprøver. Blå prøvepunkter angir tilstandsklasse I for kyst- og fjordsedimenter (<25 mg/kg) og grønne punkt tilstandsklasse II (25-150 mg/kg). Prøvene fra toktene 2021103, 2021104 og 2021115 er angitt med rød ring.	39
Figur 17. Pb-konsentrasjon i overflateprøver. Blå prøvepunkter angir tilstandsklasse I for kyst- og fjordsedimenter (<25 mg/kg) og grønne punkt tilstandsklasse II (25-150 mg/kg). Prøvene fra toktene 2021103, 2021104 og 2021115 er angitt med rød ring.	40
Figur 18. Hg i overflateprøver. Blå punkt angir tilstandsklasse I for kyst- og fjordsedimenter (<0,05 mg/kg) og grønne punkt tilstandsklasse II (0,05 – 0,52 mg/kg sediment). Prøvene fra toktene 2021103, 2021104 og 2021115 er markert med rød ring.	41
Figur 19. Nikkel i overflateprøver. Blå punkt angir tilstandsklasse I for kyst- og fjordsedimenter, grønne punkter tilstandsklasse II (30 – 42 mg/kg) og gule punkt tilstandsklasse III (42 – 271 mg/kg). Prøvene fra 2021-toktene er markert med rød ring.	43
Figur 20. Nikkel i overflateprøver. Blå punkt angir tilstandsklasse I for kyst- og fjordsedimenter, grønne punkter tilstandsklasse II (30 – 42 mg/kg) og gule punkt tilstandsklasse III (42 – 271 mg/kg). Prøvene fra 2021-toktene er markert med rød ring.	44
Figur 21. Barium i overflatesedimenter. Prøvene fra 2021-toktene er markert med rød ring.	45
Figur 22. Barium i overflatesedimenter. Prøvene fra 2021-toktene er markert med rød ring.	46
Figur 23. Radioaktivt ¹³⁷ Cs i overflatesedimenter. Prøver fra 2021 er markert med rød ring.	47
Figur 24. XRI-bilde av sedimentkjerne R2373MC001, Sognefjorden. Målestokk i cm-skala til venstre. Sedimentoverflaten er ved 32 cm.	51
Figur 25. XRI-bilde av sedimentkjerne R2401MC003, Garsholbanken. Målestokk i cm-skala til venstre. Sedimentoverflaten er ved 38 cm.	52
Figur 26. XRI-bilde av sedimentkjerne R2438MC005, Garsholbanken. Målestokk i cm-skala til venstre. Sedimentoverflaten er ved 30 cm.	53
Figur 27. XRI-bilde av sedimentkjernen R2454MC006 (Garsholbanken). Målestokk i cm-skala til venstre. Sedimentoverflaten er ved 34 cm.	54
Figur 28. XRI-bilde av sedimentkjerne R2486MC007, Eggakanten vest for Aktivneset. Målestokk i cm-skala til venstre. Sedimentoverflaten er ved 34 cm.	55
Figur 29. XRI-bilde av sedimentkjerne R2524MC008, Eggakanten vest for Aktivneset. Målestokk i cm-skala til venstre. Sedimentoverflaten er ved 34 cm.	56
Figur 30. XRI-bilde av sedimentkjerne R2558MC009, NH01 BO1. Målestokk i cm-skala til venstre. Sedimentoverflaten er ved 26 cm.	57

Figur 31. XRI-bilde av sedimentkjerne R2596MC012, KB Folla. Målestokk i cm-skala til venstre. Sedimentoverflaten er ved 29 cm.	58
Figur 32. XRI-bilde av sedimentkjerne R2651MC013, KB Sklinna. Målestokk i cm skala til venstre. Sedimentoverflaten er ved 29 cm.	59
Figur 33. XRI-bilde av sedimentkjerne R2669MC015, ytre Vestfjorden. Målestokk i cm-skala til venstre. Sedimentoverflaten er ved 33 cm.	60
Figur 34. XRI-bilde av sedimentkjerne R2770MC017, «Kirkegården», Barentshavet. Målestokk i cm-skala til venstre. Sedimentoverflaten er ved 31,5 cm.	61
Figur 35. XRI-bilde av sedimentkjerne R2869MC019, Spitsbergenbanken, Barentshavet. Intakt skjell i overflaten av sedimentkjernen øverst til høyre. Målestokk i cm-skala til venstre. Sedimentoverflaten er ved 28 cm.	62
Figur 36. Kornstørrelsesfordeling med leire (<2 µm), silt (2-63 µm), sand (63-2000 µm) og grus (>2000 µm) i 8 sedimentkjerner.	64
Figur 37. Kornstørrelsesfordeling med leire (<2 µm), silt (2-63 µm), sand (63-2000 µm) og grus (>2000 µm) i 5 sedimentkjerner.	65
Figur 38. Total organisk karbon (TOC), karbonat og total svovel (TS) i vektprosent. X-skalaen (vektprosent) er logaritmisk.	67
Figur 39. Total organisk karbon (TOC), karbonat og total svovel (TS) i vektprosent. X-skalaen (vektprosent) er logaritmisk. ...	68
Figur 40. Tetthet, unsupported ²¹⁰ Pb- og ¹³⁷ Cs-aktivitetsmålinger i R2438MC005, Garsholbanken.	69
Figur 41. Alder versus dyp i sedimentene i R2438MC005, Garsholbanken.	70
Figur 42. Tetthet, unsupported ²¹⁰ Pb- og ¹³⁷ Cs-aktivitetsmålinger i R2486MC007, Eggakanten vest for Aktivneset.	71
Figur 43. Alder versus dyp i sedimentene i R2486MC007, Eggakanten vest for Aktivneset.	71
Figur 44. Tetthet, unsupported ²¹⁰ Pb- og ¹³⁷ Cs-aktivitetsmålinger i R2558MC009, NH01-BO1.	72
Figur 45. Alder versus dyp i sedimentene i R2558MC009 (NH01-BO1).	72
Figur 46. Tetthet, ²¹⁰ Pb-unsupported og ¹³⁷ Cs-aktivitetsmålinger i R2596MC012 (KB Folla)	73
Figur 47. Alder versus dyp i sedimentene i R2596MC012 (KB Folla).	73
Figur 48. Tetthet, ²¹⁰ Pb-unsupported og ¹³⁷ Cs-aktivitetsmålinger i R2651MC014 (KB Sklinna).	74
Figur 49. Alder versus dyp i sedimentene i R2651MC014 (KB Sklinna).	74
Figur 50. Tetthet, ²¹⁰ Pb-unsupported og ¹³⁷ Cs-aktivitetsmålinger i R2669MC015 (ytre Vestfjorden).	75
Figur 51. Alder versus dyp i sedimentene i R2669MC015 (ytre Vestfjorden).	75
Figur 52. Tetthet, ²¹⁰ Pb-unsupported og ¹³⁷ Cs-aktivitetsmålinger i R2770MC017 (Kirkegården, Barentshavet).	76
Figur 53. Alder versus dyp i R2770MC017 (Kirkegården, Barentshavet).	76
Figur 54. Tetthet, ²¹⁰ Pb-unsupported og ¹³⁷ Cs-aktivitetsmålinger i R2869MC019 (Spitsbergenbanken, Barentshavet).	77
Figur 55. Alder versus dyp i R2869MC019 (Spitsbergenbanken, Barentshavet).	77
Figur 56. ¹³⁷ Cs aktivitetsnivå versus alder i R2869MC019, Spitsbergenbanken.	78
Figur 57. Sedimentasjonsrater basert på unsupported ²¹⁰ Pb-data. Daterte sedimentkjerner fra 2021 er markert med rød ring og er lokalisert i områdene med røde rammer.	79
Figur 58. Sedimentasjonsrater i kartutsnittene vist i Figur 56. 2021-stasjonene er markert med rød ring.	80
Figur 59. Tungmetall, arsen, barium, TOC, karbonat og finstoff i R2373MC001 (0-33 cm). X-skalaen (konsentrasjoner) er logaritmisk.	82
Figur 60. Tungmetall, arsen, barium, TOC, karbonat og finstoff i sedimentkjernen R2401MC003 (0-31cm). X-skalaen (konsentrasjoner) er logaritmisk.	84
Figur 61. Tungmetall, arsen, barium, TOC, karbonat og finstoff i den ²¹⁰ Pb-daterte sedimentkjernen R2438MC005 (0-34 cm). X-skalaen (konsentrasjoner) er logaritmisk. Årstallene til høyre er basert på ²¹⁰ Pb-dateringsanalysene presentert i kap. 4.3.4. ...	86
Figur 62. Tungmetall, arsen, barium, TOC, karbonat og finstoff i R2454MC006 (0-27 cm). X-skalaen (konsentrasjoner) er logaritmisk.	88
Figur 63. Tungmetall, arsen, barium, TOC, karbonat og finstoff i den ²¹⁰ Pb-daterte sedimentkjernen R2486MC007 (0-33 cm). X-skalaen (konsentrasjoner) er logaritmisk. Årstallene til høyre er basert på ²¹⁰ Pb-dateringsanalysene presentert i kap. 4.3.4. ...	90
Figur 64. Tungmetall, arsen, barium, TOC, karbonat og finstoff i sedimentkjernen R2524MC008 (0-27cm). X-skalaen (konsentrasjoner) er logaritmisk.	92
Figur 65. Tungmetall, arsen, barium, TOC, karbonat og finstoff i den ²¹⁰ Pb-daterte sedimentkjernen R2558MC009 (0-33 cm). X-skalaen (konsentrasjoner) er logaritmisk. Årstallene til høyre er basert på ²¹⁰ Pb-dateringsanalysene presentert i kap. 4.3.4. ...	94
Figur 66. Tungmetall, arsen, barium, TOC, karbonat og finstoff i den ²¹⁰ Pb-daterte sedimentkjernen R2596MC012 (0-31 cm) fra KB Folla. X-skalaen (konsentrasjoner) er logaritmisk. Årstallene til høyre er basert på ²¹⁰ Pb-dateringsanalysene presentert i kap. 4.3.4.	96
Figur 67. Tungmetall, arsen, barium, TOC, karbonat og finstoff i den ²¹⁰ Pb-daterte sedimentkjernen R2651MC014 (0-31 cm) fra KB Sklinna. X-skalaen (konsentrasjoner) er logaritmisk. Årstallene til høyre er basert på ²¹⁰ Pb-dateringsanalysene presentert i kap. 4.3.4.	98
Figur 68. Tungmetall, arsen, barium, TOC, karbonat og finstoff i den ²¹⁰ Pb-daterte sedimentkjernen R2669MC015 (0-25 cm), Ytre Vestfjorden. X-skalaen (konsentrasjoner) er logaritmisk.	100
Figur 69. Tungmetall, arsen, barium, TOC, karbonat og finstoff i den ²¹⁰ Pb-daterte sedimentkjernen R2770MC017 (0-31 cm). X-skalaen (konsentrasjoner) er logaritmisk. Årstallene til høyre er basert på ²¹⁰ Pb-dateringsanalysene presentert i kap. 4.3.4.	102

Figur 70. Tungmetall, arsen, barium, TOC, karbonat og finstoff i sedimentkjerne R2773BC075 (0-33 cm). X-skalaen (konsentrasjoner) er logaritmisk.....	104
Figur 71. Tungmetall, arsen, barium, TOC, karbonat og finstoff i den ²¹⁰ Pb-daterte sedimentkjernen R2869MC019 (0-33 cm). X-skalaen (konsentrasjoner) er logaritmisk. Årstallene til høyre er basert på ²¹⁰ Pb-dateringsanalysene presentert i kap. 4.3.4.	106
Figur 72. Ba-konsentrasjon i overflateprøver (0-1 cm) i Norskehavet samt forholdstall Ba (0-1 cm)/Ba (dypeste prøve). Bariumforholdet er angitt med størrelse på sirkel og farge. Havstrømmer angitt med piler er modellert av Havforskningsinstituttet.....	108
Figur 73. Antall mikroplastpartikler pr. kg sediment tørrvekt i overflateprøver. Prøvene fra 2021 er merket med gul sirkel.	111
Figur 74. Mikroplast i overflatesedimenter. Kartutsnittene er vist i Figur 73. Prøvene fra toktene 2021-toktene er markert med gul sirkel.....	112
Figur 75. Antall søppelregistreringer per videostasjon i Norskehavet. Symbolstørrelse og farge er i henhold til HIs tegnforklaring Presentasjonsregler - Søppel pr Mareano-stasjon (geonorge.no). Åpen sirkel: ingen registreringer pr. 100 m; gul sirkel: 0 – 0,5 registreringer pr. 100 m videolinje; oransje sirkel: 0,5 – 1,0 registreringer pr. 100 m; svart sirkel: >1 registrering pr. 100 m. Kilde: http://www.mareano.no/kart/mareano.html#maps/3250	116

1 INNLEDNING

MAREANO er et nasjonalt program for kartlegging av havbunnen. De første sedimentprøvene ble samlet inn i 2006. Resultater av målinger av uorganiske miljøgifter fra prøver samlet inn i 2006 – 2020 er rapportert tidligere (rapporter, kart og data er tilgjengelige på www.mareano.no).

Sedimentkjerner og overflateprøver fra 29 stasjoner analysert for innhold tungmetaller, arsen, barium, kornstørrelse, total organisk karbon, total karbon og total svovel er presentert i denne rapporten (Figur 1). Åtte sedimentkjerner er i tillegg datert (^{210}Pb og ^{137}Cs). Sedimentkjerner fra 17 multicorerstasjoner (MC-stasjoner) er undersøkt med røntgen (XRI) for å studere strukturer i sedimentene, skjell og større partikler, og sytten stasjoner er analysert for innhold av mikroplast.

2 TOKT OG PRØVETAKING

På toktene 2021103 og 2021104 ble det tatt prøver på 23 stasjoner i Norskehavet i områdene Garsholbanken, Eggakanten vest for Aktivneset, NH01-BO1, kystbelte (KB) Folla, KB Sklinna og ytre Vestfjorden. En stasjon ble tatt i Sognefjorden. På tokt 2021115 ble det tatt prøver på 5 stasjoner i Kirkegården øst for Bjørnøya og Spitsbergenbanken. Det er tatt prøver fra totalt 29 stasjoner på de tre toktene.

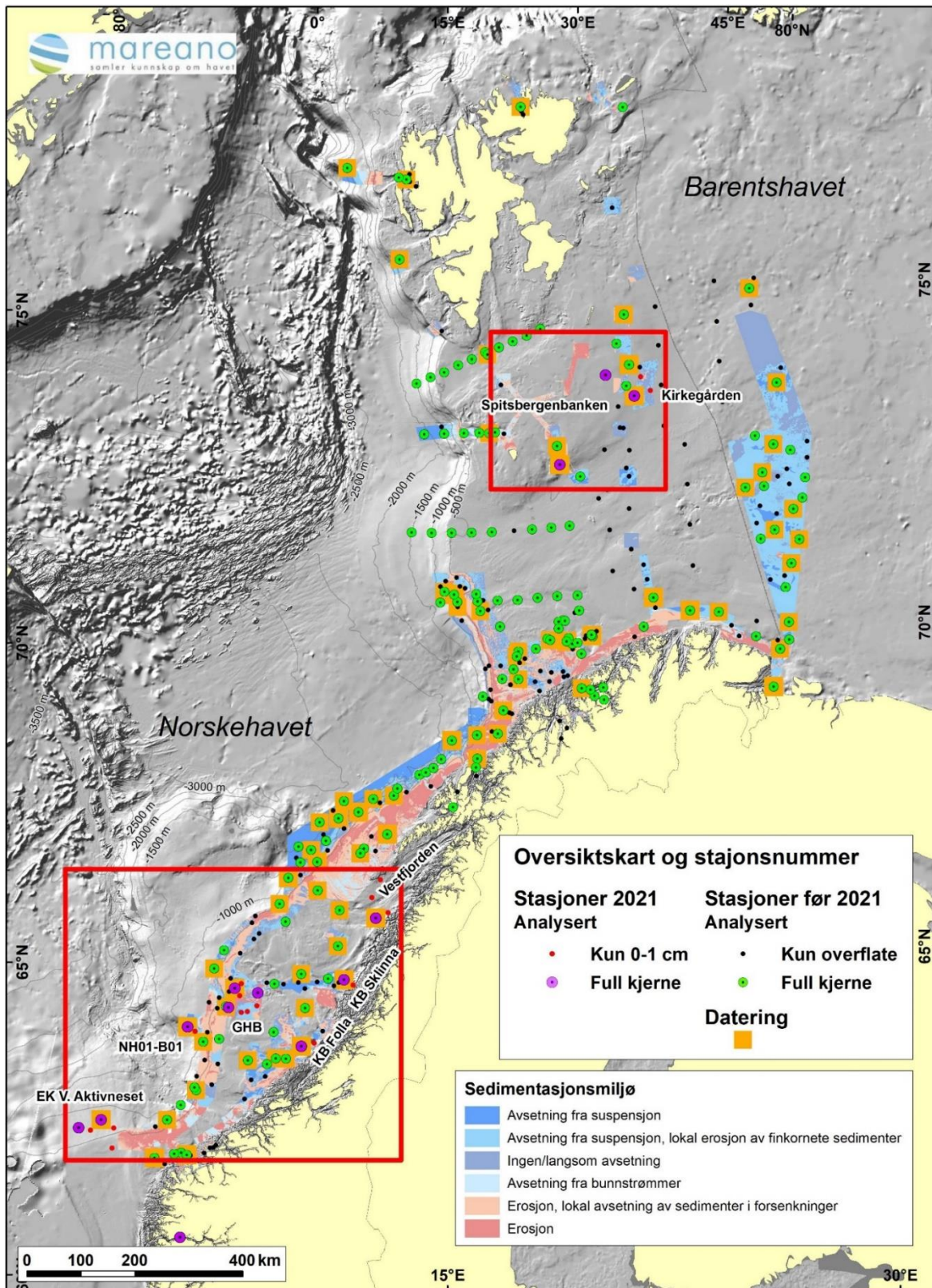
Tabell 1 gir en oversikt over havdyp, geografiske posisjoner og lengde på sedimentkjernene samt antall prøver tatt ut til analyse fra hver stasjon. Prøver ble tatt med multicorer med 4 PVC rør og 2 stålrør med 106 millimeter indre diameter og 60 cm lengde (Figur 3 og Figur 4). På stasjoner hvor multicorer ikke kunne brukes er det brukt bokscorer (Figur 5). 17 stasjoner ble tatt med multicorer (Figur 3) og 12 stasjoner ble tatt med bokscorer.

Tabell 1: Prøvetakingsstasjoner.

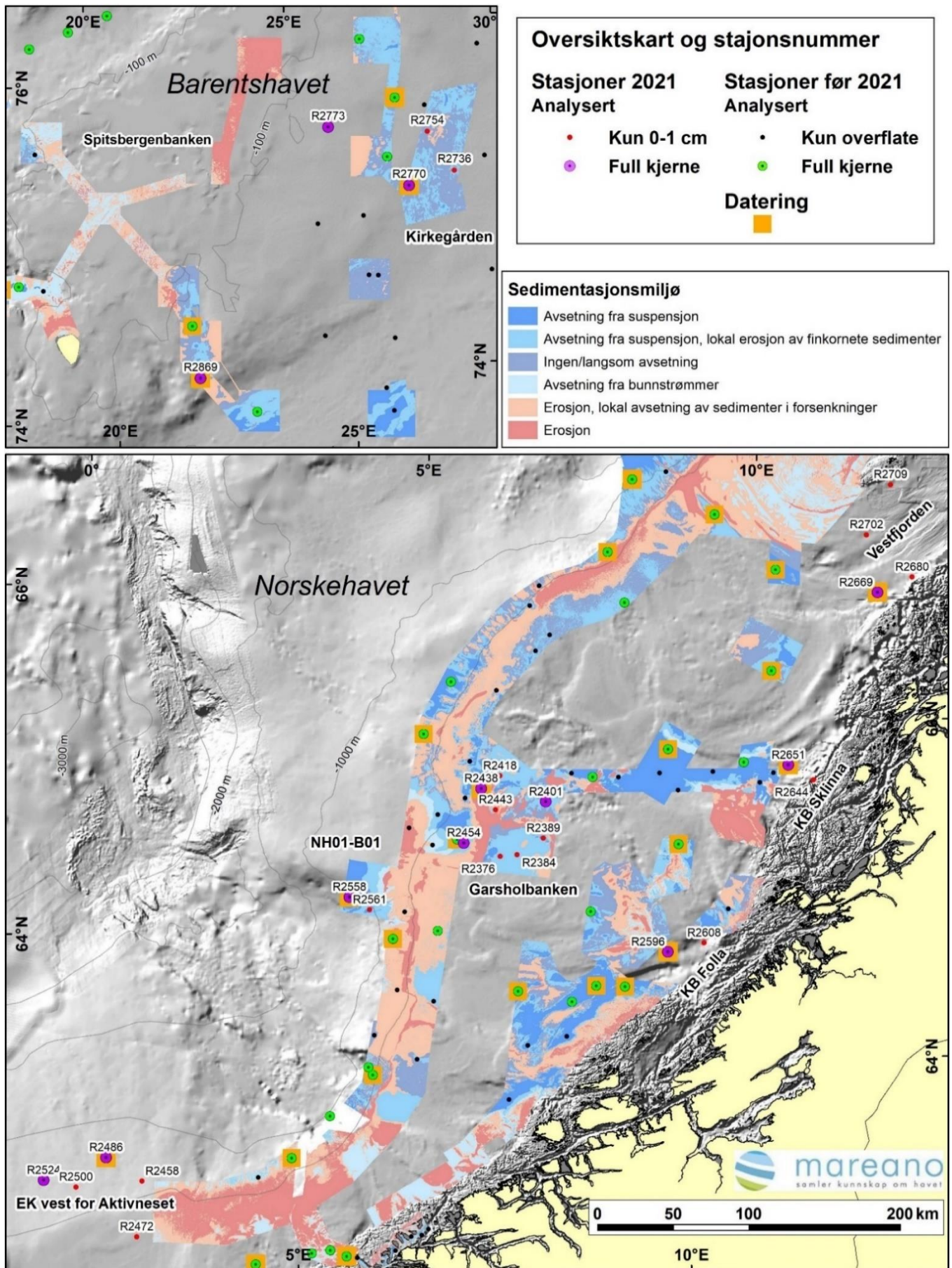
Stasjon	Område	Geografiske koordinater		Havdyp [m]	Prøvetakingsutstyr
		Nord	Øst		
Tokt 2021103					
R2373MC001	Sognefjorden	61.13634	5.75973	1 259.0	Multicorer
R2376BC001	Garsholbanken	64.97572	6.87822	307.8	Bokscorer
R2384BC002	Garsholbanken	64.99833	7.11091	296.1	Bokscorer
R2389MC002	Garsholbanken	65.11410	7.44707	333.0	Multicorer
R2401MC003	Garsholbanken	65.33034	7.41876	345.3	Multicorer
R2418MC004	Garsholbanken	65.44886	6.73012	382.0	Multicorer
R2438MC005	Garsholbanken	65.35846	6.48800	419.0	Multicorer
R2443BC007	Garsholbanken	65.24535	6.72901	329.1	Bokscorer
R2454MC006	Garsholbanken	65.02536	6.35049	409.1	Multicorer
R2458BC008	Ek vest for Aktivneset	62.74290	2.82785	603.7	Bokscorer
R2472BC009	Ek vest for Aktivneset	62.41467	2.89677	388.0	Bokscorer
R2486MC007	Ek vest for Aktivneset	62.83869	2.31733	777.0	Multicorer
R2500BC011	Ek vest for Aktivneset	62.63300	2.01449	660.7	Bokscorer
Tokt 2021104					
R2524MC008	Ek vest for Aktivneset	62.63312	1.58888	744.3	Multicorer
R2558MC009	NH01 BO1	64.60881	4.88953	1 034.5	Multicorer
R2561MC011	NH01 BO1	64.55407	5.19157	1 022.0	Multicorer
R2596MC012	KB Folla	64.52046	9.33595	293.5	Multicorer
R2608MC013	KB Folla	64.59255	9.81935	447.0	Multicorer
R2644BC015	KB Sklinna	65.60228	11.19239	235.6	Bokscorer
R2651MC014	KB Sklinna	65.68088	10.81887	383.5	Multicorer
R2669MC015	Ytre Vestfjorden	66.73227	11.97690	333.0	Multicorer
R2680BC017	Ytre Vestfjorden	66.83339	12.48630	240.5	Bokscorer
R2702BC018	Ytre Vestfjorden	67.07052	11.76854	273.4	Bokscorer
R2709BC019	Ytre Vestfjorden	67.37485	12.09961	191.0	Bokscorer
Tokt 2021115					
R2736MC016	Kirkegården	75.15561	28.25043	329.6	Multicorer
R2754BC071	Kirkegården	75.41440	27.83200	258.1	Bokscorer
R2770MC017	Kirkegården	75.12480	27.15968	260.1	Multicorer
R2773BC075	Kirkegården	75.55374	25.56316	167.6	Bokscorer
R2869MC019	Spitsbergenbanken	74.19210	21.86154	303.2	Multicorer

Tabell 2. Beskrivelse av prøvetakingsutstyr, kjernelengde og prøver til ulike analyser..

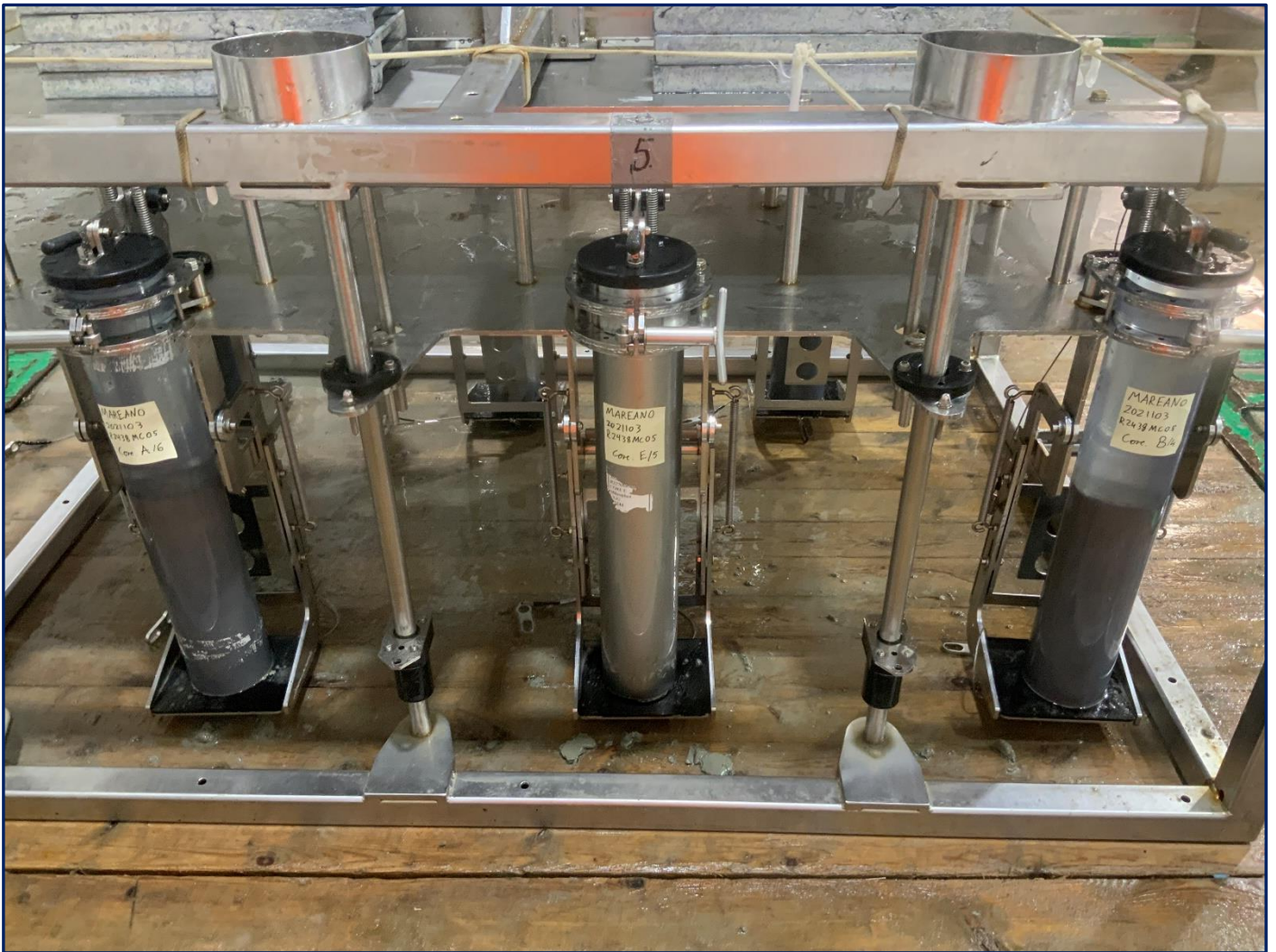
Stasjon	Prøvetakings- utstyr	Kjernelengde [cm]	Antall prøver til kjemisk analyse og kornfordelings- analyse	Kjerner til XRI	Daterte sediment- kjerner	Antall mikroplast- prøver
Tokt 2021103						
R2373MC001	multicorer	34	7	x		1
R2376BC001	bokscorer	1	1			<i>i/a</i>
R2384BC002	bokscorer	44	1			<i>i/a</i>
R2389MC002	multicorer	36	1	x		1
R2401MC003	multicorer	36	7	x		1
R2418MC004	multicorer	32	1	x		1
R2438MC005	multicorer	32	7	x	x	6
R2443BC007	bokscorer	1	1			<i>i/a</i>
R2454MC006	multicorer	32	7	x		1
R2458BC008	bokscorer	47	1			<i>i/a</i>
R2472BC009	bokscorer	52	1			<i>i/a</i>
R2486MC007	multicorer	35	7	x	x	1
R2500BC011	bokscorer	1,5	1			<i>i/a</i>
Tokt 2021104						
R2524MC008	multicorer	31	7	x		1
R2558MC009	multicorer	33	7	x	x	3
R2561MC011	multicorer	38	1	x		1
R2596MC012	multicorer	35	7	x	x	7
R2608MC013	multicorer	39	1	x		1
R2644BC015	bokscorer	50	1			<i>i/a</i>
R2651MC014	multicorer	32	7	x	x	1
R2669MC015	multicorer	26	7	x	x	1
R2680BC017	bokscorer	43	1			<i>i/a</i>
R2702BC018	bokscorer	44	1			<i>i/a</i>
R2709BC019	bokscorer	38	1			<i>i/a</i>
Tokt 2021115						
R2736MC016	multicorer	31	1	x		1
R2754BC071	bokscorer	10	1		<i>i/a</i>	<i>i/a</i>
R2770MC017	multicorer	32	7	x	x	1
R2773BC075	bokscorer	36	7			<i>i/a</i>
R2869MC019	multicorer	35	7	x	x	7



Figur 1. Kart over alle MAREANOs prøvetakingsstasjoner i perioden 2006–2020, inkludert stasjoner fra 2003 og 2004. Prøvetakingsområdene for de 29 stasjonene tatt i 2021 er vist med navn innenfor de røde rektanglerne med unntak av prøvetakingsstasjonen i Sognefjorden. Stasjonsnumrene er markert i Figur 2. Symbolene i kartet viser både stasjoner analysert for overflateprøver og full kjerne, samt stasjoner med daterte prøver. Det er brukt ulike symboler for å skille mellom stasjoner fra 2021 og tidligere stasjoner. GHB: Garsholbanken.



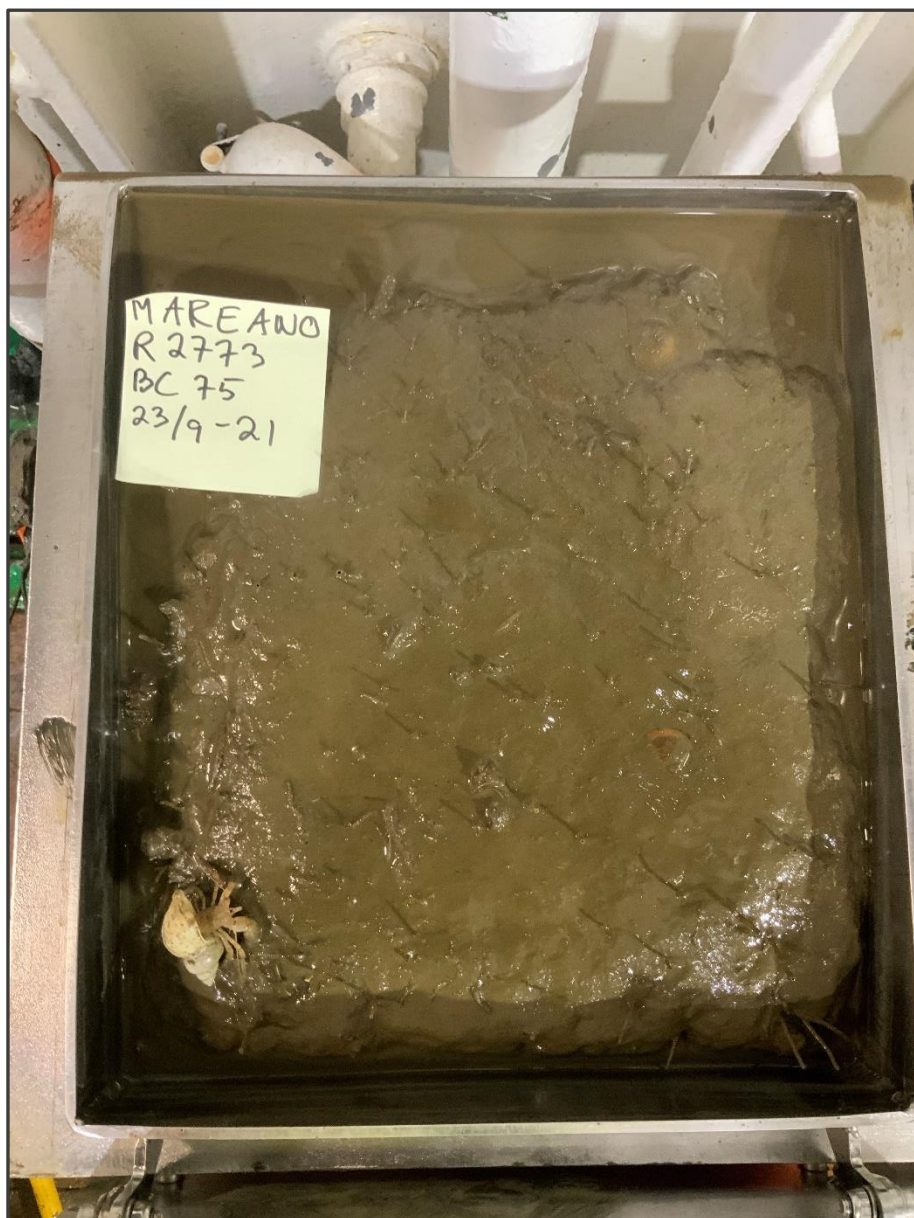
Figur 2. Stasjoner prøvetatt på tokt 2021103, 2021104 og 2021115.



Figur 3. Multicorer med tre rør bestående av to gjennomsiktige PVC-rør for kjemiske analyser, samt stålrør i midten for mikroplastprøvetaking. Prøvetakingen på bildet er fra stasjon R2438, Garsholbanken.



Figur 4. Multicorer-kjerne A fra Stasjon R2869 (Spitsbergenbanken) tatt for uorganiske kjemiske analyser. Røret er 60 cm langt og sedimentkjernen med uforstyrret overflate har en klar vannsøyle over sedimentene. Dermed er kjernen godkjent for bruk til kjemiske analyser.



Figur 5. Bokscorer fra stasjon R2773 (Kirkegården). Det settes ned rør i boksen. Den gule lappen er 7,5x7,5 cm. Eremittkreps i nedre venstre hjørne.

3 DATA OG METODIKK

Med utgangspunkt i Tabell 2, som gir en oversikt over prøver til ulike undersøkelser, vises i Tabell 3 oversikt over eksperimentelle metoder, deres analytiske egenskaper samt type instrument.

Tabell 3. Beskrivelse av analysemetoder, utstyr og instrumenter. LLQ: nedre kvantifiseringsgrense. Med mindre annet presisert; ved rapportering av analyseusikkerhet benyttes konfidensintervallet 95%. ¹⁾ Akkreditert ved Norsk akkreditering TEST020. ²⁾ Analyseusikkerheten spesifiseres etter måleområde hvis relevant.

Parameter	Forbehandling	Utstyr	Ref. analysemetode	Utstyr	Analyse-usikkerhet ²⁾	LLQ
Bestemmelse av vekt tap originalt materiale til analyser	Frysetørking	Frysetørker Labconco FreeZone 6L med FreeZone Bulk Tray Dryer (-55°C)	Gravimetrisk (Vedlegg 1)	Akkreditert vekt	15 % rel. (0,01 – 100 vekt%)	+/-0.01 g
Totalt karbon (TC)			LABdok_G03 ¹⁾ (Vedlegg 1)	LECO SC-632	0,06 vekt% (0,06-0,4 vekt%) ±15% rel. (0,4-60 vekt%)	0,06 vekt%
Totalt organisk karbon (TOC)	syrebehandling	Varmeplate og varmeovn kontrollert etter akkreditert metode	LABdok_G04 ¹⁾ (Vedlegg 1)	LECO SC-632	±25% rel. (0,1-3 vekt%) ±20% rel. (3-60 vekt%)	0,1 vekt%
Total svovel (TS)			LABdok_G05 ¹⁾ (Vedlegg 1)	LECO SC-632	±30% rel. (0,02-2 vekt%) ±20% rel. (2-52 vekt%)	0,02 vekt%
Kornfordelingsanalyse basert på våtsikting			(Vedlegg 1)	Sikter & akkreditert vekt	Ikke relevant	
Kornfordelingsanalyse basert på LPS	desintegrering	Soniprep 150 Plus Digital Disintegrator	LABdok_K01 ¹⁾ (Vedlegg 1)	Beckman Coulter LS 13320	±10 %	0,4 µm
As	Oppslutning i 7 M HNO ₃ i autoklav iht. NS-4770 (ref. intern metode LABdok_P03)	Certoclave	LABdok_G09 ¹⁾ (Vedlegg 1)	Agilent 5110 VDV	50% rel. (2-10 mg/kg) 20% rel. (10-1000 mg/kg)	2 mg/kg
Ba					25% rel. (1-5 mg/kg) 10% rel. (5-2000 mg/kg)	1 mg/kg
Cd					25% rel. (0,1-1 mg/kg) 10% rel. (1-200 mg/kg)	0,1 mg/kg
Cr					25% rel. (1-5 mg/kg) 10% rel. (5-1000 mg/kg)	1 mg/kg
Cu					25% rel. (1-5 mg/kg) 10% rel. (5-1000 mg/kg)	1 mg/kg
Li					25% rel. (0,5-2,5 mg/kg) 10% rel. (2,5-1000 mg/kg)	0,5 mg/kg
Ni					25% rel. (1-5 mg/kg) 10% rel. (5-1000 mg/kg)	1 mg/kg
Pb					25% rel. (2-10 mg/kg) 10% rel. (10-1000 mg/kg)	2 mg/kg
Zn					37,5% rel. (4-20 mg/kg) 15% rel. (20-2000 mg/kg)	4 mg/kg
Hg						
²¹⁰ Pb			Vedlegg 3	Canberra ultralow-background Ge-detector	Ikke relevant	Ikke relevant
¹³⁷ Cs			Vedlegg 3		Ikke relevant	Ikke relevant
Mikroplast	Dekantering og filtrering i flere steg – NIVAs protokoll (se Figur 6)	Vedlegg 4	Vedlegg 4	Mikroskop Nikon SMZ745T, forstørring x20)	Ikke angitt	Ikke angitt

Parameter	Forbehandling	Utstyr	Ref. analysemetode	Utstyr	Analyse-usikkerhet ²⁾	LLQ
				PerkinElmer Spotlight 400 μ FTIR spektrometer analyse		
	Dekantering og filtrering i flere steg – Eurofins protokoll	Vedlegg 5	Vedlegg 5	pyr-GC/MS	Se kommentar om utfordringer i kap. 4.6.5	30 μ g/kg tørt materiale i Tabell 26
XRI	Ikke relevant		Metoden kan benyttes for helkjerner (0°-45°-90°) og halvkjerner (0°).	Geotek X-ray core imaging system (MSCL-XCT, SN 165) med tilhørende programvare	Ikke relevant	Ikke relevant

3.1 Prøvetaking og uttak av prøver til analyser

For prøvene til kjemiske analyser og kornfordelingsanalyse gjennomføres «skiving» (skjæring) av sedimentkjerner om bord for hver centimeter. Prøvetakingsrørene har en indre diameter på 106 mm. Sedimentkjernen presses ut av røret v.h.a. et stempel. Figur 6 viser toppen av en sedimentkerne, som blir presset ut, klar for å skjære sedimentprøven (0-1 cm). Prøvene pakkes i polyetylenposer med lynlås før innfrysing til ± 18 °C ombord. Prøvematerialet leveres NGUs laboratorium for frysetørrking og gravimetrisk bestemmelse av vekttap.

Prøver til ²¹⁰Pb-dateringsanalyse og ¹³⁷Cs-analyse tas ut fra samme sedimentkjerner som prøvene til uorganisk kjemisk analyse nevnt ovenfor.

Prøver for mikroplastanalyse ble tatt fra egne sedimentkjerner i stålrør. Stålrørene forsegles om bord for å unngå eksponering og åpnes utendørs ved NGUs lokaler primært for å unngå kontaminering fra inneluft, som vil være full av partikler. Prøvene består av 2-cm-tykke sedimentskiver som overføres til glass med lokk av aluminiumsfolie. Disse sendes til NIVA for frysetørrking og splitting for videre analyse. Analyse av MP utføres ved 2 ulike laboratorier (NIVA og Eurofins Norge, og metodene er nærmere beskrevet i kap. 3.3.

3.2 Analyser utført ved NGUs laboratorium

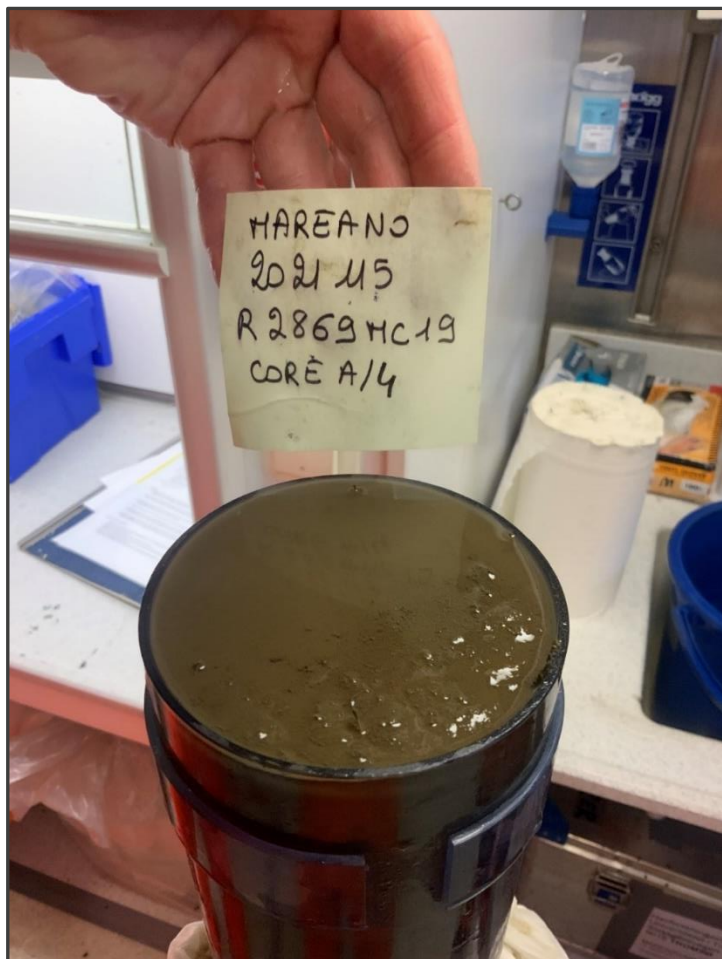
3.2.1 Metoder for kjemiske analyser

Totalt organisk karbon (inkl. grafitt), total svovel, og totalt karbon (TOC, TS og TC) bestemmes ved hjelp av Leco-analyser. Resultatene rapporteres som vekt% tørrvekt sediment. For detaljert rapport henvises til Vedlegg 3.

Innhold av kationer i analyseløsninger etter oppslutning i 7 M HNO₃ iht. NS-4770 bestemmes vha. ICP-OES (Al, **As**, B, **Ba**, Be, Ca, **Cd**, Ce, Co, **Cr**, **Cu**, Fe, K, La, **Li**, Mg, Mn, Mo, Na, **Ni**, P, **Pb**, S, Sc, Si, Sn, Sr, Ti, V, Y, **Zn** og Zr), og CV-AAS (**Hg**). Analysedata for elementer som følger med i denne rapporten er uthevet. Resultatene rapporteres som mg/kg tørrvekt sediment. De samme parameterne, i tillegg til flere elementer fra ICP-OES analysen som ikke presenteres, finnes i Vedlegg 1.

3.2.2 Metoder for kornfordelingsanalyser

Avhengig av antatt kornstørrelsesfordeling benyttes en kombinert metode basert på våtsikting og laserpartikkelteller (LPS) eller kun metode basert på LPS (Coulter laserdiffraksjon). Det er brukt varierende prøvemengde for våtsikting med sikteåpning 16, 8, 4, 2 og evt. 1 og 0.5 mm. Det framgår av analyserapporten hvilke sikter som er benyttet. Fraksjonen mindre enn 0.5 mm analyseres for kornstørrelse med Coulter laserdiffraksjon, og kornfordelingskurve kan beregnes for kornstørrelse ned til 0,4 µm. For detaljert rapport henvises til Vedlegg 1.



Figur 6. Toppen av sedimentkjerne «A» med vannmettet overflate fra stasjon R2869 fra Spitsbergenbanken, før sedimentkjernen deles opp i 1 cm skiver til uorganisk kjemisk analyse. De øverste centimeterne i sedimentkjernen har høyt vanninnhold.

3.2.3 XRI

XRI er røntgen-skanning av hele kjerner før de åpnes. Metoden brukes både på plast- og stålrør.

3.3 **Analyser som utføres ved eksterne laboratorier**

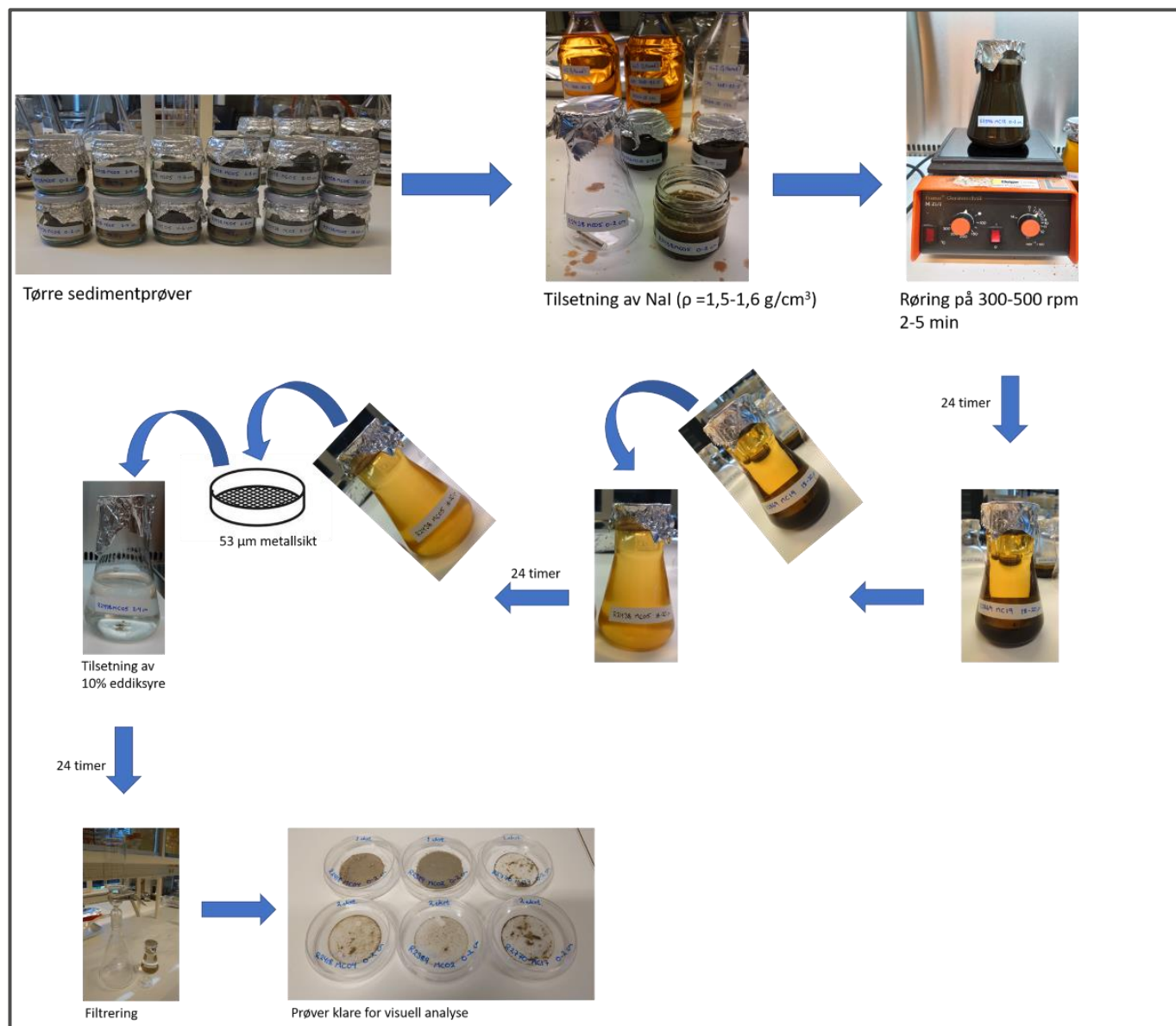
3.3.1 Analyse av radioaktive isotoper ^{210}Pb og ^{137}Cs

Analysene utføres ved [Gamma Dating Centre](#) (GDC), København Universitet, Danmark. Metoden er basert på γ -Ray Spectrometry og det benyttes 3 Canberra Ge-detektorer. Se Vedlegg 3 for detaljert rapport.

3.3.2 Metode for bestemmelse av mikroplast ved NIVA

Metoden ved NIVA består av stegene nedenfor og er beskrevet nærmere i Vedlegg 4.

1. Separasjon av MP-partiklene etter prosessen beskrevet i Figur 6.
2. Visuell inspeksjon av filtrene med stereomikroskop (Nikon SMZ745T, forstørring x20)
3. μ FTIR analyse med PerkinElmer Spotlight 400 spektrometer. Det benyttes bibliotek for sammenlikning av spektre og bestemmelse av MP type.



Figur 7. Opparbeiding av Mareano-sedimentprøver til analyse. Figuren er fra NIVAs mikroplastrapport (Vedlegg 4).

3.3.3 Metode for bestemmelse av mikroplast ved Eurofins Norge

Metoden ved Eurofins Norge består av stegene beskrevet nedenfor. For utfyllende opplysninger henvises det til Vedlegg 5.

1. Opparbeiding:

- (a) Frysetørkede prøver ble veid ut (>33 g).
- (b) Prøver ble tilsatt CaCl_2 -løsning (1.4 g/cm^3) og stod til løsning var klar.
- (c) Prøven ble dekantert til begerglass uten å overføre bunnfall. Steg (b) ble gjentatt 2 ganger til, eller til ingen synlige partikler var til stede i opprinnelig begerglass. Pipetter med CaCl_2 -løsning ble brukt til å spyle ned langs begerhalsen for at alle partikler skulle bli overført.
- (d) Dekantert løsning ble filtrert og overført til begerglass med 10% KOH til omrøring over natten på $40 \text{ }^\circ\text{C}$.
- (e) Prøven ble filtrert på nytt, og i tilfeller hvor isolert masse oversteg 2-3 mg ble den isolerte massen homogenisert.
- (f) Alikvot ble tatt ut og veid, og tilsatt direkte i pyrolysekopp for analyse.

2. pyr-GC/MS-analyse av de behandlede prøvene. Tekniske spesifikasjoner for metode vises i Tabell 4.

Tabell 4. Tekniske spesifikasjoner for Pyr-GC/MS-metode ved Eurofins Norge.

Analyse Pyr-GC/MS	Tekniske spesifikasjoner
Pyrolyse (pyr)	600°C
Gas kromatografi (GC)	Kolonne: modell Frontier ultra alloy UA5, 30 m, 0,25F, vent free
	Gass-strøm: 1,0 ml/minutt
	Gass: He°
	Temperatur: 300°C
	Trykk: 11 psi
	Total flow: 53,4 ml/minutt
Masse spektrometre (MS)	Split ratio: 100:1
	Detektor: MSD 5975
	MS Quad: 150°C
	MS source: 300°C
	Bæregass: helium – 1,0 ml/minutt

3.4 Rutiner for kvalitetskontroll

NGUs laboratorier følger kvalitetskravene i ISO/IEC 17025:2017 og flere av metodene benyttet i denne rapporten er akkreditert (akkrediteringsnummer TEST020, se også Tabell 3). For kvalitetskontroll av de uorganiske kjemiske analysene er det satt inn sedimentprøver fra Trondheimsfjorden (Hynne) og en standardprøve fra Nordkynn i Finnmark i prøvesettet (MINN) samt en tredje standard (Tana). I denne rapporteringen er det i alt 4 parallelle analyser av hver av de tre innsatte sedimentkontrollprøvene. Analyseresultatene er presentert sammen med de øvrige resultatene i Vedlegg 1.

Dateringsanalysene (^{210}Pb og ^{137}Cs) er ikke akkrediterte, men metodene etablert ved Gamma Dating Center er presentert i vitenskapelige artikler (Andersen, 2017).

3.5 Analysedata og bruk av kvantifiseringsgrense

Geokjemiske data fra samtlige analyser finnes i Vedlegg 1 og 2. I de fleste sammenhenger benyttes konsentrasjonsenheten mg/kg bortsett fra TOC, TC og TS (vektprosent), og for ^{210}Pb og ^{137}Cs . For å kunne operere med statistikk og kart for alle observasjoner er alle analyseresultater rapportert «<nedre kvantifiseringsgrense» satt til verdien $0,5 \times$ «nedre kvantifiseringsgrense» for det gjeldende stoff. For eksempel er nedre kvantifiseringsgrense for kadmium $0,1 \text{ mg/kg}$ sediment tørrvekt. Den halve kvantifiseringsgrensen er da $0,05 \text{ mg/kg}$ sediment.

4 RESULTATER

4.1 Sedimentklassifikasjon og beregning av vektprosent karbonat

NGU har etablert en sedimentklassifikasjon (Bøe m. fl., 2010), som er senere revidert (<https://www.ngu.no/Mareano/kornstorrelse.html>). Deler av sedimentklassifikasjonen relevant i MAREANO-sammenheng er presentert i Tabell 5.

Tabell 5. Sedimentklassifikasjon og kornstørrelser i henhold til NGUs sedimentklassifikasjon.

Kornstørrelse	Definisjon/beskrivelse
Leir	Leir:silt > 2:1 og leir+silt > 90 %, sand < 10 %, grus < 2 %
Organisk slam	Leir:silt fra 1:2 til 2:1 og leir + silt > 90 %, sand < 10 %, grus < 2 %. Høyt innhold av organisk material.
Slam	Leir:silt fra 1:2 til 2:1 og leir + silt > 90 %, sand < 10 %, grus < 2 %
Sandholdig leir	Leir+silt > 2:1 og leir+silt > 50 %, sand < 50 %, grus < 2 %
Sandholdig slam	Leir:silt = fra 1:2 til 2:1 og leir+silt > 50 %, sand < 50 %, grus < 2 %
Silt	Leir:silt < 1:2 og leir + silt > 90 %, sand < 10 %, grus < 2 %
Sandholdig silt	Silt:leir > 2:1 og leir + silt > 50 %, sand < 50 %, grus < 2 %
Leirholdig sand	Sand > 50 %, leir:silt > 2:1 og leir+silt < 50 %, grus < 2 %
Slamholdig sand	Sand > 50 %, leir:silt = fra 1:2 til 2:1 og leir+silt < 50 %, grus < 2 %
Silt holdig sand	Sand > 50 %, silt:leir > 2:1 og leir+silt < 50 %, grus < 2 %
Fin sand	Sand > 90 %, inkluderer fin og veldig fin sand (Wentworth, 1922)
Sand	Sand > 90 %, leir+silt < 10 %, grus < 2 %
Grov sand	Sand > 90 %, inkluderer medium, grov og veldig grov sand (Wentworth, 1922).
Grusholdig slam	Sand:silt+leir < 9:1, grus 2 – 30 %.
Grusholdig sandholdig slam	Sand:silt+leir fra 1:9 til 1:1, grus 2 – 30 %.
Grusholdig slamholdig sand	Sand:silt+leir fra 1:1 til 9:1, grus 2 – 30 %.
Grusholdig sand	Sand:silt+leir > 9:1, grus 2 – 30 %.
Slamholdig grus	Grus 30 – 80 %, sand:silt+leir < 1:1.
Slamholdig, sandholdig grus	Grus 30 – 80 %, sand:silt+leir fra 1:1 til 9:1.
Sandholdig grus	Grus 30 – 80 %, sand:silt+leir > 9:1.
Grus	Grus > 80 %.
Grus, stein og blokk	Dominans av grus, stein og blokk.
Stein og blokk	Dominans av stein og blokk.
Sand og blokk	Dominans av sand og blokk
Diamikton	Sediment med blandede kornstørrelser og dårlig sortering.

Innholdet av karbonat i sedimentene beregnes fra analyser med Leco, og gjøres ut fra antakelsen om at karbon (C) som ikke er av organisk opprinnelse er bundet i kalsiumkarbonat (CaCO₃). Karbonat-bundet karbon fjernes ved å syrebehandle prøven på varmebad. Karbonatverdiene i vektprosent beregnes fra følgende formel: $(TC - TOC) \times (CaCO_3/C) = (TC - TOC) \times 8,33$

Karbonat i sedimentene antas å ha opprinnelse i biologisk materiale – i hovedsak skjell fra mikroorganismer og større bunnlevende dyr, for eksempel foraminiferer, kråkeboller, brakiopoder og koraller. Alternativt kan karbonat ha opprinnelse i eroderte bergarter/mineraler med innhold av karbonat.

4.2 Overflateprøver

De geokjemiske resultatene for overflateprøvene rapporteres for å gi oversikt over dagens miljøtilstand. Parameterne som presenteres her er sedimentenes finstoffinnhold (leir+silt), innhold av TOC, innhold av karbonat og innholdet av tungmetallene kadmium (Cd), kobber (Cu), krom (Cr), kvikksølv (Hg), nikkel (Ni), bly (Pb) og sink (Zn), samt elementene arsen (As) og barium (Ba). Kart for de nevnte parameterne finnes dels presentert i rapporten og dels i Vedlegg 2 for de kjemiske elementene som ikke er beskrevet i teksten. Videre rapporteres radioaktiv ^{137}Cs , som er analysert i forbindelse med dateringsanalysene utført på sedimentkjerner fra 8 stasjoner.

4.2.1 Kornstørrelsesfordeling, organisk karbon, karbonat og svovel

I utgangspunktet er prøvetakingen for miljøanalyser gjennomført i områder med finkornete sedimenter. De fleste prøvetakingsstasjoner er valgt ut før tokt på bakgrunn av blant annet multistråledata (dybde og bunnreflektivitet). Metodikken for geologisk havbunnskartlegging er gitt i Bøe m. fl. (2010) og Bellec m. fl. (2017). Prøvetaking planlegges der det ser ut til å være avsatt slamholdige sedimenter, typisk i dype områder eller områder med svake havstrømmer. Andel finstoff (< 63 μm , altså leir+silt) i overflateprøvene er vist i Figur 8 og Figur 9 (kartutsnitt over stasjonene prøvetatt i 2021).

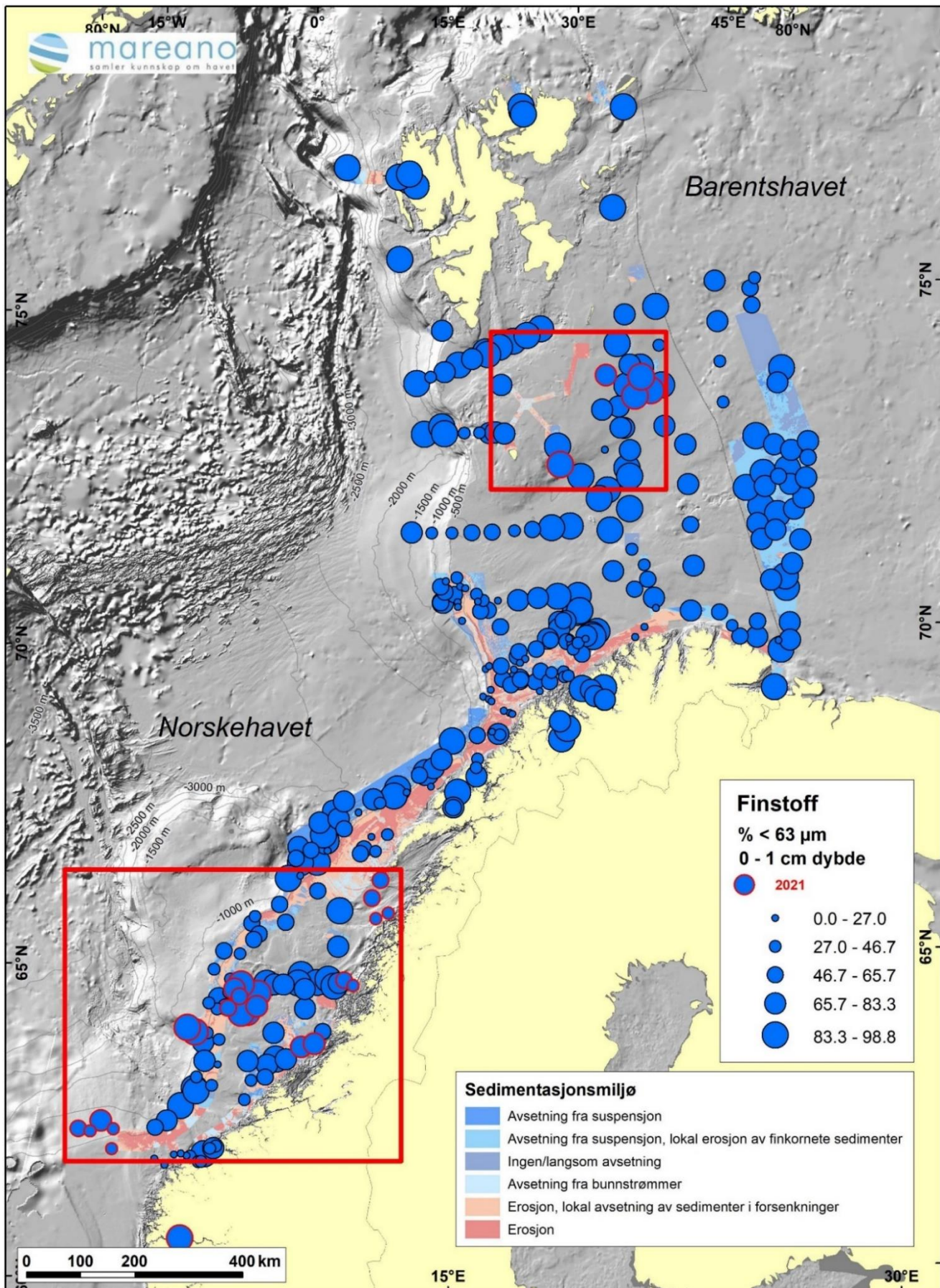
Tabell 6 viser kornstørrelsesfordelingen i leir-, silt-, finstoff (slam, altså leir+silt), sand- og grusfraksjonene for overflateprøvene fra de 29 stasjonene. Prøvene fra Garsholbanken består av sandholdig silt på 7 av de 8 stasjonene, mens en stasjon, R2401, består av silt. Silt utgjør den største fraksjonen i overflateprøvene, varierende fra 53,4 til 80,5 %, mens leir utgjør 4,6-7,5 % og sand 8,6-41,8 %. To av stasjonene tatt i forsenkninger har høyt sandinnhold (R2443 og R2454) (Figur 9). Fire av fem stasjonene på Eggakanten vest for Aktivneset består av siltholdig sand. R2486 består som den eneste av sandholdig silt. R2486 ligger i den dypere delen av Eggakanten vest for Aktivneset. Sand utgjør 29,7-70,9 %, mens finstoffandelen varierer fra 29,1 til 70,3 %. R2558 og R2561 i NH01-BO1 har finstoffinnhold på henholdsvis 95,2 og 96,1 %, (mer enn 80 % silt og 13 % leir i begge). R2596 og R2608 i kystbelte Folla (KB Folla) består av sandholdig silt, med ca. 70 % silt i begge overflateprøvene, og henholdsvis 20 % og 25 % sand, mens leir utgjør i underkant av 7 % på begge stasjonene. R2644 og R2651 i KB Sklinna består av siltholdig sand, med henholdsvis 63,1 og 50,1 % sand og 33,2 og 45,2 % silt. R2669, R2680, R2702 og R2709 fra Ytre Vestfjorden består for de tre første av siltholdig sand, mens den siste består av sandholdig silt. Det er imidlertid bare mindre forskjeller i andel sand og silt på de 4 stasjonene. Stasjonene fra Kirkegården og Spitsbergenbanken består alle av sandholdig silt. Andelen finstoff varierer fra 75 til 90 %. Sand utgjør 10-25 %. Stasjon R2869 har høyst innhold av leir med 10 %.

TOC i overflateprøvene er presentert i Figur 10 og Figur 11. De finkornete sedimentene i R2373 fra Sognefjorden har TOC på 1,73 vektprosent. Prøvene fra Garsholbanken, Eggakanten vest for Aktivneset,

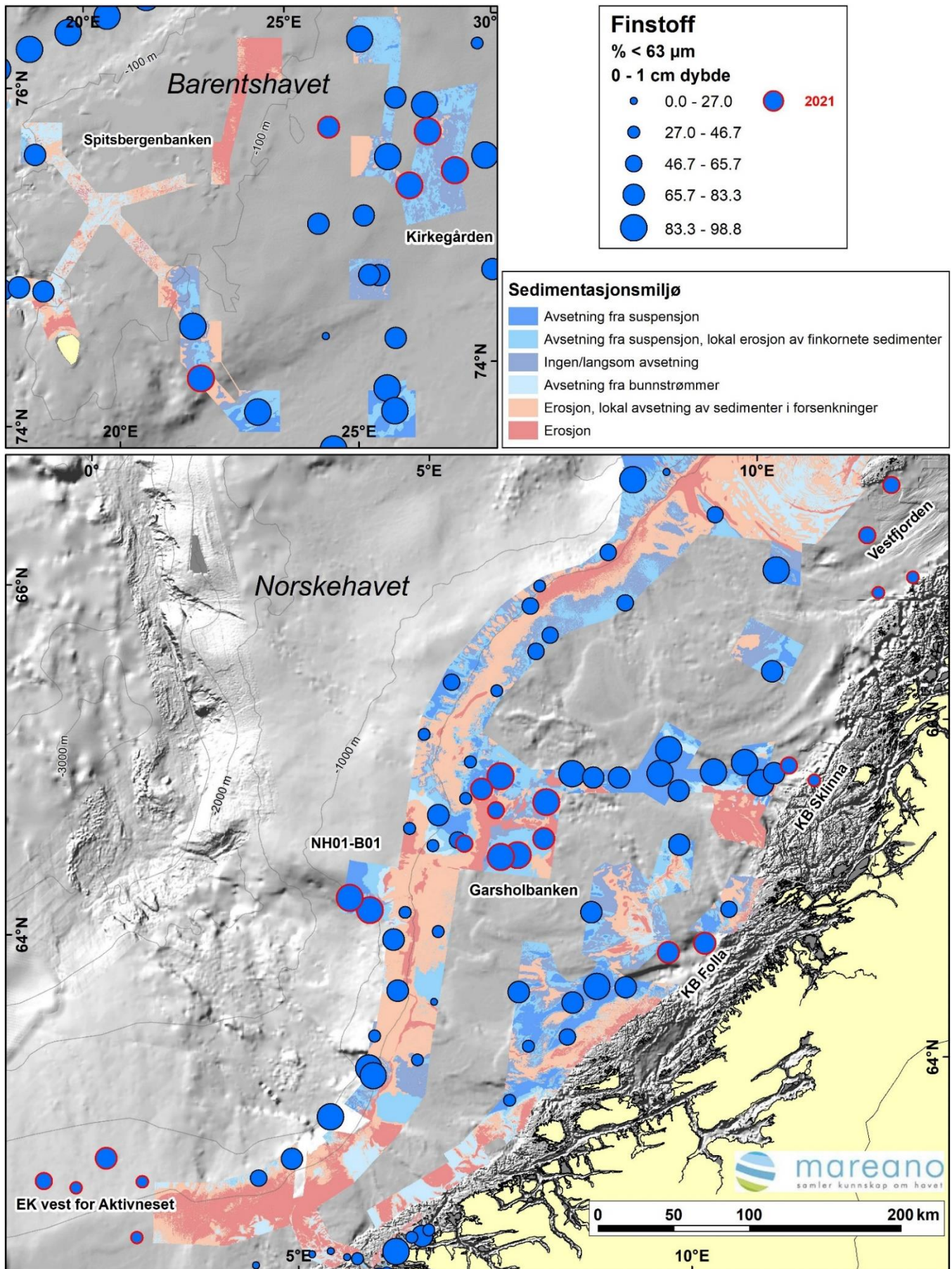
NH01-BO1, KB Folla, KB Sklinna og ytre Vestfjorden i Norskehavet har generelt lite TOC, varierende fra mindre enn 0,3 vektprosent i Eggakanten vest for Aktivneset til 1,3 vektprosent i NH01-BO1. De fleste prøvene fra mer grunne havområder (Garsholbanken, KB Folla, KB Sklinna og Ytre Vestfjorden) samt Eggakanten vest for Aktivneset har lave TOC verdier. Prøvene fra de to stasjonene R 2558 og R2561 i NH01-BO1 har høyere TOC-verdier i de mer finkornete sedimentene på skråningen. De 5 prøvene fra Kirkegården og Spitsbergenbanken i Barentshavet har TOC-verdier varierende fra 2,0 til 2,7 vektprosent (Figur 10 og Figur 11).

Karbonat i overflatesedimentene er vist i Figur 12 og Figur 13. Prøven fra Sognefjorden har 8,1 vektprosent karbonat. Innhold av karbonat varierer fra drøyt 13 vektprosent til litt mer enn 20 vektprosent på Garsholbanken. Eggakanten vest for Aktivneset har karbonatinnhold fra 7 til 20,5 vektprosent, med høyest andel karbonat i prøvene på størst havdyp. De to stasjonene fra NH01-BO1 på skråningen har høye andeler karbonat på henholdsvis 26 og 24 vektprosent. Forekomst av karbonatskorpe i dette område kan bidra til den relativt høye andel karbonat på disse to stasjonene. De fire prøvene fra KB Folla og KB Sklinna har karbonatinnhold fra 13,8 vektprosent til 22,0 vektprosent. De fire stasjonene fra Ytre Vestfjorden har karbonatinnhold fra 11,4 (R2702) til 61 vektprosent (R2709). Sistnevnte prøve er klassifisert som sandholdig silt. Det høye karbonatinnhold klassifiserer prøven som skjellsand. De 5 prøver fra Kirkegården og Spitsbergenbanken har karbonatinnhold varierende fra 2,1 til 4,4 vektprosent i samsvar med lave karbonatnivåer i dette området (Figur 12 og Figur 13).

Total svovel (TS) har lave nivåer i de 23 prøvene fra Norskehavet, varierende fra 0,06 vektprosent (R2472, Eggakanten vest for Aktivneset) til 0,34 vektprosent (R2561, NH01-BO1). R2373 fra Sognefjorden har 0,21 vektprosent svovel i sedimentene. Prøvene fra Kirkegården og Spitsbergenbanken har TS-verdier fra 0,21 (R2773) til 0,32 vektprosent (R2770). De høyere TS-verdiene i prøvene fra Sognefjorden, Barentshavet og på skråningen i Norskehavet (NH01-BO1) kan sannsynligvis knyttes til de høyere TOC-verdiene for disse prøvene sammenliknet de øvrige prøvene fra Norskehavet. Sulfatreduksjon med bakteriell omsetning av organisk materiale fører til binding av svovel i jernforbindelser i sedimentene.



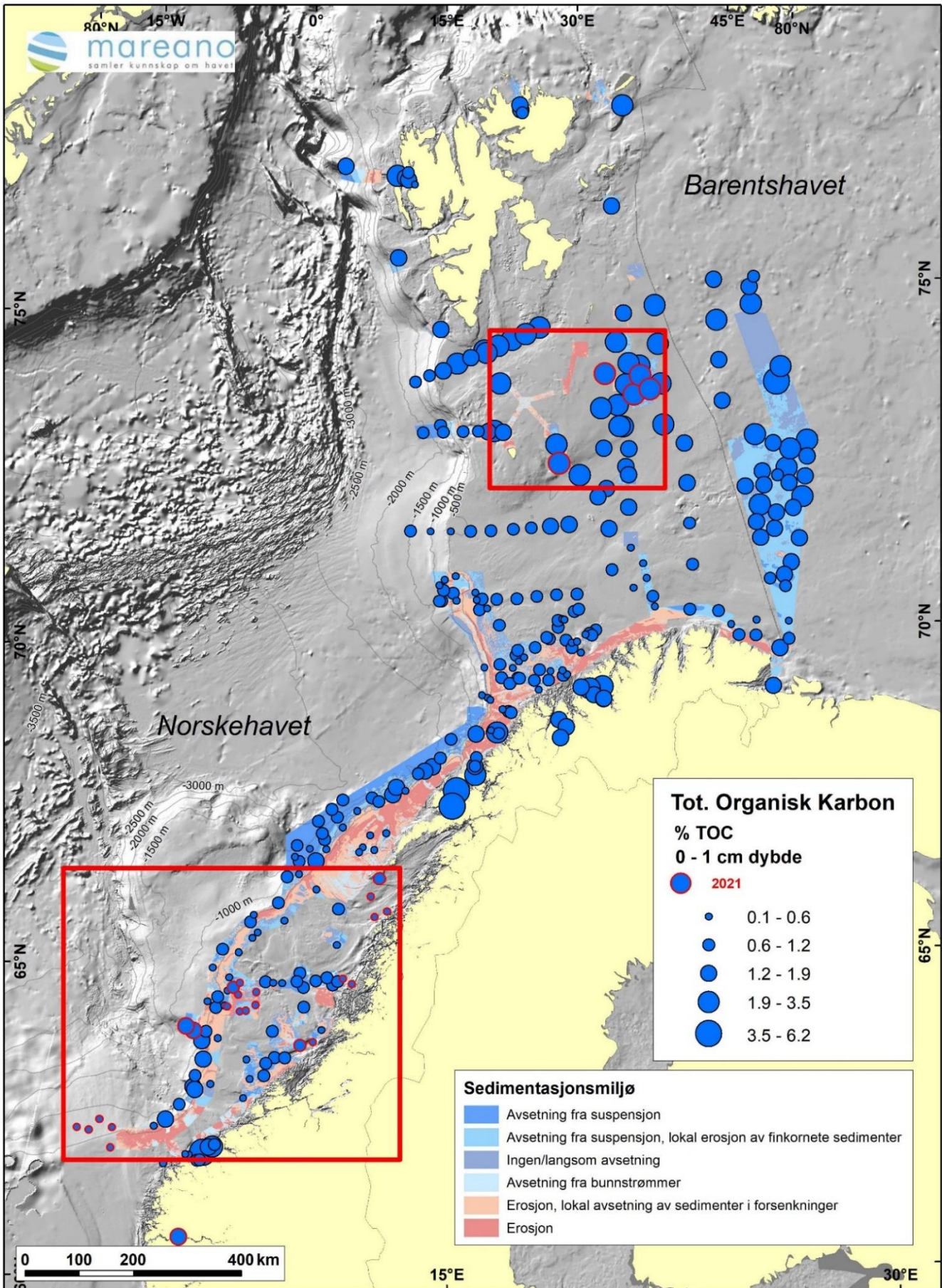
Figur 8. Andel finstoff (slam, < 63 μm) i overflateprøvene. Prøvene fra toktene i 2021 (2021103, 2021104 og 2021115) er markert med rød ring.



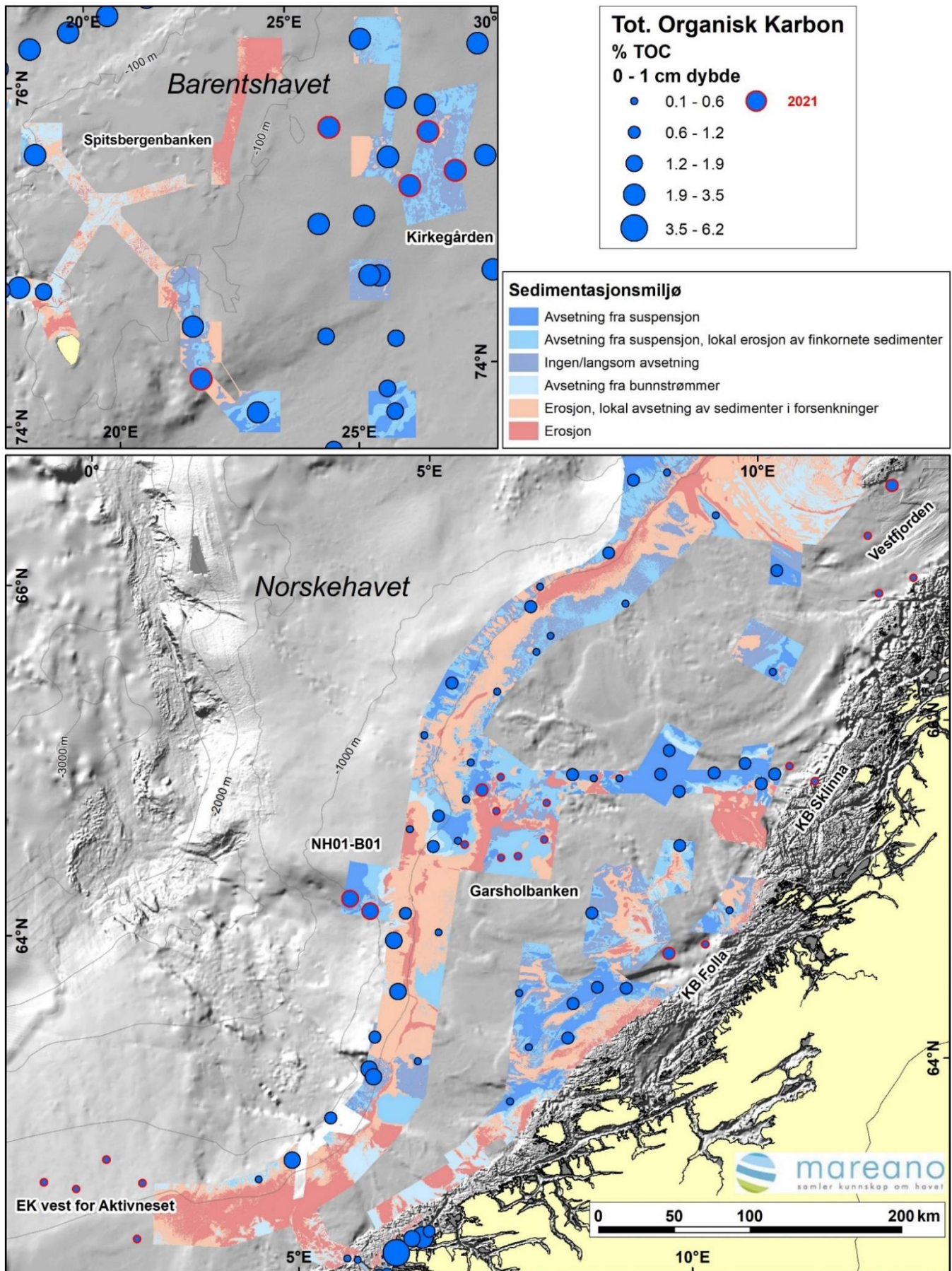
Figur 9. Andel finstoff (slam, < 63 μ m) i overflateprøver tatt i 2021.

Tabell 6. Kornstørrelsesfordeling og sedimentklassifikasjon for overflateprøvene (0-1 cm dybde) basert på Coulter data.

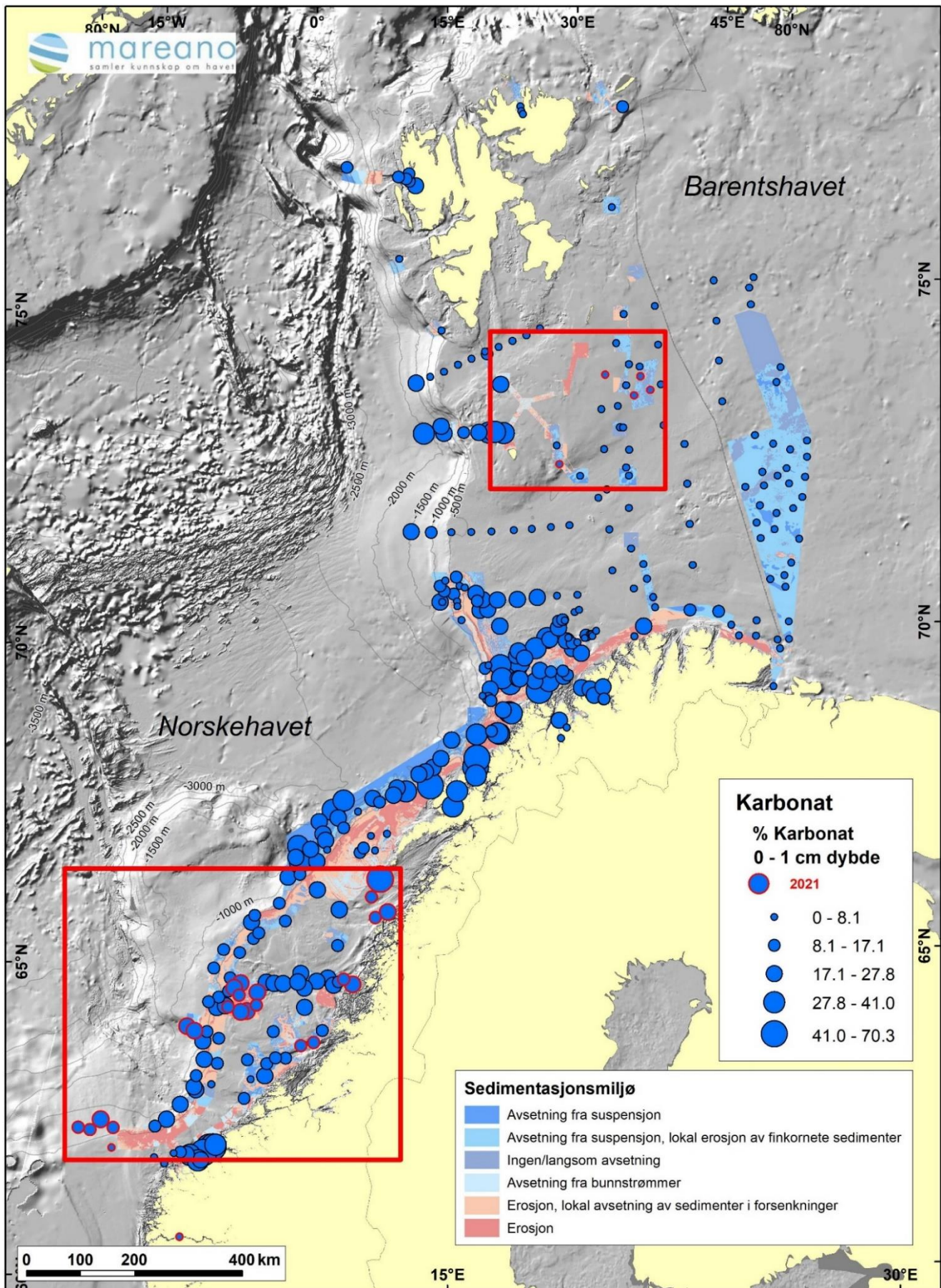
Stasjon	Område	Leir < 2 µm [%]	Silt 2 – 63 µm [%]	Finstoff (slam) < 63 µm [%]	Sand µm [%]	Grus >2000 µm [%]	NGU sediment klassifikasjon
R2373MC001	Sognefjorden	14,1	79,1	93,2	6,8	0,0	Silt
R2376BC001	Garsholbanken	7,3	76,7	84,0	16,0	0,0	Sandholdig silt
R2384BC002	Garsholbanken	7,5	80,5	88,0	12,0	0,0	Sandholdig silt
R2389MC002	Garsholbanken	5,8	63,0	68,8	31,2	0,0	Sandholdig silt
R2401MC003	Garsholbanken	6,8	84,6	91,4	8,6	0,0	Silt
R2418MC004	Garsholbanken	6,8	77,7	84,5	15,5	0,0	Sandholdig silt
R2438MC005	Garsholbanken	6,7	73,7	80,4	19,6	0,0	Sandholdig silt
R2443BC007	Garsholbanken	4,6	54,3	58,9	41,1	0,0	Sandholdig silt
R2454MC006	Garsholbanken	4,8	53,4	58,2	41,8	0,0	Sandholdig silt
R2458BC008	EK vest for Aktivneset	3,2	27,5	30,7	69,3	0,0	Siltholdig sand
R2472BC009	EK vest for Aktivneset	4,2	28,3	32,5	67,5	0,0	Siltholdig sand
R2486MC007	EK vest for Aktivneset	6,6	63,7	70,3	29,7	0,0	Sandholdig silt
R2500BC011	EK vest for Aktivneset	2,8	26,3	29,1	70,9	0,0	Siltholdig sand
R2524MC008	Ek vest for Aktivneset	4,5	43,6	48,1	51,9	0,0	Siltholdig sand
R2558MC009	NH01 BO1	13,4	81,8	95,2	4,8	0,0	Silt
R2561MC011	NH01 BO1	13,9	82,2	96,1	3,9	0,0	Silt
R2596MC012	KB Folla	6,5	73,3	79,8	20,2	0,0	Sandholdig silt
R2608MC013	KB Folla	6,7	67,7	74,4	25,6	0,0	Sandholdig silt
R2644BC015	KB Sklinna	3,7	33,2	36,9	63,1	0,0	Siltholdig sand
R2651MC014	KB Sklinna	4,7	45,2	49,9	50,1	0,0	Siltholdig sand
R2669MC015	Y. Vestfjorden	3,9	40,1	44,0	56,0	0,0	Siltholdig sand
R2680BC017	Y. Vestfjorden	3,2	40,4	43,6	56,4	0,0	Siltholdig sand
R2702BC018	Y. Vestfjorden	4,1	45,4	49,5	50,5	0,0	Siltholdig sand
R2709BC019	Y. Vestfjorden	3,8	49,8	53,6	46,4	0,0	Sandholdig silt
R2736MC016	Kirkegården	12,5	77,5	90,0	10,0	0,0	Sandholdig silt
R2754BC071	Kirkegården	12,0	72,0	84,0	16,0	0,0	Sandholdig silt
R2770MC017	Kirkegården	12,1	77,6	89,7	10,3	0,0	Sandholdig silt
R2773BC075	Kirkegården	8,2	67,0	75,2	24,8	0,0	Sandholdig silt
R2869MC019	Spitsbergenbanken	10,6	75,0	85,6	14,4	0,0	Sandholdig silt



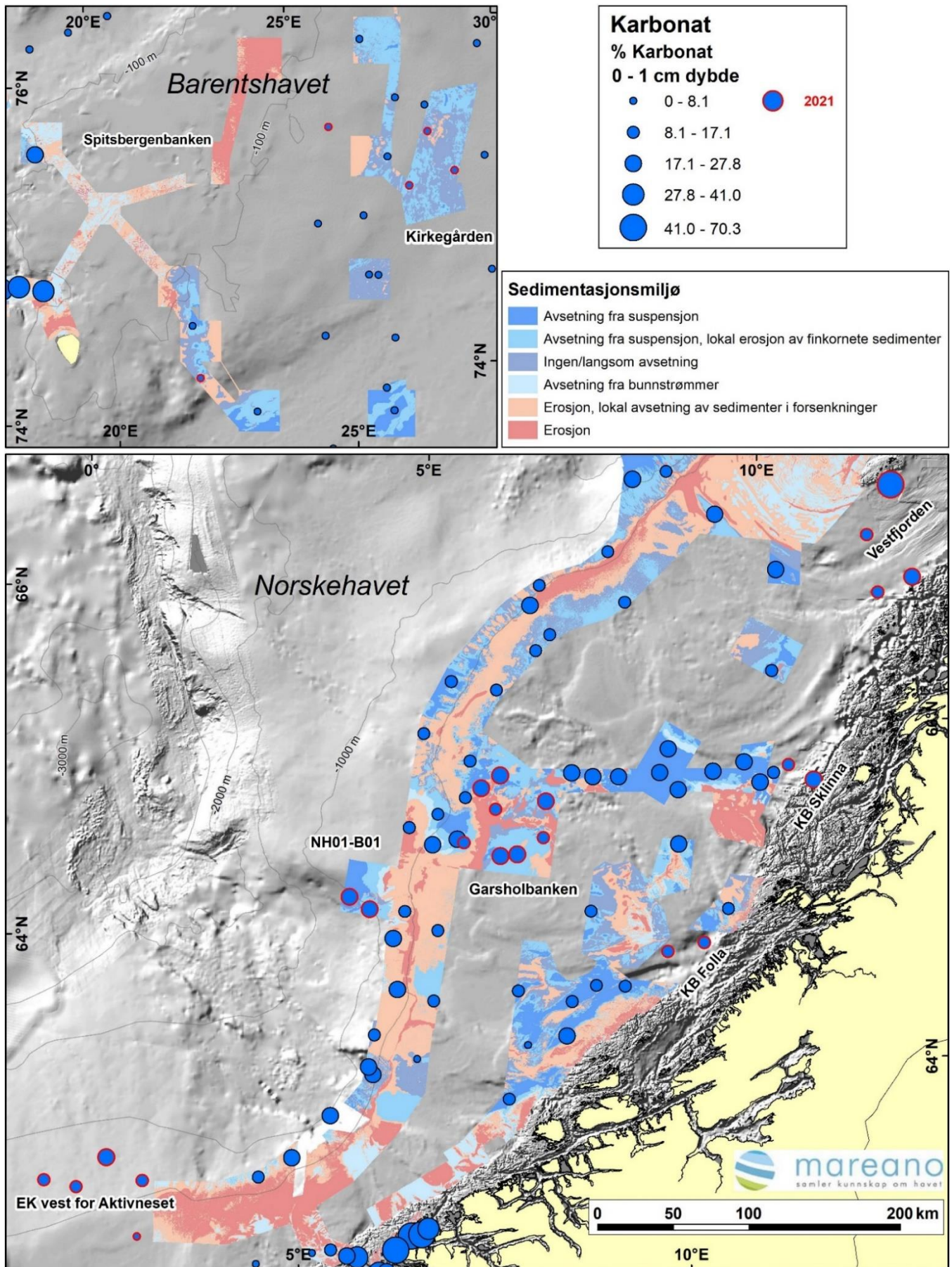
Figur 10. TOC i overflateprøver (vektprosent). Prøvene fra 2021-toktene er med markert med rød ring.



Figur 11. TOC i overflateprøver (vektprosent). Prøvene fra 2021-toktene er med markert med rød ring.



Figur 12. Karbonat i overflateprøver (vektprosent). Prøvene fra toktene 2021103, 2021104 og 2021115 er vist med rød ring.



Figur 13. Karbonat i overflateprøver (vektprosent). Prøvene fra toktene 2021103, 2021104 og 2021115 er vist med rød ring.

4.2.2 Innhold av tungmetaller, arsen, barium og ¹³⁷Cs

Det er analysert for bly (Pb), kadmium (Cd), kobber (Cu), krom (Cr), kvikksølv (Hg), nikkel (Ni), sink (Zn) og arsen (As) i overflateprøvene fra de 29 prøvetakingsstasjonene. Disse elementene er valgt fordi de er forurensende og kan utgjøre en helserisiko (Braastad, 2000). Konsentrasjonene er sammenliknet med Miljødirektoratets klassifikasjonssystem for forurensingsnivåer i sedimenter i kyst- og fjordområder (Molvær m. fl., 1997; SFT, 2007) sist justert i 2016 (Miljødirektoratet Veileder M-608). Inndeling i tilstandsklasser er justert for en rekke metaller og arsen. Justeringene i grenseverdiene medfører også at metall-konsentrasjonskartene blir justert i forhold til endrede grenseverdier:

- tilstandsklasse I: bakgrunn
- tilstandsklasse II: god
- tilstandsklasse III: moderat
- tilstandsklasse IV: dårlig
- tilstandsklasse V: svært dårlig

Barium (Ba) er også inkludert selv om Ba ikke er et toksisk element. Olsgård og Gray (1995) og Rye (1996) har rapportert om utslipp av barytt fra norsk offshorevirksomhet i Nordsjøen. Ba i sedimenter i Skagerrak er rapportert, og de forhøyede verdiene øverst i havbunnen er tolket som tilførsel av barium fra boreslam brukt i Nordsjøen og transportert med havstrømmer til Skagerrak (Sæther m. fl., 1996; Thorsnes og Klungesøyr, 1997; Lepland m. fl., 2000). Dehairs m. fl. (1980) og Nuernberg m. fl. (1997) beskriver prosesser for forekomst av Ba i sedimenter: det dannes små baryttkrystaller i mikronisjer i organisk materiale som brytes ned i vannsøylen, spesielt i områder med høy biologisk produktivitet. Haanes m. fl. (2023) bruker Mareanos kjemidata til og med 2019 (<https://mareano.no/kart-og-data/kjemidata>) for å gi en statistisk basert oversikt over hvor det finnes anrikning av Ba i de øverste lagene i sedimentkjerner. Kart for en rekke av de analyserte kjemiske elementene er presentert i teksten. Kart for de øvrige elementene finnes i Vedlegg 2. Radioaktivt ¹³⁷Cs er rapportert for overflatesedimentene. ¹³⁷Cs er analysert sammen med den radioaktive ²¹⁰Pb-isotopen, som brukes for datering av sedimentkjerner (kap. 4.3.4).

Arsen (As)

As-konsentrasjon i overflateprøvene er vist i Figur 14 og Figur 15. Prøven fra Sognefjorden (R2373) har 16,8 mg/kg sediment tilsvarende tilstandsklasse II. Prøvene fra Norskehavet varierer fra 2,4 til 16,5 mg/kg sediment, med lavest konsentrasjon i R2500 (Eggakanten vest for Aktivneset), og høyeste konsentrasjon i R2561 (NH01-BO1). Av de i alt 23 prøvene fra Garsholbanken, Eggakanten vest for Aktivneset, NH01-BO1, KB Folla, KB Sklinna og Ytre Vestfjorden, så har 23 av prøvene lave As-konsentrasjoner tilsvarende tilstandsklasse I, mens to prøver, begge fra NH01-BO1 har As-verdier tilsvarende tilstandsklasse II. De fem prøvene fra Kirkegården og Spitsbergenbanken i Barentshavet (Figur 15) har As-verdier fra 26,3 mg/kg (R2869, Spitsbergenbanken) til 68,7 mg/kg sediment (R2754), tilsvarende tilstandsklasse III for samtlige 5 prøver og i samsvar med As-verdier i overflatesedimenter i dette området (Figur 14).

Bly (Pb)

Den høyeste Pb-konsentrasjon av samtlige 29 overflateprøver er i Sognefjorden med 63,4 mg/kg sediment (tilstandsklasse II) – se Figur 16 og Figur 17. I Norskehavet har de 23 prøvene Pb-verdier fra 5,4 til 36,0 mg/kg sediment. Alle prøvene, med unntak av de to prøvene fra NH01-BO1, tilhører tilstandsklasse I (<25 mg/kg). De to prøvene fra NH01-BO1 har konsentrasjoner på 34,7 og 36,0 mg/kg, tilsvarende tilstandsklasse II (25 – 150 mg/kg). De 5 prøvene fra Kirkegården og Spitsbergenbanken i Barentshavet har Pb-verdier mellom 11,8 og 23,1 mg/kg sediment, alle i tilstandsklasse I (Figur 16 og Figur 17).

Kadmium (Cd)

Samtlige prøver fra Sognefjorden og Norskehavet med unntak av prøven fra en stasjon, R2709, er under deteksjonsgrensen på 0,1 mg/kg sediment tørrvekt. R2709 fra ytre Vestfjorden har 0,13 mg/kg sediment, tilsvarende tilstandsklasse I (<0,25 mg/kg). Samtlige 5 prøver fra Kirkegården og Spitsbergenbanken i Barentshavet er under deteksjonsgrensen for Cd. Kartene for Cd i overflateprøvene er i Vedlegg 2.

Kobber (Cu)

Prøven fra Sognefjorden har med 42,9 mg/kg sediment den høyeste verdien av samtlige overflateprøver, og ligger i tilstandsklasse II (20 -84 mg/kg sediment) i Miljødirektoratets klassifisering. Norskehavet med 23 stasjoner har Cu-verdier fra 5,7 til 29,6 mg/kg sediment, med høyeste verdier i NH01-BO1, hvor prøvene fra R2558 og R2561 tilhører tilstandsklasse II. De øvrige prøvene fra Norskehavet er alle i tilstandsklasse I (bakgrunn). Prøvene fra Kirkegården og Spitsbergenbanken varierer fra 12,7 til 22,0 mg/kg sediment. To av de 5 prøvene hører til tilstandsklasse I, mens de 3 øvrige prøvene tilhører tilstandsklasse II (god).

Krom (Cr)

Prøven fra Sognefjorden har 45,8 mg/kg Cr og ligger i tilstandsklasse I (bakgrunn). De 23 prøvene fra Norskehavet har Cr-konsentrasjon varierende fra 9,2 til 38,1 mg/kg sediment, med de høyeste konsentrasjonene i de to prøvene fra NH01-BO1 (R2558 og R2561). De to prøvene er karakterisert av stor andel leir og finstoff. Samtlige prøver fra Norskehavet tilhører tilstandsklasse I (bakgrunn). De fem prøvene fra Kirkegården og Spitsbergenbanken har Cr-verdier varierende fra 32,6 til 52,9 mg/kg sediment, alle i tilstandsklasse I. Cr-kartene finnes i Vedlegg 2.

Kvikksølv (Hg)

Figur 18 og Figur 19 viser Hg i overflatesedimentene. Prøven fra Sognefjorden har høyest Hg-konsentrasjon av samtlige prøver analysert i 2021 med 0,0776 mg/kg sediment, tilsvarende tilstandsklasse II. Prøvene fra Norskehavet har Hg-konsentrasjon mellom 0,0100 til 0,0512 mg/kg sediment, med høyest konsentrasjon i R2561 fra området NH01-BO1, tilsvarende tilstandsklasse II (god). Alle øvrige prøver fra Norskehavet er i tilstandsklasse I (bakgrunn). De 5 prøvene fra Kirkegården og Spitsbergenbanken i Barentshavet har Hg-konsentrasjon fra 0,027 til 0,0456 mg/kg sediment, i tilstandsklasse I. R2869 fra Spitsbergenbanken har høyest konsentrasjon av de 5 prøvene.

Nikkel (Ni)

Stasjon R2373 i Sognefjorden har høyest Ni-konsentrasjon med 49,3 mg/kg sediment av samtlige 29 prøver. Det tilsvarer tilstandsklasse III (42 – 271 mg/kg sediment, moderat forurenset) (Figur 19 og Figur 20). De 23 prøvene fra Norskehavet har Ni-konsentrasjon fra 8,2 mg/kg i R2500 (Eggakanten vest for Aktivneset) til 41,8 mg/kg sediment i 2558 (NH01 BO1), tilsvarende tilstandsklasse II (god), mens de 22 øvrige prøvene er i tilstandsklasse I (<30 mg/kg sediment). De fem prøvene fra Kirkegården og Spitsbergenbanken i Barentshavet varierer fra 25,5 til 40,1 mg/kg sediment. Fire av de fem prøvene er i tilstandsklasse II (30 – 42 mg/kg sediment), mens den femte prøve er i tilstandsklasse I.

Sink (Zn)

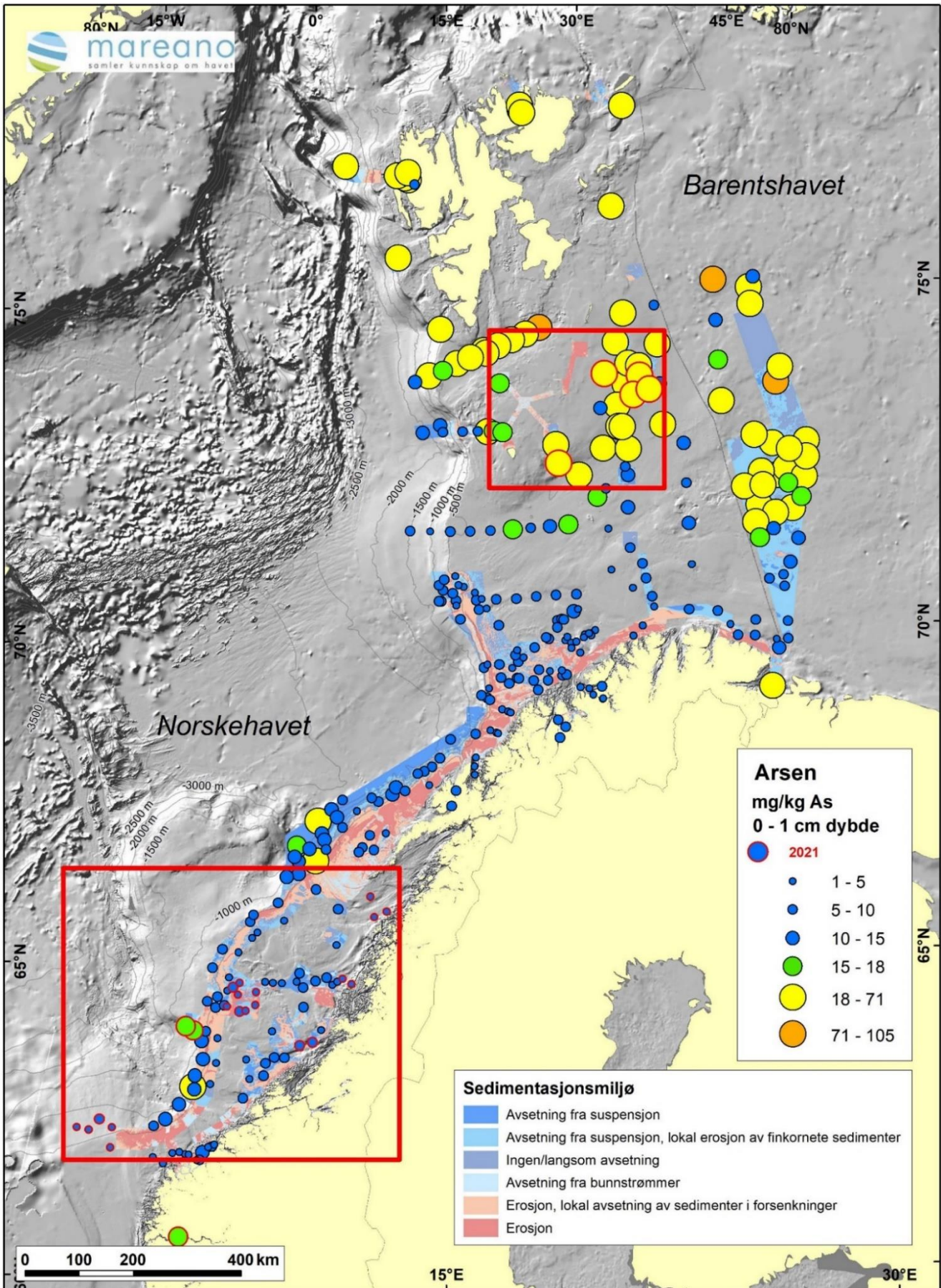
R2373 fra Sognefjorden har høyest Zn-konsentrasjon av samtlige 29 prøver med 146 mg/kg sediment, og ligger i tilstandsklasse III for kyst- og fjordsedimenter (139 – 750 mg/kg sediment). De 23 prøvene fra Norskehavet varierer fra 17,3 til 75,2 mg/kg sediment, alle i tilstandsklasse I (<90 mg/kg sediment). De 5 prøvene fra Kirkegården og Spitsbergenbanken i Barentshavet varierer fra 52,3 til 86,7 mg/kg sediment, tilsvarende tilstandsklasse I.

Barium (Ba)

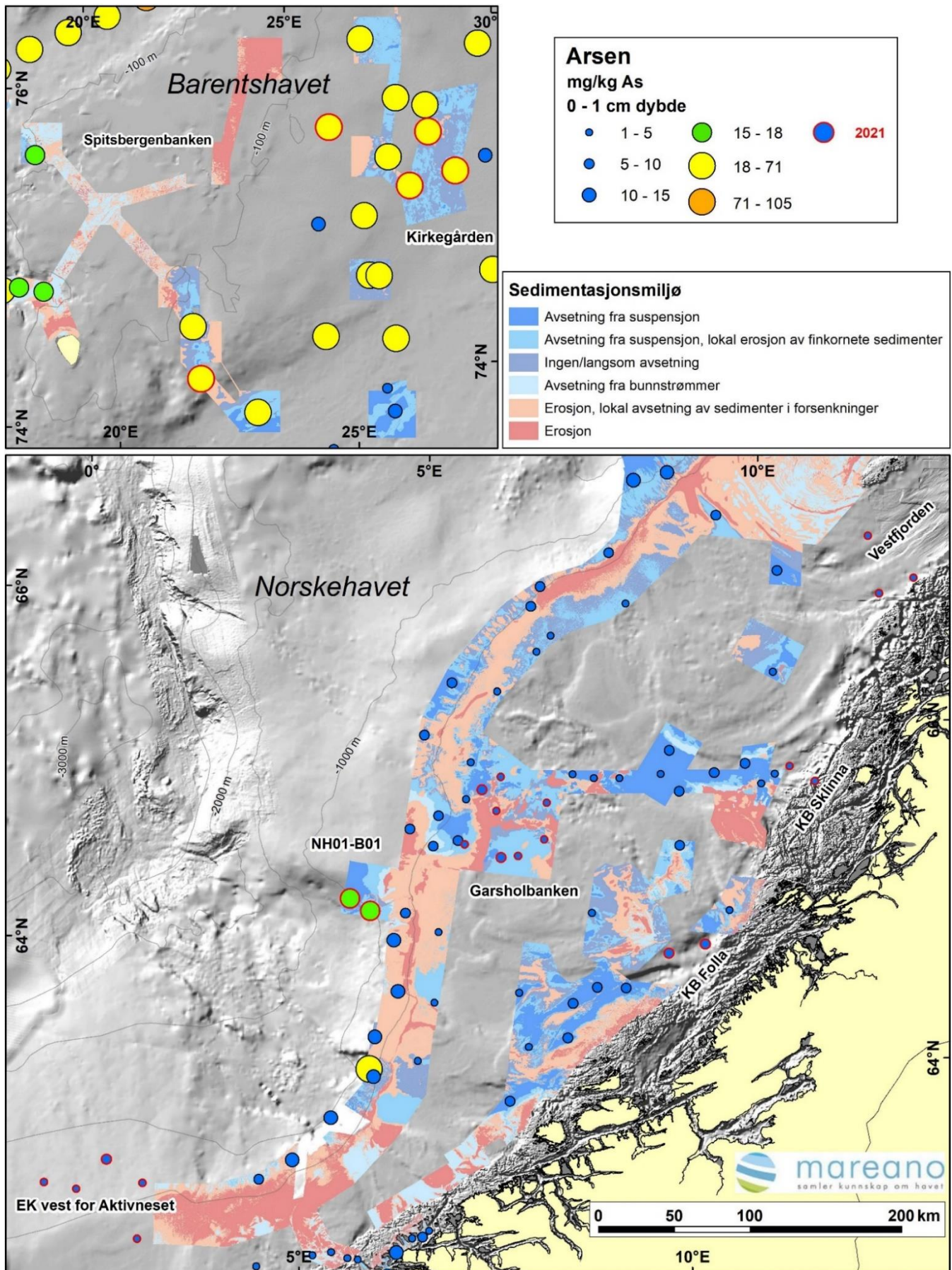
Barium analyseres for å vurdere om eventuelle utslipp fra olje- og gassboringer kan spores i sedimentene, men det er viktig å være klar over at også naturlige kilder kan gi forhøyde verdier. Ba-konsentrasjon i overflatesedimentene er presentert i Figur 21 og Figur 22. Figur 22 viser at det er markant høyere Ba-konsentrasjon i R2401 i Garsholbanken (2290 mg/kg sediment sammenlignet med alle andre stasjoner i Norskehavet, hvor Ba-konsentrasjonen for de øvrige 22 stasjonene varierer fra 37,6 mg/kg (R2709 i ytre Vestfjorden) til 295 mg/kg (R2561, NH01-BO1). Ba-verdien er markant høyere enn andre prøver fra 2021 og tidligere analyserte prøver i Norskehavet. Dette vil bli tatt opp i kapittel 4.4 og 4.5, som går gjennom analyseresultatene av bl.a. Ba i sedimentkjernene, herunder også R2401.

Cesium-137 (¹³⁷Cs)

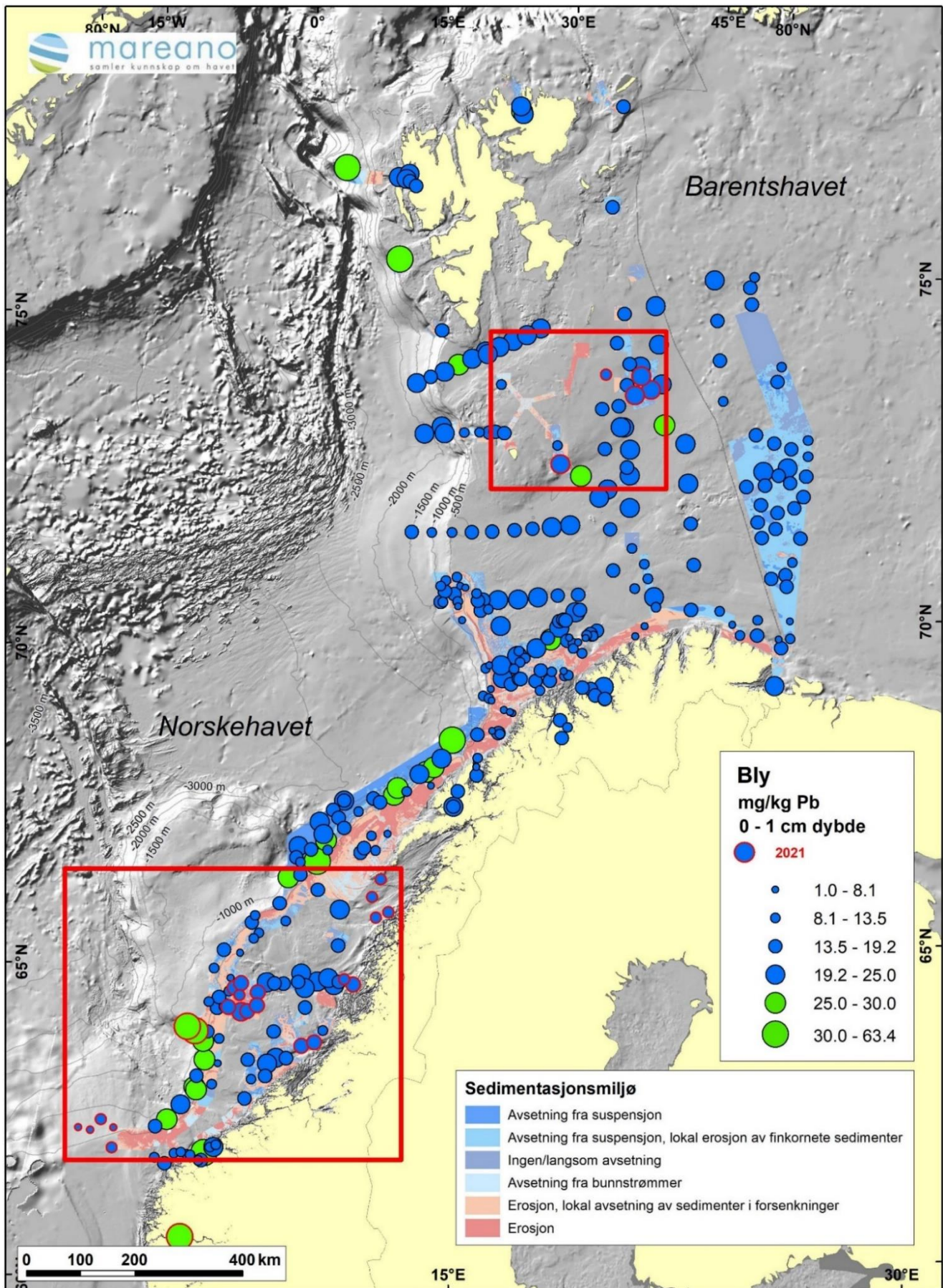
¹³⁷Cs er et menneskeskapt radioaktivt element. De viktigste kildene er utslippet fra Tsjernobyl i 1986 og de atmosfæriske atomprøvesprengningene på Novaja Semlja på 1950- og 1960-tallet. Resultatene fra ¹³⁷Cs er presentert i Figur 23. Det er analysert for ¹³⁷Cs på i alt 8 stasjoner, med 6 stasjoner i Norskehavet og 2 stasjoner i Kirkegården (R2770) og Spitsbergenbanken (R2869). De 6 stasjonene i Norskehavet har ¹³⁷Cs fra 0 til 7 becquerel (Bq) pr. kg sediment tørrvekt, med de høyeste nivåene på 4 Bq i R2651 (KB Sklinna) og 7 Bq/kg i R2669 (ytte Vestfjorden). R2438 på Garsholbanken har 2 Bq/kg. De to overflateprøvene fra Kirkegården og Spitsbergenbanken har henholdsvis 2 Bq/kg og 0 Bq/kg i overflateprøvene. Kap. 4.3.4 går gjennom ¹³⁷Cs for informasjon knyttet til dateringsanalysene.



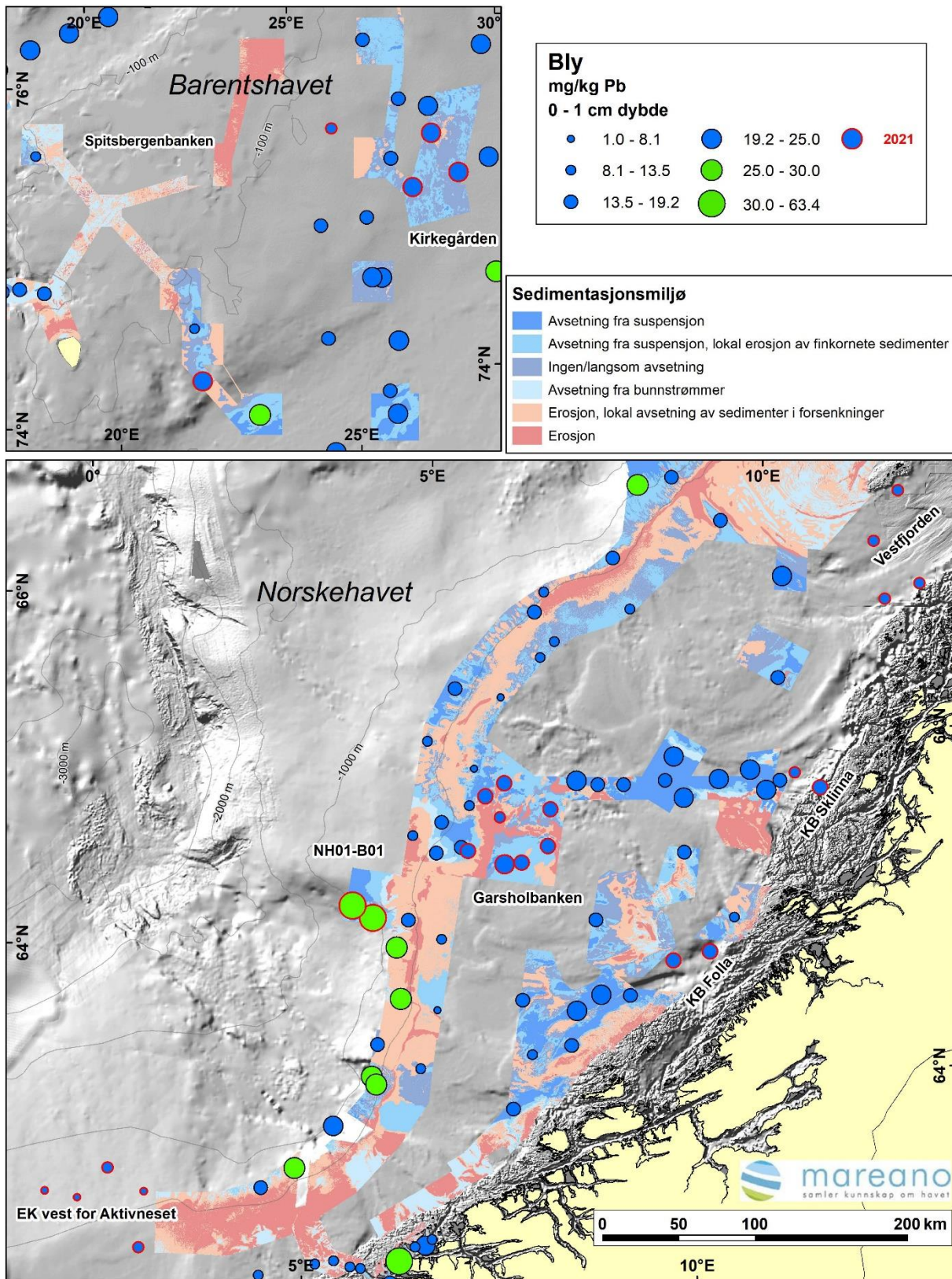
Figur 14. As-konsentrasjon i overflateprøver. Blå punkt angir tilstandsklasse I (<15 mg/kg), grønne punkt tilstandsklasse II (15-18 mg/kg), gule punkt tilstandsklasse III (18-71 mg/kg) og oransje punkt tilstandsklasse IV (71-580 mg/kg). Prøvene fra 2021 er markert med rød ring.



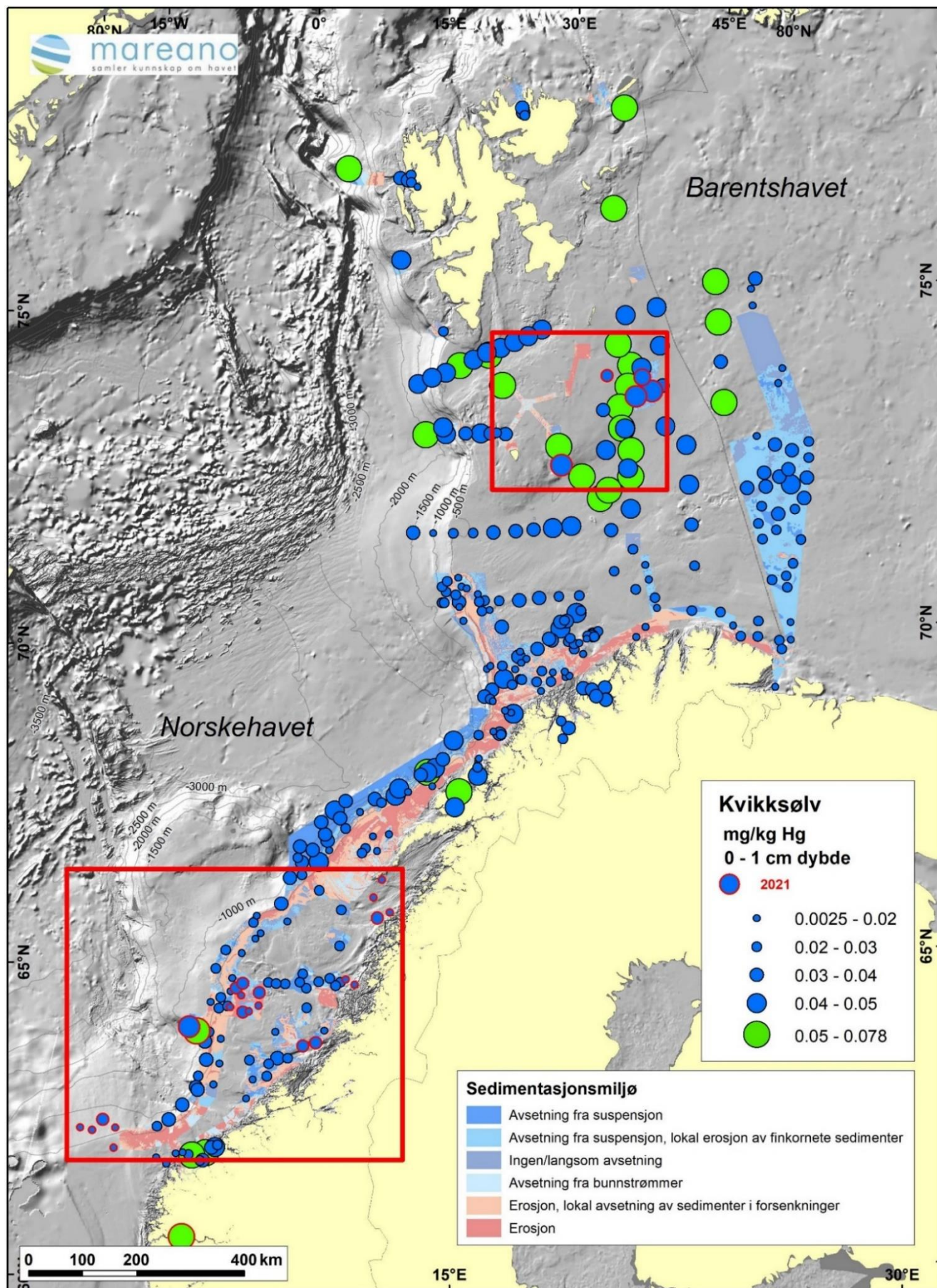
Figur 15. As-konsentrasjon i overflateprøver. Blå punkt angir tilstandsklasse I (<15 mg/kg), grønne punkt tilstandsklasse II (15-18 mg/kg), gule punkt tilstandsklasse III (18-71 mg/kg) og oransje punkt tilstandsklasse IV (71-580 mg/kg). Prøvene fra 2021 er markert med rød ring.



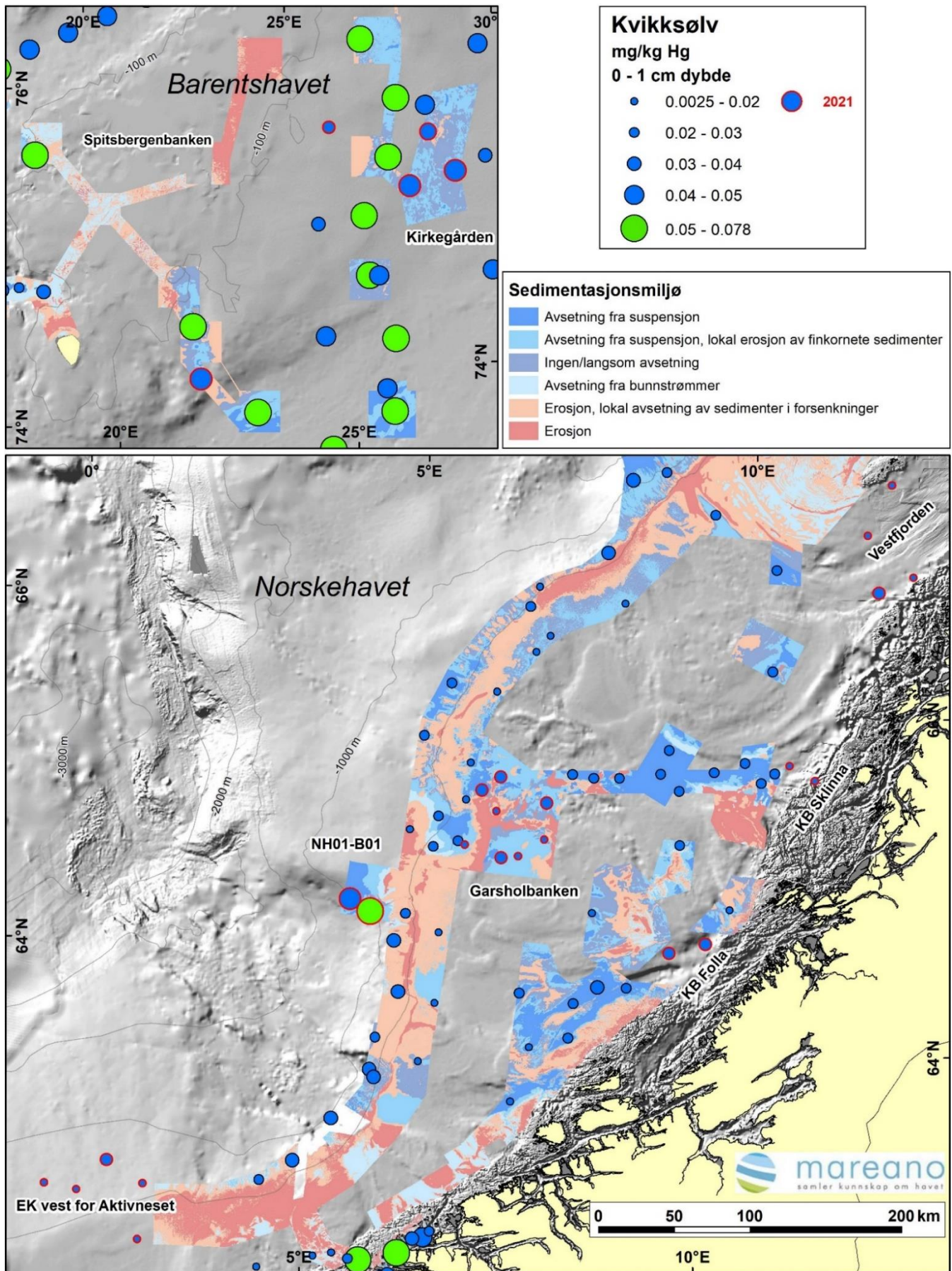
Figur 16. Pb-konsentrasjon i overflateprøver. Blå prøvepunkter angir tilstandsklasse I for kyst- og fjordsedimenter (<25 mg/kg) og grønne punkt tilstandsklasse II (25-150 mg/kg). Prøvene fra toktene 2021103, 2021104 og 2021115 er angitt med rød ring.



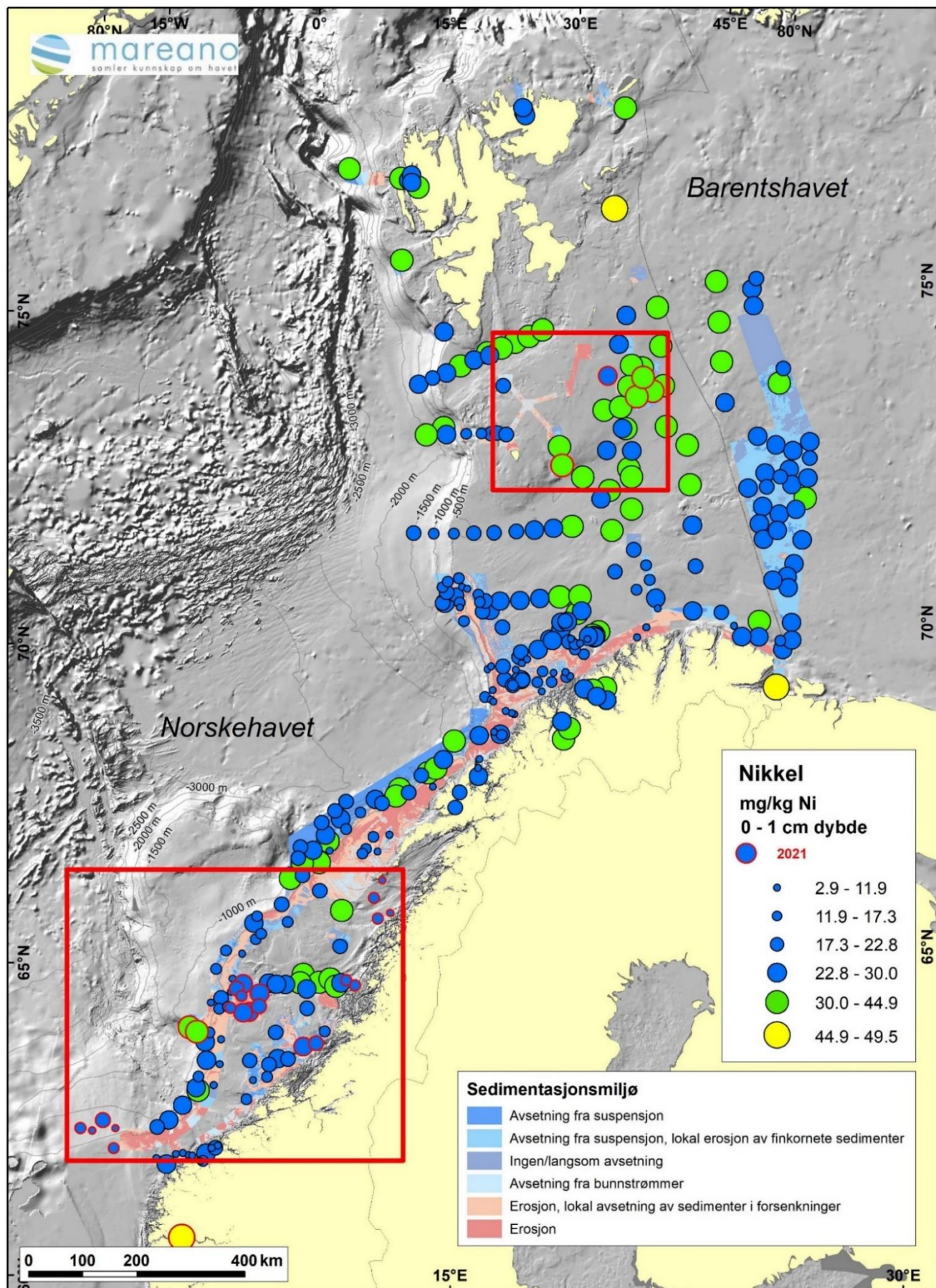
Figur 17. Pb-konsentrasjon i overflateprøver. Blå prøvepunkter angir tilstandsklasse I for kyst- og fjordsedimenter (<25 mg/kg) og grønne punkt tilstandsklasse II (25-150 mg/kg). Prøvene fra toktene 2021103, 2021104 og 2021115 er angitt med rød ring.



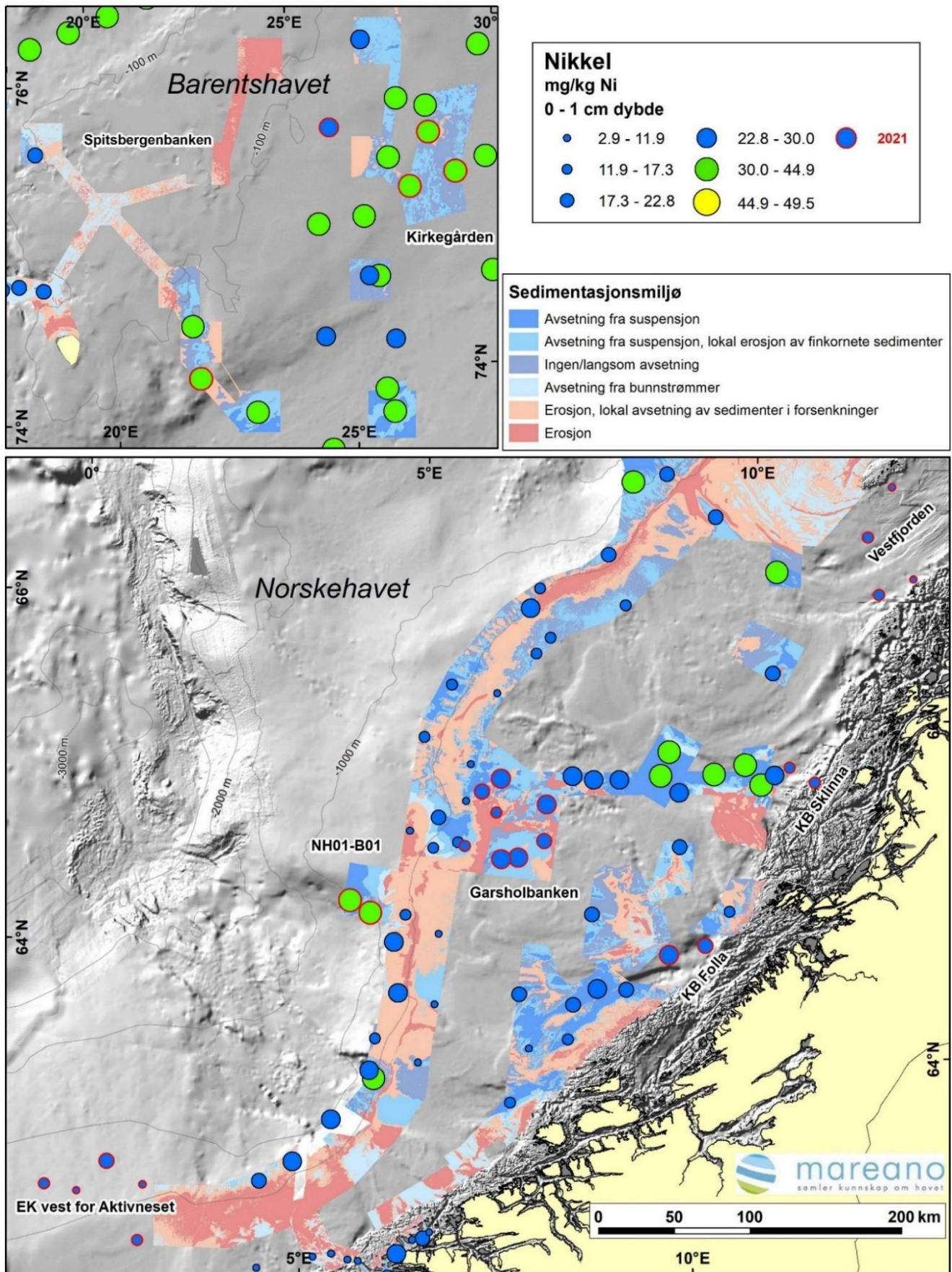
Figur 18. Hg i overflateprøver. Blå punkt angir tilstandsklasse I for kyst- og fjordsedimenter (<0,05 mg/kg) og grønne punkt tilstandsklasse II (0,05 – 0,52 mg/kg sediment). Prøvene fra toktene 2021103, 2021104 og 2021115 er markert med rød ring.



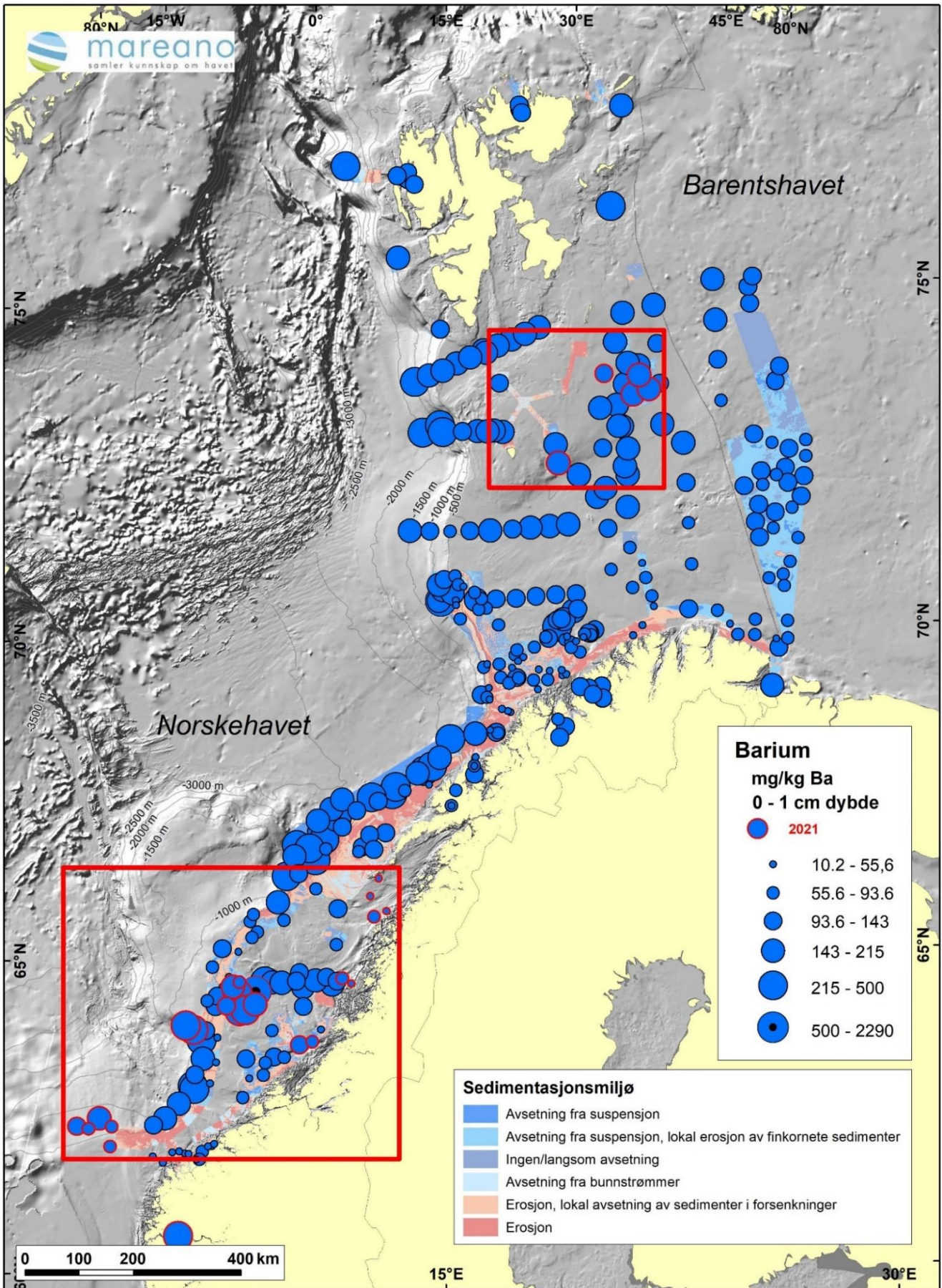
Figur 19. Hg i overflateprøver. Blå punkt angir tilstandsklasse I for kyst- og fjordsedimenter (<0,05 mg/kg) og grønne punkt tilstandsklasse II (0,05 – 0,52 mg/kg sediment). Prøvene fra toktene 2021103, 2021104 og 2021115 er markert med rød ring.



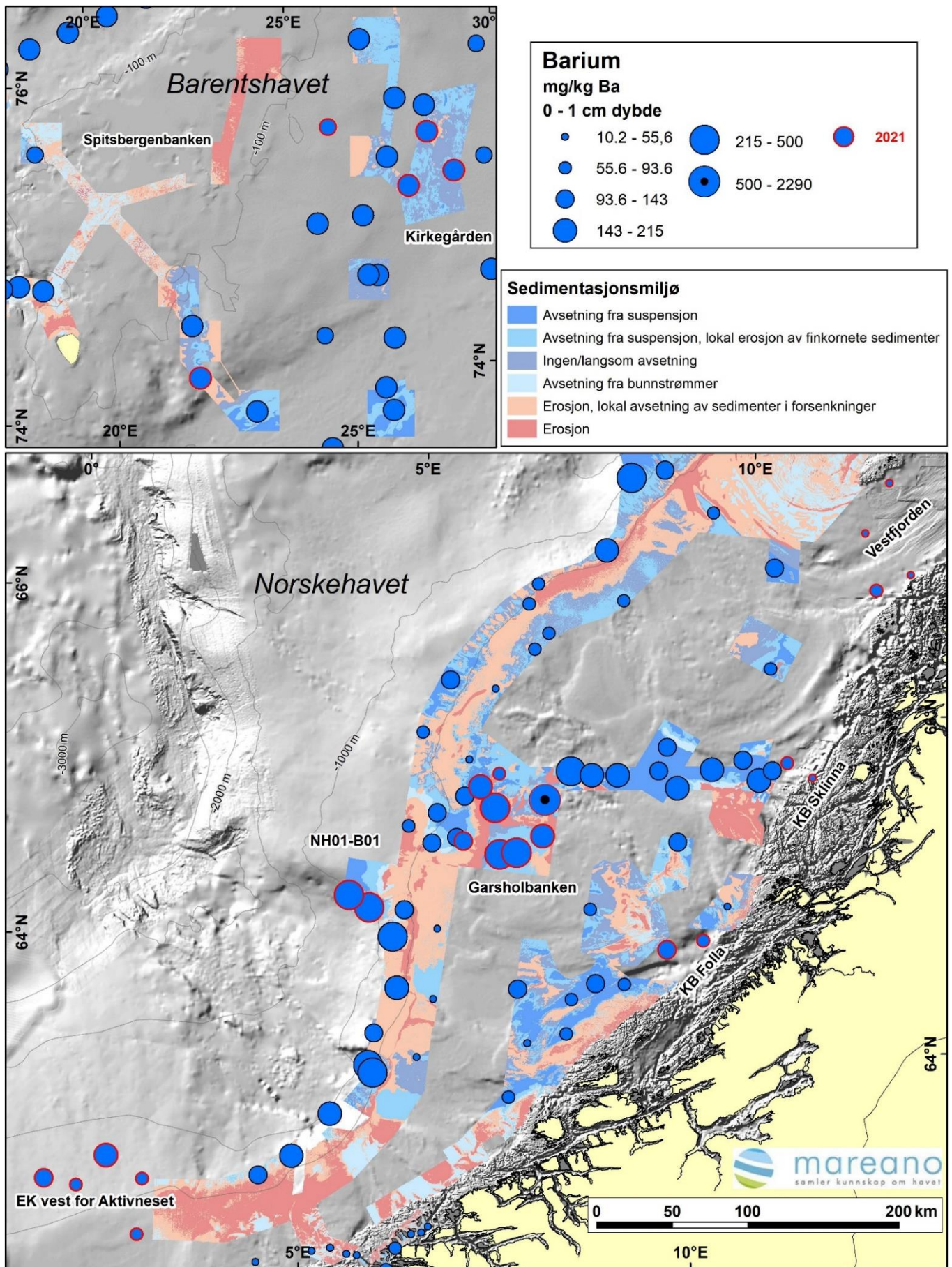
Figur 19. Nikkel i overflateprøver. Blå punkt angir tilstandsklasse I for kyst- og fjordsedimenter, grønne punkter tilstandsklasse II (30 – 42 mg/kg) og gule punkt tilstandsklasse III (42 – 271 mg/kg). Prøvene fra 2021-toktene er markert med rød ring.



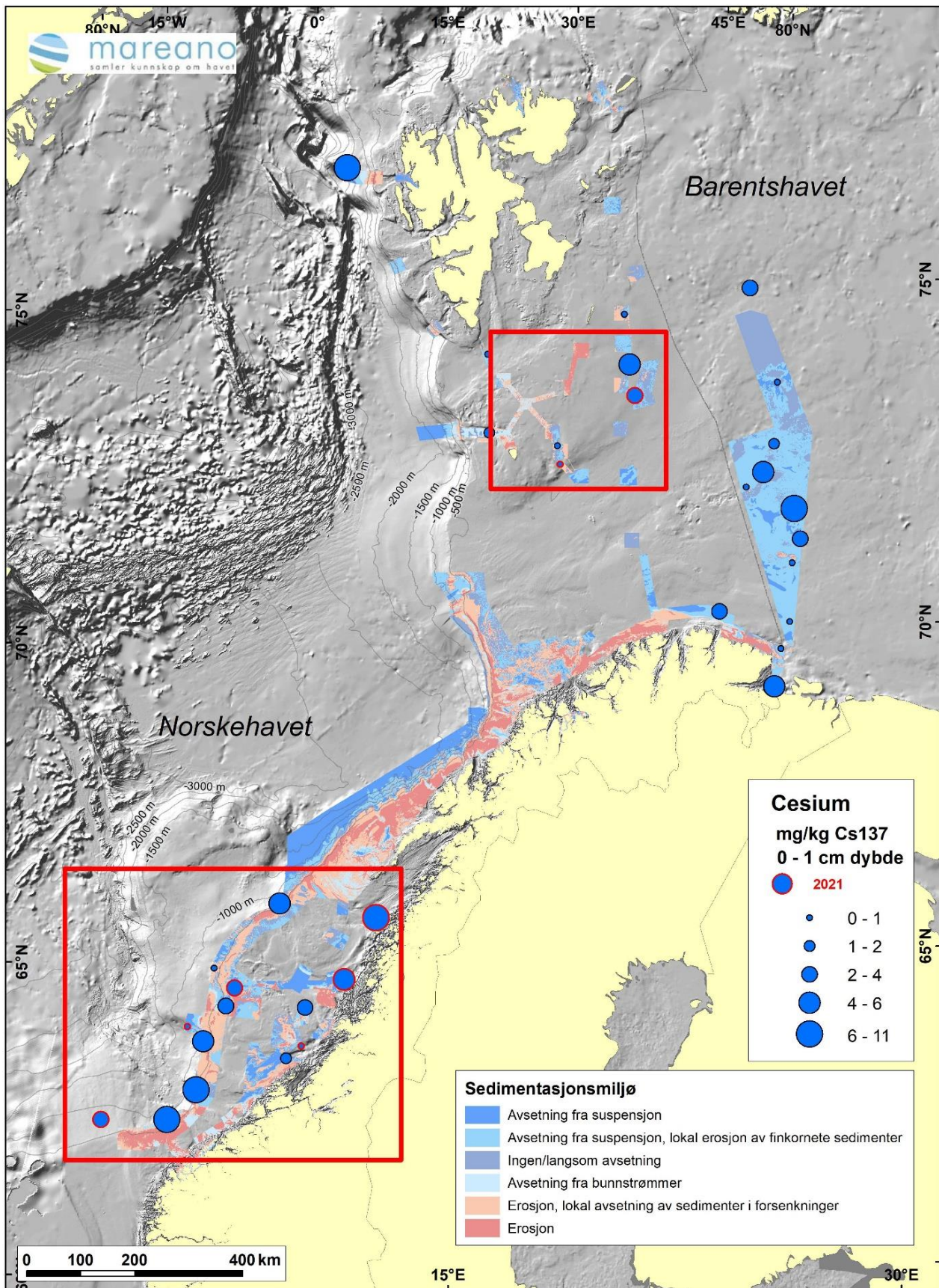
Figur 20. Nikkel i overflateprøver. Blå punkt angir tilstandsklasse I for kyst- og fjordsedimenter, grønne punkter tilstandsklasse II (30 – 42 mg/kg) og gule punkt tilstandsklasse III (42 – 271 mg/kg). Prøvene fra 2021-toktene er markert med rød ring.



Figur 21. Barium i overflatesedimenter. Prøvene fra 2021-toktene er markert med rød ring.



Figur 22. Barium i overflatesedimenter. Prøvene fra 2021-toktene er markert med rød ring.



Figur 23. Radioaktivt ^{137}Cs i overflatesedimenter. Prøver fra 2021 er markert med rød ring.

Resultatene fra tungmetall- og arsenanalysene av overflatesedimenter er oppsummert i Tabell 7, hvor tilstandsklassene er vist, samt antall prøver innenfor hver av tilstandsklassene i henhold til Miljødirektoratets klassifikasjonssystem for sedimenter (Miljødirektoratet, M608, 2016).

<http://www.miljodirektoratet.no/no/publikasjoner/2016/September-2016/Grenseverdier-for-klassifisering-av-vann-sediment-og-biota/>

Tabell 7. Metaller og arsen (29 stasjoner fra tokt 2021103, 2021104 og 2021115) i henhold til Miljødirektoratets tilstandsklasser for marine overflatesedimenter. Uthevet skrift viser antall prøver i overflateprøver i hver av klassene I-V.

Parametere	Forurensningsnivåer				
	I Bakgrunn	II God	III Moderat	IV Dårlig	V Svært dårlig
Arsen (mg/kg) As	<15 21	15-18 3	18-71 5	71 – 580 0	>580 0
Bly (mg/kg) Pb	<25 26	25 -150 3	150-1480 0	1480-2000 0	>2000 0
Kadmium (mg/kg) Cd	<0,25 29	0,25 – 2,5 0	2,5 –16 0	16 – 157 0	>157 0
Kobber (mg/kg) Cu	<20 23	20-84 6	84 0	84-114 0	>114 0
Krom (mg/kg) Cr	<60 29	60 – 660 0	660 – 6000 0	6000 – 15500 0	>15500 0
Kvikksølv (mg/kg) Hg	<0,050 27	0,05 – 0,52 2	0,52 – 0,75 0	0,75 – 1,45 0	>1,45 0
Nikkel (mg/kg) Ni	<30 22	30 – 42 6	42 – 271 1	271 – 533 0	>533 0
Sink (mg/kg) Zn	<90 28	90 – 139 0	139 – 750 1	750 – 6690 0	>6690 0

4.3 Analyser av sedimentkjerner

4.3.1 Visuell bedømmelse og XRI-analyser

Sedimentkjernene blir beskrevet ombord samtidig med at de blir delt opp i 1 cm tykke skiver. Det er tatt hele sedimentkjerner som tas med til laboratoriet, hvor de blir analysert med røntgen (XRI). Dette gjøres for å få en kvalitativ vurdering for valg av stasjoner for dateringsanalyse, og geokjemisk analyse av hele sedimentkjerner. XRI-bildene gir informasjon om blant annet lagdeling, om sedimentene er homogene, bioturbasjon og om det finnes større partikler som f.eks. gruspartikler eller skjell. Denne type data er viktige for vurdering av sedimentasjonsmiljøet. XRI-bildene er presentert i avsnitt 5.3.1. Eksempler for de forskjellige kjernene er presentert her i denne delen av rapporten, med vekt på sedimentkjerner fra stasjonene der det er gjennomført dateringsanalyser og kjemiske analyser i hele sedimentkjerner (kapittel 4.4).

Figur 24 og Figur 35 viser XRI-bilder av sedimentkjernene R2373 (Sognefjorden), R2401, R2438, R2454 (Garsholbanken), R2486 og R2524 (Eggakanten vest for Aktivneset), R2558 (NH01-BO1), R2596 (KB Folla), R2651 (KB Sklinna), R2669 (ytre Vestfjorden), R2770 (Kirkegården, Barentshavet) og R2869 (Spitsbergenbanken, Barentshavet).

Den 30 cm lange kjernen fra R2373 i Sognefjorden (Figur 24) er homogen. Det er noen forskjeller i kontrast med lysere og litt mørkere intervaller. Det kan skyldes bioturbasjon. Gradvis blir sedimentene mørkere lenger ned i sedimentkjernen. Det skyldes økt kompaktering av sedimentene i dypere lag.

Den 25 cm lange kjernen fra R2401, i den østlige delen av Garsholbanken, er homogen, med mindre kontraster mellom litt lysere og litt mørkere horisontale cm tykke lag (Figur 25), trolig forårsaket av biologisk aktivitet i sedimentene. Det lyse laget 4-5 cm under overflaten kan skyldes en oppsprekking av sedimentene. Dette skjer typisk når kjernen håndteres. R2438, også fra Garsholbanken, er ca. 30 lang (Figur 26). Kjernen ser homogen ut med små forskjeller i kontrast i vannrette lag. Forskjeller i lysere og mørkere lag skyldes sannsynligvis forskjeller i hvor tett sedimentene er pakket i graveganger versus sedimentene rundt. Den tredje og siste kjernen fra Garsholbanken, R2454, er ca. 31 cm lang, og har en fremtoning som R2438, med lysere og mørkere vannrette cm-tykke lag (Figur 27).

Den 27 cm lange kjernen fra R2486 fra Eggakanten vest for Aktivneset er forstyrret i de øverste få centimetrene (Figur 28). Den resterende delen av kjernen virker homogen med gradvis mørkere sedimenter mot dypet. Den mørkere fremtoningen skyldes økt kompaktering med økt dybde. R2524 (28 cm lang), også fra Eggakanten vest for Aktivneset (Figur 29), ser homogen ut, med gradvis mørkere fremtoning jo dypere i sedimentkjernen.

R2558 fra skråningen i NH01-BO1 viser tydelige graveganger fra 4 – 5 cm under overflaten og noen cm nedover (Figur 30). Det er både vannrette og loddrette spor, som henger sammen, og trolig da laget av samme bunnlevende dyr.

R2596 fra KB Folla har et homogent, lyst lag i de øverste 10 cm, fulgt av et ca. 5 cm mørkere lag under (Figur 31). Et ca. 2 cm stort mørkere objekt i et lysere lag ca. 15 cm under overflaten kan være en større

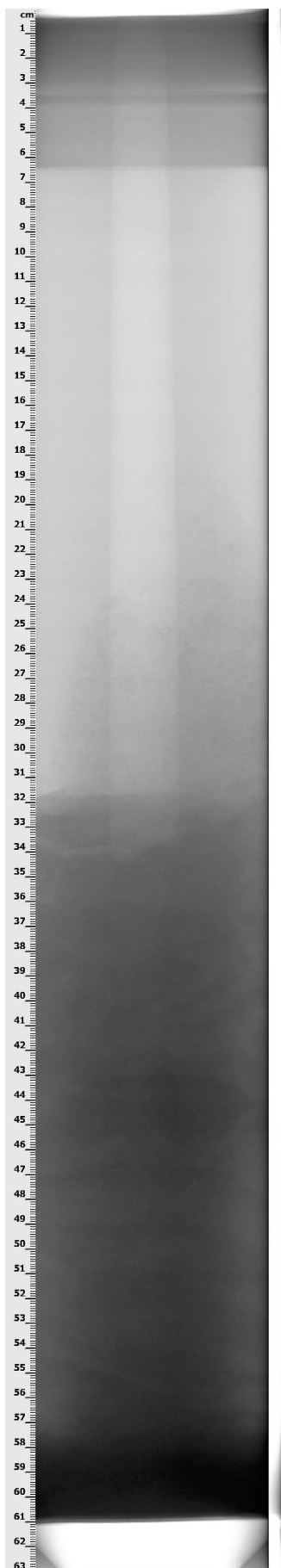
partikkel. Dypere i kjernen, ca. 25 cm under overflaten, er det noe som kan ligne på graveganger med et tverrsnitt på ca. 1 cm.

R2651 fra KB Sklinna (32 cm lang) er tydelig bioturberet (Figur 32). Dette ses spesielt fra ca. 20 cm under overflaten, med lysere graveganger sammenliknet med sedimentene rundt.

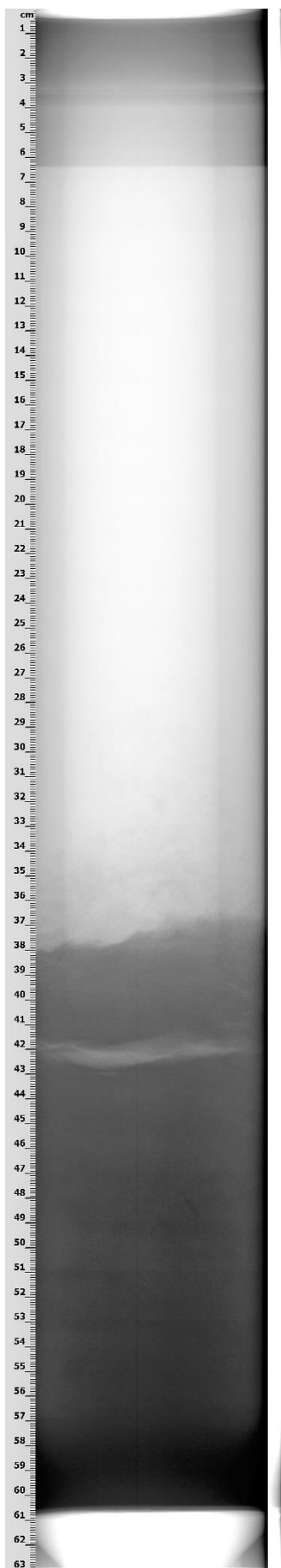
R2669 fra ytre Vestfjorden har mørke partikler i mm – cm størrelse ca. 15 cm under overflaten (Figur 33). Dette kan være grovere partikler i grus-fraksjonen eller annet materiale, evt. av biologisk opprinnelse.

R2770 fra Kirkegården har homogene sedimenter i de øverste 6 cm, fulgt av tydelige graveganger 6 – 10 cm under overflaten (Figur 34).

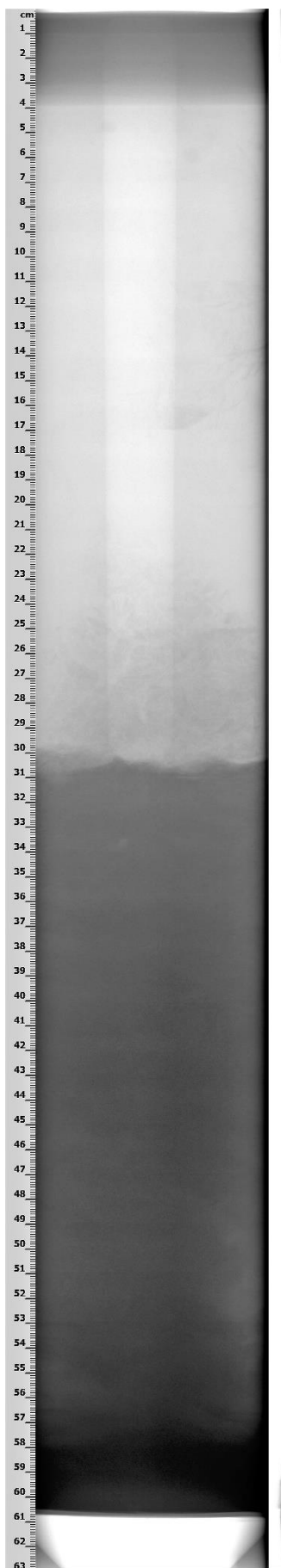
R2869 ser ut omtrent som R2770, med homogene sedimenter, brutt av mm – cm brede graveganger orientert horisontalt og skrått i et intervall 5 – 20 cm under overflaten (Figur 35). Gravegangene kan se ut til å være sammenhengende. Det viser hvor dypt bioturbasjonen går ned i sedimentene. Et intakt skjell ses helt i overflaten av kjernen (Figur 35).



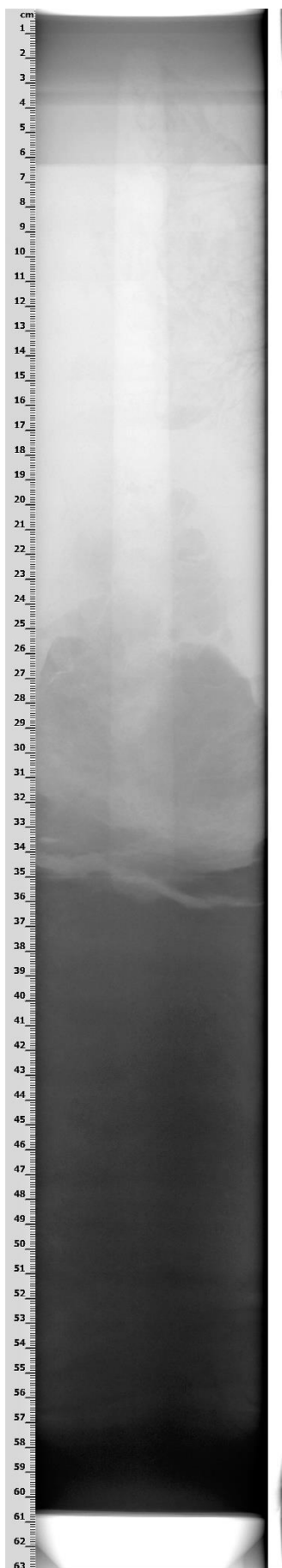
Figur 24. XRI-bilde av sedimentkjerne R2373MC001, Sognefjorden. Målestokk i cm-skala til venstre. Sedimentoverflaten er ved 32 cm.



Figur 25. XRI-bilde av sedimentkjerne R2401MC003, Garsholbanken. Målestokk i cm-skala til venstre. Sedimentoverflaten er ved 38 cm.



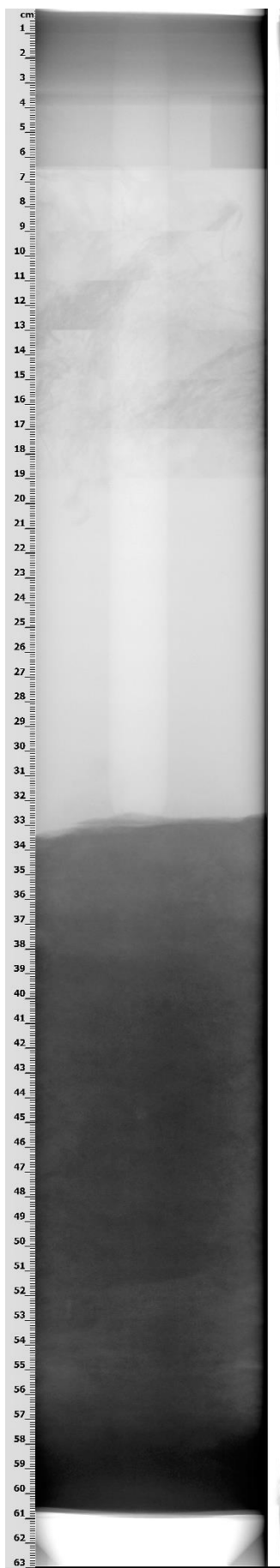
Figur 26. XRI-bilde av sedimentkjerne R2438MC005, Garsholbanken. Målestokk i cm-skala til venstre. Sedimentoverflaten er ved 30 cm.



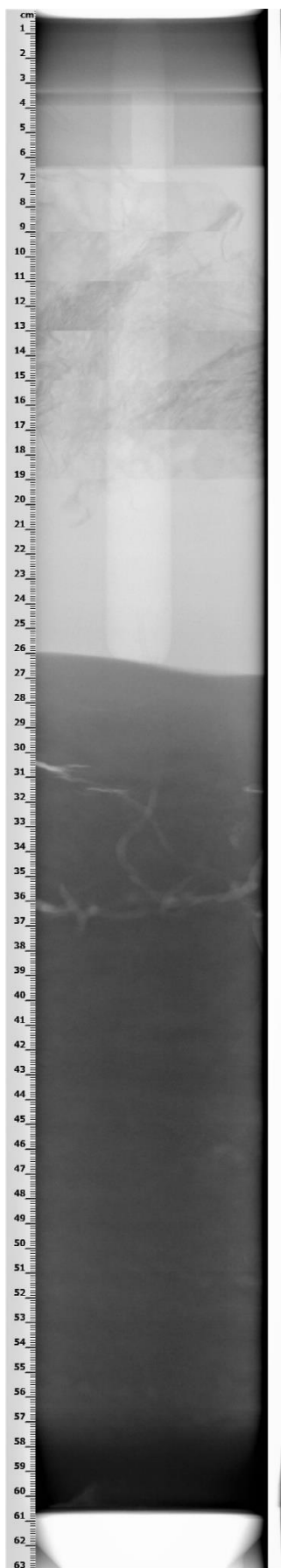
Figur 27. XRI-bilde av sedimentkjernen R2454MC006 (Garsholbanken). Målestokk i cm-skala til venstre. Sedimentoverflaten er ved 34 cm.



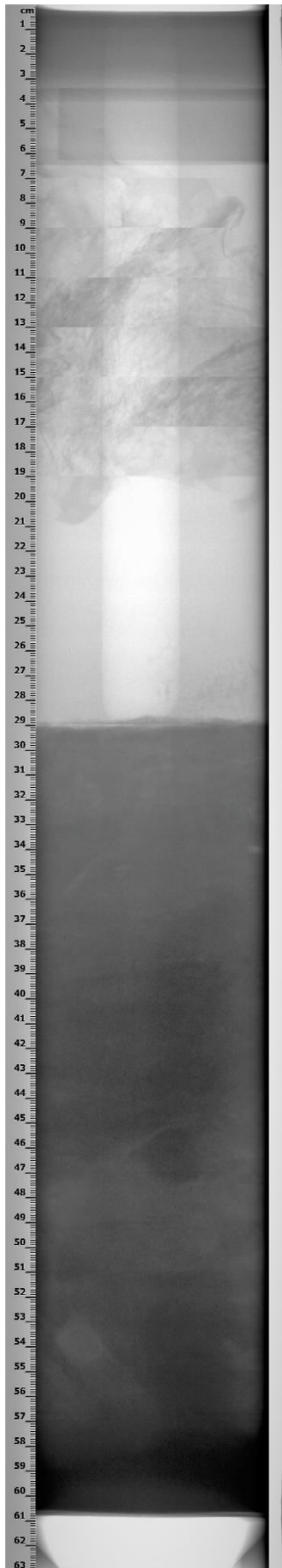
Figur 28. XRI-bilde av sedimentkjerne R2486MC007, Eggakanten vest for Aktivneset. Målestokk i cm-skala til venstre. Sedimentoverflaten er ved 33 cm.



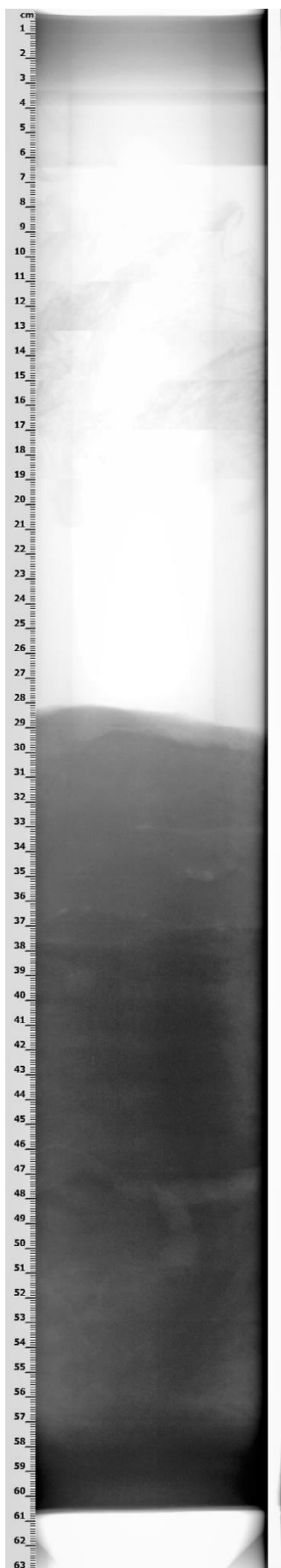
Figur 29. XRI-bilde av sedimentkjerne R2524MC008, Eggakanten vest for Aktivneset. Målestokk i cm-skala til venstre. Sedimentoverflaten er ved 33 cm.



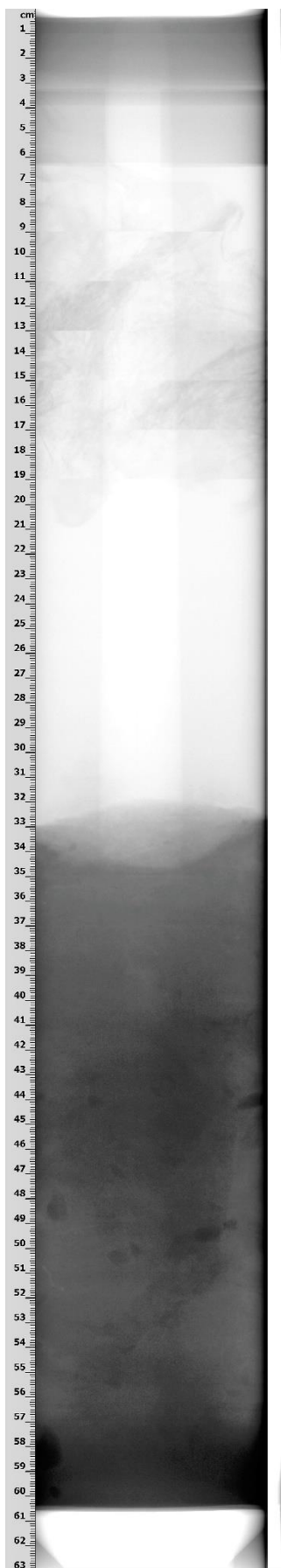
Figur 30. XRI-bilde av sedimentkjerne R2558MC009, NH01 BO1. Målestokk i cm-skala til venstre. Sedimentoverflaten er ved 26 cm.



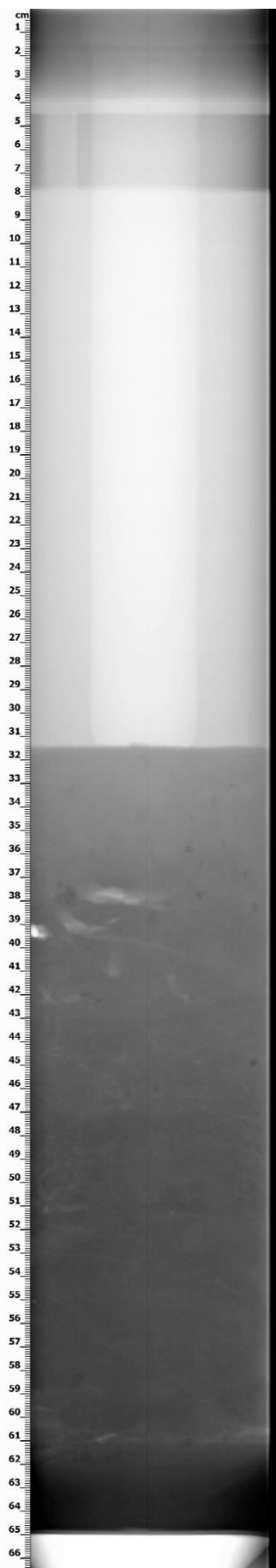
Figur 31. XRI-bilde av sedimentkjerne R2596MC012, KB Folla. Målestokk i cm-skala til venstre. Sedimentoverflaten er ved 29 cm.



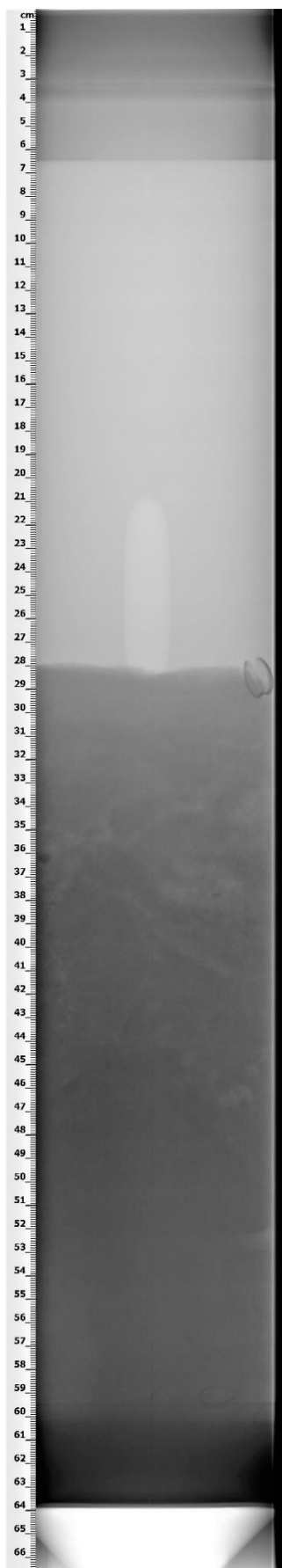
Figur 32. XRI-bilde av sedimentkjerne R2651MC013, KB Sklinna. Målestokk i cm skala til venstre. Sedimentoverflaten er ved 28 cm.



Figur 33. XRI-bilde av sedimentkjerne R2669MC015, ytre Vestfjorden. Målestokk i cm-skala til venstre. Sedimentoverflaten er ved 33 cm.



Figur 34. XRI-bilde av sedimentkjerne R2770MC017, «Kirkegården», Barentshavet. Målestokk i cm-skala til venstre. Sedimentoverflaten er ved 31,5 cm.

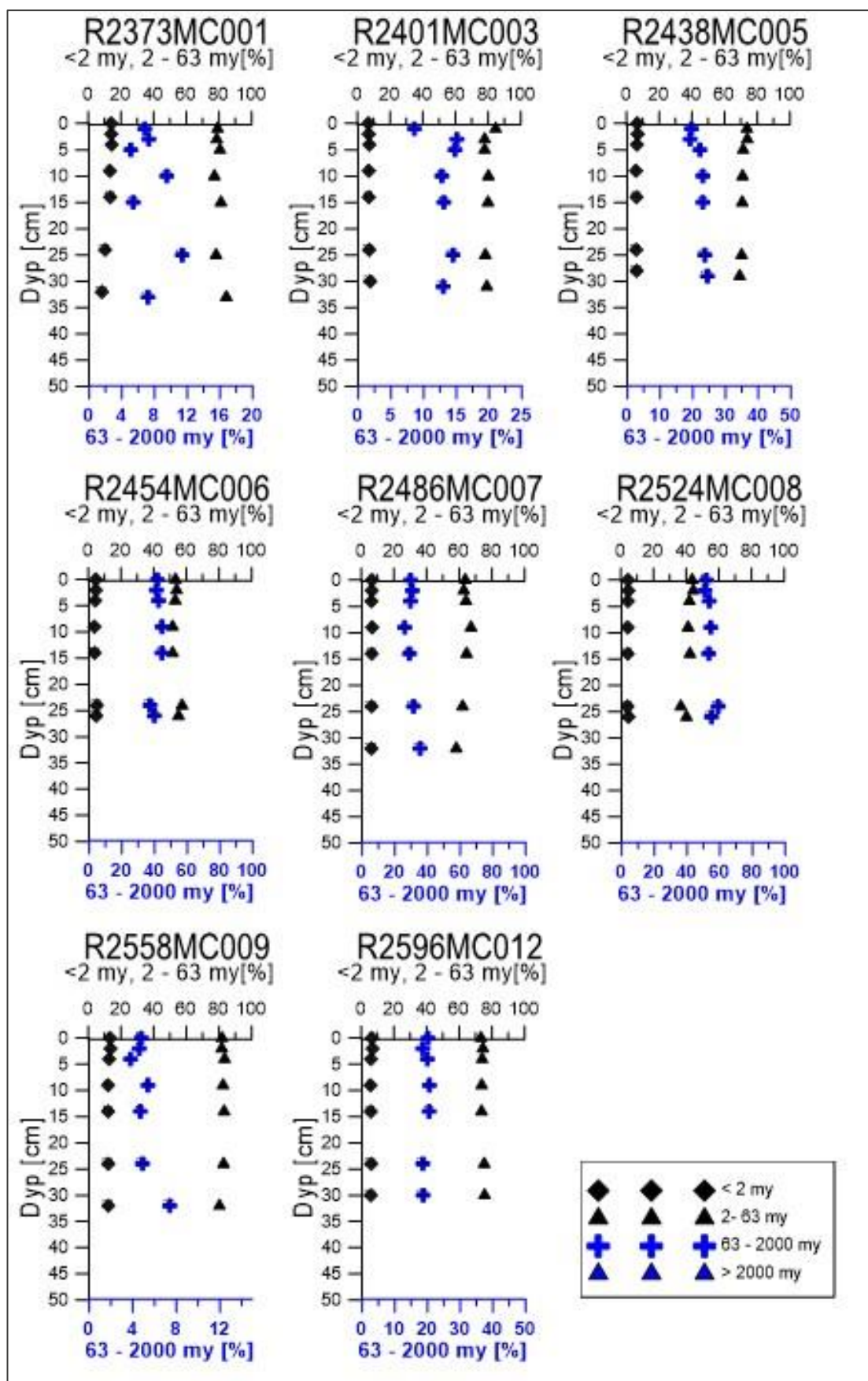


Figur 35. XRI-bilde av sedimentkjerne R2869MC019, Spitsbergenbanken, Barentshavet. Intakt skjell i overflaten av sedimentkjernen øverst til høyre. Målestokk i cm-skala til venstre. Sedimentoverflaten er ved 28 cm.

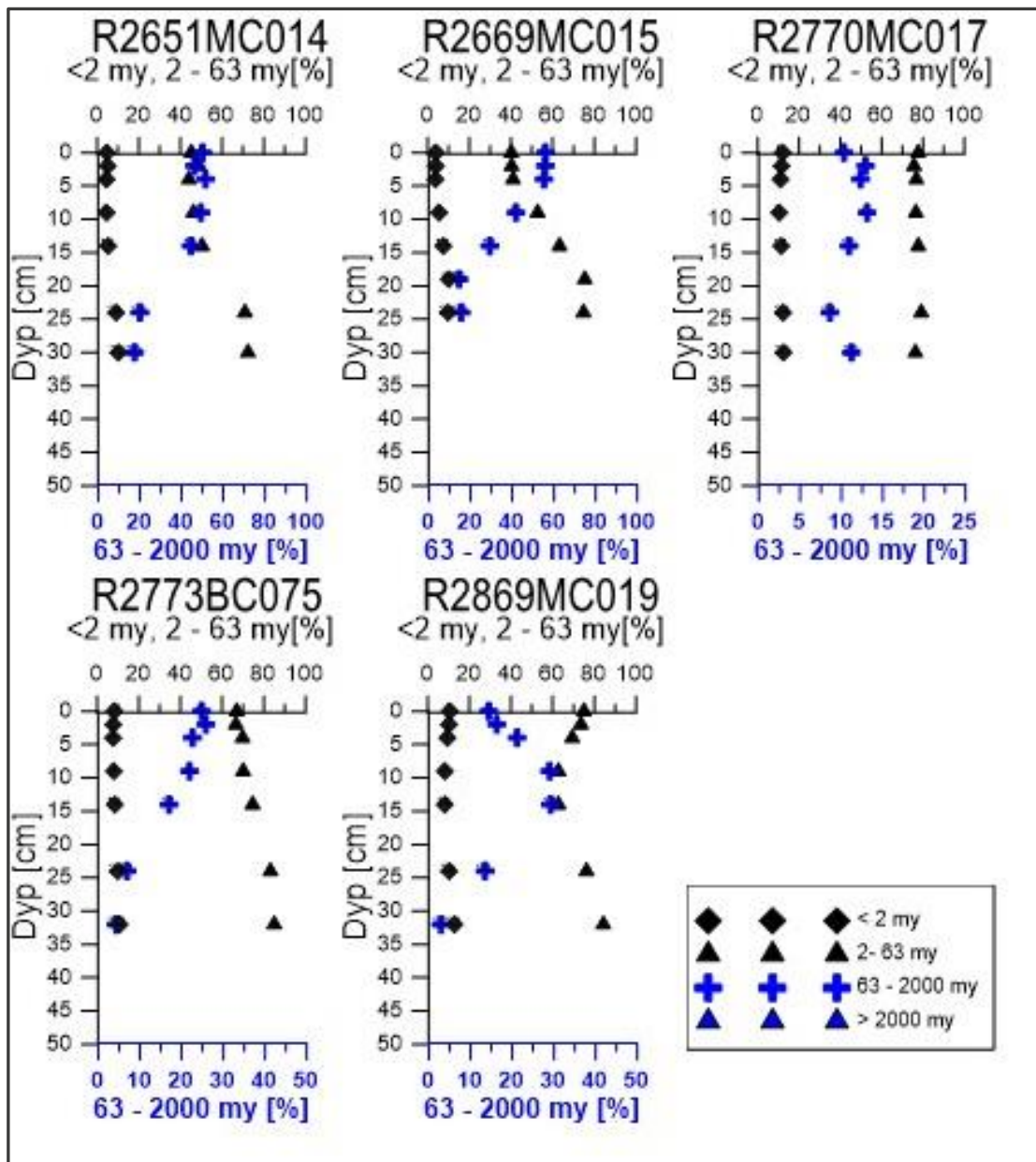
4.3.2 Kornstørrelsesfordeling i sedimentkjerner

I alt 13 sedimentkjerner R2373 (Sognefjorden), R2401, R2438, R2454 (Garsholbanken), R2486 og R2524 (Eggakanten vest for Aktivneset), R2558 (NH01-BO1), R2596 (KB Folla), R2651 (KB Sklinna), R2669 (ytre Vestfjorden), R2770 og R2773 (Kirkegården) og R2869 (Spitsbergenbanken) er analysert for kornstørrelsesfordeling. Metode for kornstørrelsesanalyse er dekt i kapittel 3. Kornstørrelsesfordelingen er delt inn i leire (<2 µm), silt (2-63 µm), sand (63-2000 µm) og grus (>2000 µm). Kornstørrelsesfordelingen er en viktig faktor for vurdering av avsetningsmiljøet med tanke på strømforhold og avsetningsforhold. Høy andel finstoff (slam) (leir + silt) er uttrykk for gode avsetningsforhold. Mer sandholdige sedimenter er uttrykk for et høyere energinivå, som ikke tillater avsetning av leir og silt i samme omfang.

Kornstørrelsesfordelingene er vist i Figur 36 og Figur 37. R2373 fra Sognefjorden har høy andel finstoff i hele sedimentkjernen. I de tre sedimentkjernene fra Garsholbanken, R2401, R2438 og R2454 er det høyest andel finstoff i R2401, som ligger i den østlige delen av Garsholbanken, mens det er gradvis mer sand i R2438 og R2454. R2486 og R2524 fra Eggakanten vest for Aktivneset har store forskjeller i fordeling av spesielt silt og sand. R2486 har betydelig større andel silt og finstoff sammenlignet med R2524, hvor sand utgjør den største delen av sedimentene med 50 – 60 %. R2558 fra NH01-BO1 har høy andel finstoff (>90 %). R2596 fra KB Folla har ca. 80 % finstoff og 20 % sand. R2651 fra KB Sklinna (Figur 37) har relativ stor variasjon i silt og sand, med størst andel silt i de to nederste prøvene. Heretter skjer et markant skifte til mer sandholdige sedimenter. De to sedimentkjernene fra området Kirkegården, R2770 og R2773, er forskjellige. Førstnevnte har stabile andeler av silt, leire og sand, hvor finstoff utgjør omtrent 90 % gjennom hele sedimentkjernen, mens det for R2773 er en økende andel sand mot toppen av kjernen. Tilsvarende minker andel silt mot toppen av sedimentkjernen. Stasjon R2869 fra Spitsbergenbanken har fra nederst en markant reduksjon i andel silt til prøven ved 9-10 cm for deretter å øke igjen mot toppen av sedimentkjernen (Figur 37).



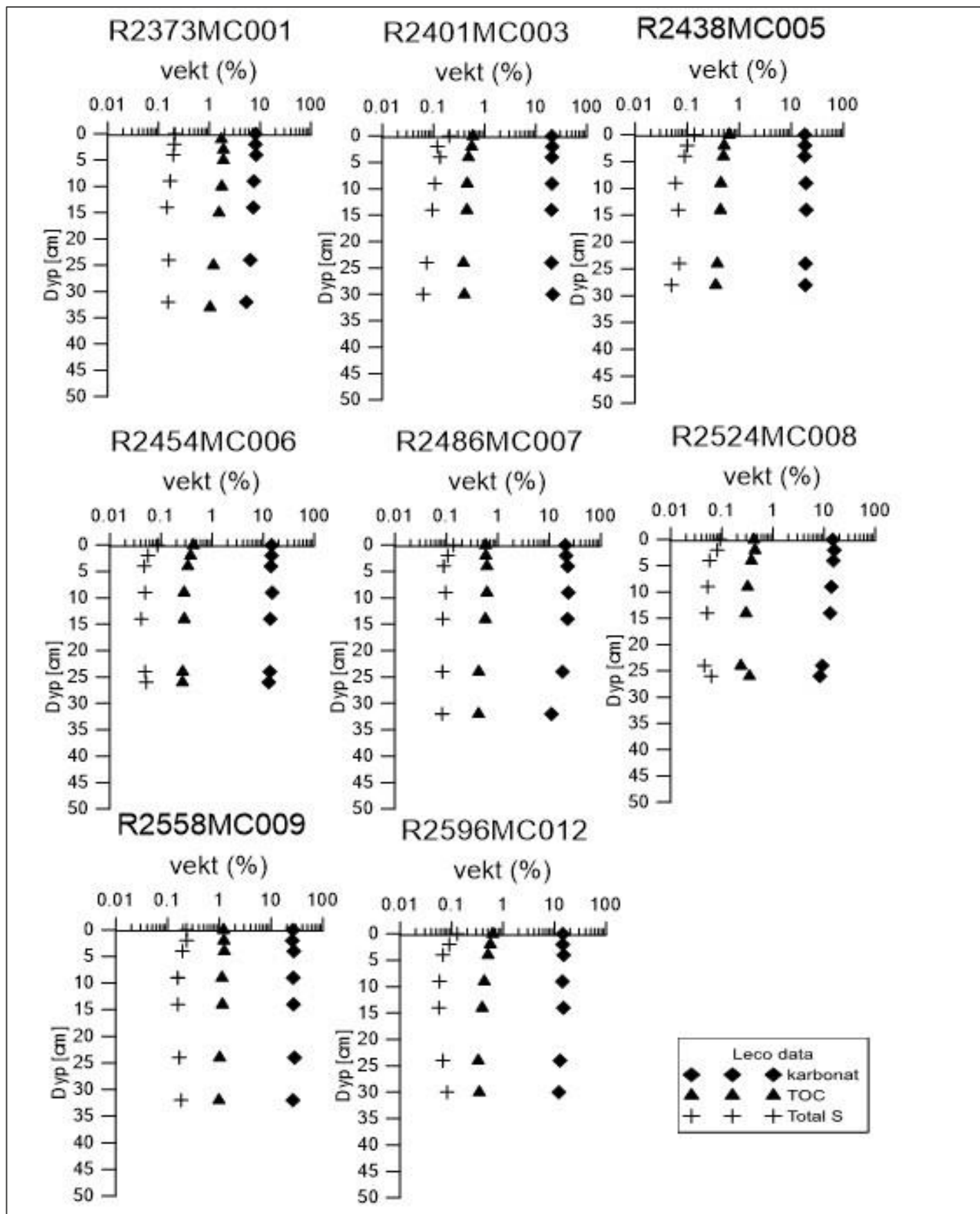
Figur 36. Kornstørrelsesfordeling med leire (<2 μm), silt (2-63 μm), sand (63-2000 μm) og grus (>2000 μm) i 8 sedimentkjerner.



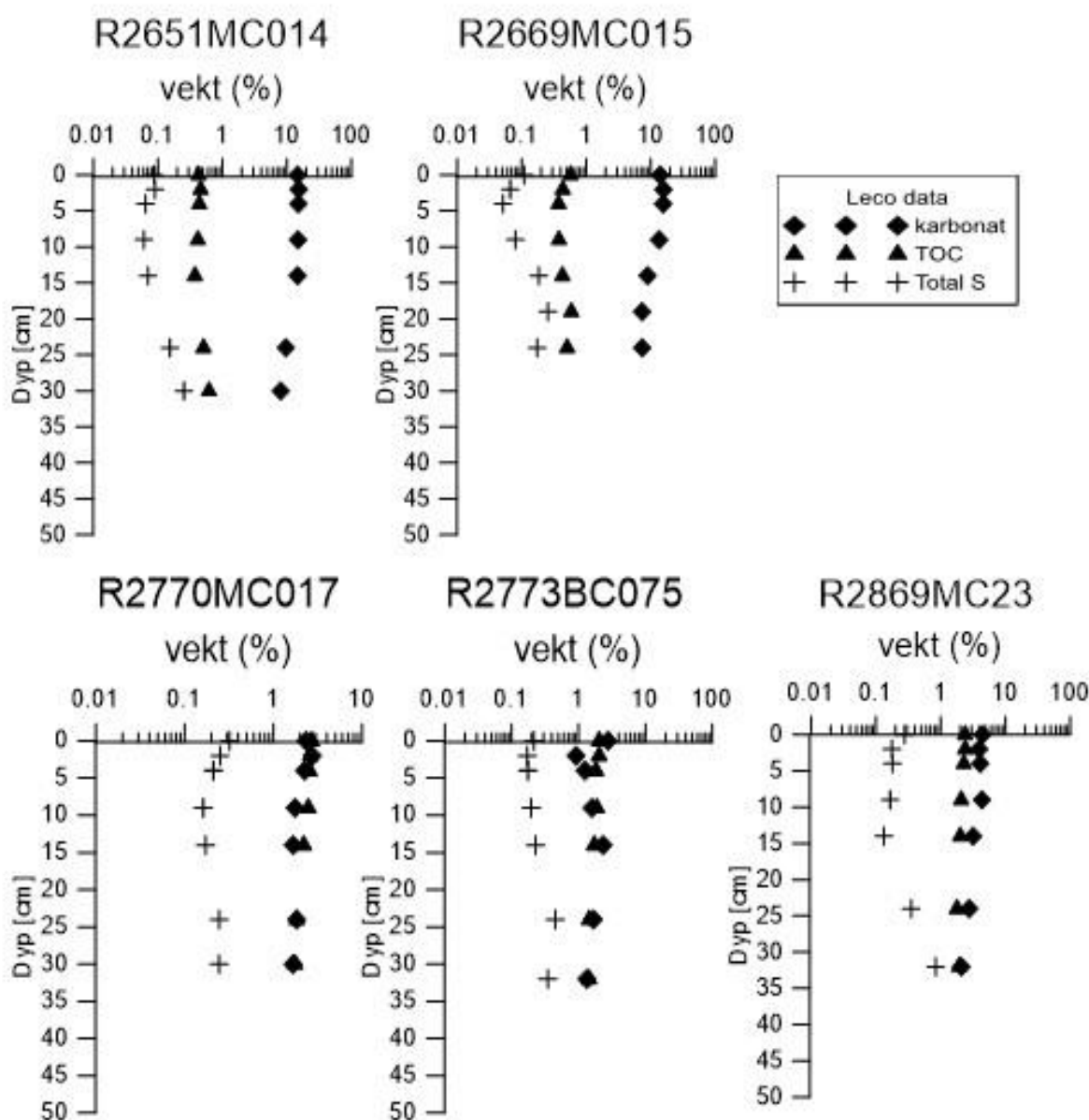
Figur 37. Kornstørrelsesfordeling med leire (<2 μm), silt (2-63 μm), sand (63-2000 μm) og grus (>2000 μm) i 5 sedimentkjerner.

4.3.3 Total organisk karbon, karbonat og svovel

Innholdet av total organisk karbon (TOC), total svovel (TS) og karbonat for 13 sedimentkjerner er presentert i Figur 38 og Figur 39: R2373 fra Sognefjorden, tre stasjoner fra Garsholbanken (R2401, R2438, R2454), to stasjoner fra Eggakanten vest for Aktivneset (R2486, R2524), 1 stasjon fra NH01-BO1 (R2558), 1 stasjon fra KB Folla (R2596), 1 stasjon fra KB Sklinna (R2651), 1 stasjon fra ytre Vestfjorden (R2669), 2 stasjoner fra Kirkegården (R2770, R2773) og 1 stasjon fra Spitsbergenbanken (R2869). R2373 fra Sognefjorden har TOC-verdier fra ca. 1 vektprosent nederst til ca. 2 vektprosent i de øverste prøvene. Karbonat utgjør i underkant av 10 vektprosent gjennom hele sedimentkjernen. TS er omtrent 0,2 vektprosent. De tre sedimentkjernene fra Garsholbanken har stabile TOC-verdier i sedimentkjernene, i størrelsesorden 0,4 – 0,6 vektprosent i R2401 og R2438, mens det er lavere TOC i R2454 med 0,3-0,4 vektprosent (Figur 38). Tilsvarende er andel karbonat høyest i R2401 med 20 – 21 vektprosent. R2438 har litt mindre karbonat med 18-19 vektprosent. R2454 har 13-15 vektprosent karbonat. TS utgjør mest i R2401 sammenlignet med både R2438 og R2454. Dette kan sannsynligvis knyttes til høyere TOC i R2401, noe som kan føre til mer binding av svovel i sedimentene ved sulfatreduksjon av organisk materiale øverst i sedimentene. R2486, Eggakanten vest for Aktivneset, har litt høyere TOC med 0,4 – 0,6 vektprosent sammenlignet med R2524, hvor TOC varierer fra litt mer enn 0,2 til ca. 0,45 vektprosent (Figur 38) med høyest TOC andel øverst i begge sedimentkjerner. Andel karbonat viser samme trend som TOC: noe høyere andel med 11 – 23 vektprosent i R2486 og 8 – 15,8 vektprosent i R2524. TS er litt høyere i R2486 enn i R2524, med 0,09 – 0,13 vektprosent i R2486 og 0,05 – 0,09 vektprosent i R2524. TOC i R2558 fra NH01 BO1 er på ca. 1- 1,2 vektprosent. Andel karbonat er relativt stabil varierende fra 24 til 28 vektprosent. Sedimentkjernene fra KB Folla, R2596 (Figur 38) og R2651 fra KB Sklinna samt R2669 fra Ytre Vestfjorden (Figur 39). R2596 (KB Folla) har økende TOC fra drøye 0,3 vektprosent nederst til 0,6 vektprosent øverst. R2651 har en motsatt trend med høyst andel TOC på ca. 0,6 vektprosent nederst til ca. 0,4 vektprosent øverst. Denne endring er sammenfallende med at andel finstoff reduseres markant fra bunn til øverst i R2651 i KB Sklinna. I R2669 varierer TOC fra mindre enn 0,4 vektprosent til litt under 0,6 vektprosent. Karbonat-andelen i R2596 (KB Folla) er ganske stabil med 12 – 15 vektprosent. I R2651 varierer andel karbonat fra 8 vektprosent nederst til 15 vektprosent. Tilsvarende er det økning fra drøye 7 vektprosent nederst til 15,7 vektprosent høyere oppe i sedimentkjernen. En tilsvarende trend med økt karbonatinnhold mot toppen ses i R2669. TS er stabilt til stede i R2596 med 0,6 – 0,9 vektprosent uten store variasjoner. R2651 har høyest TS nederst med 0,25 vektprosent og markant mindre høyere oppe. Dette kan ses i sammenheng med at sedimentene blir grovere høyere oppe (kap. 4.3.2), som indikerer en markant endring i avsetningsmiljø med grovere sedimenter. De to sedimentkjernene fra Kirkegården, R2770 og R2773, har TOC fra 1,8 til 2,7 vektprosent i R2770, og mindre TOC på 1,4 til 2,0 vektprosent i R2773 (Figur 39). R2869, Spitsbergenbanken, har TOC fra 1,8 til 2,4 vektprosent. For de tre sedimentkjernene R2770, R2773 og R2869, er karbonatandelen mindre enn 5 vektprosent. TS er i størrelsesorden 0,2 – 0,3 vektprosent for de tre sedimentkjernene fra Kirkegården og Spitsbergenbanken (Figur 39).



Figur 38. Total organisk karbon (TOC), karbonat og total svovel (TS) i vektprosent. X-skalaen (vektprosent) er logaritmisk.



Figur 39. Total organisk karbon (TOC), karbonat og total svovel (TS) i vektprosent. X-skalaen (vektprosent) er logaritmisk.

4.3.4 Blyisotop 210 (^{210}Pb), ^{137}Cs -målinger og sedimentakkumulasjonsrater

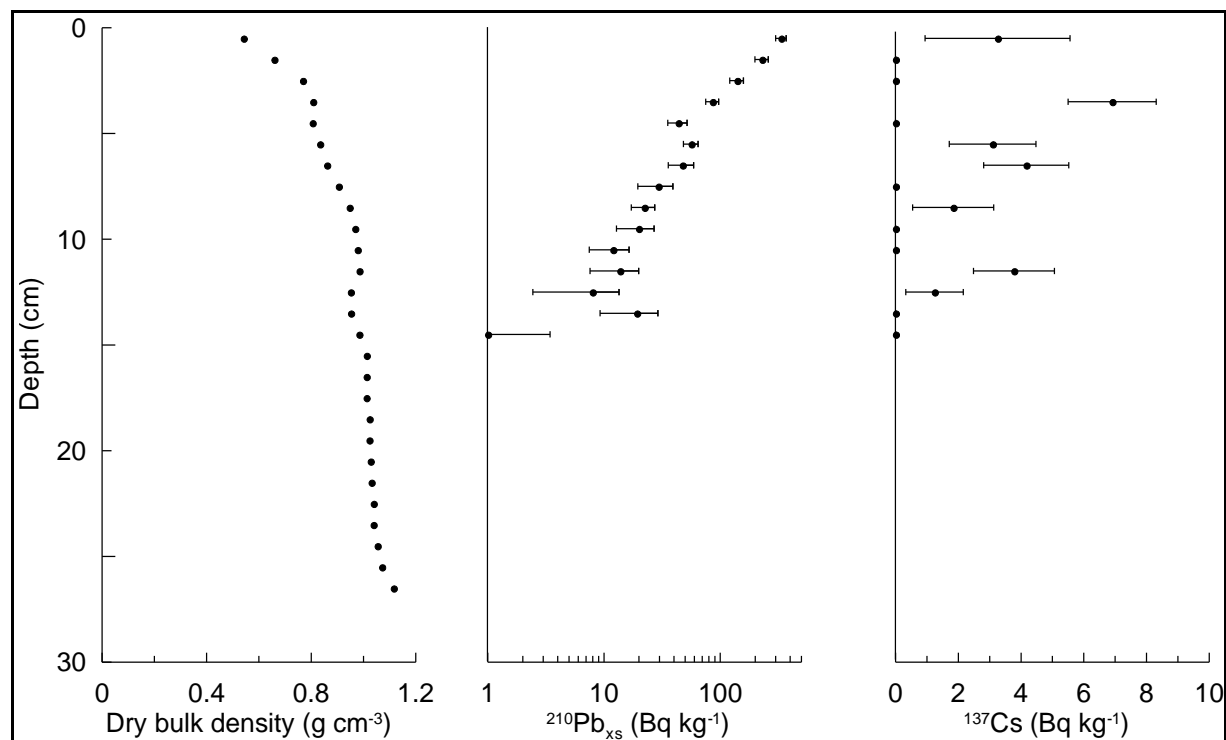
Bestemmelse av sedimentakkumulasjonsrater i utvalgte sedimentkjerner er viktig for å vurdere om det skjer tilførsel av sedimenter, og hvorvidt denne tilførselen er stabil eller preget av perioder med manglende avsetning. Daterte sedimentkjerner gir også informasjon om tilførsel av forurensende stoffer i moderne tid. Alderen på de øverste sedimentlagene og akkumulasjonsrater kan bestemmes ved måling av ^{210}Pb -aktiviteten i sedimentene. Isotopen ^{210}Pb har en halveringstid på 22,3 år. Bakgrunnsverdien for ^{210}Pb bestemmes ut fra mengden av bakgrunnsstråling ^{210}Pb («supported» ^{210}Pb), som er uavhengig av

sedimentasjon. Bestemmelsen av ^{210}Pb -bakgrunnsstråling skjer fra de dypere sjiktene i sedimentene, hvor konsentrasjonen er konstant fordi all ^{210}Pb («unsupported» ^{210}Pb) fra atmosfærisk nedfall er nedbrutt. I tillegg til ^{210}Pb -datering, ble cesiumisotoper (^{137}Cs) målt i alle kjernene for å identifisere begynnelsen av atomprøvesprengninger i 1950- og 1960-årene. I moderne tid er disse sprengningene den største kilden til radioaktiv forurensing av miljøet og det største utslaget er i 1963. Økte konsentrasjoner av ^{137}Cs i marine sedimenter kan ikke bare indikere begynnelsen av atomprøvesprengninger, men også radioaktive ulykker i Tsjernobyl (Ukraina) i 1986, og Fukushima (Japan) i 2011.

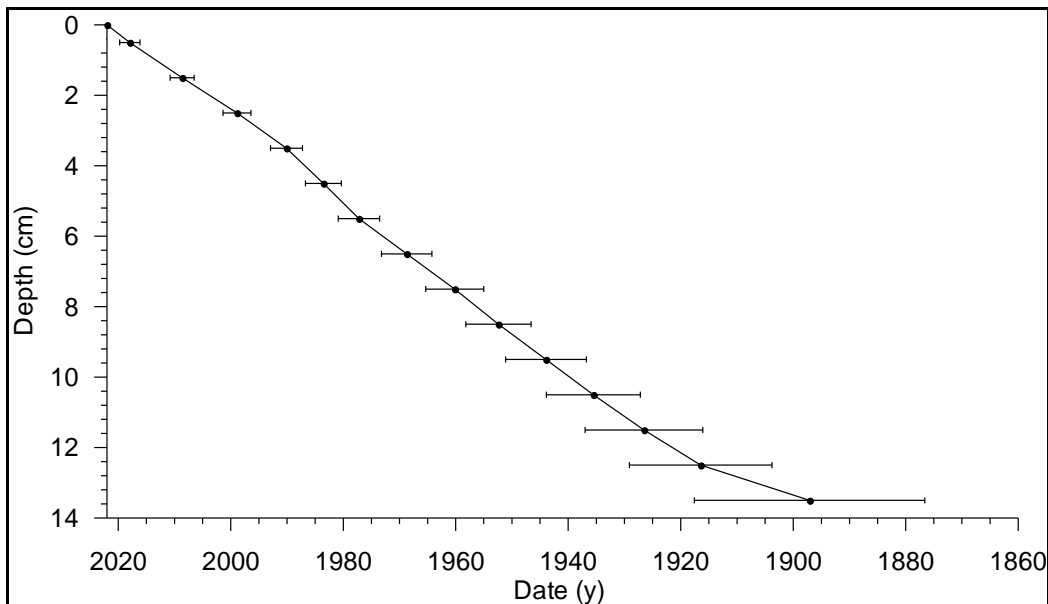
Datering og bestemmelse av akkumulasjonsrater ble gjennomført på 8 sedimentkjerner; R2438 (Garsholbanken), R2486 (Eggakanten vest for Aktivneset), R2558 (NH01-BO1), R2596 (KB Folla), R2651 (KB Sklinna), R2669 (ytre Vestfjorden), R2770 (Kirkegården) og R2869 (Spitsbergenbanken) (ref. Tabell 2).

Kjerne R2438MC005, Garsholbanken

R2438 på Garsholbanken har middels høy ^{210}Pb -aktivitet (Figur 40) med tydelig eksponentielt lavere verdier ned til 14 cm. Under 14 cm er det ikke mulig å måle unsupported ^{210}Pb . Alder versus dyp er mulig å dra ned til 14 cm, som vist i Figur 40. Alderen for dette dypet er beregnet til 1897, slik at den beregnede sedimentasjonsrate for R2438 blir 1,1 mm/år i perioden 1897 – 2021. ^{137}Cs har et maksimum på 7 Bq/kg sediment ved 3 – 4 cm (Figur 40), som med stor sannsynlighet svarer til Tsjernobyl (1986). Alder versus dyp basert på ^{210}Pb -dataene er presentert i Figur 41. Prøver ned til 13-14 cm kan brukes for aldersdateringen som tilsier at sedimentene ved 13-14 cm er fra ca. år 1900.



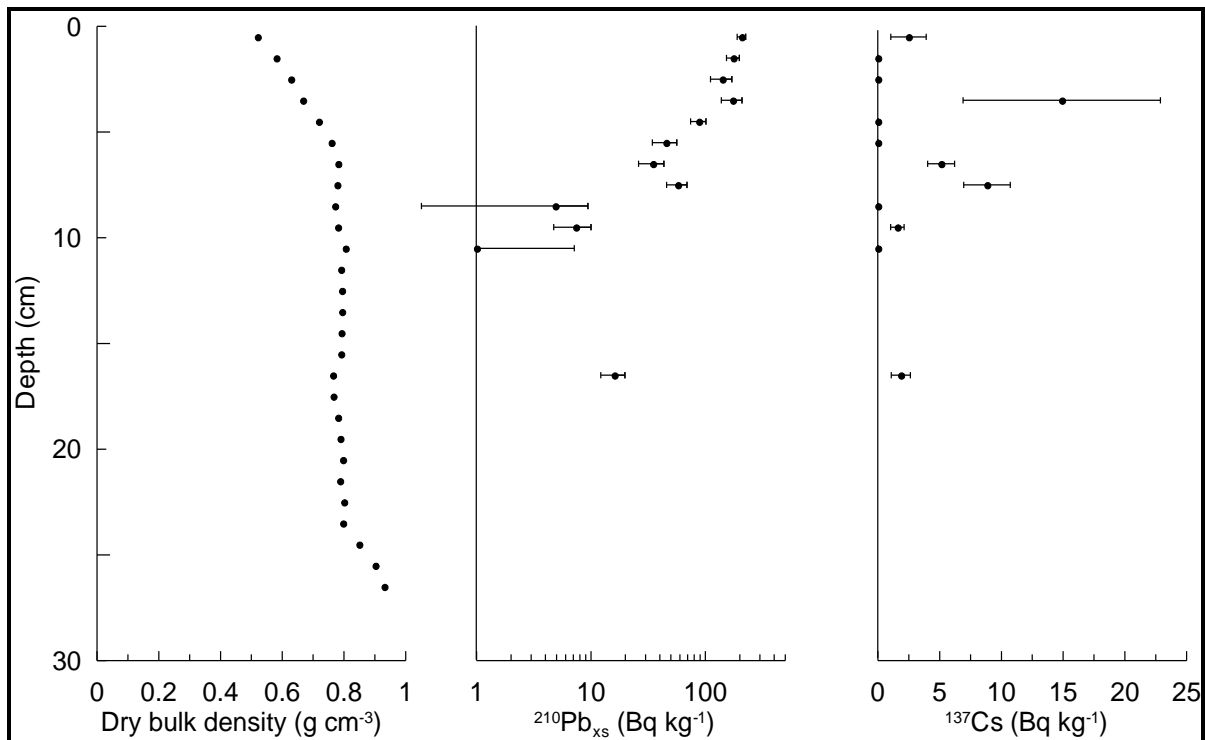
Figur 40. Tetthet, unsupported ^{210}Pb - og ^{137}Cs -aktivitetsmålinger i R2438MC005, Garsholbanken.



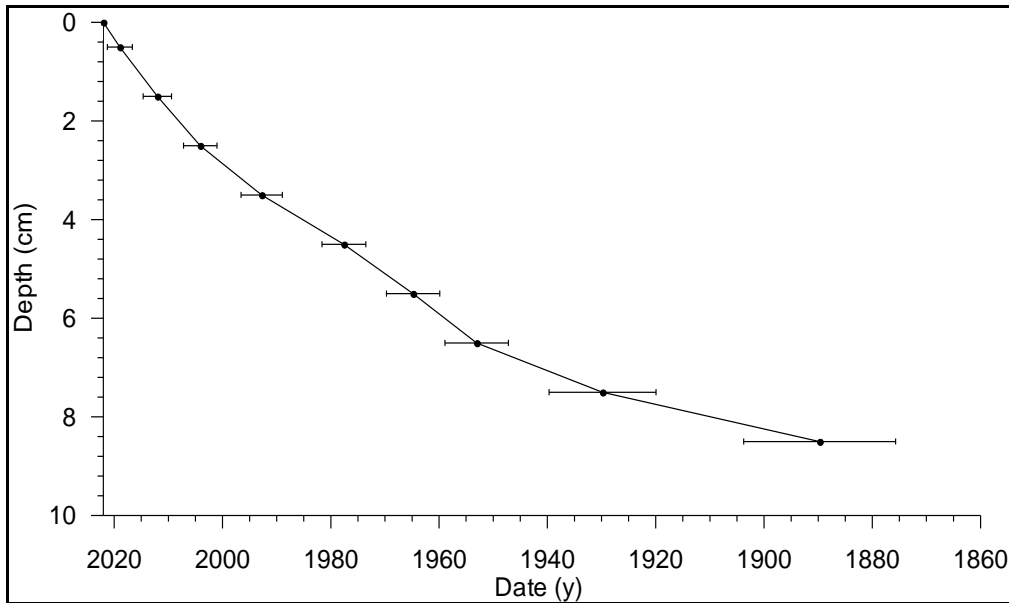
Figur 41. Alder versus dyp i sedimentene i R2438MC005, Garsholbanken.

R2486MC007 – Eggakanten vest for Aktivneset

Denne sedimentkjernen har lavere unsupported ^{210}Pb aktivitet sammenlignet med R2438MC005 fra Garsholbanken. ^{210}Pb avtar eksponentielt fra toppen av sedimentkjernen til 9 cm under overflaten (Figur 42). Omregnet alder versus dyp er vist i Figur 43. Her gir de målbare unsupported ^{210}Pb data ned til 9 cm tilsvarende 1890, og en sedimentasjonsrate på 0,7 mm for denne perioden. ^{137}Cs profilen i Figur 42 viser et maksimum på 15 Bq/kg sediment ved 3-4 cm, sannsynligvis tilsvarende 1986 og Tsjernobyl-utslippet. Aldersmodellen i Figur 43 gir en alder på ca. 1890 i prøven ved 8-9 cm.



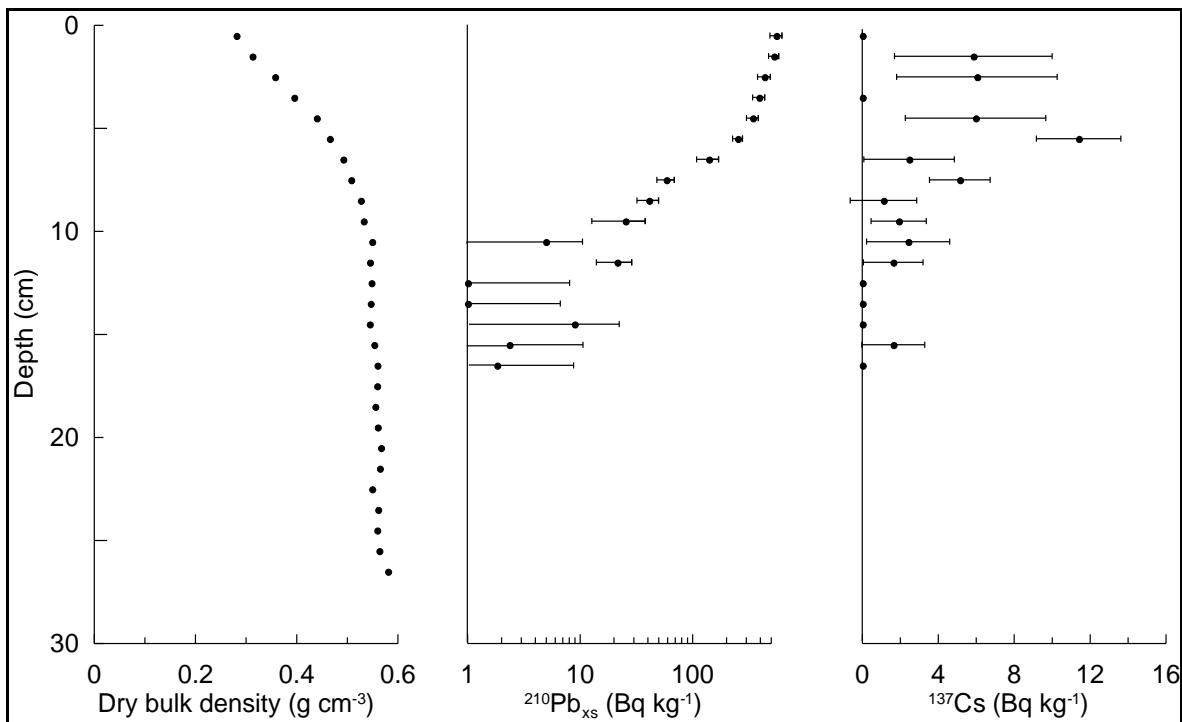
Figur 42. Tettethet, unsupported ^{210}Pb - og ^{137}Cs -aktivitetsmålinger i R2486MC007, Eggakanten vest for Aktivneset.



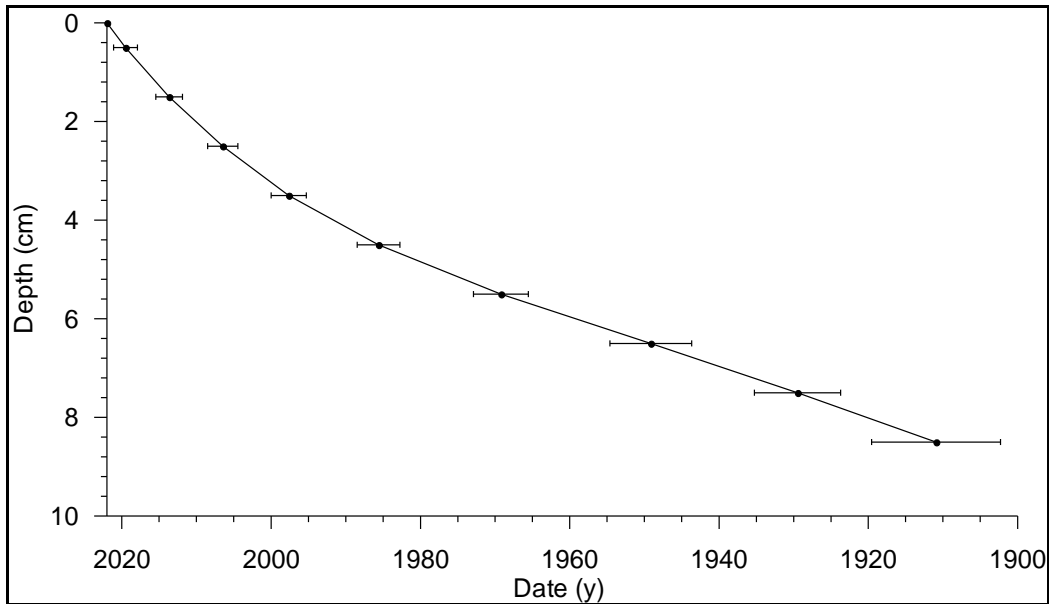
Figur 43. Alder versus dyp i sedimentene i R2486MC007, Eggakanten vest for Aktivneset.

R2558MC009 – NH01-BO1

Denne stasjonen på skråningen (1034 m havdyp) har høy unsupported ^{210}Pb aktivitet (Figur 44), sannsynligvis knyttet til de finkornete sedimentene (kap. 4.3.2). ^{210}Pb målingene viser en eksponentiell nedgang fra toppen av sedimentkjernen til 8-9 cm under overflaten og noe mer variabelt lave ^{210}Pb -verdier dypere. Her gir de målbare unsupported ^{210}Pb data tilsvarende 1911 en sedimentasjonsrate på 0,8 mm for denne perioden (Figur 45). ^{137}Cs maksimal verdi på 11 Bq/kg sediment finnes i 5-6 cm-intervallet. Denne maksimale ^{137}Cs verdien kan svare til utslippet fra Tsjernobyl (1986), alternativt 1950-1960 tallet.



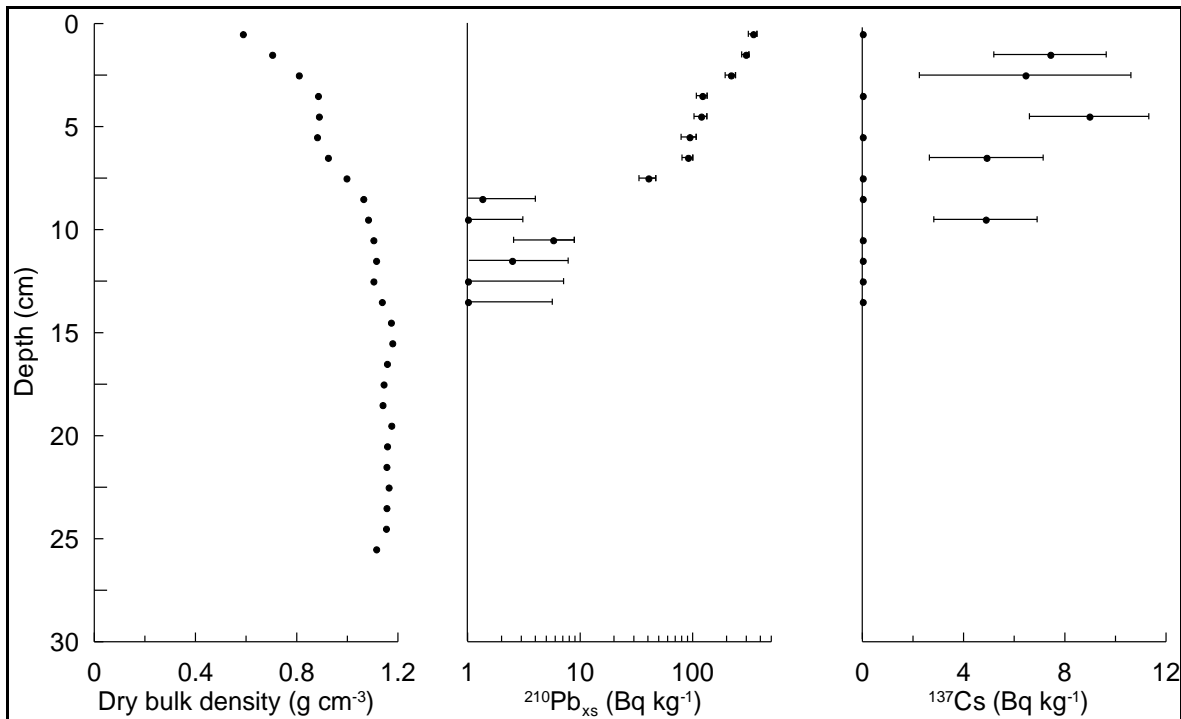
Figur 44. Tetthet, unsupported ^{210}Pb - og ^{137}Cs -aktivitetsmålinger i R2558MC009, NH01-BO1.



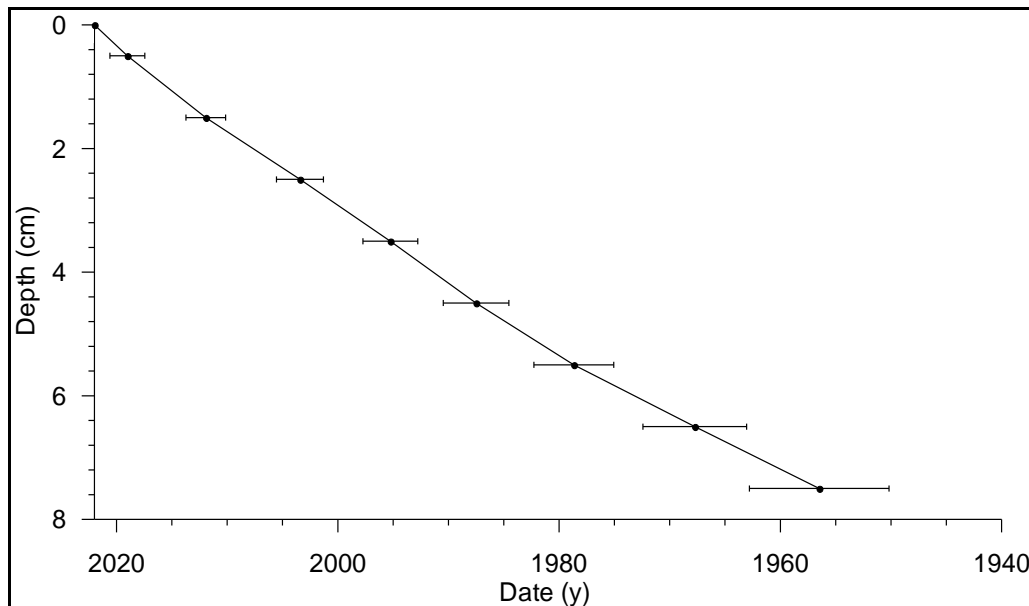
Figur 45. Alder versus dyp i sedimentene i R2558MC009 (NH01-BO1).

R2596MC012 – KB Folla

Denne stasjonen utenfor Trøndelagkysten (Figur 1) har middels høye ^{210}Pb -unsupported verdier og eksponentiell avtakende verdier fra toppen av sedimentkjernen til prøven ved 7-8 cm (Figur 46), hvor ^{210}Pb verdien faller markant i prøvene under. ^{137}Cs har maksimal konsentrasjon på 9 Bq/kg sediment i prøven ved 4-5 cm. Det er også relativt høye nivå med 7 Bq/kg sediment i prøven ved 1-2 cm. Basert på alder versus dyp i Figur 47 så er det sannsynligvis 1986 (Tsjernobyl) i 4-5 cm-intervallet.



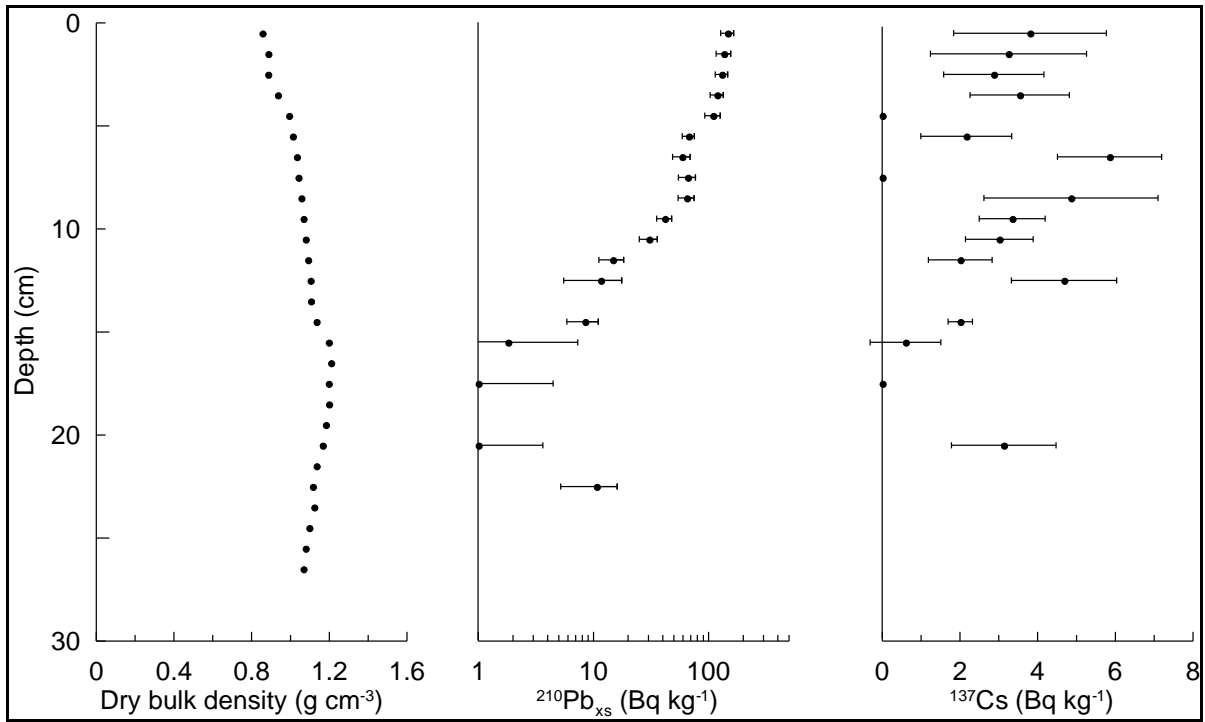
Figur 46. Tetthet, ^{210}Pb -unsupported og ^{137}Cs -aktivitetsmålinger i R2596MC012 (KB Folla)



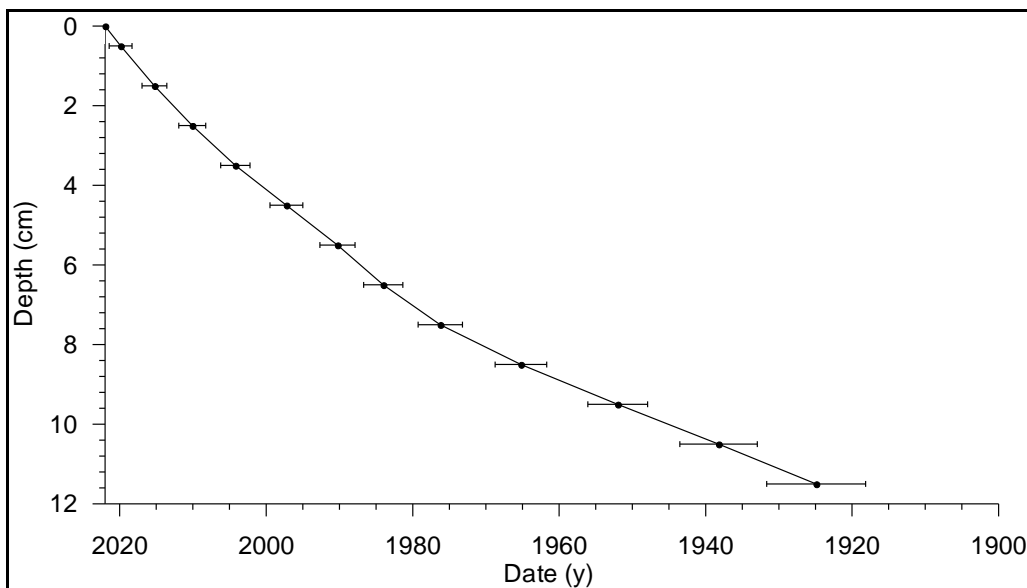
Figur 47. Alder versus dyp i sedimentene i R2596MC012 (KB Folla).

R2651MC014 – KB Sklinna

Det er lave unsupported ^{210}Pb -verdier i prøvene fra denne sedimentkjernen utenfor den sørlige del av Nordlandskysten. Det er målbare unsupported ^{210}Pb -verdier ned til 14-15 cm, og med en klar eksponentiell reduksjon nedover i sedimentene (Figur 48). ^{137}Cs -konsentrasjonen har generelt lave verdier i sedimentkjernen, med en høyeste verdi på 6 Bq/kg sediment ved 6-7 cm, som sannsynligvis tilsvarer 1986 (Tsjernoby). Tilstedeværelse av ^{137}Cs i store deler av sedimentkjernen kan skyldes at gravende dyr sprer ^{137}Cs i sedimentene. Nærheten til land kan også ha medført ekstra tilførsel av ^{137}Cs . Aldersmodellen i Figur 49 gir ca. 1925 ved 11-12 cm.



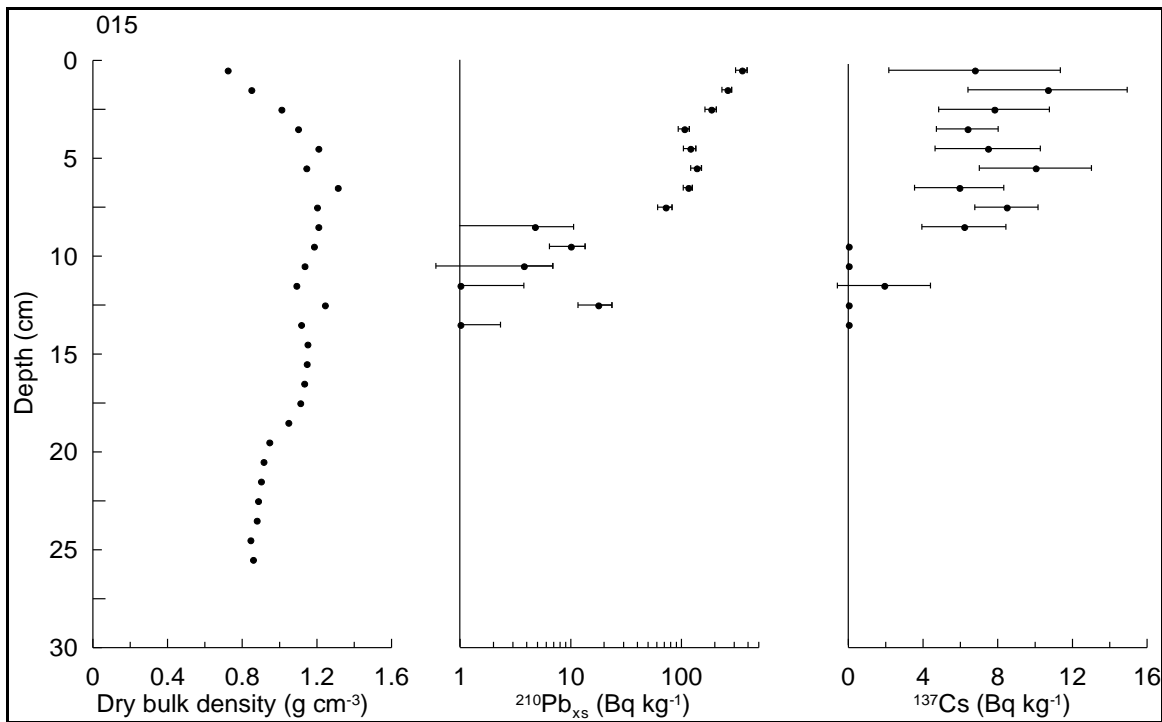
Figur 48. Tetthet, ²¹⁰Pb-unsupported og ¹³⁷Cs-aktivitetsmålinger i R2651MC014 (KB Sklinna).



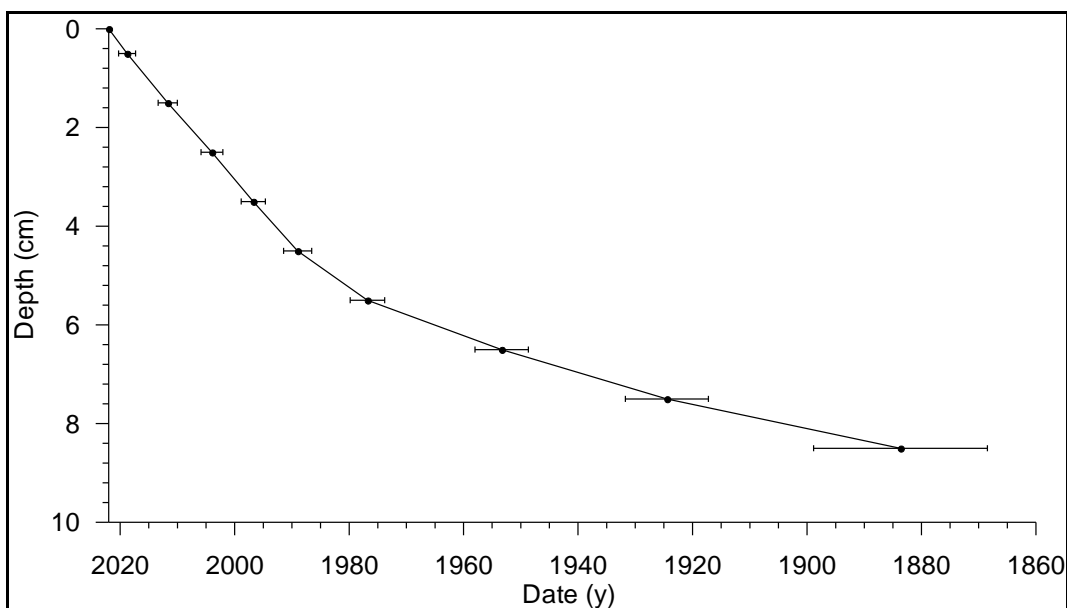
Figur 49. Alder versus dyp i sedimentene i R2651MC014 (KB Sklinna).

R2669MC015 – ytre Vestfjorden

Denne sedimentkjernen har moderat unsupported ²¹⁰Pb nivå øverst, og gradvis avtaking ned til 8-9 cm (Figur 50). ¹³⁷Cs er til stede i prøvene ned til 8-9 cm, med høyest konsentrasjon på 11 Bq/kg sediment ved 1-2 cm. Som i R2651 er det jevnt fordelt ¹³⁷Cs i de øverste 9 prøvene. Som for R2596 kan det skyldes dels bioturbasjon o dels nærhet til land. Alder versus dyp er presentert i Figur 51.



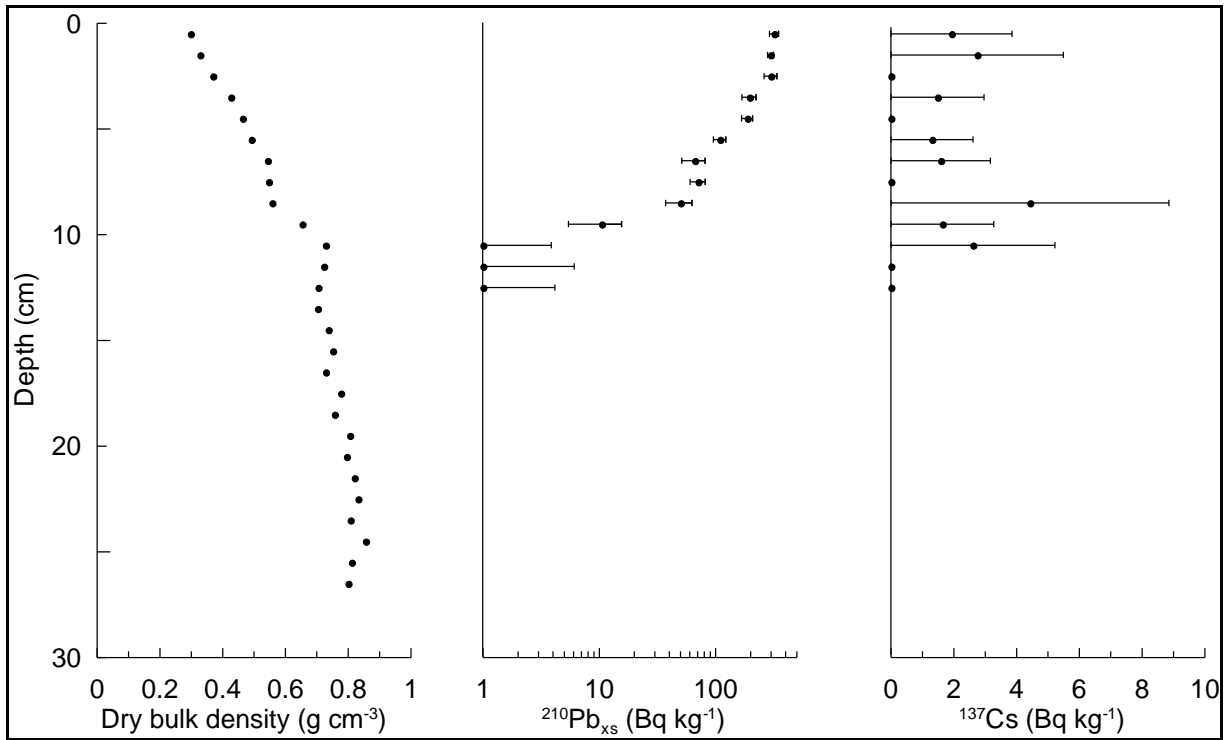
Figur 50. Tetthet, ^{210}Pb -unsupported og ^{137}Cs -aktivitetsmålinger i R2669MC015 (ytre Vestfjorden).



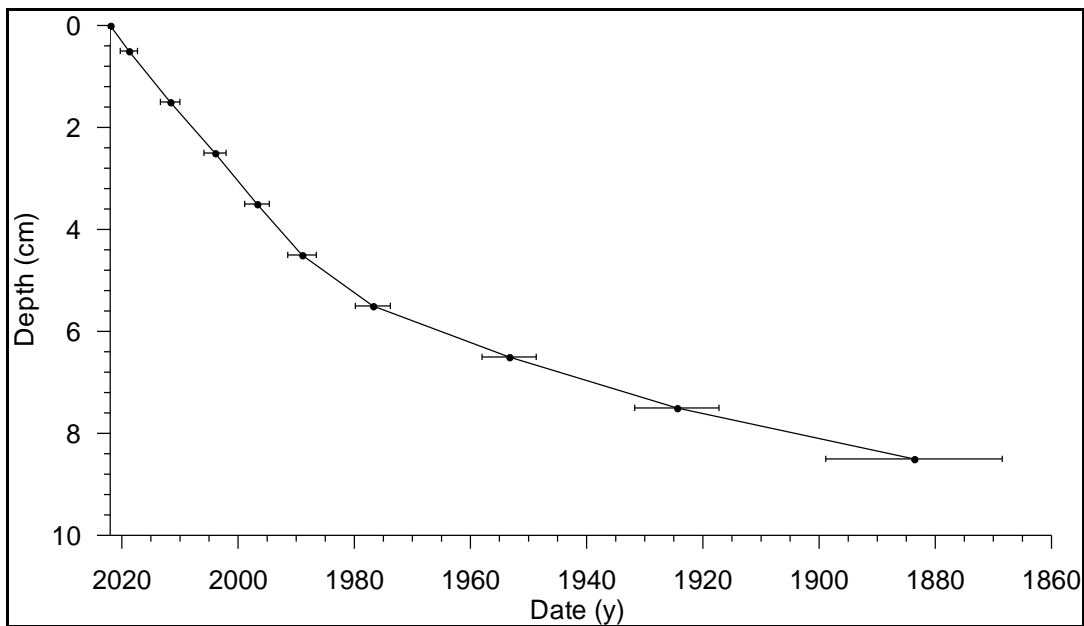
Figur 51. Alder versus dyp i sedimentene i R2669MC015 (ytre Vestfjorden).

R2770MC017 – Kirkegården, Barentshavet

Det er moderat høye unsupported ^{210}Pb -verdier i denne sedimentkjernen fra Kirkegården (Figur 52). ^{210}Pb -verdiene avtar fra overflaten ned til 8-9 cm (Figur 52). Kjernen har generelt lave ^{137}Cs -verdier med høyeste verdi på 4 Bq/kg sediment ved 8-9 cm. Dette kan muligvis tilskrives atombombesprenkning på 1950- og 1960-tallet, men dette er usikkert. Alder versus dyp er vist i Figur 53.



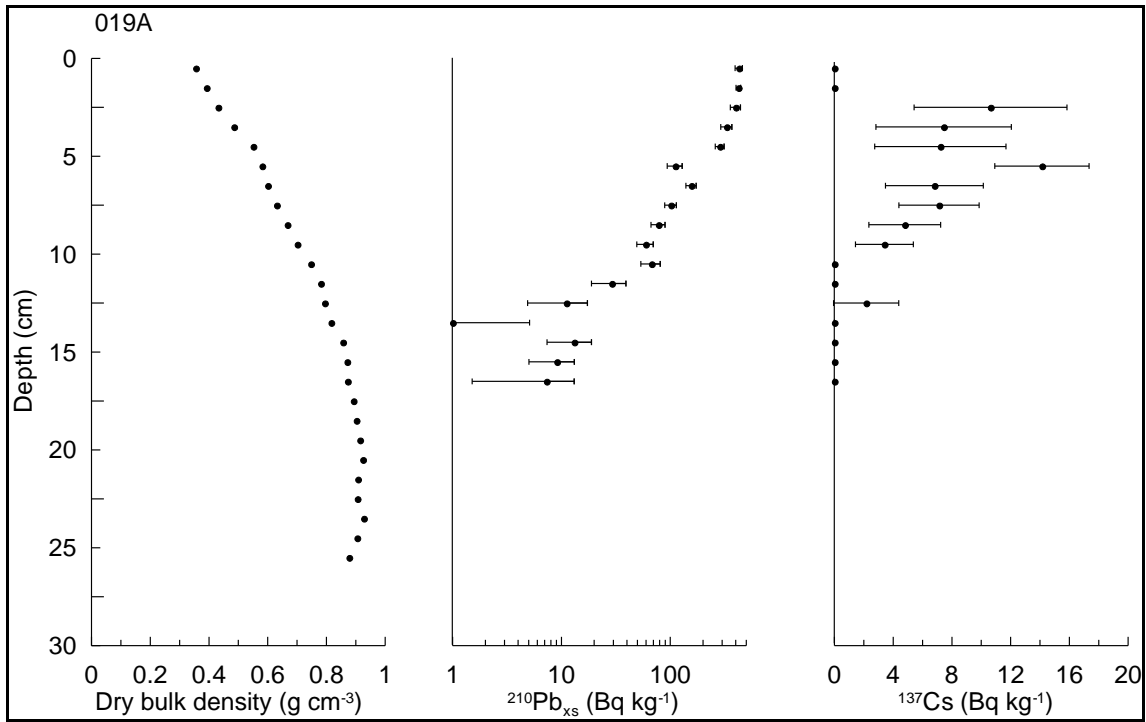
Figur 52. Tetthet, ^{210}Pb -unsupported og ^{137}Cs -aktivitetsmålinger i R2770MC017 (Kirkegården, Barentshavet).



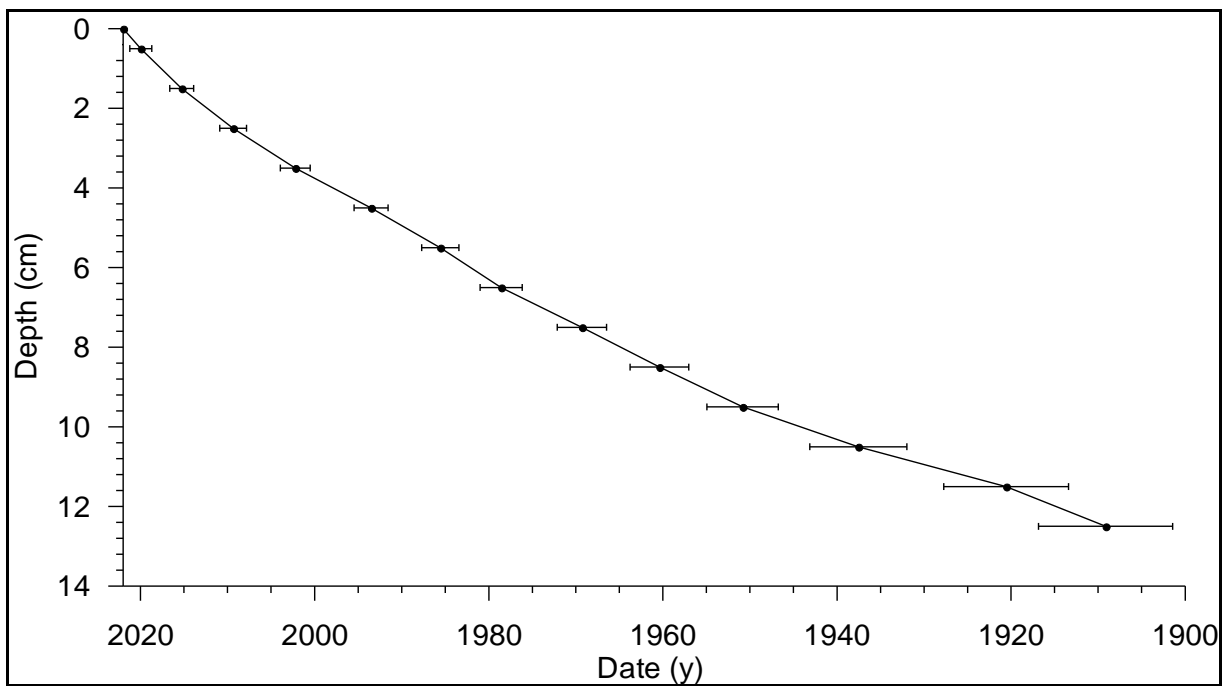
Figur 53. Alder versus dyp i R2770MC017 (Kirkegården, Barentshavet).

R2869MC019 – Spitsbergenbanken, Barentshavet

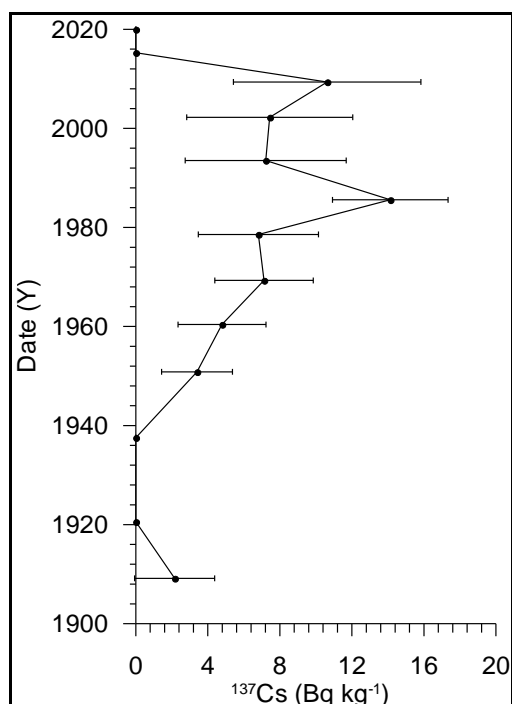
Denne stasjonen har relativt høye unsupported ^{210}Pb -verdier, sammenlignet med R2770. Unsupported ^{210}Pb avtar eksponentielt ned til 12-13 cm (Figur 54). Den regelmessige nedgangen kan tyde på en stabil avsetning. ^{137}Cs har maksimale verdi på 14 Bq/kg sediment i 5-6 cm og med varierende verdier over og under denne prøven, noe som sannsynligvis kan tilskrives bioturbasjon. Beregnet alder versus dyp i Figur 55 viser år 1910 ved 12-13 cm dyp. Figur 56 viser ^{137}Cs versus alder i sedimentkjernen. Maks-verdien ved 5-6 cm tilsvarer sannsynligvis 1986 (Tsjernobyl-utslippet), hvilket også alder versus dyp i Figur 55 indikerer.



Figur 54. Tetthet, ²¹⁰Pb-unsupported og ¹³⁷Cs-aktivitetsmålinger i R2869MC019 (Spitsbergenbanken, Barentshavet).



Figur 55. Alder versus dyp i R2869MC019 (Spitsbergenbanken, Barentshavet).



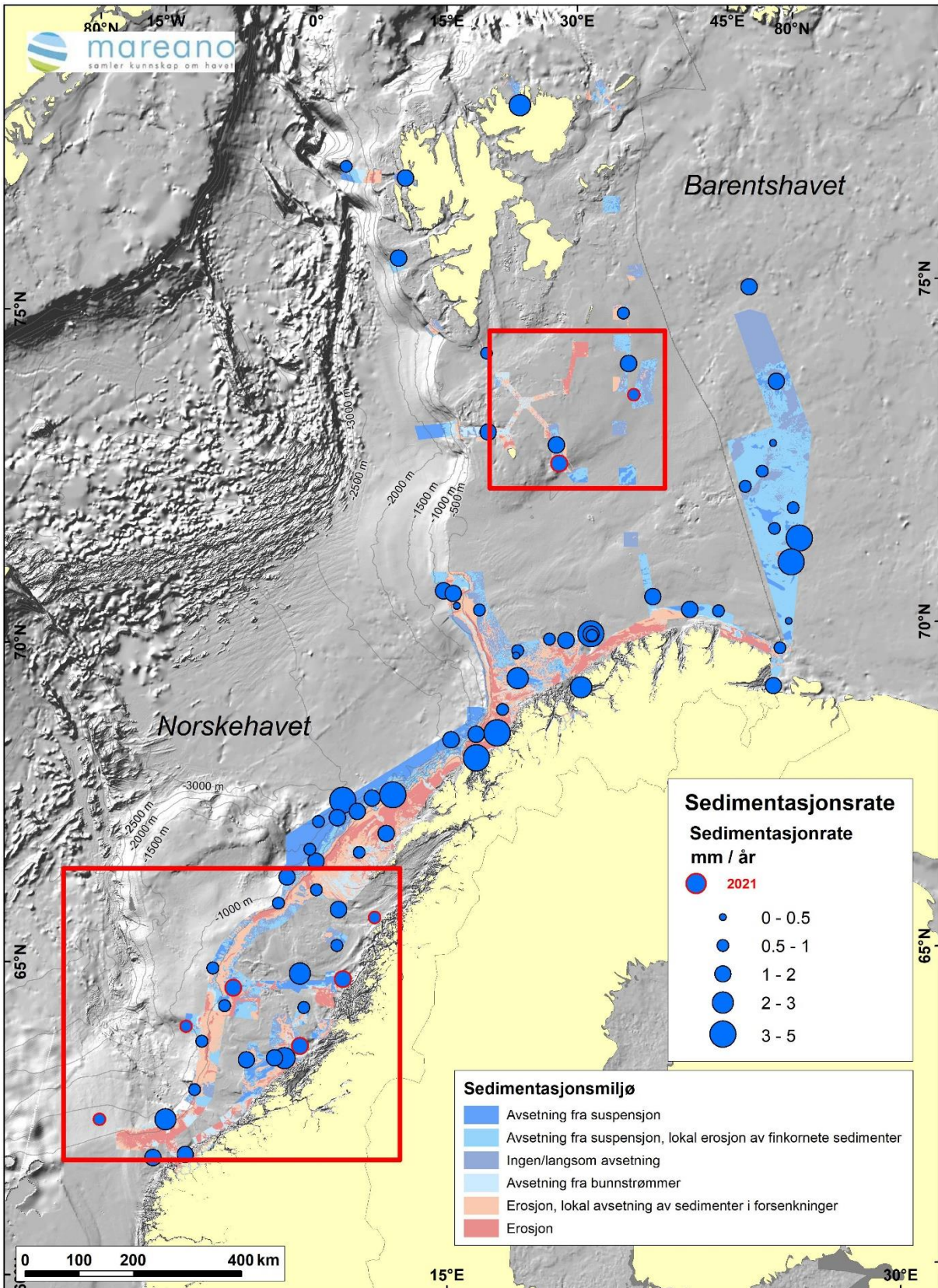
Figur 56. ¹³⁷Cs aktivitetsnivå versus alder i R2869MC019, Spitsbergenbanken.

Oppsummering av dateringsanalyser

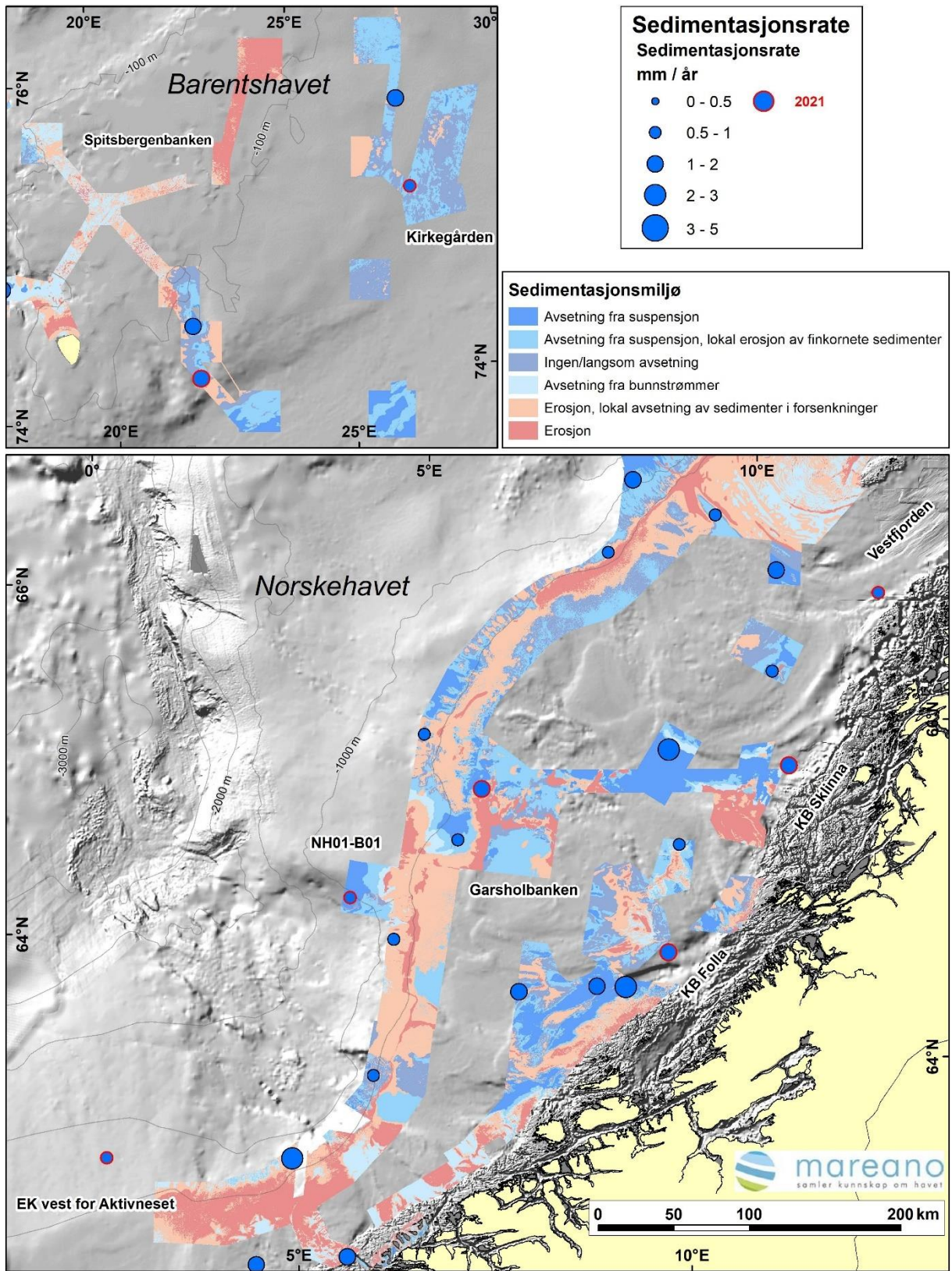
Oppsummeringen av dateringsanalysene fra de 8 daterte sedimentkjernene i Tabell 8 viser middels til gode dateringsresultater. Resultatene påvirkes av bioturbasjon og i noen tilfeller av lave sedimentasjonsrater, som fører til mindre tydelige trender for unsupported ²¹⁰Pb og ¹³⁷Cs. Spesielt sistnevnte, som er til stede i lave konsentrasjoner, er følsom for vertikal blanding av sedimentene. Allikevel er ¹³⁷Cs-dataene verdifulle i kombinasjon med unsupported ²¹⁰Pb. I tillegg viser resultatene at det er høyere sedimentasjonsrater i stasjoner med mer finkornete sedimenter som f.eks. R2438 og R2869 sammenliknet med R2486 og R2669. De beregnede sedimentasjonsratene er vist i Figur 57 og Figur 58, sammen med sedimentasjonsrater fra tidligere ²¹⁰Pb daterte sedimentkjerner.

Tabell 8. Daterte sedimentkjerner fra MAREANO-tokt 2021103, 2021104 og 2021115. LSR: Lineær sedimentasjonsrate for intervaller karakterisert som pålitelig basert på ²¹⁰Pb-aktivitetskurver. Analysene viser en betydelig eksponentiell nedgang av ²¹⁰Pb-aktivitet og langsom utflating av ¹³⁷Cs-konsentrasjon.

Stasjon	Område	LSR (mm/år)	Daterings kvaliteten
R2438MC005	Garsholbanken	1,1	God
R2486MC007	Eggakanten vest for Aktivneset	0,7	Middels
R2558MC009	NH01 BO1	0,8	Middels/god
R2596MC012	KB Folla	1,2	Middels/god
R2651MC014	KB Sklinna	1,0	Middels/god
R2669MC015	Ytre Vestfjorden	0,7	Middels
R2770MC017	Kirkegården, Barentshavet	0,8	Middels
R2869MC019	Spitsbergenbanken	1,2	God



Figur 57. Sedimentasjonsrater basert på unsupported ^{210}Pb -data. Daterte sedimentkjerner fra 2021 er markert med rød ring og er lokalisert i områdene med røde rammer.



Figur 58. Sedimentasjonsrater i kartutsnittene vist i Figur 56. 2021-stasjonene er markert med rød ring.

4.4 Tungmetaller, arsen og barium i 8 daterte sedimentkjerner og 5 udaterte sedimentkjerner

For å vurdere dagens forurensingstilstand sammenlignet med tidligere tider er de åtte ²¹⁰Pb daterte sedimentkjernene R2438 (Garsholbanken), R2486 (Eggakanten vest for Aktivneset), R2558 (NH01-BO1), R2596 (KB Folla), R2651 (KB Sklinna), R2669 (ytre Vestfjorden), R2770 (Kirkegården) og R2869 (Spitsbergenbanken) samt de fem udaterte sedimentkjernene R2373 (Sognefjorden), R2401 og R2454 (Garsholbanken), R2524 (Eggakanten vest for Aktivneset), R2773 (Kirkegården) analysert for innhold av tungmetaller, arsen og barium. Analyseresultatene finnes i Vedlegg 1.

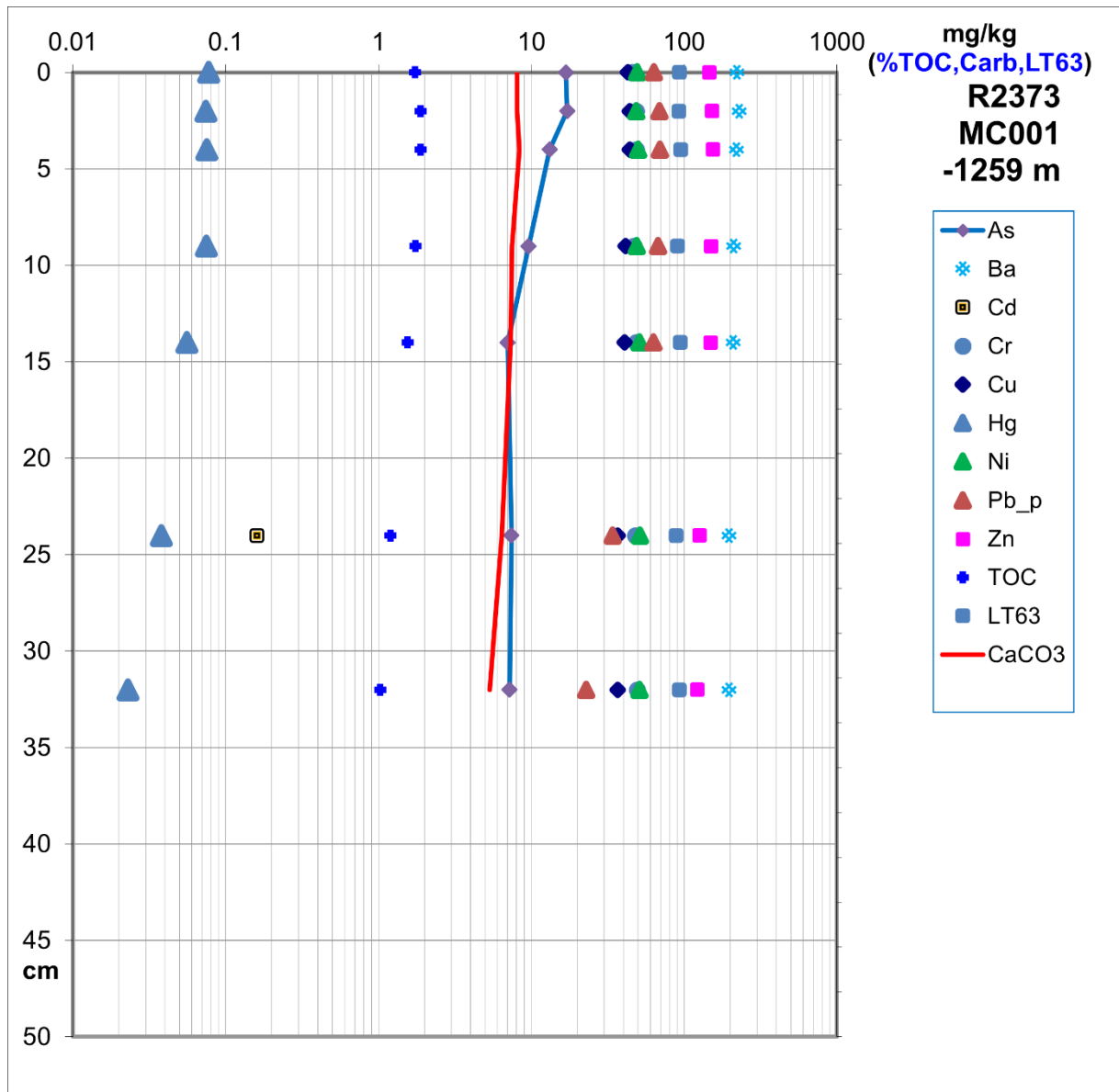
R2373MC001, Sognefjorden

R2373 er lokalisert i Sognefjorden (Figur 1) og ble tatt i påvente av at bedre vær. Minimum, gjennomsnitt, median og maksimum konsentrasjoner for en rekke tungmetaller, arsen og barium er vist i Tabell 9. Profilene for tungmetaller, arsen, barium er presentert sammen med andel finstoff, TOC og karbonat. De tre sedimentparametere er tatt med for evt. å kunne forklare endringer for analyserte metaller. Ba-, Cr-, Cu-, Ni- og Zn-konsentrasjonene er erfaringsmessig sterkt assosiert med andel finstoff. Metallene Cr, Cu, Ni og Zn, samt elementet Ba er relativt stabile gjennom hele sedimentkjernen med svakt økende konsentrasjoner mot toppen (Figur 59). Hg og Pb øker noe fra den nederste prøven (32-33 cm) til den etterfølgende prøven ved 24-25 cm dyp. Hg har maksimal konsentrasjon øverst med 0,078 mg/kg sediment tørrvekt, tilsvarende tilstandsklasse II (god). Pb har maksimal konsentrasjon ved 4-5 cm med 69,2 mg/kg sediment tørrvekt og avtar litt øverst til 67,3 mg/kg sediment tørrvekt. De økte Hg- og Pb-konsentrasjonene følger et vanlig mønster i de marine sedimentkjerner i Mareano (eksempelvis Jensen og Bellec, 2021). As øker markant fra ca. 7 mg/kg sediment tørrvekt nederst i sedimentkjernen til ca. 17 mg/kg sediment tørrvekt øverst (Figur 59). Sannsynligvis er denne økningen knyttet til redoksprosesser i sedimentene og ikke økt tilførsel. Cd er under deteksjonsgrensen på 0,1 mg/kg sediment tørrvekt i 6 av de 7 analyserte prøvene. I en enkel prøve, 24-25 cm, er det 0,16 mg/kg sediment tørrvekt.

Tabell 9. Sedimentkjerne R2373MC001 (0-33 cm): minimums-, gjennomsnitts-, median- og maksimumsverdier for tungmetaller, arsen og barium.

Antall prøver		As mg/kg	Ba mg/kg	Cd mg/kg	Cr mg/kg	Cu mg/kg	Hg mg/kg	Ni mg/kg	Pb mg/kg	Zn mg/kg
N = 7	Min.	7,0	196,0	<0,1	45,8	36,7	0.0229	48,7	22,9	122,0
	Gns.	11,2	212,0	i. k. ¹	47,9	41,0	0.0598	50,1	55,5	142,7
	Med.	9,6	211,0	i. k.	48,5	41,5	0.0740	49,8	63,4	149,0
	Max	17,2	229,0	0,16	49,4	44,2	0.0776	51,4	69,2	154,0

¹ ikke kvantifiserbar



Figur 59. Tungmetall, arsen, barium, TOC, karbonat og finstoff i R2373MC001 (0-33 cm). X-skalaen (konsentrasjoner) er logaritmisk.

R2401MC003, Garsholbanken

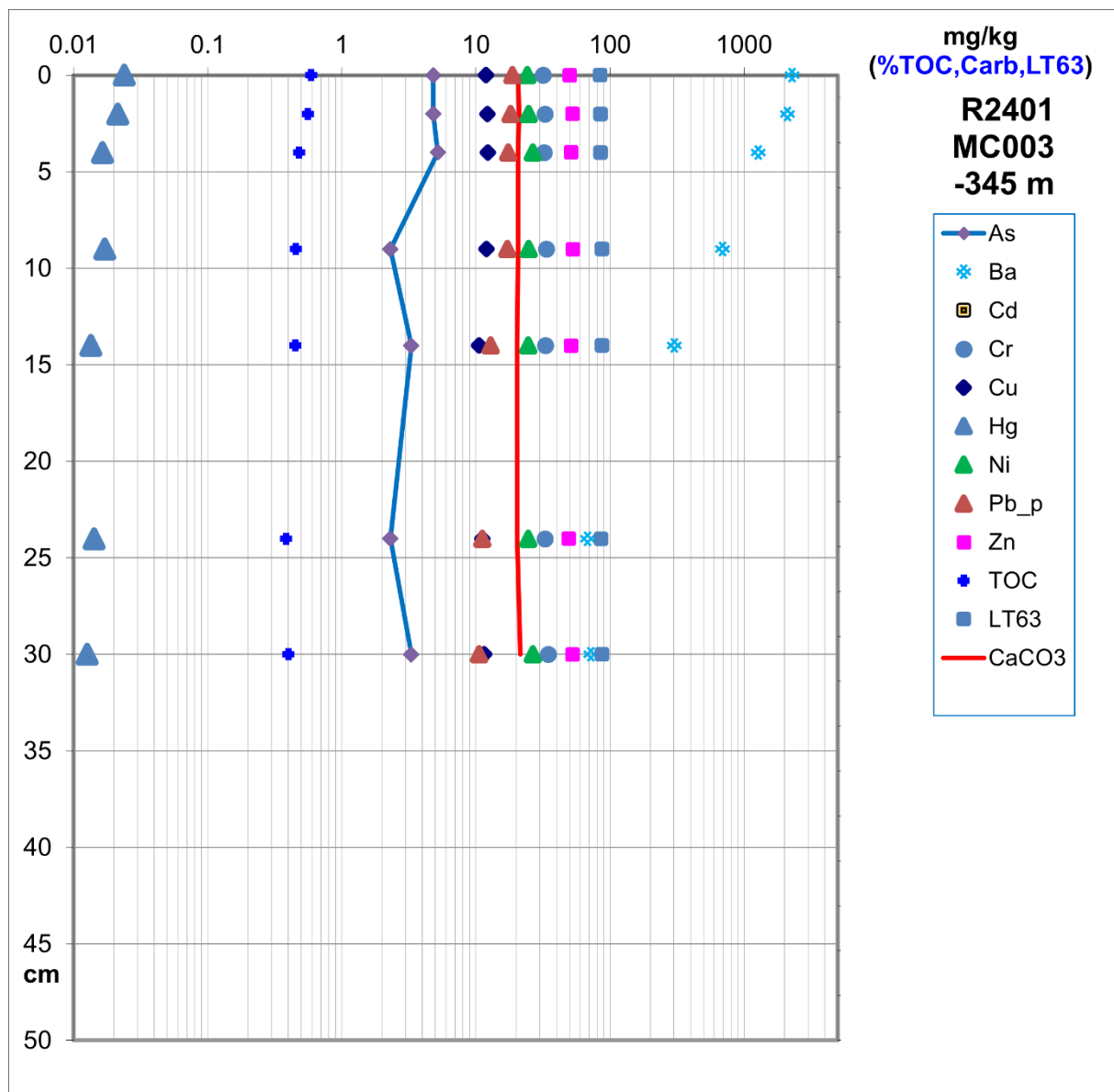
R2401 ligger i den østlige delen av Garsholbanken, og ca. 2 km øst for Heidrun oljefeltet. Minimum, gjennomsnitt, median og maksimum konsentrasjoner for tungmetaller, arsen og barium er presentert i Tabell 10.

Ba øker med ca. 33 ganger i den øverste prøven (2290 mg/kg sediment) i forhold bakgrunnsnivået på 68 mg/kg sediment i de dypeste analyserte prøvene i sedimentkjernen (Figur 60). Økningen skjer i de øverste 5 prøvene, fra 14-15 cm opp til 0-1 cm sammenlignet med naturlig bakgrunnsnivå i prøvene 30-31 cm og 24-25 cm. Denne endringen skjer uten noen endring i andel finstoff eller TOC, også vist i Figur 60. Da R2401 ikke er datert er det ikke mulig å angi presist når denne økningen finner sted. Bruker man dateringsresultatet fra den nærmeste daterte sedimentkjernen, R2438 (kap. 4.3) med en sedimentasjonsrate på 1,1 mm/år, indikerer dette at økningen har funnet sted i løpet av 1800-tallet. Ba-anrikningen blir gjennomgått mer i detalj i kapittel 4.5. Metallene Cr, Cu, Ni og Zn har konstante konsentrasjoner, som vist i Tabell 10 og Figur 60. Hg øker fra et bakgrunnsnivå på mindre enn 0,02 mg/kg sediment til maksimale 0,0239 mg/kg sediment øverst. Denne økningen skjer i de øverste 5 cm av sedimentkjernen. Hg-økningen tillegges menneskelig aktivitet, primært forårsaket av bruk av kull og andre fossile energikilder. Pb har omtrent samme utvikling som Hg, med en økning fra ca. 10 mg/kg sediment nederst til maksimalt 18,7 mg/kg sediment øverst (Figur 60). As varierer fra 2,3 til 5,2 mg/kg sediment. Cd er under deteksjonsgrensen på 0,1 mg/kg sediment for samtlige prøver i kjernen.

Tabell 10. Sedimentkjerne R2401MC003 (0-31 cm): minimums-, gjennomsnitts-, median- og maksimumsverdier for tungmetaller, arsen og barium.

Antall prøver		As mg/kg	Ba mg/kg	Cd mg/kg	Cr mg/kg	Cu mg/kg	Hg mg/kg	Ni mg/kg	Pb mg/kg	Zn mg/kg
N = 7	Min.	2,3	68,0	<0,1	31,7	10,6	0,0126	24,1	10,6	49,5
	Gns.	3,7	973,2	i. k. ¹	32,7	11,7	0,0170	25,1	15,2	51,5
	Med.	3,3	690,0	i. k.	32,3	11,9	0,0164	24,8	17,2	51,5
	Max	5,2	2290,0	i. k.	34,7	12,3	0,0239	26,6	18,7	53,0

¹ ikke kvantifiserbar



Figur 60. Tungmetall, arsen, barium, TOC, karbonat og finstoff i sedimentkjernen R2401MC003 (0-31cm). X-skalaen (konsentrasjoner) er logaritmisk.

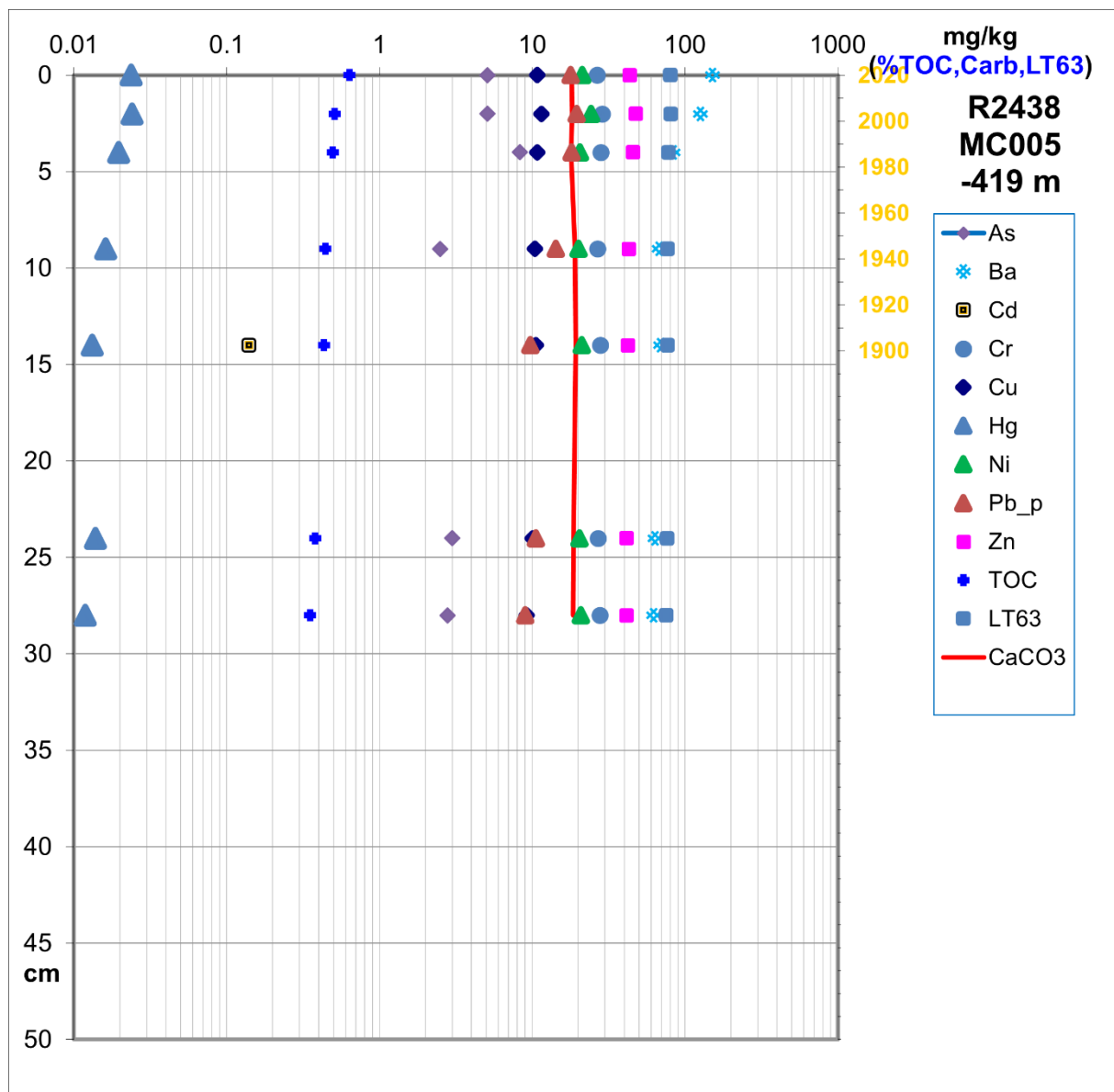
R2438MC005, Garsholbanken

Den ²¹⁰Pb-daterte kjernen fra stasjon R2438 ligger i den nordvestlige delen av Garsholbanken (Figur 2). Minimum, gjennomsnitt, median og maksimum konsentrasjoner for tungmetaller, arsen og barium er presentert i Tabell 11. Ba øker i de øverste 3 prøvene med høyeste konsentrasjon i prøven ved 0-1 cm med 152 mg/kg sediment. Naturlig bakgrunnsnivå er ca. 65 mg/kg sediment basert på de 4 nederste prøvene. Dateringen av sedimentkjernen (Figur 61) antyder at økningen skjer rundt 1980 i R2438. Sammenliknet med R2401 er økningen betydelig mindre. Generelt har metallene og arsen lave konsentrasjoner. Cr, Cu, Ni og Zn har relativt konstante konsentrasjoner ned gjennom sedimentkjernen. Hg øker fra konsentrasjoner under 0,02 mg/kg sediment til 0,024 mg/kg sediment øverst. Pb har tilsvarende økning fra ca. 10 mg/kg sediment nederst (bakgrunnsnivå) til maksimalt 19,5 mg/kg sediment ved 2-3 cm. Økning i Hg- og Pb-konsentrasjoner i den øvre delen av sedimentkjernen tilskrives tilførsel fra antropogene kilder (kullforbrenning for Hg sin del og blyholdig bensin for Pb sin del). As har generelt lave konsentrasjoner gjennom sedimentkjernen, og er under deteksjonsgrensen på 2 mg/kg sediment ved 14-15 cm. Cd er bare til stede i målbar konsentrasjon i 1 av 7 prøver med 0,14 mg/kg sediment ved 14-15 cm. Øvrige 6 prøver er under deteksjonsgrensen på 0,1 mg/kg sediment.

Tabell 11. Sedimentkjerne R2438MC005 (0-34 cm): minimums-, gjennomsnitts-, median- og maksimumsverdier for tungmetaller, arsen og barium.

Antall prøver		As mg/kg	Ba mg/kg	Cd mg/kg	Cr mg/kg	Cu mg/kg	Hg mg/kg	Ni mg/kg	Pb mg/kg	Zn mg/kg
N = 7	Min.	2,5	62,3	<0,1	26,5	9,2	0,0119	20,1	9,0	41,4
	Gns.	4,5	89,2	i. k. ¹	27,5	10,5	0,0175	21,2	14,1	43,6
	Med.	4,1	69,5	i. k.	27,7	10,6	0,0161	20,8	14,3	42,8
	Max	8,3	152,0	0,14	28,7	11,5	0,0241	24,2	19,5	47,6

¹ ikke kvantifiserbar



Figur 61. Tungmetall, arsen, barium, TOC, karbonat og finstoff i den ^{210}Pb -daterte sedimentkjernen R2438MC005 (0-34 cm). X-skalaen (konsentrasjoner) er logaritmisk. Årstallene til høyre er basert på ^{210}Pb -dateringsanalysene presentert i kap. 4.3.4.

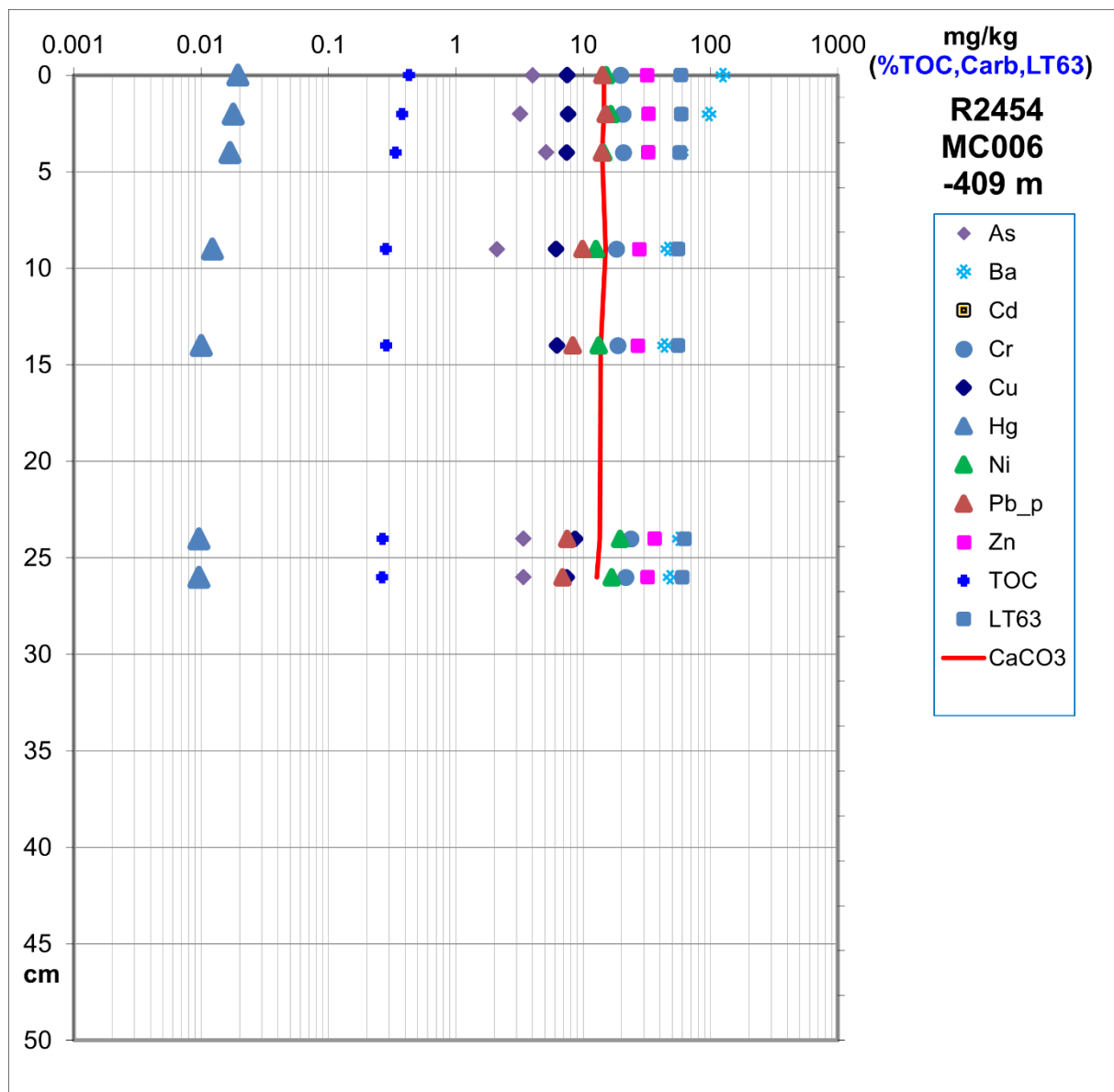
R2454MC006, Garsholbanken

Stasjon R2454 ligger i den sørvestlige delen av Garsholbanken, (Figur 2). Minimum, gjennomsnitt, median og maksimum konsentrasjoner for tungmetaller, arsen og barium er presentert i Tabell 12. Ba øker i de øverste to prøvene og har den høyeste konsentrasjonen i overflateprøven med 125 mg/kg sediment. Økning i toppen av kjerne R2454 er mindre enn for både R2401 og R2438 på Garsholbanken. Som i R2401 og R2438 er metall- og arsenkonsentrasjonene lave. Cr, Cu, Ni og Zn har lave og stabile konsentrasjoner i hele sedimentkjernen (Figur 62, Tabell 12). Hg øker fra mindre enn 0,01 mg/kg sediment nederst til maksimalt 0,0195 mg/kg sediment øverst. Pb har en tilsvarende økning fra ca. 7 mg/kg sediment nederst til maksimal 15 mg/kg sediment ved 2-3 cm og deretter en liten reduksjon i konsentrasjon i øverste prøve. Dette er som forventet med en antropogen tilførsel fra fossile energikilder som kull for Hg sitt vedkommende og blyholdig bensin for Pb sitt vedkommende. As er til stede i lave konsentrasjoner, og under deteksjonsgrensen på 2 mg/kg sediment ved 14-15 cm. Høyeste As-konsentrasjon på 5,1 mg/kg sediment tørrvekt er ved 4-5 cm (Figur 62). Økningen i Ba i den øverste delen av sedimentkjernen blir gjennomgått i kapittel 4.5. Cd er under deteksjonsgrensen på 0,1 mg/kg sediment i samtlige 7 prøver.

Tabell 12. Sedimentkjerne R2454MC006 (0-27 cm): minimums-, gjennomsnitts-, median- og maksimumsverdier for tungmetaller, arsen og barium.

Antall prøver		As mg/kg	Ba mg/kg	Cd mg/kg	Cr mg/kg	Cu mg/kg	Hg mg/kg	Ni mg/kg	Pb mg/kg	Zn mg/kg
N = 7	Min.	2,1	43,6	<0,1	18,2	6,1	0,0096	12,6	6,9	26,9
	Gns.	3,5	68,0	i. k. ¹	20,4	7,3	0,0137	15,4	10,8	31,4
	Med.	3,4	56,8	i. k.	20,4	7,4	0,0123	15,1	9,9	32,2
	Max	5,1	125,0	i. k.	23,7	8,6	0,0195	19,4	15,0	36,4

¹ ikke kvantifiserbar



Figur 62. Tungmetall, arsen, barium, TOC, karbonat og finstoff i R2454MC006 (0-27 cm). X-skalaen (konsentrasjoner) er logaritmisk.

R2486MC007, Eggakanten vest for Aktivneset

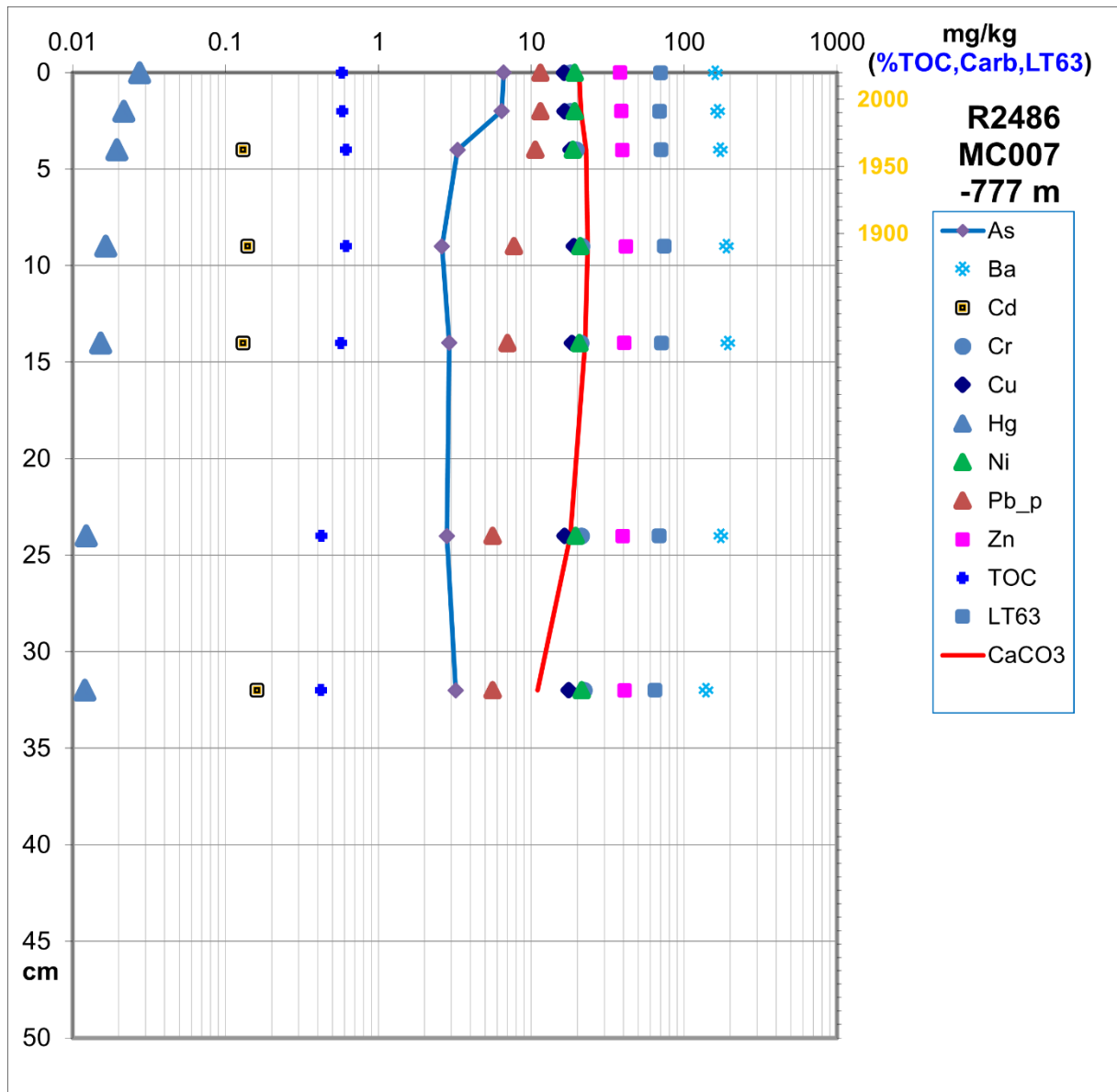
Den ²¹⁰Pb-daterte kjernen fra stasjon R2486 ligger i den nordvestlige delen av området Eggakanten vest for Aktivneset. Minimum, gjennomsnitt, median og maksimum konsentrasjoner for tungmetaller, arsen og barium er presentert i Tabell 13.

Det er generelt lave metall- og arsenkonsentrasjoner i sedimentkjernen (Figur 63). Cr, Cu, Ni, Zn og Ba har ganske stabile konsentrasjoner, som i høy grad følger andel finstoff: høy andel finstoff gir økt andel av Cr, Cu, Ni, Zn og Ba (Figur 63). Hg øker fra 0,012 mg/kg sediment til maksimalt 0,0274 mg/kg sediment øverst. Økningen ser ut til å skje rundt år 1900 eller litt tidligere. Pb følger en tilsvarende trend som Hg, med et bakgrunnsnivå på ca. 6 mg/kg sediment og økning til maksimalt 11,5 mg/kg sediment i de to øverste prøvene. Som for Hg så skjer økningen trolig rundt år 1900. Økningen skyldes sannsynligvis antropogen tilførsel av Hg og Pb til sedimentene. As er til stede i lave konsentrasjoner, og med en svak økning i de to øverste prøvene, hvor det er høyest konsentrasjon på 6,6 mg/kg sediment ved 0-1 cm. Cd er til stede i lav konsentrasjon, med maksimal konsentrasjon på 0,16 mg/kg sediment i den dypeste prøven ved 32-33 cm. I flere av prøvene er det ikke målt Cd da de er under nedre kvantifiseringsgrense på 0,1 mg/kg sediment.

Tabell 13. Sedimentkjerne R2486MC007 (0-33 cm): minimums-, gjennomsnitts-, median- og maksimumsverdier for tungmetaller, arsen og barium.

Antall prøver		As mg/kg	Ba mg/kg	Cd mg/kg	Cr mg/kg	Cu mg/kg	Hg mg/kg	Ni mg/kg	Pb mg/kg	Zn mg/kg
N = 7	Min.	2,6	139,0	<0,1	18,0	16,4	0,0120	18,7	5,6	38,0
	Gns.	4,0	170,6	i. k. ¹	20,2	17,5	0,0178	20,0	8,5	39,9
	Med.	3,2	173,0	i. k.	21,1	17,6	0,0164	19,5	7,7	39,6
	Max	6,6	193,0	0,16	22,2	19,0	0,0274	21,4	11,5	41,7

¹ ikke kvantifiserbar



Figur 63. Tungmetall, arsen, barium, TOC, karbonat og finstoff i den ²¹⁰Pb-daterte sedimentkjernen R2486MC007 (0-33 cm). X-skalaen (konsentrasjoner) er logaritmisk. Årstallene til høyre er basert på ²¹⁰Pb-dateringsanalysene presentert i kap. 4.3.4.

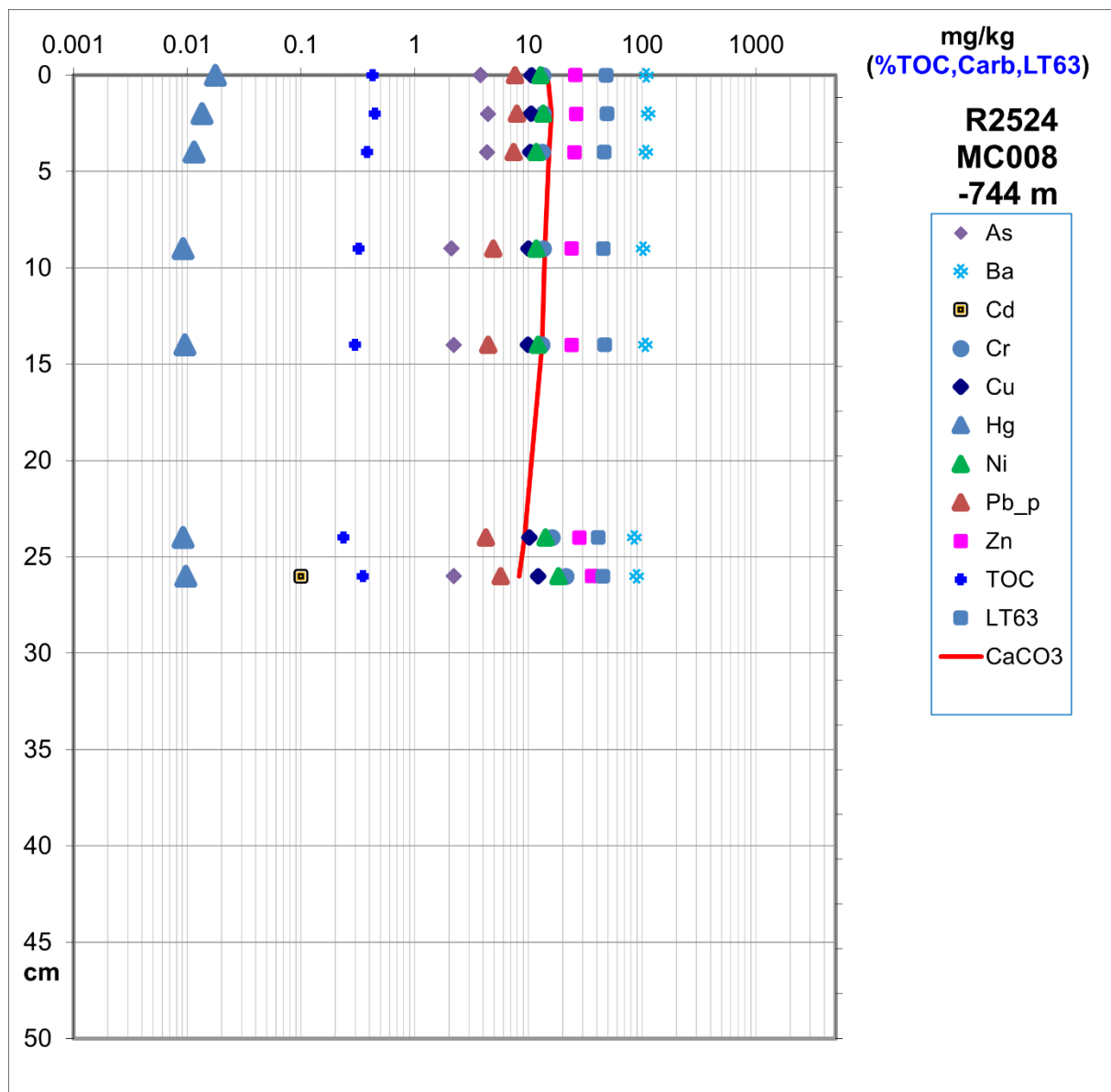
R2524MC008, Eggakanten vest for Aktivneset

R2524 ligger i den vestlige delen av området Eggakanten vest for Aktivneset (Figur 1). Minimum, gjennomsnitt, median og maksimum konsentrasjoner for tungmetaller, arsen og barium er presentert i Tabell 14. Metallene, As, Ba, TOC, karbonat og finstoff er vist i Figur 64. Ba, Cr, Cu, Ni og Zn er alle til stede i stabile konsentrasjoner (Figur 64). Hg øker fra 0,0092 mg/kg sediment til maksimalt 0,0176 mg/kg sediment øverst. Pb følger en tilsvarende trend som Hg, med et bakgrunnsnivå på ca. 4,5 mg/kg sediment og økning til drøye 7 mg/kg sediment i de tre øverste prøvene, dvs. i de øverste 5 cm. Økningen skyldes sannsynligvis antropogen tilførsel av Hg og Pb til sedimentene. As er til stede i lave konsentrasjoner, og med en svak økning i de to øverste prøvene, hvor det er høyest konsentrasjon på 6,6 mg/kg sediment ved 0-1 cm. Cd er bare til stede med målbar konsentrasjon på 0,1 mg/kg sediment i den dypeste prøven ved 26-27 cm. I de øvrige prøvene er det ikke målt Cd da de er under nedre kvantifiseringsgrense på 0,1 mg/kg sediment. Utover Hg og Pb, som har antropogene bidrag, så er de andre metallene og As kun til stede i naturlige konsentrasjoner.

Tabell 14. Sedimentkjerne R2524MC008 (0-27 cm): minimums-, gjennomsnitts-, median- og maksimumsverdier for tungmetaller, arsen og barium.

Antall prøver		As mg/kg	Ba mg/kg	Cd mg/kg	Cr mg/kg	Cu mg/kg	Hg mg/kg	Ni mg/kg	Pb mg/kg	Zn mg/kg
N = 7	Min.	2,1	85,1	<0,1	13,1	9,9	0,0092	11,7	4,2	23,1
	Gns.	3,2	101,9	i. k. ¹	14,9	10,6	0,0115	13,4	6,0	27,1
	Med.	3,0	107,0	i. k.	13,5	10,4	0,0097	12,7	5,7	25,9
	Max	4,4	113,0	i. k.	21,3	12,2	0,0176	18,3	7,9	36,1

¹ ikke kvantifiserbar



Figur 64. Tungmetall, arsen, barium, TOC, karbonat og finstoff i sedimentkjernen R2524MC008 (0-27cm). X-skalaen (konsentrasjoner) er logaritmisk.

R2558MC009 – NH01-BO1

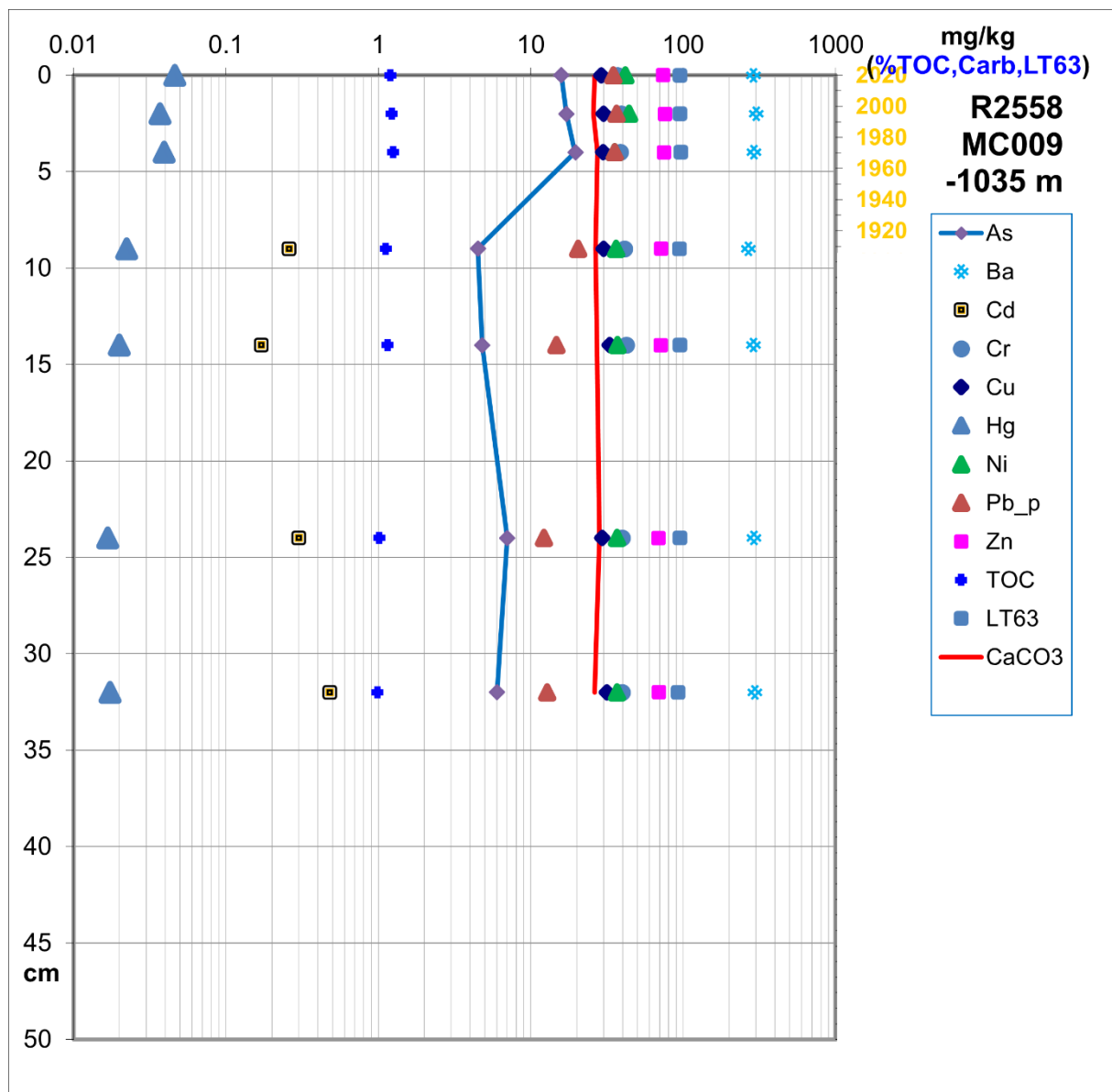
Den ²¹⁰Pb-daterte sedimentkjernen ligger på skråningen i området NH01-BO1 (Figur 2). Kartet i Figur 2 viser at R2558 ligger i den nordlige raskanten til det undersjøiske Storeggaraset som gikk for om lag 8 200 år siden (<https://geo365.no/aktuelt/steinalderfolkets-katastrofe/>)

Denne ²¹⁰Pb-daterte sedimentkjernen har stabilt innhold av TOC og karbonat, og høyt innhold av finstoff (<63 µm) på mer enn 90 % i hele intervallet på 33 cm (Figur 65). Det vitner om stabile avsetningsforhold. Ba, Cr, Cu, Ni og Zn er alle til stede i stabile konsentrasjoner i hele intervallet (Tabell 15). Hg øker fra mindre enn 0,02 mg/kg sediment til 0,046 mg/kg sediment øverst. Tilsvarende øker Pb fra 12 mg/kg sediment nederst i kjernen til maksimalt 36,2 mg ved 2-3 cm. Alle de tre øverste prøvene har mer enn 30 mg/kg sediment, som er 2,5 ganger bakgrunnsnivået. Økningen for Hg og Pb ser ut til å skje engang mellom 1920 og 1940 (Figur 65). Som for de andre sedimentkjerner så anses Hg- og Pb-økningen å være knyttet til antropogen tilførsel gjennom bruk av fossile energikilder, inkl. kullforbrenning for Hg og blyholdig bensin for Pb sitt vedkommende. As varierer fra 4,5 mg/kg sediment ved 9-10 cm til 19,5 mg/kg sediment ved 4-5 cm. Deretter minker As-konsentrasjonen til 15,9 mg/kg sediment ved 0-1 cm. Variasjonen i As-konsentrasjon kan sannsynligvis tilskrives redoksforhold i sedimentene etter avsetning. Cd-konsentrasjonen er lav og med høyest konsentrasjon i den nederste prøven (32-33 cm) med 0,48 mg/kg sediment tørrvekt. De tre øverste prøvene i intervallet 0 – 5 cm er alle under den nedre kvantifiseringsgrensen på 0,1 mg/kg sediment. Ba har stabil konsentrasjon varierende fra 265 til 302 mg/kg sediment (Tabell 15).

Tabell 15. Sedimentkjerne R2558MC009 (0-33 cm): minimums-, gjennomsnitts-, median- og maksimumsverdier for tungmetaller, arsen og barium.

Antall prøver		As mg/kg	Ba mg/kg	Cd mg/kg	Cr mg/kg	Cu mg/kg	Hg mg/kg	Ni mg/kg	Pb mg/kg	Zn mg/kg
N = 7	Min.	4,5	265,0	<0,1	37,0	28,9	0,0167	35,6	12,2	68,8
	Gns.	10,7	287,4	i. k. ¹	39,6	30,4	0,0283	38,3	23,8	72,1
	Med.	7,0	288,0	i. k.	39,6	30,0	0,0223	36,7	20,5	71,8
	Max	19,5	302,0	0,48	42,1	32,9	0,0462	44,1	36,2	75,8

¹ ikke kvantifiserbar



Figur 65. Tungmetall, arsen, barium, TOC, karbonat og finstoff i den ^{210}Pb -daterte sedimentkjernen R2558MC009 (0-33 cm). X-skalaen (konsentrasjoner) er logaritmisk. Årstallene til høyre er basert på ^{210}Pb -dateringsanalysene presentert i kap. 4.3.4.

R2596MC012 – Kystbelte Folla

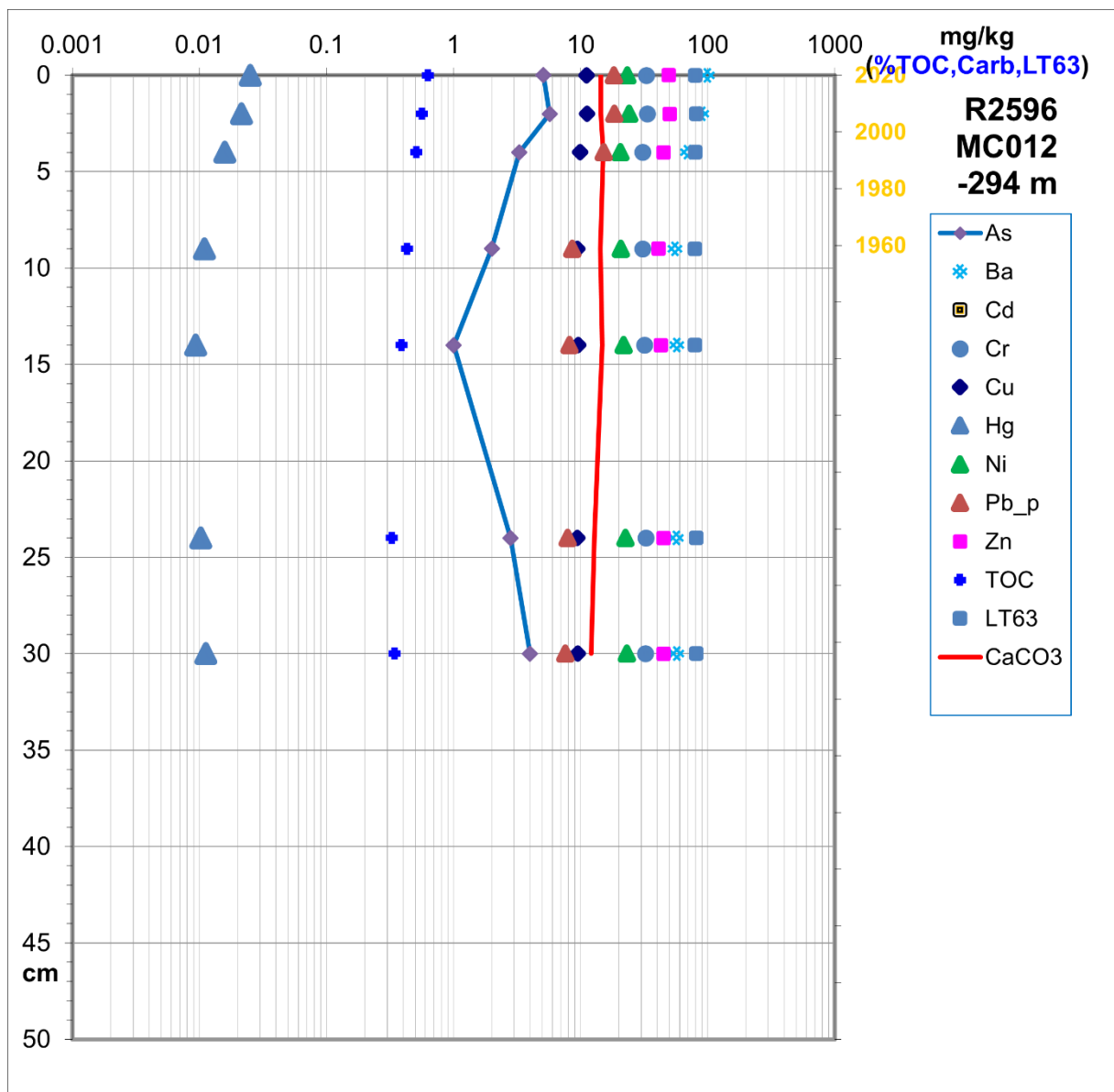
Denne 31 cm lange og ^{210}Pb -daterte sedimentkjernen ligger 70 – 80 km vest for Trøndelagskysten, utfor den nordlige delen av Fosen (Figur 1 og Figur 2).

Kjernen viser svakt økende innhold av TOC, karbonat og andel finstoff mot toppen (kap. 4.3.2 og 4.3.3, Figur 35 og Figur 37), og er trolig avsatt under stabile forhold. Ba, Cr, Cu, Ni og Zn øker svakt mot toppen av sedimentkjernen (Figur 66, Tabell 16). Dette må ses i sammenheng med den svakt økende andelen finstoff. Ba, Cr, Cu, Ni og Zn antas å være på naturlig bakgrunnsnivå. Hg øker fra et bakgrunnsnivå på ca. 0,01 mg/kg sediment i de tre nederste prøvene. Det er en økning fra 9-10 cm og opp til overflaten (0-1 cm) med høyeste konsentrasjon på 0,025 mg/kg sediment. Pb har en tilsvarende økning fra et naturlig bakgrunnsnivå på 7-8 mg/kg sediment i de tre nederste prøvene, for deretter å øke til maksimalt 18,4 mg/kg sediment ved 2-3 cm og omtrent samme konsentrasjon i overflateprøven (Figur 66). Hg- og Pb-økningene i øverste del av sedimentkjernen skyldes antropogen tilførsel. Årstallene på Figur 66 basert på ^{210}Pb -dateringsanalysene (kap. 4.3.4) antyder at Hg- og Pb-økningene finner sted fra 1960-tallet. Dette er noe forskjellig fra andre daterte sedimentkjerner som tilsier Hg- og Pb-økning fra omkring år 1900. As er i lave konsentrasjoner i hele sedimentkjernen. Cd er under deteksjonsgrensen på 0,1 mg/kg sediment i hele sedimentkjernen.

Tabell 16. Sedimentkjerne R2596MC012 (0-31 cm): minimums-, gjennomsnitts-, median- og maksimumsverdier for tungmetaller, arsen og barium.

Antall prøver		As mg/kg	Ba mg/kg	Cd mg/kg	Cr mg/kg	Cu mg/kg	Hg mg/kg	Ni mg/kg	Pb mg/kg	Zn mg/kg
N = 7	Min.	1,0	55,4	<0,1	30,7	9,4	0,0093	20,5	7,6	41,2
	Gns.	3,4	69,2	i. k. ¹	32,0	10,0	0,0148	22,3	12,0	45,5
	Med.	3,3	57,1	i. k.	32,2	9,6	0,0112	22,5	8,6	45,1
	Max	5,7	99,6	i. k.	33,5	11,2	0,0251	24,2	18,4	50,4

¹ ikke kvantifiserbar



Figur 66. Tungmetall, arsen, barium, TOC, karbonat og finstoff i den ^{210}Pb -daterte sedimentkjernen R2596MC012 (0-31 cm) fra KB Folla. X-skalaen (konsentrasjoner) er logaritmisk. Årstallene til høyre er basert på ^{210}Pb -dateringsanalysene presentert i kap. 4.3.4.

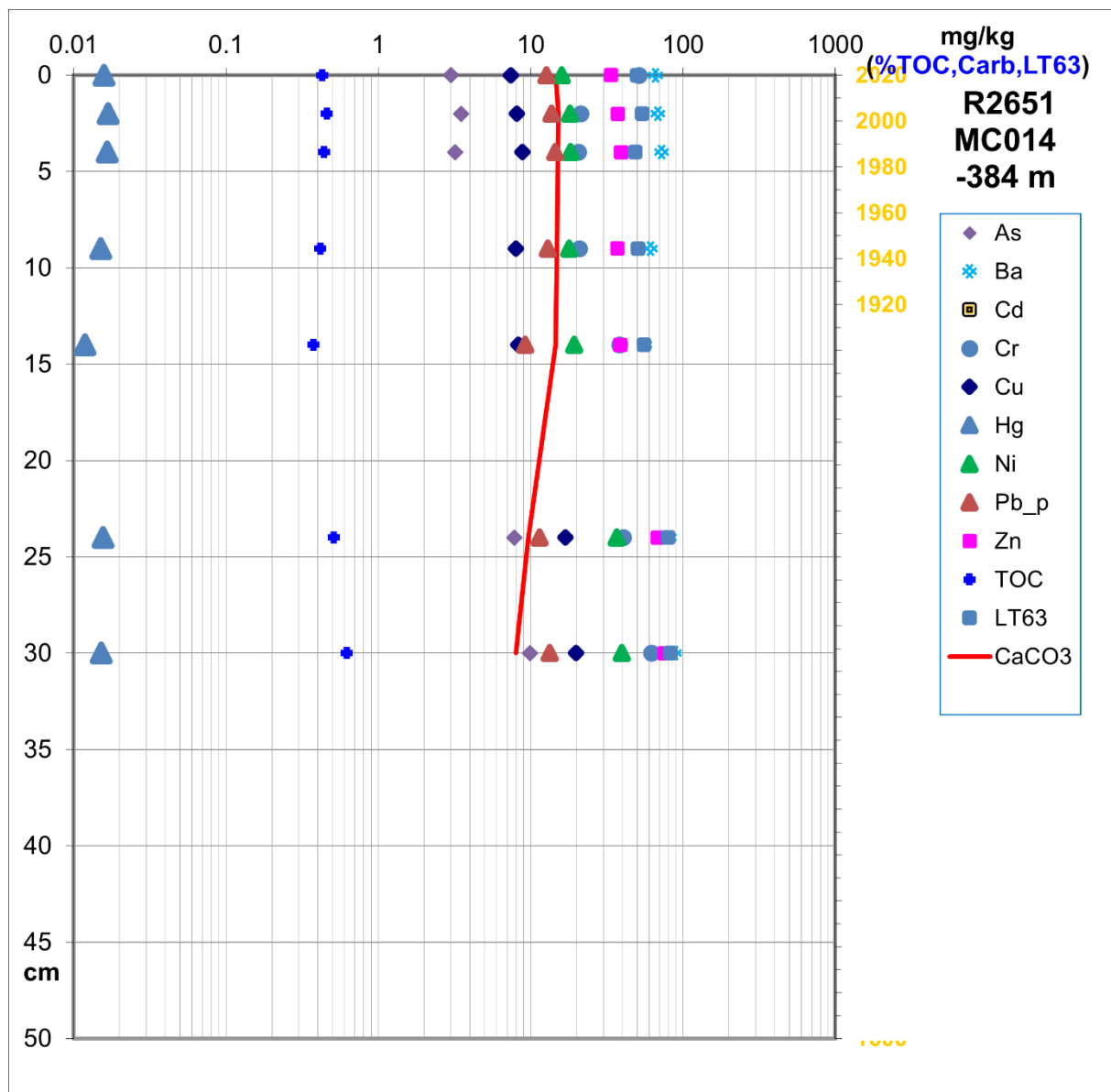
R2651MC014 – KB Sklinna

Den 31 cm lange, ²¹⁰Pb-daterte sedimentkjernen fra stasjon R2651 ligger 50 – 60 km vest for Vega, i den sørlige delen av Nordland (Figur 2) i området KB Sklinna. Minimum, gjennomsnitt, median og maksimum verdier for metaller, arsen og barium er presentert i Tabell 17 og Figur 67. Ba, Cr, Cu, Ni og Zn har lavere konsentrasjoner øverst, slik som finstoff. Hg, til stede i lave konsentrasjoner, minker fra bunnen av kjernen til 14-15 cm for deretter å øke svakt, sannsynligvis knyttet til økte utslipp de siste 100 år i forbindelse med økt bruk av kull. Alderen på sedimentene i Figur 67 er basert på ²¹⁰Pb-datering. As er til stede i lave konsentrasjoner, og i to av prøvene, 9-10 cm og 14-15 cm, er As under deteksjonsgrensen på 2 mg/kg sediment. Cd er under deteksjonsgrensen på 0,1 mg/kg sediment for samtlige 7 prøver (Tabell 17).

Tabell 17. Sedimentkerne R2651MC014 (0-31cm): minimums-, gjennomsnitts-, median- og maksimumsverdier for tungmetaller, arsen og barium.

Antall prøver		As mg/kg	Ba mg/kg	Cd mg/kg	Cr mg/kg	Cu mg/kg	Hg mg/kg	Ni mg/kg	Pb mg/kg	Zn mg/kg
N = 7	Min.	<2,0	56,2	<0,1	24,2	7,4	0,0119	16,0	9,2	33,7
	Gns.	3,9	70,5	i. k. ¹	33,1	11,1	0,0153	23,7	12,5	47,1
	Med.	3,2	68,3	i. k.	27,7	8,3	0,0156	18,2	13,0	38,7
	Max	9,9	88,0	i. k.	51,2	19,9	0,0164	39,6	14,5	75,9

¹ ikke kvantifiserbar



Figur 67. Tungmetall, arsen, barium, TOC, karbonat og finstoff i den ²¹⁰Pb-daterte sedimentkjernen R2651MC014 (0-31 cm) fra KB Sklinna. X-skalaen (konsentrasjoner) er logaritmisk. Årstallene til høyre er basert på ²¹⁰Pb-dateringsanalysene presentert i kap. 4.3.4.

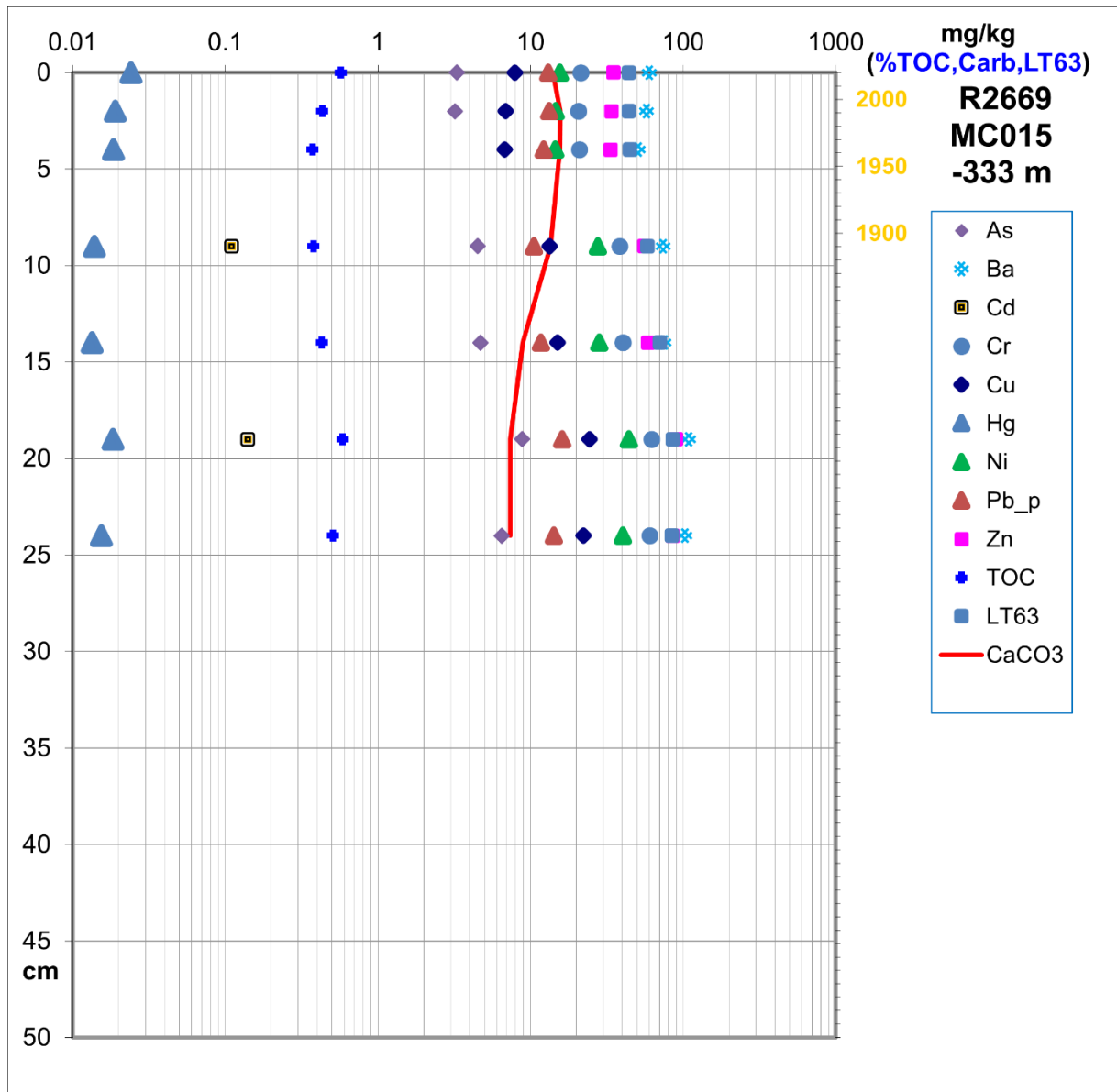
R2669MC015 – ytre Vestfjorden

Den 25 cm lange ²¹⁰Pb-daterte sedimentkjernen fra stasjon R2669 ligger i ytre Vestfjorden (Figur 1 og 2), 70 – 80 km vest for Nordlandskysten og dermed omtrent i samme avstand som R2596 fra KB Folla og R2651 fra KB Sklinna. Det er avtakende andel finstoff fra bunn mot topp, samtidig som TOC øker mot toppen (Figur 68). Ba, Cu, Cr, Ni og Zn har minkende konsentrasjoner fra bunn mot topp, sannsynligvis knyttet til redusert andel finstoff (Figur 68, Tabell 18). Hg har en svak økning i toppen av sedimentkjernen fra laveste konsentrasjon på 0,0134 mg/kg sediment ved 14-15 cm. Høyeste konsentrasjon er 0,0242 mg/kg sediment ved 0-1 cm (Figur 68). ²¹⁰Pb-dateringsanalysene indikerer at økningen i Hg starter rundt år 1900 (Figur 68). Hg-økningen faller også sammen med at TOC øker. Hg binder seg til organisk materiale, så det er sannsynligvis en sammenheng mellom Hg og TOC (Figur 68). Pb har omtrent lik konsentrasjon gjennom sedimentkjernen og øker kun litt mot toppen ved 9-10 cm. Cd er registrert i to prøver, mens analysene i de 5 øvrige prøvene er under kvantifiseringsgrensen på 0,1 mg/kg sediment.

Tabell 18. Sedimentkjerne R2669MC014 (0-25 cm): minimums-, gjennomsnitts-, median- og maksimumsverdier for tungmetaller, arsen og barium.

Antall prøver		As mg/kg	Ba mg/kg	Cd mg/kg	Cr mg/kg	Cu mg/kg	Hg mg/kg	Ni mg/kg	Pb mg/kg	Zn mg/kg
N = 7	Min.	<2,0	50,9	<0,1	20,6	6,8	0,0134	14,5	10,5	33,4
	Gns.	4,6	75,7	i. k. ¹	37,7	13,8	0,0175	26,5	13,0	56,1
	Med.	4,5	74,2	i. k.	38,4	13,4	0,0184	27,7	13,1	55,6
	Max	8,8	109,0	0,14	62,0	24,4	0,0242	44,2	16,1	89,8

¹ ikke kvantifiserbar



Figur 68. Tungmetall, arsen, barium, TOC, karbonat og finstoff i den ^{210}Pb -daterte sedimentkjernen R2669MC015 (0-25 cm), Ytre Vestfjorden. X-skalaen (konsentrasjoner) er logaritmisk.

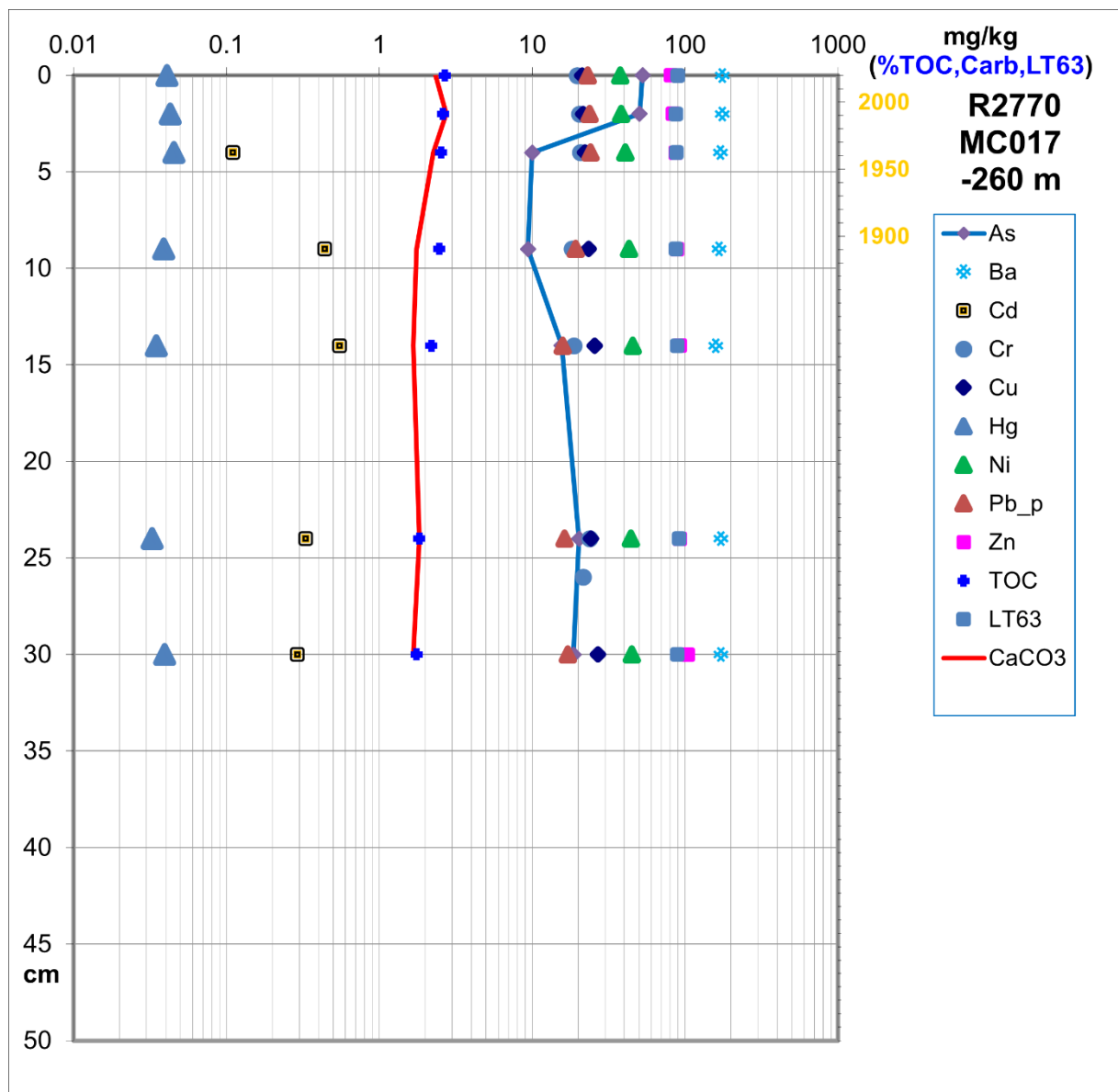
R2770MC017 – Kirkegården, Barentshavet

Denne ^{210}Pb -daterte, 31 cm lange sedimentkjernen er tatt ca. 200 km nordøst for Bjørnøya i området kalt «Kirkegården». Den har konstante konsentrasjoner av både finstoff, Ba, Cr, Cu, Ni og Zn (Tabell 19, Figur 69). Hg øker svakt fra 0,0326 mg/kg sediment ved 24-25 cm til 0,04 mg/kg sediment i de tre øverste prøvene. Pb har en liknende trend. ^{210}Pb -datering har gitt en alder som strekker seg tilbake til år 1900 (Figur 69), og utfra trendene så øker Hg og Pb fra år 1900 eller litt tidligere. Denne økningen kan sannsynligvis tillegges antropogen tilførsel forårsaket av bruk av kull for Hg og blyholdig bensin for Pb. As øker markant i de øverste 3 prøvene og har høyest konsentrasjon i overflateprøven med 52,7 mg/kg sediment tørrvekt. For Ba, Cr, Cu, Ni og Zn er konsentrasjonene relativt konstante gjennom hele sedimentkjernen. Cd er til stede i de 5 nederste prøvene og under kvantifiseringsgrensen på 0,1 mg/kg sediment tørrvekt i de to øverste prøvene.

Tabell 19. Sedimentkjerne R2770MC017 (0-31 cm): minimums-, gjennomsnitts-, median- og maksimumsverdier for tungmetaller, arsen og barium.

Antall prøver		As mg/kg	Ba mg/kg	Cd mg/kg	Cr mg/kg	Cu mg/kg	Hg mg/kg	Ni mg/kg	Pb mg/kg	Zn mg/kg
N = 7	Min.	9,4	159,0	<0,1	47,8	21,3	0,0326	37,7	15,8	81,0
	Gns.	25,3	170,1	i. k. ¹	53,4	23,6	0,0392	42,0	19,9	89,8
	Med.	18,6	172,0	i. k.	53,7	23,5	0,0395	43,1	19,2	88,5
	Max	52,7	175,0	0,55	58,9	27,0	0,0452	45,4	24,1	104,0

¹ ikke kvantifiserbar



Figur 69. Tungmetall, arsen, barium, TOC, karbonat og finstoff i den ^{210}Pb -daterte sedimentkjernen R2770MC017 (0-31 cm). X-skalaen (konsentrasjoner) er logaritmisk. Årstallene til høyre er basert på ^{210}Pb -dateringsanalysene presentert i kap. 4.3.4.

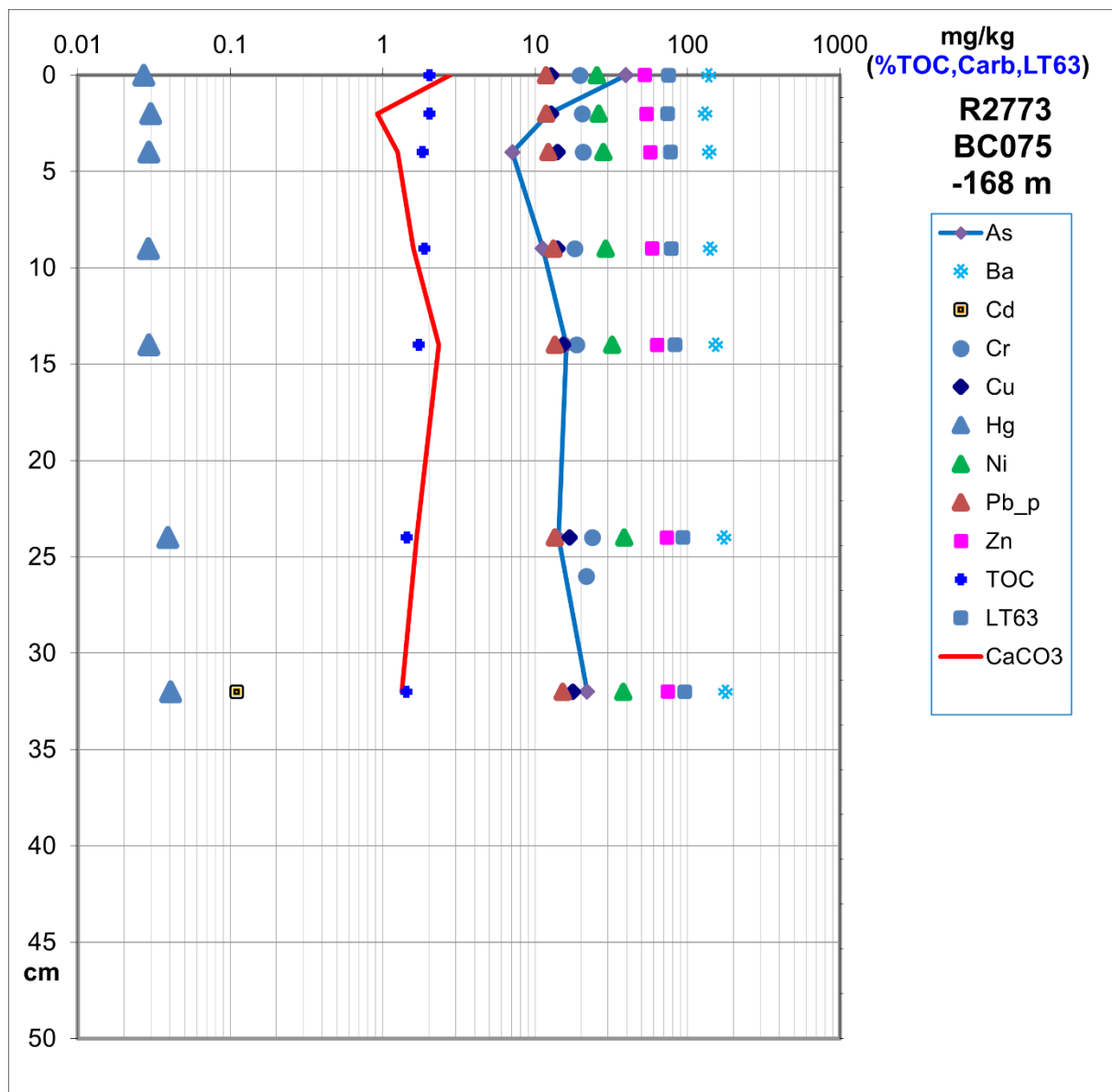
R2773BC075 – Kirkegården, Barentshavet

Denne sedimentkjernen fra stasjon R2773 ble tatt med bokscorer. Den ligger i området kalt Kirkegården ca. 200 km nordøst for Bjørnøya, og 70 – 80 km nordvest for R2770. Tabell 20 angir minimum, gjennomsnitt, median og maksimum verdier for de analyserte elementene As, Ba, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb og Zn. Figur 70 viser variasjonen av de samme elementene ned gjennom den 33 cm lange sedimentkjernen, representert med 7 prøver fra topp til bunn. Det er en liten nedgang i konsentrasjoner for Ba, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb og Zn fra bunn til topp (Figur 70). Dette kan sannsynligvis knyttes til nedgang i siltinnhold og en tilsvarende økning i for sand (kap. 4.3.2). Nedgangen i Hg og Pb mot toppen er uvanlig, da det oftest ses en økning opp gjennom sedimentkjerner for både Hg og Pb. Endringen i kornstørrelse fra sandholdig silt til siltholdig sand skyldes trolig en endring i sedimentasjonsforhold. Uten dateringsanalyser er det vanskelig å avgjøre dette. As øker markant i de øverste 3 prøvene (Figur 70). Cd er bare til stede over kvantifiseringsgrensen på 0,1 mg/kg sediment i den nederste prøven (32-33 cm).

Tabell 20. Sedimentkerne R2773BC075 (0-33 cm): minimums-, gjennomsnitts-, median- og maksimumsverdier for tungmetaller, arsen og barium.

Antall prøver		As mg/kg	Ba mg/kg	Cd mg/kg	Cr mg/kg	Cu mg/kg	Hg mg/kg	Ni mg/kg	Pb mg/kg	Zn mg/kg
N = 7	Min.	7,1	130,0	<0,1	32,6	12,7	0,0270	25,5	11,8	52,3
	Gns.	17,4	150,4	i. k. ¹	37,0	14,7	0,0319	31,0	13,0	61,8
	Med.	14,2	141,0	i. k.	36,1	14,0	0,0292	29,1	13,2	58,4
	Max	39,4	178,0	0,11	42,2	17,7	0,0404	38,3	15,2	74,3

¹ ikke kvantifiserbar



Figur 70. Tungmetall, arsen, barium, TOC, karbonat og finstoff i sedimentkjerne R2773BC075 (0-33 cm). X-skalaen (konsentrasjoner) er logaritmisk.

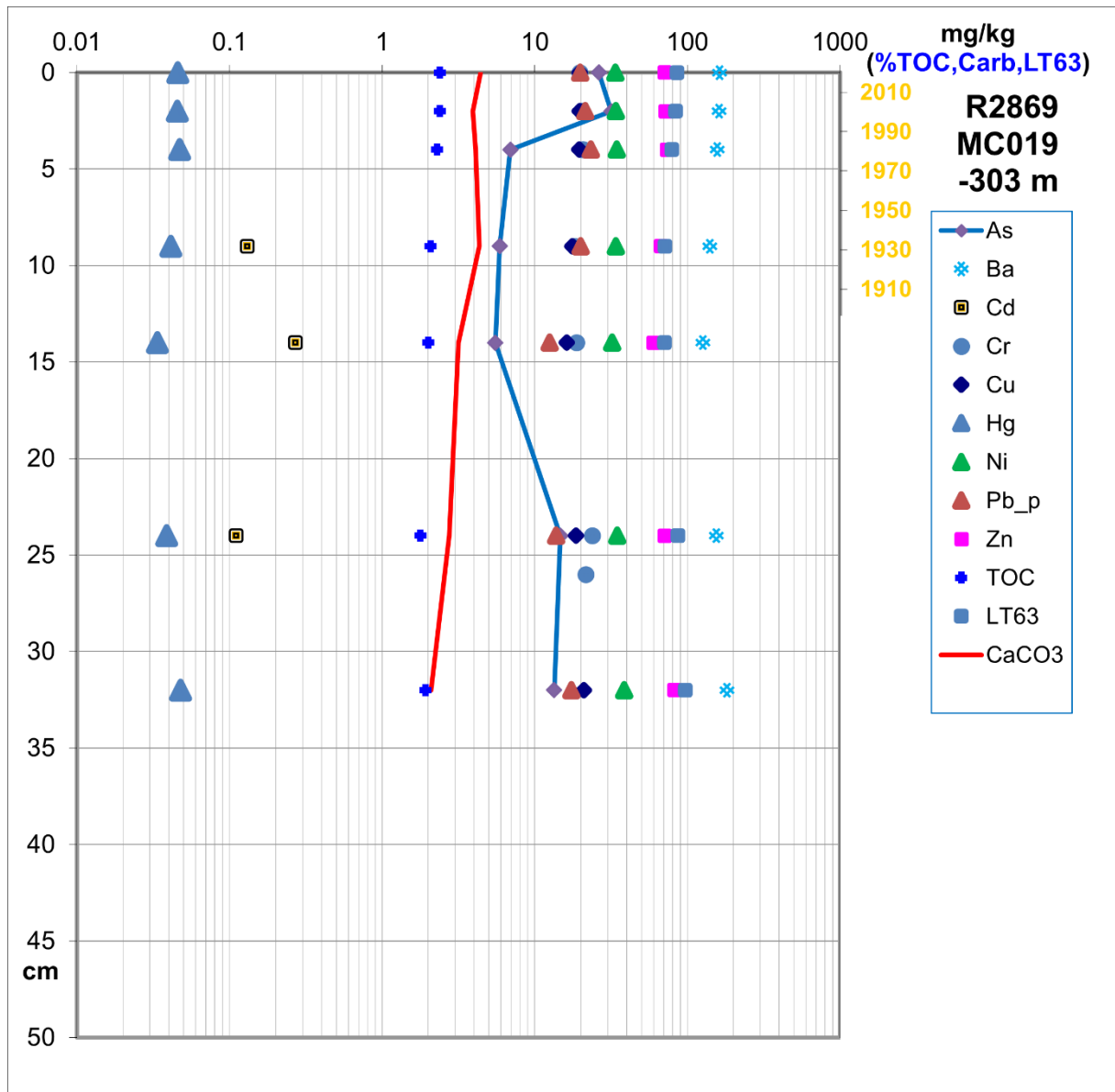
R2869MC019 – Spitsbergenbanken, Barentshavet

Denne 33 cm lange, ²¹⁰Pb-daterte sedimentkjernen ligger på Spitsbergenbanken ca. 90 km øst-sørøst for Bjørnøya (Figur 2). Minimum, gjennomsnitt, median og maksimum for metaller, arsen og barium er vist i Tabell 21. Alle metallene har lave konsentrasjoner. Cu, Cr, Ni, Zn og Ba har alle stabile konsentrasjoner. Hg øker svakt i den øverste delen av sedimentkjernen, men ligger likevel på bakgrunnsnivå. Pb varierer noe, med en økning fra 12,5 mg/kg sediment ved 14-15 cm til maksimalt 23,3 mg/kg sediment ved 4-5 cm for deretter å minke svakt mot toppen av sedimentkjernen. Det kan sannsynligvis knyttes til redusert tilførsel av Pb fra blyholdig bensin, pga. et forbud mot bruk av blyholdig bensin på 1970-tallet i de vestlig industrialiserte landene. Den beregnede alderen presentert i Figur 71 indikerer at Pb-konsentrasjonen minker gradvis fra 1970-tallet. As øker markant i de øverste to prøvene (Figur 71). Cd er til stede over kvantifiseringsgrensen på 0,01 mg/kg sediment tørrvekt i 3 ut av 7 prøver. De små endringene i Hg og Pb indikerer at det er lite ekstra tilførsel av Hg og Pb til denne stasjonen.

Tabell 21. Sedimentkerne R2869MC019 (0-33 cm): minimums-, gjennomsnitts-, median- og maksimumsverdier for tungmetaller, arsen og barium.

Antall prøver		As mg/kg	Ba mg/kg	Cd mg/kg	Cr mg/kg	Cu mg/kg	Hg mg/kg	Ni mg/kg	Pb mg/kg	Zn mg/kg
N = 7	Min.	5,5	126,0	<0,01	38,0	16,2	0,0336	32,0	12,5	60,2
	Gns.	14,9	154,6	i. k. ¹	41,3	18,9	0,0427	34,5	18,3	70,9
	Med.	13,4	157,0	i. k.	41,3	19,6	0,0454	34,0	19,8	71,0
	Max	31,7	181,0	0,27	45,5	20,9	0,0478	38,5	23,3	82,6

¹ ikke kvantifiserbar



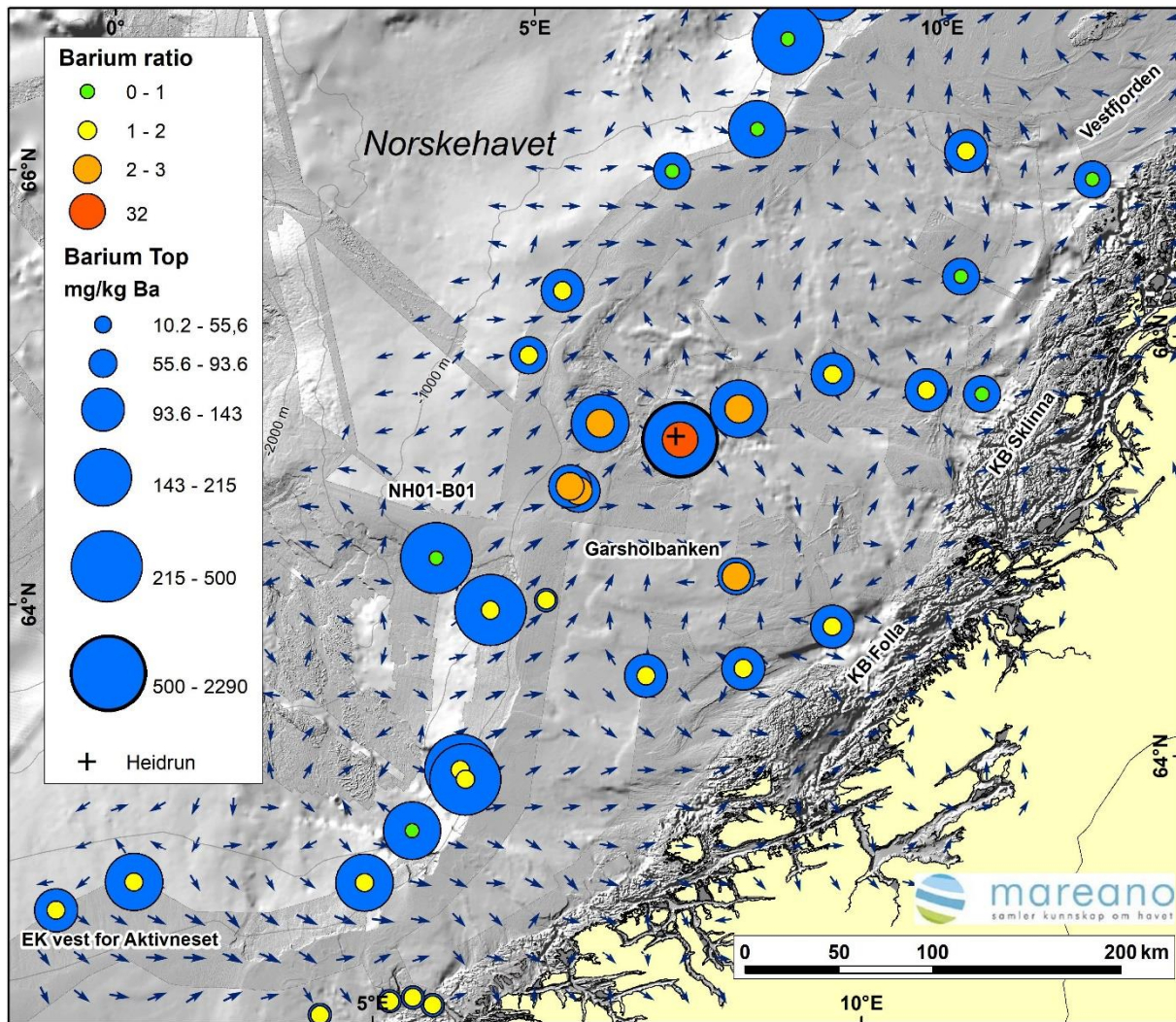
Figur 71. Tungmetall, arsen, barium, TOC, karbonat og finstoff i den ²¹⁰Pb-daterte sedimentkjernen R2869MC019 (0-33 cm). X-skalaen (konsentrasjoner) er logaritmisk. Årstallene til høyre er basert på ²¹⁰Pb-dateringsanalysene presentert i kap. 4.3.4.

4.5 Bariumanrikning i toppsedimenter i deler av Norskehavet

De høye Ba-verdiene på Garsholbanken stasjon R2401 (kapitlene 4.1 og 4.4) indikerer tilførsel utover naturlig tilførsel. Barium kan stamme fra boreaktivitet på sokkelen (Haaness m. fl., 2023) er det er derfor viktig å undersøke hva de høye verdiene kan skyldes. Ba-topp/Ba-bunn-forholdet (Figur 72) viser anrikning av topp-laget i forhold til det som kan antas å være naturlig bakgrunnsnivå dypest i sedimentkjernene. Sedimentkjernene fra R2770 og R2773 (Kirkegården) og R2869 (Spitsbergenbanken) hadde ikke noen anrikning av Ba i toppen (kapittel 4.4), så er ikke behandlet her.

For R2401 er dette forholdet 32, dvs. 32 ganger så mye Ba i topp-prøven som i dypeste prøve. Figur 72 viser at R2401 har den desidert høyeste anrikningen. I kapittel 4.4 (Figur 59) er det vist at økningen skjer mellom 14-15 cm og 24-25 cm. Da det ikke er noen ^{210}Pb -datering av R2401, er det enklest å se hva dateringen fra R2438, som også er lokalisert i Garsholbanken, gir av resultater. ^{210}Pb -dateringen av R2438 antyder at intervallet 14-15 cm kan tilsvare år 1900 og 24-25 cm omtrentlig år 1820, under forutsetning at avsetningsforholdene har vært relativt stabile i hele denne perioden. Hvis man overfører dateringen fra R2438 til R2401, antyder resultatene at Ba øker i konsentrasjon allerede fra engang på 1800 tallet. De relativt få analysene av sedimentkjerner R2401 gjør denne antakelse noe usikker, men indikerer likevel en gradvis økning i Ba allerede fra 1800-tallet frem til i dag. Heidrunfeltet ligger 2 km fra R2401, så det er nærliggende å tro at utslipp herfra kan være forklaringen, helt eller delvis. Men i og med at økningen tilsynelatende skjer lang tid før olje- og gass-aktiviteten begynte i Norskehavet på 1980-tallet, så kan økningen også skyldes naturlige kilder, for eks. slamvulkaner som Håkon Mosby i Barentshavet (Knies m. fl. 2006; Jensen m. fl., 2010a,b). Her er det registrert en Ba-konsentrasjon på 1090 mg/kg sediment i toppsjiktet.

Figur 72 viser Ba-topp/Ba-bunn-forhold for totalt 28 sedimentkjerner i denne delen av Norskehavet. Det er størst anrikning i sedimentkjerner relativt nær R2401, dvs. på Garsholbanken og nærliggende stasjoner. Anrikningen på de stasjonene er 2-3 ganger. Stasjoner med anrikning mellom 1 og 2 ligger lengre unna R2401 enn de anriket 2-3 ganger. Stasjonene med 1-2 ganger anrikning ligger både sør, vest og nord for R2401. Hvorvidt alle stasjonene har samme Ba-kilde som 2401 er ukjent. Spesielt stasjonene sør for R2401 er usikre fordi havstrømmene går nordover. Det er derfor ikke mulig med geokjemidata alene å avgjøre hva som er kilden/kildene til økte Ba-konsentrasjoner øverst i en rekke sedimentkjerner i denne delen av Norskehavet. Heidrunfeltet kan være en kilde til Ba. For å avgjøre hvor økt innhold av Ba stammer fra bør det utføres ^{210}Pb datering av R2401, tas flere prøver fra sedimentkjernen for analyse av Ba-innhold og andre parametere som kornstørrelse og TOC, og utføres SEM (Scanning Elektron Mikroskopi) for å sjekke om det finnes baryttkrystaller i sedimentene



Figur 72. Ba-konsentrasjon i overflateprøver (0-1 cm) i Norskehavet samt forholdstall Ba (0-1 cm)/Ba (dypeste prøve). Bariumforholdet er angitt med størrelse på sirkel og farge. Havstrømmer angitt med piler er modellert av Havforskningsinstituttet.

4.6 Mikroplast (MP)

4.6.1 Mikroplast - typer og egenskaper

Det finnes en rekke plastpartikler og andre menneskeskapt partikkeltyper i sedimentene. Disse har forskjellige egenskaper og brukes i forskjellige sammenhenger. Tabell 22 viser plasttyper og andre mikropartikler.

Tabell 22. Plasttyper - forkortelser og typiske bruksområder (fra Haave m. fl., 2022).

Polymertype	Tetthet (g/cm ³)	Bruksområder
polykarbonat (PC)	1,20-1,22	Hard «glass» emballasje
polyester (PES)	1,38	Syntetiske tekstiler
polyetylen (PE)	0,86-1,00	Plastposer, plastfilm, leker, shampooflasker
polypropylen (PP)	0,91	Leker, plastdeler
polyvinylklorid (PVC)	1,38	Bygg og anleggsrelatert, rør, kabelisolasjon
polystyren (PS)	0,96-1,05	Isopor
Viskose	Ingen informasjon	Fiber, brukse i klær og med samme egenskaper som bomull
Gummi	0,90-0,91	bildekk
Maling	Ingen informasjon	Overflater på fartøy, olje/gass installasjoner

4.6.2 Prøver sendt til analyse av mikroplast

Det er tatt kjerner for analyse av mikroplast (Tabell 2, Figur 3) på 17 stasjoner og analysert for mikroplast i 36 prøver (Tabell 23). Fra flere ²¹⁰Pb-daterte kjerner ble det også tatt ut prøver i dypere lag for å finne ut når mikroplast først opptrer i sedimentene. Resultatene fra dypere lag er presentert i kapittel 4.6.4.

Tabell 23. Sedimentprøver til mikroplastanalyser.

Stasjon	Prøveintervaller i sedimentkjerner
R2373MC001	0-2 cm
R2389MC002	0-2 cm
R2401MC003	0-2 cm
R2418MC004	0-2 cm
R2438MC005	0-2 cm, 2-4 cm, 4-6 cm, 6-8 cm, 8-10 cm, 18-20 cm
R2454MC006	0-2 cm
R2486MC007	0-2 cm
R2524MC008	0-2 cm
R2558MC009	0-2 cm, 18-20 cm, 28-30 cm
R2561MC011	0-2 cm
R2596MC012	0-2 cm, 2-4 cm, 4-6 cm, 6-8 cm, 8-10 cm, 18-20 cm, 28-30 cm
R2608MC013	0-2 cm
R2651MC014	0-2 cm
R2669MC015	0-2 cm
R2736MC016	0-2 cm
R2770MC017	0-2 cm
R2869MC019	0-2 cm, 2-4 cm, 4-6 cm, 6-8 cm, 8-10 cm, 18-20 cm, 28-30 cm

Det er benyttet 2 ulike laboratorier for analyse av mikroplast, NIVA og Eurofins Norge. Se kap. 3.3 for prosedyre for prøvesplitting og beskrivelse av metodene, samt Vedlegg 4 og 5 for detaljerte analyserapporter. Eurofins Norge har analysert de samme prøvene som NIVA, med den komplementære

metoden pyr-GC/MS. Eurofins detekterte ikke målbare mengder av plast i de fleste av prøvene – resultatene var under den nedre kvantifiseringsgrense på 30 mikrogram/kg sediment. Imidlertid er det med pyr-GC/MS metoden registrert enkelte typer plast i lave konsentrasjoner i enkelte prøver med spektre karakteristisk for plasttyper, men under nedre kvantifiseringsgrense på 30 mikrogram/kg sediment

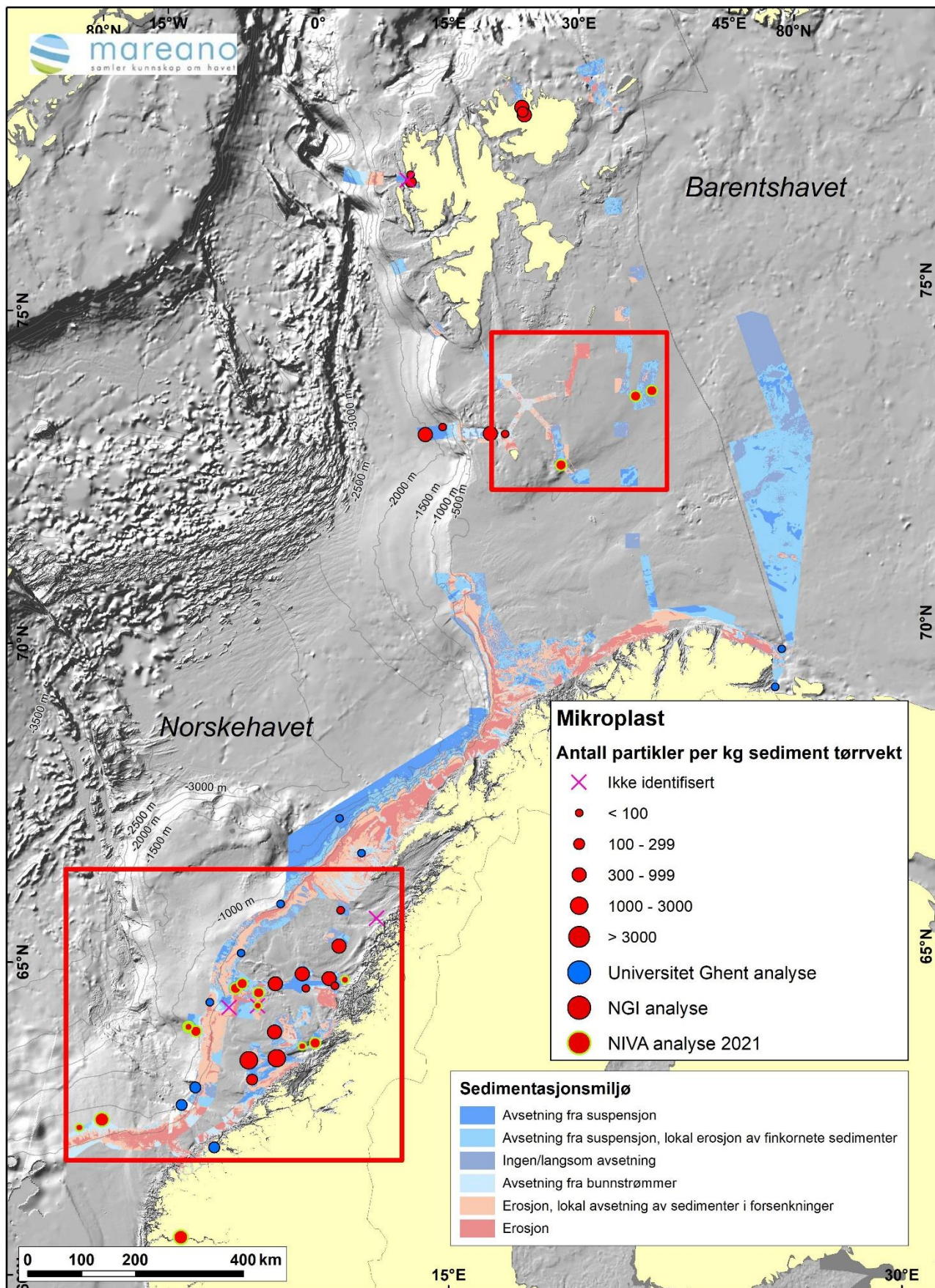
Resultatene fra MP-analyse i overflatesedimenter (kap. 4.6.3) og i prøver dypere i sedimentkjernene (kap. 4.6.4) er fra NIVA.

4.6.3 Mikroplast i overflatesedimenter

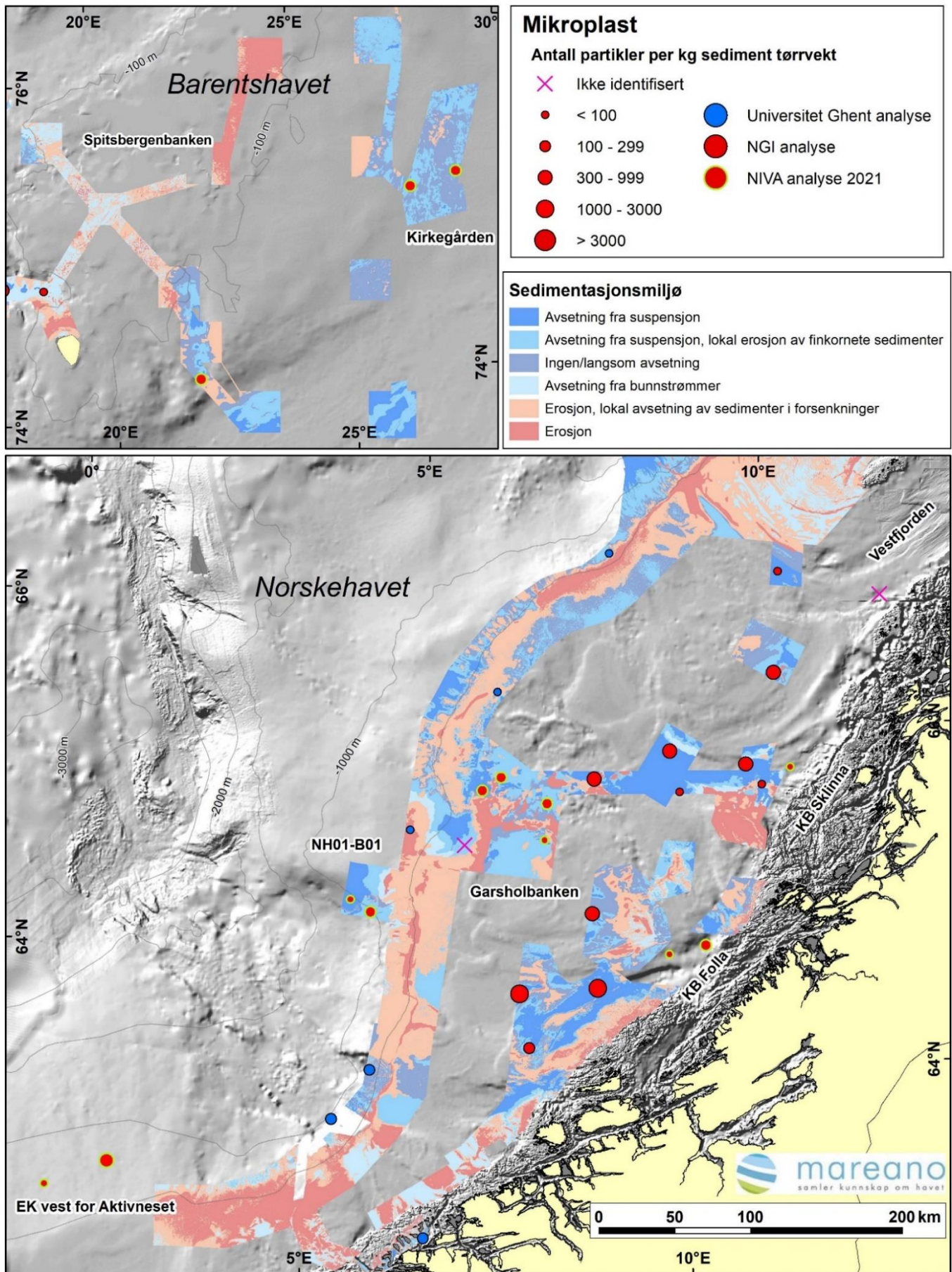
Resultatene av mikroplastanalysene av overflateprøvene (0-2 cm) viser at antall MP pr. kg sediment varierer fra ikke noen detektert i prøven fra Garsholbanken (R2454) og ytre Vestfjorden (R2669) til 435 MP/kg sediment tørrvekt i prøven fra R2373 i Sognefjorden (Tabell 24, Figur 73). Generelt er det lavt antall MP pr. kg sediment i prøvene nær kysten i KB Folla, KB Sklinna og ytre Vestfjorden. Ser man bort fra R2373 fra Sognefjorden så er det størst antall MP pr. kg sediment tørrvekt i R2486, Eggakanten vest for Aktivneset med 341 MP pr. kg sediment tørrvekt. De 3 prøvene fra Kirkegården og Spitsbergenbanken ligger i det samme geografiske området nordøst for Bjørnøya (Figur 1). Antall MP varierer fra 161 til 184 partikler pr. kg sediment, og det er dermed ikke store variasjoner i dette området. Det er stor forskjell i antall MP pr. kg sediment for prøvene fra Garsholbanken sammenlignet med prøver fra Sklinnadjupet vest og andre prøver øst for Garsholbanken (Figur 73). Prøvene øst for Garsholbanken ble tatt i 2020 og er rapportert av Jensen og Bellec (2021).

Tabell 24. Antall mikroplastpartikler pr. kg sediment tørrvekt i 4 daterte sedimentkjerner. Enhet: antall MP/kg sediment tørrvekt.

Stasjon	prøver	Plast		Maling		Gummi		Viskose		Total MP
		Fiber	Fragment	Fiber	Fragment	Fiber	Fragment	Fiber	Fragment	
R2373MC001	0-2 cm	95	151	0	19	0	0	151	19	435
R2389MC002	0-2 cm	0	0	0	0	0	0	33	0	33
R2401MC003	0-2 cm	0	18	0	0	0	0	107	0	125
R2418MC004	0-2 cm	0	19	0	0	0	0	93	0	112
R2438MC005	0-2 cm	33	33	0	0	0	0	65	0	131
R2454MC006	0-2 cm	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R2486MC007	0-2 cm	80	60	0	0	0	0	201	0	341
R2524MC008	0-2 cm	0	16	0	0	0	0	78	0	94
R2558MC009	0-2 cm	0	0	0	0	0	35	35	0	70
R2561MC011	0-2 cm	0	16	0	0	0	0	98	0	114
R2596MC012	0-2 cm	14	28	0	0	0	0	14	0	56
R2608MC013	0-2 cm	29	14	0	14	0	0	57	0	114
R2651MC014	0-2 cm	15	0	0	0	0	0	31	0	46
R2669MC015	0-2 cm	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R2736MC016	0-2 cm	0	46	0	0	0	0	138	0	184
R2770MC017	0-2 cm	0	0	0	28	0	0	141	0	169
R2869MC019	0-2 cm	32	0	0	0	0	0	97	32	161



Figur 73. Antall mikroplastpartikler pr. kg sediment tørrvekt i overflateprøver. Prøvene fra 2021 er merket med gul sirkel.



Figur 74. Mikroplast i overflatesedimenter. Kartutsnittene er vist i Figur 73. Prøvene fra toktene 2021-toktene er markert med gul sirkel.

4.6.4 Mikroplast i daterte sedimentkjerner

MP-prøvetaking i forskjellige dybder i daterte kjerner er utført for å undersøke når mikroplast først kom inn i det marine miljøet. I Tabell 25 er antall MP angitt for hver prøve.

De 4 analyserte sedimentkjernene representerer forskjellige avsetningsmiljøer og geografiske områder. R2438 er fra Garsholbanken på sokkelen. R2558 er i NH01-BO1 på skråningen i Norskehavet. R2596, KB Folla, er en kystnær stasjon og R2869 er fra Spitsbergenbanken.

Resultatene presentert i Tabell 25 viser at det finnes MP i dypere lag i samtlige 4 sedimentkjerner. R2438 fra Garsholbanken har MP i de øverste 10 cm, som med dateringsresultatene presentert i kap. 4.3.4 indikerer MP-tilførsel tilbake til ca. 1940. Gravende organismer kan imidlertid ha brakt MP ned til dypere lag, selv om plastproduksjon og etterfølgende spredning til miljøet har funnet sted fra 1950-tallet. Funn av mikroplast i dypere nivåer er tidligere rapportert av Uddin m. fl. (2021). Resultatene fra R2558 (Tabell 24) er mer tvilsomme når det gjelder mikroplast ved 18-20 cm og 28-30 cm. Det kan se ut til at kontaminering har funnet sted. R2596, fra KB Folla, har MP til stede i samtlige 7 analyserte intervaller fra toppen (0-2 cm) til bunn (28-30 cm). Sammensetningen endres fra plast og viskose i de øverste lagene til å være mer dominert av viskose ved 8-10 cm, 18-20 cm og 28-30 cm, med noe plast ved både 18-20 cm og 28-30 cm. Aldersdateringen av R2596 gir 1960 ved 7-8 cm (kap. 4.3.4). Det er rimelig å anta at MP kan forekomme i dette nivået. Det er også mulig at det kan finnes MP ved 8-10 cm, som tilsvarer 1940-tallet dersom man ekstrapolerer dateringskurven i kap. 4.3.4, Figur 47. Bioturbasjon kan ha bidratt til å dra MP ned i dypere nivå. MP og viskose ved 18-20 cm og 28-30 cm er vanskelig å forklare.

R2869 fra Spitsbergenbanken har høyt innhold av MP i overflateprøven (0-2 cm) med 161 MP/kg sediment tørrvekt og deretter lavere antall MP i prøvene under, inntil prøven ved 28-30 cm hvor det registreres 102 MP/kg sediment tørrvekt. MP består overveiende av viskosefiber med bidrag fra plastfiber ved 0-2 cm.

MP består primært av viskose i de fleste av prøvene fra de 4 sedimentkjernene, med bidrag fra plast, og i mindre grad fra maling og gummi.

Kontaminering kan ikke utelukkes å ha funnet sted, noe NIVA også rapporterer (Vedlegg 4).

**Tabell 25. Antall mikroplastpartikler pr. kg sediment tørrvekt i 4 daterte sedimentkjerner (NIVA-analyser, Vedlegg 4).
Enhet: antall MP/kg sediment tørrvekt.**

Stasjon	prøver	Plast		Maling		Gummi		Viskose		Total MP
		Fiber	Fragment	Fiber	Fragment	Fiber	Fragment	Fiber	Fragment	
R2438MC005	0-2 cm	33	33	0	0	0	0	65	0	131
	2-4 cm	14	0	0	0	0	0	112	0	126
	4-6 cm	14	14	0	0	0	0	43	14	85
	6-8 cm	0	11	0	0	0	0	22	0	33
	8-10 cm	25	12	0	0	0	0	25	25	87
	18-20 cm	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R2558MC009	0-2 cm	0	0	0	0	0	35	35	0	70
	18-20 cm	0	0	0	0	0	0	36	0	36
	28-30 cm	0	19	0	0	0	0	37	0	56
R2596MC012	0-2 cm	14	28	0	0	0	0	14	0	56
	2-4 cm	14	0	0	0	0	0	42	0	56
	4-6 cm	0	0	0	0	0	0	12	0	12
	6-8 cm	0	11	0	0	0	0	11	11	33
	8-10 cm	0	0	0	0	0	0	36	0	36
	18-20 cm	12	12	0	12	0	0	52	0	88
	28-30 cm	13	13	0	0	0	0	52	0	78
R2869MC019	0-2 cm	32	0	0	0	0	0	97	32	161
	2-4 cm	0	0	0	0	0	0	24	0	24
	4-6 cm	0	0	0	0	0	0	86	0	86
	6-8 cm	0	0	0	0	0	0	19	0	19
	8-10 cm	0	0	0	0	0	0	31	0	3
	18-20 cm	0	0	0	0	0	0	27	0	27
	28-30 cm	0	0	0	0	0	0	102	0	102

4.6.5 Pyrolyse-GC/MS

Metoden basert på Pyr-GC/MS kan benyttes for å detektere forskjellige typer plast og kvantifisere mengden av plast i f.eks. sedimenter. Pyr-GC/MS metoden ved Eurofins Norge er rettet inn mot identifikasjon av åtte plasttyper og gummi (Tabell 26). For samtlige typer plastpolymerer er deteksjonsgrensen på 30 µg/kg sediment tørrvekt.

Utfordringen for pyr-GC/MS-metoden er at ikke alt biologisk materiale blir fjernet ved opparbeiding av prøvene. Spesielt karbonat i form av mikrofossiler (foraminiferer) utgjør en hindring for å se pyr-GC/MS-resultatene i GC/MS-spektrene. Dermed blir det vanskeligere å få gode, kvantifiserbare analyseresultater for de forskjellige typer plast og gummi. Lavt innhold av MP i prøvene, som vist i kap. 4.6.3 og 4.6.4, gjør pyr-GC/MS analysene sårbare for å kunne gi kvantitativt pålitelige resultater. Enkelte prøver gir målbare resultater for MP (Vedlegg 5).

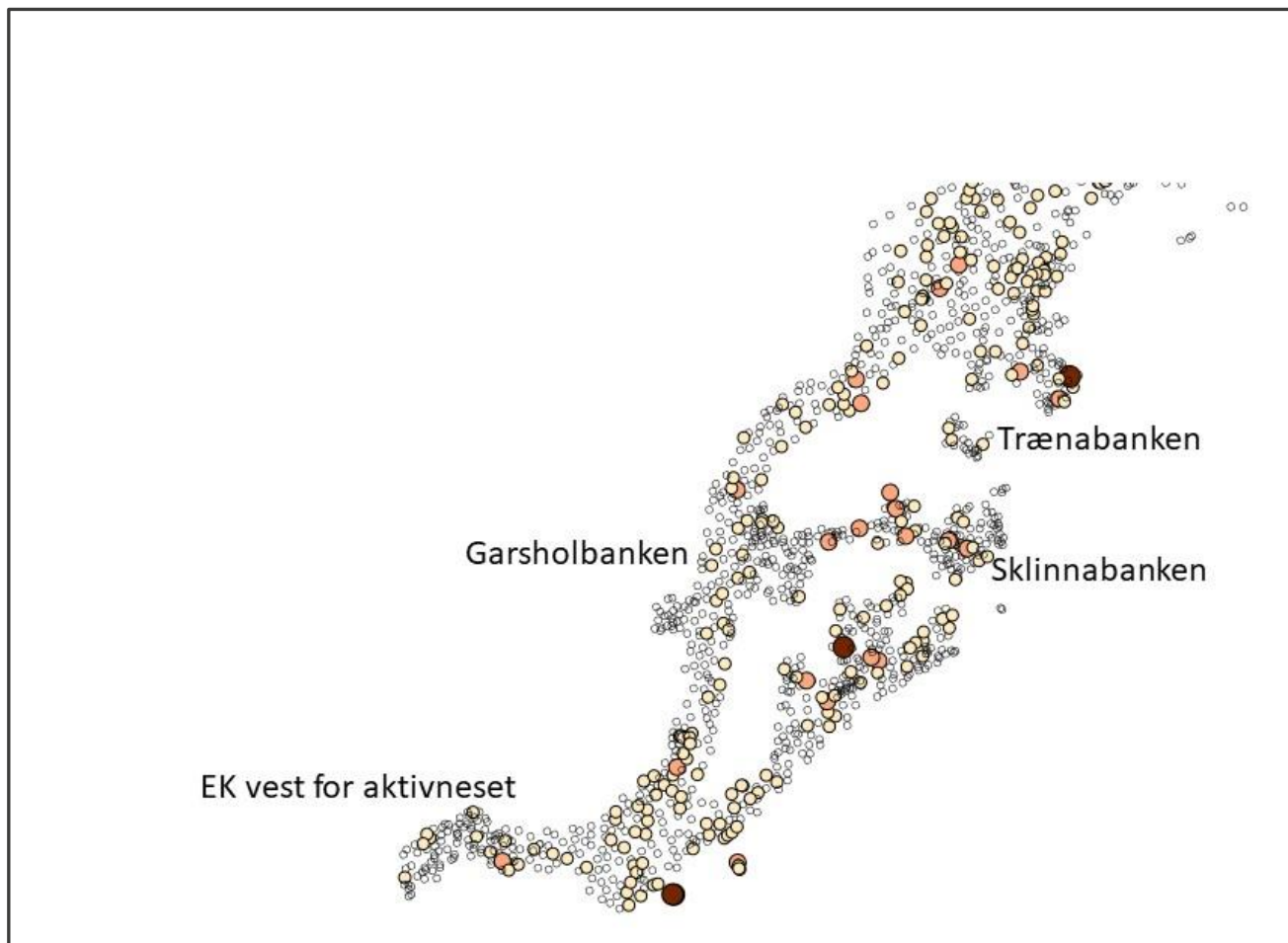
Tabell 26. Typer plastpolymerer det kan analyseres for med pyr-GC/MS-metoden til Eurofins Norge.

Polymertype	Bruksområde(r)
Gummi	Dekk
Polybutadien - gummi	Dekk
Polyisopren - naturgummi	Kirurgisk utstyr, dekk, skosåler
Polyamid 6/nylon (PA66)	Syntetiske artikler, tau og fiskegarn
Polyetylen (PE)	Plastposer, plastfilm, leker, shampooflaster
Polykarbonat (PC)	Hard «glass», emballasje
Polymetylmetakrylat (PMMA)	Brukes som et alternativ til glass, kontaktlinser og medisinstreker
Polypropylen (PP)	Leker, plastdeler
Polystyren (PS)	Isopor
Polyvinylklorid (PVC)	Bygg og anleggsrelatert, rør, kabelisolasjon.

4.6.6 Mikroplastanalyser: sammenlikning med tidligere studier på sedimentprøver fra Norskehavet

Antall MP/kg sediment er generelt lavere i 2021-prøvene fra Garsholbanken sammenlignet med 2020-prøvene (Jensen og Bellec, 2021). Det var NGI som analyserte 2020-prøvene, og de har en litt annen metode for opparbeiding, bl.a. med et mer finmasket filter (43 µm) for MP-partikler (Jensen og Bellec, 2021) enn benyttet på 2021-prøvene (50 µm filter).

Det er imidlertid også andre forhold som kan forklare forskjellene i antall MP/kg sediment tørrvekt. Sedimentene på Garsholbanken har omtrent samme innhold av finstoff som prøvene øst for Garsholbanken (Figur 9). Marint søppel er til stede i mindre omfang på Garsholbanken enn i områdene rundt (<http://www.mareano.no/kart/mareano.html#maps/3250>). Dette kan også ha betydning for forekomst av MP i sedimentene, da plastsøppel brytes ned til mindre komponenter. Er det mindre søppel i utgangspunktet, så kan det føre til mindre MP i sedimentene. Figur 75 viser antall søppelregistreringer på videostasjoner. Det generelle inntrykket når man sammenlikner MP kartet i Figur 74 og antall søppelregistreringer i Figur 75, er at det er lavt antall MP i områder med lite eller ingen søppelregistreringer som f.eks. på Garsholbanken. Tilsvarende er det høyere antall MP i områder med flere søppelregistreringer, som f.eks. området øst for Garsholbanken og i området sør for Skinnabanken.



Figur 75. Antall søppelregistreringer per videostasjon i Norskehavet. Symbolstørrelse og farge er i henhold til HIs tegnforklaring [Presentasjonsregler - Søppel pr Mareano-stasjon \(geonorge.no\)](http://www.geonorge.no/tegnforklaring/3250). Åpen sirkel: ingen registreringer pr. 100 m; gul sirkel: 0 – 0,5 registreringer pr. 100 m videolinje; oransje sirkel: 0,5 – 1,0 registreringer pr. 100 m; svart sirkel: >1 registrering pr. 100 m. Kilde: <http://www.mareano.no/kart/mareano.html#maps/3250>.

5 OPPSUMMERING

Sedimentprøvetaking på 29 stasjoner viser at det er lite metallforurensing i overflatesedimentene i de undersøkte havområdene. Unntaket er stasjonen i Sognefjorden, som har høyest innhold av samtlige metaller. Dette kan skyldes nærhet til antropogene kilder, og bidrag fra lokal berggrunn.

Det er generelt lave konsentrasjoner av metallene Cd, Cu, Cr, Hg, Ni, Pb og Zn i alle områdene. As har høye konsentrasjoner i overflateprøvene fra Spitsbergenbanken og Kirkegården i Barentshavet, tilsvarende moderat forurensing. I NH01-BO1 er As til stede i litt høyere konsentrasjoner sammenliknet med prøvene fra sokkelen i Norskehavet, tilsvarende tilstandsklasse II, god. Overflateprøven fra Sognefjorden har generelt høyere konsentrasjoner av de fleste metallene sammenliknet med stasjonene fra sokkelen og skråningen i Norskehavet.

Tretten stasjoner fra Sognefjorden, Garsholbanken, Eggakanten vest for Aktivneset, NH01 BO1, KB Folla, KB Sklinna, Ytre Vestfjorden, Kirkegården og Spitsbergenbanken ble valgt ut for kjemisk analyse i flere dybdenivå. Resultatene av de analyserte sedimentkjernene viser at Cr, Cu, Ni, Zn har stabile konsentrasjoner i prøvene fra de sedimentkjernene. Hg og Pb har lave konsentrasjoner i sedimentkjernene, men har økende konsentrasjoner mot toppene av kjernene, forårsaket av menneskelig aktivitet primært gjennom bruk av fossile energikilder. Det er utslipp fra kull for Hg sitt vedkommende og blyholdig bensin forbrenning for Pb sitt vedkommende. Åtte av disse ble datert med bruk av ^{210}Pb og analysert for innhold av ^{137}Cs , som kan indikere nedfall fra Tsjernobyl-utslippet 1986 i tillegg til andre menneskelige kilder (Fukushima 2011 og atombombep prøvesprengninger på 1950- og 1960 tallet). ^{210}Pb -dateringene er av middels til god kvalitet. Sedimentasjonsratene er lave i alle områdene, varierende fra 0,7 til 1,2 mm/år.

Barium er til stede i høy konsentrasjon på 2 290 mg/kg sediment tørrvekt i en overflateprøve fra Garsholbanken på stasjon R2401. Ba-økningen starter relativt dypt i kjernen, noe som indikerer at økningen startet før petroleumsaktivitetene på 1980-tallet. Det er imidlertid foreslått oppfølgende undersøkelser for å avklare dette.

Mikroplast er analysert i overflateprøver fra 17 stasjoner. MP ble påvist på alle stasjoner med unntak av en stasjon i ytre Vestfjorden og en stasjon sørvest på Garsholbanken. Det ble registrert lavt antall MP i overflatesedimentene på 2 stasjoner på Garsholbanken. Det er positiv korrelasjon mellom MP og marint søppel på Garsholbanken. På stasjoner nær kysten (KB Folla, KB Sklinna og ytre Vestfjorden) er det lavt antall MP. Lavt innhold av MP i sedimentprøvene medfører økt usikkerheten knyttet til resultatene. Det må derfor vurderes om mengde prøve til analyse skal økes (det er to stålrør for mikroplastanalyser). Biologisk materiale i prøvene har vist seg å være en utfordring både for NIVA og Eurofins.

Kontaminering av prøver til mikroplastanalyse kan oppstå under prøvetaking. Funn av mikroplast i dype lag i flere daterte sedimentkjerner indikerer at kontaminering kan ha skjedd. Blankprøver i alle faser fra prøvetaking til analyse må derfor vurderes.

Pyr-GC/MS-analyser av sedimentprøver for innhold av mikroplast gir ikke verdier over deteksjonsgrensen. Dette skyldes trolig at rester av organisk materiale og skjell etter opparbeiding gjør det vanskeligere å få frem gode spektre fra pyr-GC/MS analysene. Også et lavt innhold av mikroplast gjør det vanskelig å få frem gode spektre med pyr-GC/MS metoden.

Pyr-GC/MS-analyser er en komplementær metode til mikroskopi og μ FTIR-analyser, og har et potensiale i prøver med lavt innhold av MP ved å utvikle opparbeidingen av sedimentprøvene for å fjerne organisk materiale. Videre utvikling av metoder for opparbeiding av prøvene med fjerning av organisk materiale og mikrofossiler bør prioriteres høyt. Leverandør av pyr-GC/MS analysene har selv påpekt problemet med biologisk material i sedimentprøver som en utfordring.

6 REFERANSER

- Andersen T. J., 2017: Some Practical Considerations Regarding the Application of ^{210}Pb and ^{137}Cs Dating to Estuarine Sediments. Applications of Paleoenvironmental Techniques in Estuarine Studies. Developments in Paleoenvironmental Research (DPER), Vol. 20, p 121-140.
- Bellec V., Bøe R., Rise L., Lepland A., Thorsnes T. and Bjarnadóttir L. R., 2017. Seabed sediments (grain size) of Nordland VI, offshore north Norway. Journal of maps, vol. 13, No. 2, p. 608-620.
- www.blueoceansociety.org (2018)
- Braastad, G. 2000: Kort innføring i toksikologi – økotoksikologisk risikovurdering – veiledning – Del IIA. SFT-rapport TA 1756, 46 s.
- Bøe R., Dolan M., Thorsnes T., Lepland A., Olsen H., Totland O. & Elvenes S. 2010: Standard for geological seabed mapping offshore. NGU-rapport 2010.033, 15 s.
- Dehairs, F., Chesselet, R., and Jedwab, J., 1980. Discrete suspended particles of barite and the barium cycle in the ocean. Earth Planetary Science Letters, vol. 49, s. 528 – 550.
- Geonorge.no, 2021. [Produktspesifikasjon Bunnslimer korntørrelse](#). 53 sider
- Haanes, H., Jensen, H. K. B., Lepland A. and Heldal, H. E., 2023. Increased barium levels in recent marine sediments from the Norwegian and Barents Seas suggest impact of hydrocarbon drilling and production. Marine Pollution Bulletin, Vol. 186,
- Haave M., Henriksen T., Gomiero A. og Bye-Ingebrigtsen E., 2022. Kartlegging av mikroplastpartikler i urbant miljø fra land til sjø – kilder, mengder og spredning. Urban mikroplast. NORCE rapport 8-2022, NORCE Klima og miljø, 90 sider
- Jensen, H.K.B., Knies, J., Finne, T.E. og Thorsnes, T. 2010a: MAREANO 2009 – miljøgeokjemiske resultater fra Eggakanten, NGU-rapport 2010.016, 31 sider inkl. CD med vedlegg.
- Jensen H. K. B, Knies J., Finne, T.E. og Thorsnes, T. 2010b: MAREANO 2009 – miljøgeokjemiske resultater fra Eggakanten, Tromsøflaket og Nordland VII, NGU-rapport 2010.063, 36 sider inkl. CD med vedlegg.
- Jensen H. K. B., Seither A. og Knies J., 2016. Miljøkjemiske data og dateringsresultater fra Barentshavet Øst og Norskehavet. NGU-rapport 2016.025, 66 sider.
- Jensen H. K. B. og Cramer J., 2017. MAREANOs pilotprosjekt på mikroplast – resultater for forslag til oppfølging. NGU-rapport 2017.043, 51sider.

- Jensen H. K. B. og Bellec V., 2021. Miljøkjemiske data og dateringsresultater fra Norskehavet – MAREANO. NGU-rapport 2021.028, 70 sider.
- Knies, J., Jensen, H.K.B., Finne, T.E., Lepland, A. & Sæther, O. M. 2006: Sediment composition and heavy metal distribution in Barents Sea surface samples: Results from Institute of Marine Research 2003 and 2004 cruises. NGU-report 2006.067, 1-35.
- Lepland, A., Sæther O. M. & Thorsnes T. 2000: Accumulation of barium in recent Skagerrak sediments: sources and distribution control. *Marine Geology*, vol. 163, s. 13 – 26.
- Mareano, kart. Marin søppel registreringer: (<http://www.mareano.no/kart/mareano.html#maps/3250>)
- Miljødirektoratet veileder M-608, 2016. Grenseverdier for klassifisering av vann, sedimenter og biota. Revidert 2020.13 sider. <https://www.miljodirektoratet.no/globalassets/publikasjoner/M608/M608.pdf>
- Molvær, J., Knutzen, J., Magnusson, J., Rygg, B., Skei, J. & Sørensen, J. 1997: Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystvann. Veiledning. SFT-rapport 97:03, TA-1467, 36 sider.
- Norsk oljehistorie i korte trekk, 2002. <http://www.ptil.no/ord-og-uttrykk/norsk-oljehistorie-i-korte-trekk-article882-38.html>.
- Nuernberg C. C., Bohrmann G., Schlueter M. og Frank M., 1997. Barium accumulation in the Atlantic sector of the Southern Ocean. Results from 190,000-year records. *Paleoceanography*. Vol. 12 (4), s. 594 – 603.
- Olsgård F. and Gray J., 1995. A comprehensive analysis of the effects of offshore oil and gas exploration and production on the benthic communities of the Norwegian continental shelf. *Marine Ecology Progress Series*, vol. 122, pp. 277 – 306.
- Rise, L. og Brendryen, J. 2013. Leirinnhold i jordarter – en sammenlignende studie med vekt på Coulter Laser 200 og Sedigraph, og forslag til beregning av ekvivalent leirinnhold i prosent. NGU Rapport 2013.012, 35 s.
- Rye H., 1996. Miljøeffekter av utslipp fra borekjemikalier. Rapport fra OLF. IKU Petroleumsforskning. Rapport nr. 42.4053.00/01/96. 98 sider.
- SFT 2007: Veileder for klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Revidering av klassifisering av metaller og organiske miljøgifter i vann og sedimenter. SFT-veileder 2229, 11 s.
- Sæther O. M., Faye G., Thorsnes T., Rise L., Longva O. and Bøe R., 1996. Regional distribution of manganese, phosphorus, heavy metals, barium, and carbon in sea-bed sediments (0-2 cm) from the northern part of the Norwegian Skagerrak. *Geological Survey of Norway Bull.*, no. 430, p. 103-112.
- Thorsnes T. and Klungsøyr J., 1997. Contamination of Skagerrak sediments due to man-made inputs during the last 200 years. In: O. Longva and T. Thorsnes (Editors), *Skagerrak in the past and at the present - an integrated study of geology, chemistry, hydrography and microfossil ecology*. Geological Survey of Norway. Special Publication, vol. 8, p. 52-79.
- Tjønneland M. V., 2021. Microplastics in marine sediment from the Norwegian Sea. NGI rapport (på engelsk). 135 sider.
- Uddin S., Fowler S. W., Uddin M. F., Behbehani M. and Naji A., 2021. A review of microplastic in sediment profiles. *Mar. Poll. Bull.*, vol. 163.



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