

Rapport nr.: 2005.087		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen	
Tittel: Bunntyper og sedimentmektigheter i området mellom Aker Brygge og Ormøya, indre Oslofjord				
Forfatter: Aivo Lepland, Reidulv Bøe, Heidi Olsen, Aave Lepland og Oddbjørn Totland			Oppdragsgiver: Oslo kommune, vann- og avløpsetaten	
Fylke: Oslo		Kommune: Oslo		
Kartblad (M=1:250.000) Oslo		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000) 1814 I (Asker), 1914 IV (Oslo)		
Forekomstens navn og koordinater:		Sidetall: 18 Pris: 140,- Kartbilag:		
Feltarbeid utført: 2004-2005	Rapportdato: 20.12.2005	Prosjektnr.: 301804	Ansvarlig: Morten Smelror	
<p>Sammendrag:</p> <p>NGU og Oslo kommune, vann- og avløpsetaten, har i samarbeid undersøkt bunnforholdene i området mellom Aker Brygge og Bekkelaget for å framskaffe et best mulig datagrunnlag for planlegging av en framtidig avløpstrase på sjøbunnen fra Bjørvika til Bekkelaget.</p> <p>Topografien og dybdeforholdene i området er dominert av den kambrosiluriske berggrunnen, som danner et mønster av rygger og daler i nordøst-sørvestlig retning. Vinkelrett på denne retningen går det sprekker og forkastninger, som danner forsenkninger. Sedimentasjonsforholdene er i stor grad styrt av topografien. Sedimenter avsettes i forsenkninger og former en forholdsvis flat sjøbunn, men på grunn av begrenset sedimenttilførsel er det flere steder bart fjell eller fjell med tynn sedimentdekke på sjøbunnen. Pockmarks, dvs. groper i sjøbunnen, finnes langs porøse lag i berggrunnen og langs sprekker og forkastninger.</p> <p>Store deler av området er dekket av veldig bløte, svarte, slammige sedimenter med et høyt innhold av organisk materiale. Utenfor Aker Brygge og Bjørvika er det oksygenmangel på havbunnen, og sedimentene har kraftig lukt av H₂S. På undersjøiske rygger og nær land ved øyene er sedimentene grovere, og inneholder sand og grus i tillegg til slam. Ved båtterminaler består sedimentene hovedsakelig av grus, som tyder på at propeller virvler opp og blåser bort de mest finkornige bestanddelene i sedimentet. Diamikton, som består av materiale med forskjellige kornstørrelser, er i de fleste tilfeller observert ved kaikanter og utfyllinger. Store variasjoner i sedimentmektigheter (fra 0 til 65 m) er forårsaket av bunnmorfologi, dybdeforhold, og sedimenttransportprosesser i vannsøylen og langs bunnen.</p> <p>Stratigrafiske profiler av utvalgte tungmetaller som ble målt in situ ved hjelp av Itrax Core Skanner, viser at sedimenter på sjøbunnen og ned til ca. 30 cm dybde er forurenset med miljøgifter.</p>				
Emneord: Maringeologi	Bunntype		Sedimentmektighet	
Prøver	Batymetri		Seismikk	
Morfologi	Miljøgeologi		Rørledning	

INNHOLD

1. FORORD.....	4
2. METODIKK.....	4
2.1 Navigasjon og posisjonering	4
2.2 Dybde- og sjøbunnsreflektivitetmåling	4
2.3 Refleksjonsseismikk.....	6
2.4 Prøvetaking og sedimentbeskrivelse	6
3. RESULTATER	7
3.1 Batymetri og morfologielementer	7
3.2 Sedimentmektigheter.....	9
3.3 Bunntyper og løsmassedannelse.....	9
3.4 Miljøstilstand i sedimentene.....	17
4. KONKLUSJONER – GEOLOGISKE ASPEKTER VIKTIGE FOR PLANLEGGING AV EN RØRLEDNING FRA BJØRVIKA TILL BEKKELAGET	18

FIGURER

Figur 1. Sender/mottaker til interferometrisk sonar. Instrumentet med rød bunnflate øverst på senderen er et enkeltstråleekkolodd, og det ved siden av er lydhastighetsmåler.

Figur 2. Dybdekart med 5 m dybdekoteintervall og skyggerelieff.

Figur 3. Sedimentmektighetskart.

Figur 4. Seismiske linjer og sedimentmektigheter. Mellom seismiske linjer er sedimentmektigheter interpolert, og kan derfor være unøyaktige.

Figur 5. Prøvetakingslokaliteter.

Figur 6. Prøve tatt med boxcorer (P0503009) utenfor Bjørvika. Finkornige, veldig bløte sedimenter inneholder mye organisk materiale og lukter sterkt av H₂S.

Figur 7. Boxcorerprøve P0503015 fra en undersjøisk rygg i Bekkelagsbassenget. Sedimentet består av sand- og grusholdig slam.

Figur 8. Boxcorerprøve P0503007 fra Bjørvika. Grusige sedimenter ved båtterminaler reflekterer propelleroppvirvling og fjerning av de mest finkornige sedimentfraksjonene.

Figur 9. Tolking av bunnsedimenter basert på bunnmorfologi, bunnreflektivitet, sedimentmektigheter og sedimentprøver.

Figur 10. Tolking av løsmassedannelse. Som bakgrunn er det benyttet et skyggerelieffkart, som viser morfologiske elementer på sjøbunnen.

Figur 11. Sammenstilling av kjerneloggingsresultater for å illustrerer optiske og radiografiske variasjoner samt stratigrafiske profiler over utvalgte tungmetaller. Den radiografiske loggen er vist i gråskala (2 cm bred målestripe) midt på kjernebildene. Se Fig. 5 for geografiske posisjoner av kjernene.

1. FORORD

Norges Geologiske Undersøkelse (NGU) har i løpet av 2004 og 2005 gjennomført maringeologisk kartlegging i indre Oslofjord. Formålet med kartleggingen har blant annet vært å (i) framskaffe informasjon om dybdeforhold, (ii) lage kart over bunntyper og sedimenttyper, og (iii) definere sedimentakkumulasjonsområder og lage sedimentmektighetskart. Foreløpige resultater av kartleggingen har vært presentert for Oslo kommune, vann- og avløpsetaten i november 2004 og april 2005.

NGU og Oslo kommune, vann- og avløpsetaten, har i samarbeid undersøkt bunnforholdene i området mellom Aker Brygge og Bekkelaget for å framskaffe et best mulig datagrunnlag for planlegging av en framtidig avløpstrase på sjøbunnen fra Bjørvika til Bekkelaget. Resultatene fra undersøkelsen er presentert i denne rapporten.

2. METODIKK

2.1 Navigasjon og posisjonering

NGUs forskningsfartøy FF Seisma ble brukt til innsamling av alle data. Seisma er utstyrt med en Trimble differensiell GPS og to gyrokompass. GPSen har en presisjon bedre enn ± 1 m og under dybdemåling er den posisjonert rett over sonaren for å oppnå størst mulig nøyaktighet i x-y planet. Avstanden til seismikkutstyret er målt med centimeters nøyaktighet, som korrigeres i etter-prosesseringen. Det er ikke lagt inn korreksjoner for at prøvetaking skjer over hekken på fartøyet, mens GPS antenna står i masta ca. 8 m lenger framme.

2.2 Dybde- og sjøbunnsreflektivitetmåling

Dybdemålingene er gjennomført med 250 MHz GeoSwath interferometrisk sidesøkande sonar (Fig. 1). Sonaren har en rekkevidde på 90 m vertikalt og til sidene. Sonaren har to sendere monterte på en V-plate med en vertikal helling på 30 grader. Disse sender lydbølger mot havbunnen, der de blir reflektert tilbake mot overflaten for så å bli oppfanget av mottakere på sonaren. Dette gir mulighet for å bestemme posisjonen hvor lydbølgen blir reflektert. Sonaren sender en stråle vekselvis til hver side og bruker tid og faseforskyving på det returnerte signalet til å rekne ut avstander som blir omregnet til dybder. Lydbølgen avbøyes i forhold til hastighetsforskjellene i vannet. Avbøyningen har størst betydning omkring senderen, hvor lyd hastigheten måles kontinuerlig med minilyd hastighetsmåler (Valeport Mini SVS) som er montert på V-platen. Flere ganger daglig, på forskjellige geografiske lokaliteter, ble det foretatt målinger av vannsøylen (fra overflaten til bunnen) med en Valeport 650 SVP (Sound Velocity Profiler). Denne brukes til å bestemme lyd avbøyning på grunn av

lydhastighetsvariasjoner i vannlag med forskjellig temperatur og salinitet, som påvirker gangbanen for lydbølgene.



Figur 1. Sender/mottaker til interferometrisk sonar. Instrumentet med rød bunnflate øverst på senderen er et enkeltstråleekkolodd, og det ved siden av er lydhastighetsmåler.

For å oppnå en mest mulig nøyaktig oppmåling av vanddybden er det på V-platen også montert en TSS DM bevegelsesensor som registrerer kompensasjonsdata for rull, hiv og stap. Datatettheten blir minst rett under båten, i gapet mellom de to strålene, men dette blir delvis kompensert for med ekkoloddet på V-platen. Ved 4 knops hastighet, som ble brukt under profileringen, ble det registret flere titalls batymetri- or intensitetsmålinger fra hver kvadratmeter. GS+ programmet benyttes til å regne ut gangbanen for lydbølgene gjennom vannet, samt kompensere for sonarens bevegelser og konvertere tid til dybde. Tidevannsdata fra Statens kartverks vannstandsmåler i Oslo ble lest og importert inn i programmet, og dybde dataene ble deretter korrigert for tidevannsforskjellen.

Sonaren registrerer også intensiteten av lydbølgene (såkalte backscatterverdier), som gir et mål for ruheten og hardheten av havbunnen. Disse dataene ble prosessert i GeoTexture-programmet, og satt sammen til sonarbilder av havbunnen. Oppløsningen reduseres når sonar data fra enkle innsamlingslinjer settes sammen til et flatedekkende bilde, men dette gjør det mulig å importere intensitetsdataene inn i et 3D-tolkningsprogram, og dermed kombinere

dybde- og intensitetsdata for å utføre den geologisk tolkningen. Dette gir den beste og mest detaljerte tolkningen. Batymetri- or backscatterdata ble prosessert og griddet med 1 m cellestørrelse i GeoSwath programvare.

2.3 Refleksjonsseismikk

Samtidig med dybdemålingene ble det innsamlet seismikk. I 2004 ble registreringene gjort med TOPAS (Topographic Parametric sonar, sendefrekvens 3800 Hz), mens i 2005 ble Geopulse boomer (sendefrekvens 500-8000 Hz) brukt. TOPAS gir god vertikal oppløsning, og i finkornige sedimenter kan en se 50-60 m under havbunnen. Hvis bunnen består av harde eller grove sedimenter, er penetrasjonen minimal, og en ser lite eller ingenting under bunnen. Boomeren slepes etter båten og har større penetrasjon i så vel bløte som harde sedimenter, men den vertikale oppløsningen er redusert i forhold til TOPAS.

Seismikken er tolket digitalt, og vi har konsentrert oss om to relativt sikre reflektorer; sjøbunn og fjelloverflate. Dybdeforskjellen mellom disse to reflektorene er brukt til berekning av sedimentmektigheter (dybde til fjell) langs seismiske profiler. For framstilling av sedimentmektighetskart er tolkningene griddet, og informasjon fra områder mellom profiler skaffet gjennom interpolering. På grunn av vekslende dybdeforhold og store variasjoner i sedimentmektigheter kan det oppstå feil ved interpolering. Sedimentmektigheter mellom seismiske profiler bør betraktes med forbehold.

2.4 Prøvetaking og sedimentbeskrivelse

Det ble det tatt bunnprøver med boxcorer og Niemistøprøvetaker for karakterisering av bunnsedimentene og kalibrering av backscatterverdier samt for vurdering av miljøtilstanden på havbunnen. Beskrivelse av bunnprøver tatt med boxcorer ble gjennomført om bord, mens Niemistøkjerner ble holdt vannrett, plassert i kasser og transportert til sedimentlaboratoriet på NGU. På sedimentlaboratoriet ble Niemistøkjernene frosset og splittet på langs ved hjelp av en diamantsag. Den ene prøvehalvdelen ble arkivert på kjølelager. Overflaten (ca. 5 mm) på den andre prøven ble smeltet ved hjelp av varmeelement, rensset, beskrevet, fotografert og logget for utvalgte hoved- or sporelementer samt for radiografi med Itrax Core Skanner ved Cox Analytical Systems i Gøteborg. Kun utvalgte resultater fra Itrax-kjerneloggingen er presentert i denne rapporten.

3. RESULTATER

3.1 Batymetri og morfologielementer

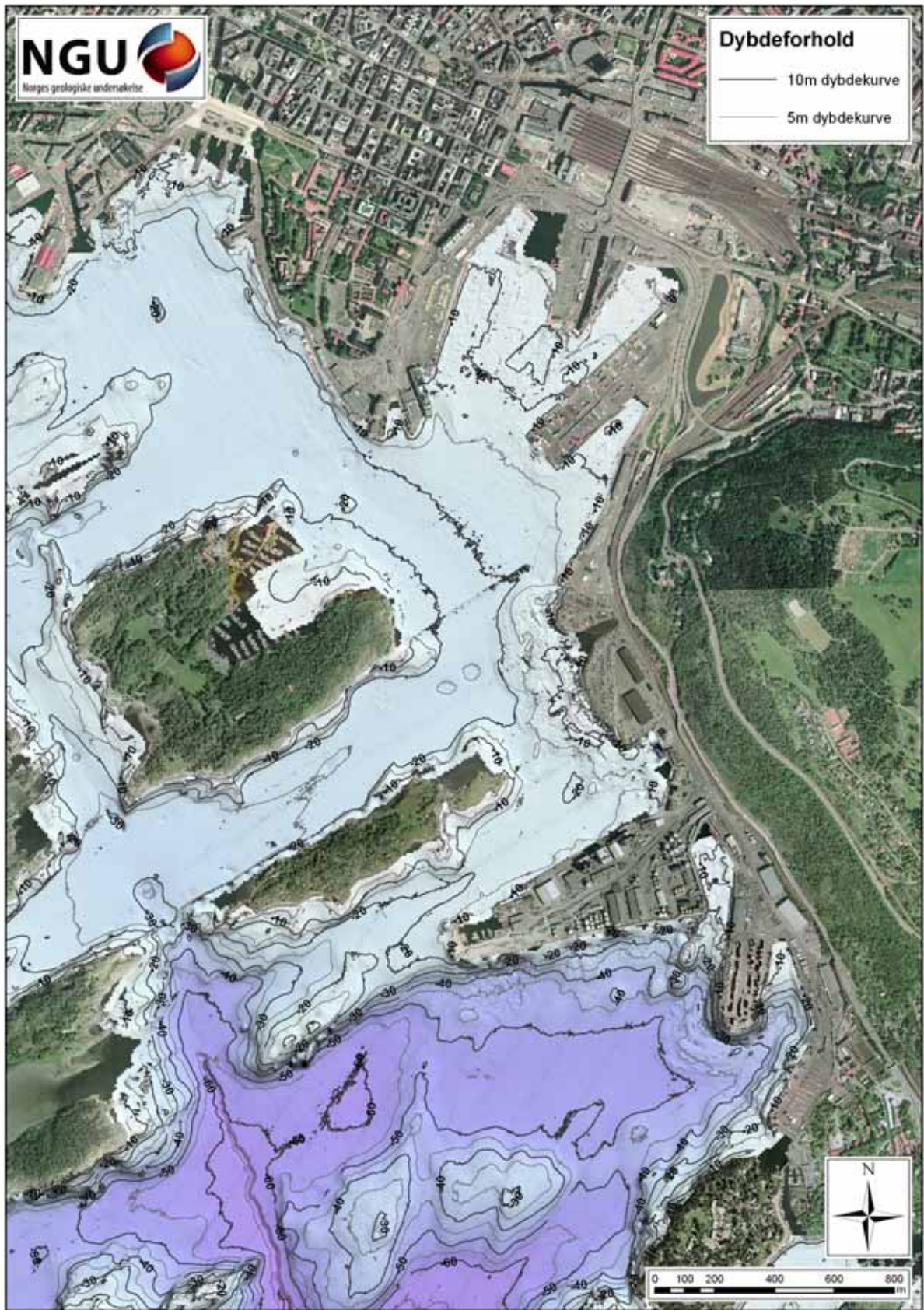
I indre Oslofjord er topografien og dybdeforholdene dominert av den kambrosiluriske berggrunnen, som danner et mønster av rygger og daler i nordøst-sørvestlig retning (Fig. 2). Vinkelrett på denne retningen går det sprekker og forkastninger, som danner forsenkninger. Også flere andre sprekke- og forkastningsretninger er framtreddende.

Sedimentasjonsforholdene er i stor grad styrt av topografien. Sedimenter avsettes i forsenkninger og former en forholdsvis flat sjøbunn, for eksempel utenfor Aker Brygge og Bjørvika. På grunn av begrenset sedimenttilførsel og aktive bunnstrømmer er det flere steder bart fjell eller fjell med tynn sedimentdekke på sjøbunnen. Pockmarks, dvs. groper i sjøbunnen, finnes langs porøse lag i berggrunnen og langs sprekker og forkastninger, som for eksempel den markante forkastningen i NNV-SSE-retning mellom Grasholmen og Bleikøya (Fig. 2). Pockmarks kan ha en diameter opp til ca. 60 m diameter, og være opp til 5 m dype. De er dannet på grunn av gass- eller grunnvannsutsiving fra dypere lag i berggrunnen. I denne prosessen blir sedimentpartikler forhindret i å avsettes på sjøbunnen på grunn av utstømmingen, og groper dannes. Det kan også skje at sedimentene blåses vekk i mer eksplosive hendelser, og at groper derved dannes.

I Bekkelagsbassenget finner man langs den nevnte forkastningssonen mange pockmarks tett sammen på rad. Disse danner en struktur som minner om en undersjøisk kanal, men som sannsynligvis ikke kan relateres til bunnerosjon eller transport. Det er midlertidig uklart om det er gass eller grunnvann som strømmer ut i disse gropene, om de er aktive, og hvordan utstrømming skjer. Vi håper å finne svar på disse spørsmålene gjennom et samarbeid (3-årig doktorgradsstudium) med Universitetet i Oslo.

Ved sørøstsiden av Hovedøya finnes det flere fjellblokker på en ellers bløt sjøbunn. Blokkene, og deformerte sedimenter rundt dem, definerer et undersjøisk fjellskred. Man kan klart se hvor blokkene stammer fra høyere oppe i skråningen, og hvordan én blokk har glidd ned og blitt oppknust i mindre stykker.

Ujevn sjøbunn langs kaiene er som forventet et resultat av antropogene prosesser, for eksempel mudring (Bjørvika, Bispevika) og utfylling. Rundt fyllingene ved Sjursøya finnes det bølgeaktige former på sjøbunnen, som viser utpressing og deformasjon av sjøbunnssedimenter, forårsaket av trykket fra fyllingene. Overalt ser en lange spor, som trolig er forårsaket av ankring, i bunnssedimentene. Flere titalls skipvrak har vært dumpet i Bekkelagsbassenget. Disse er klart synlige på batymetridataene.



Figur 2. Dybdekart med 5 m dybdekoteintervall og skyggerelieff.

3.2 Sedimentmektigheter

Sedimentmektighetskartet (Fig. 3, 4) viser store variasjoner i sedimentasjonsmønster og sedimentmektigheter fra 0 til 65 m. Variasjonene er forårsaket av bunnmorfologi, dybdeforhold, og sedimenttransportprosesser i vannsøylen og langs bunnen. Med det seismiske utstyret som ble brukt under kartleggingen var det umulig å se gjennom antropogene masser og antropogent påvirkede masser. Vi har derfor ikke kunne utarbeide sedimentmektighetskart langs kaiene ut fra seismiske data. På grunn av svært varierende dybdeforhold og morfologi kan det finnes feil i interpoleringen av sedimentmektigheter mellom seismiske linjer. Mellom linjene (Fig. 4) bør mektigheter derfor betraktes med forbehold.

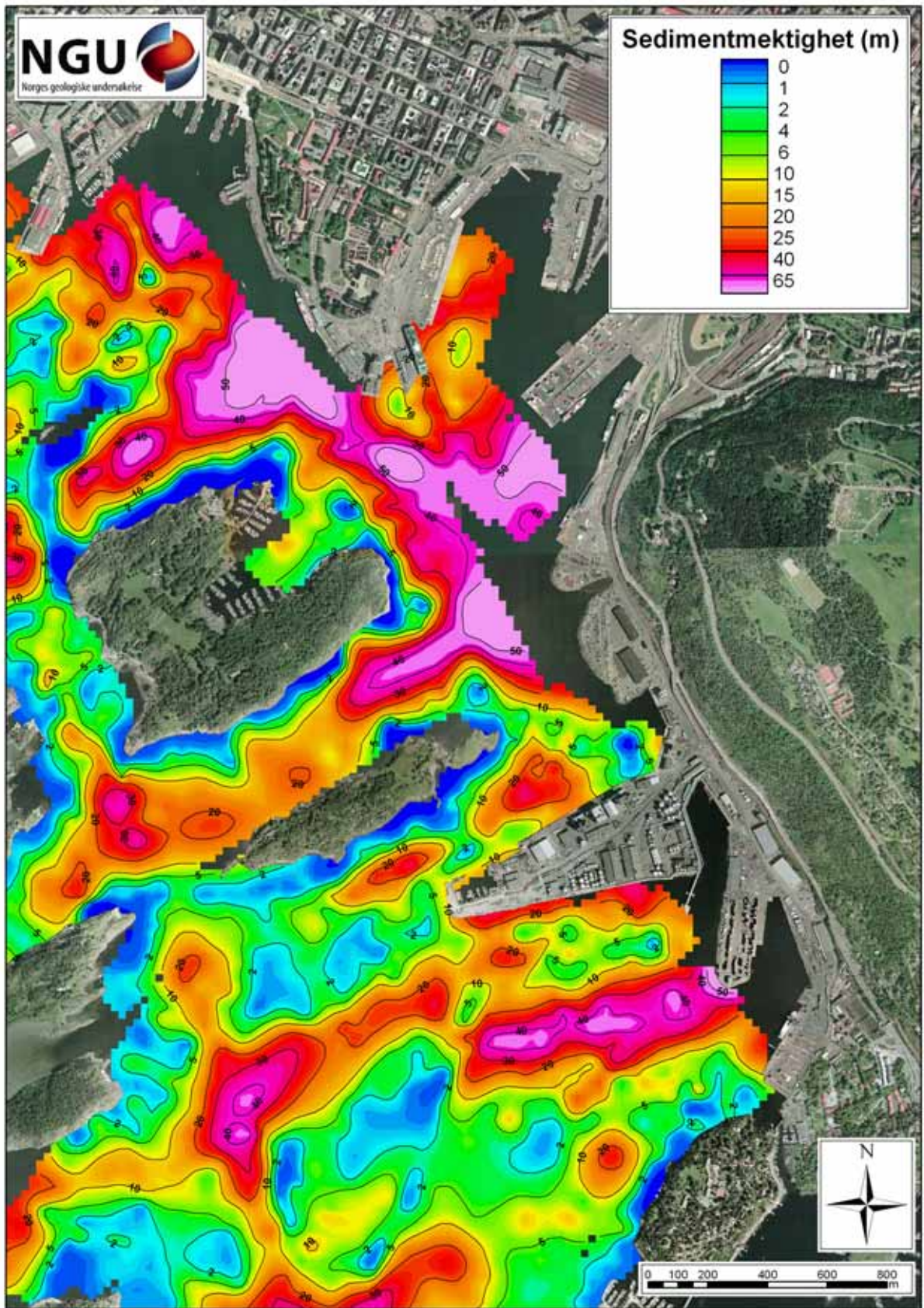
3.3 Bunntyper og løsmassedannelse

Inspeksjon av bunnsedimenter (Fig. 5) viser at store deler av området er dekket av veldig bløte, svarte, slammige sedimenter (Fig. 6) med et høyt innhold av organisk materiale. Utenfor Aker Brygge og Bjørvika er det oksygenmangel på havbunnen, og sedimentene har kraftig lukt av H_2S . Denne bunntypen har lav akustisk refleksivitet og en flat og jevn morfologi. En finere oppdeling basert på akustikk kan være mulig, men en slik tolkning vil være forbundet med stor usikkerhet, og selve tolkningen vil være meget tidskrevende.

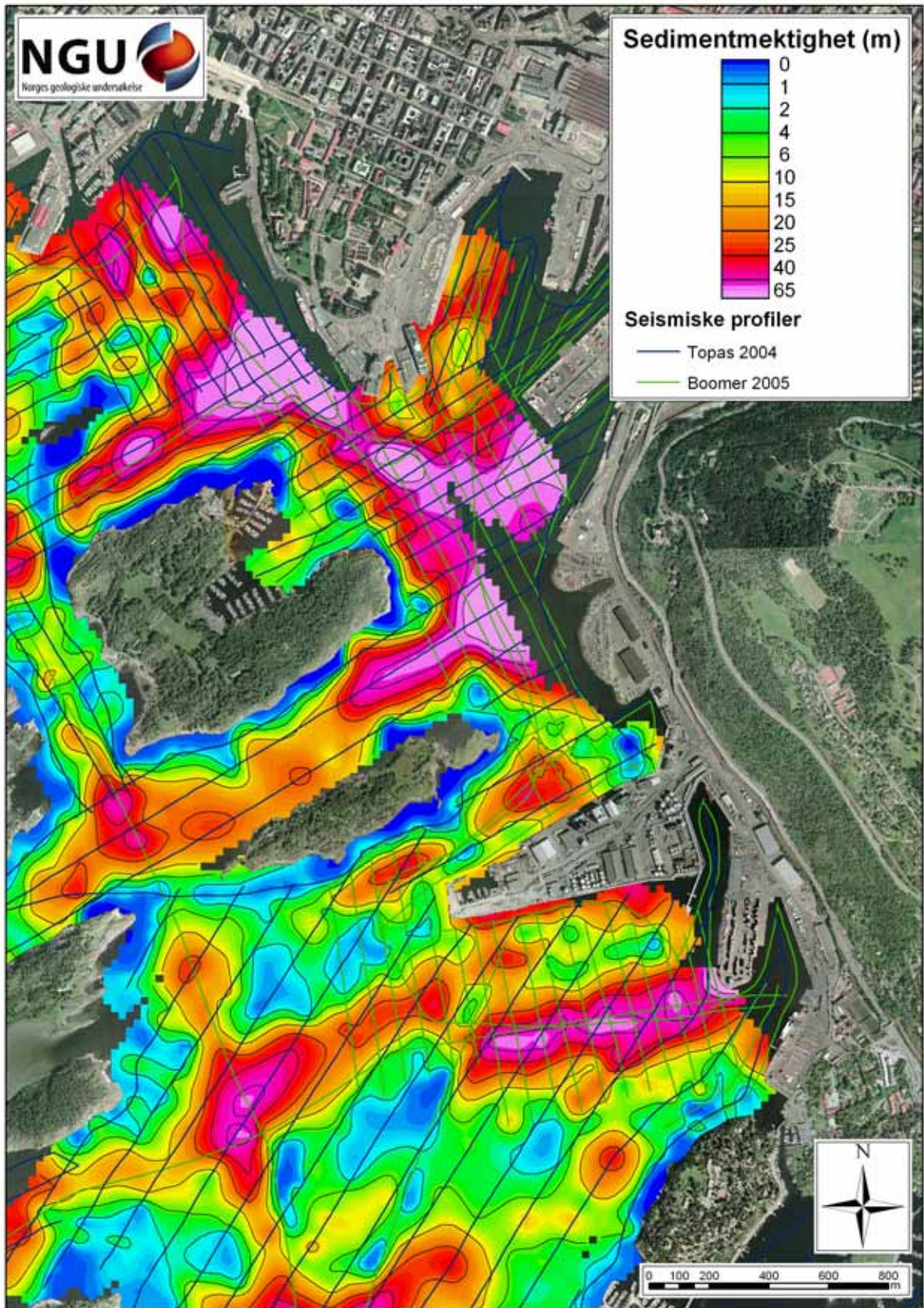
På undersjøiske rygger og nær land ved øyene er sedimentene grovere (inneholder sand og grus i tillegg til slam) (Fig. 7). Denne bunntypen er karakterisert av medium akustisk refleksivitet og en jevn morfologi. Ved båtterminaler består sedimentene hovedsakelig av grus (Fig. 8). Dette tyder på at propeller virvler opp og blåser bort de mest finkornige bestanddelene i sedimentet. Bunntypen er karakterisert av høy refleksivitet og generelt jevn morfologi. Diamikton, som består av materiale med forskjellige kornstørrelser (fra leir til stein og blokk) er i de fleste tilfeller observert ved kaiekanter og utfyllinger. Akustisk har denne gruppen variert refleksivitet. Bunnstypen er preget av meget stor ruhet og tolkes lettest ut fra en kombinasjon av refleksivitetsstyrke og morfologi.

Bart fjell inkluderer også områder med et veldig tynt sedimentdekke. Bunntypen tolkes lettest fra dybde data, hvor fjell har en karakteristisk signatur. Refleksivitetsstyrken varierer, og er ofte mindre enn for grus. Dette skyldes en mindre ruhet og dermed en minsket spredning av det akustiske signalet.

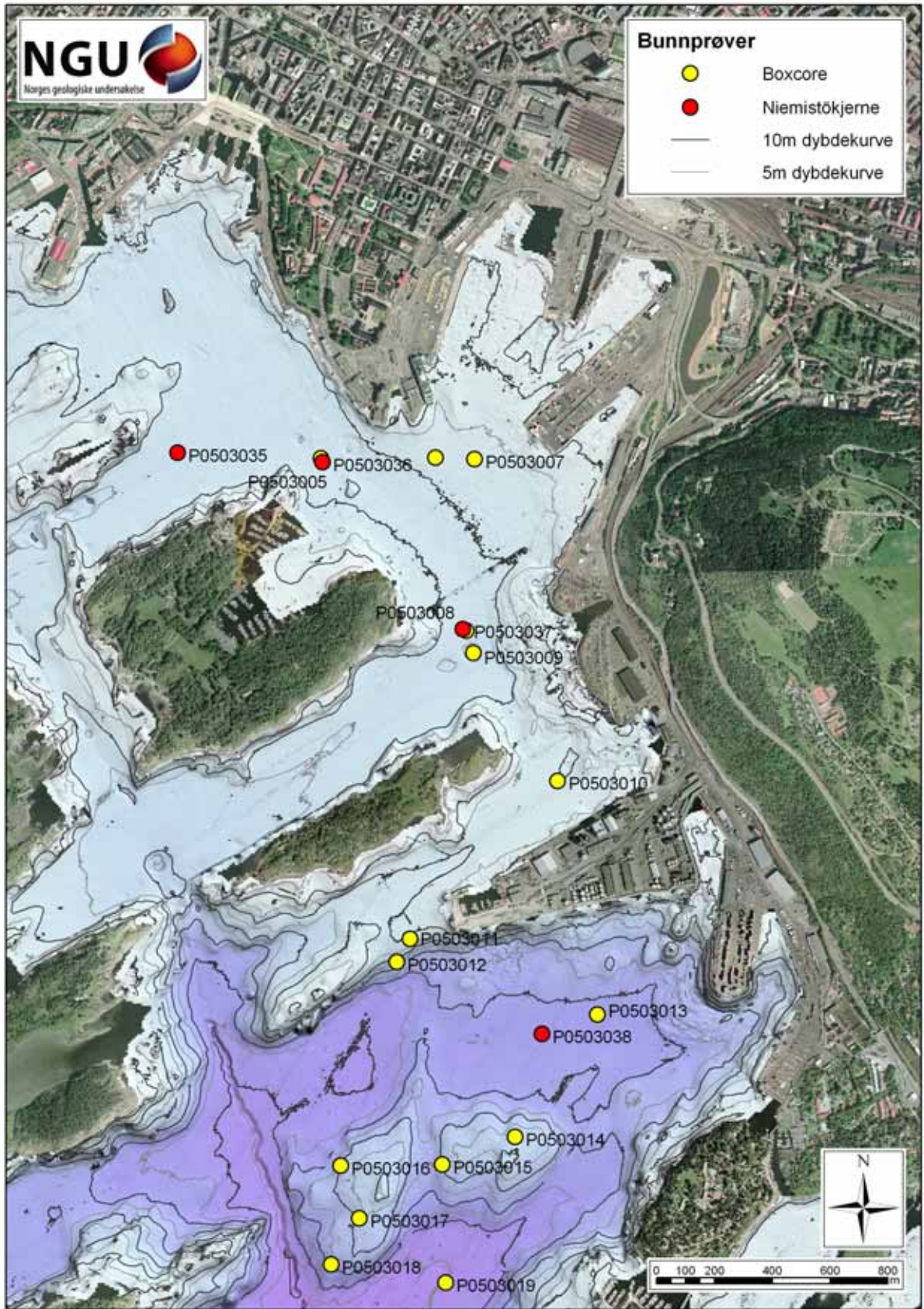
Kart over bunnsedimenter (Fig. 9) og dannelsesmåte for løsmasser (Fig. 10) er framstilt på grunnlag av prøvebeskrivelser, akustisk refleksivitet, morfologi og sedimentmektighet.



Figur 3. Sedimentmektighetskart.



Figur 4. Seismiske linjer og sedimentmektigheter. Mellom seismiske linjer er sedimentmektigheter interpolert, og kan derfor være unøyaktige.



Figur 5. Prøvetakingslokaliteter.



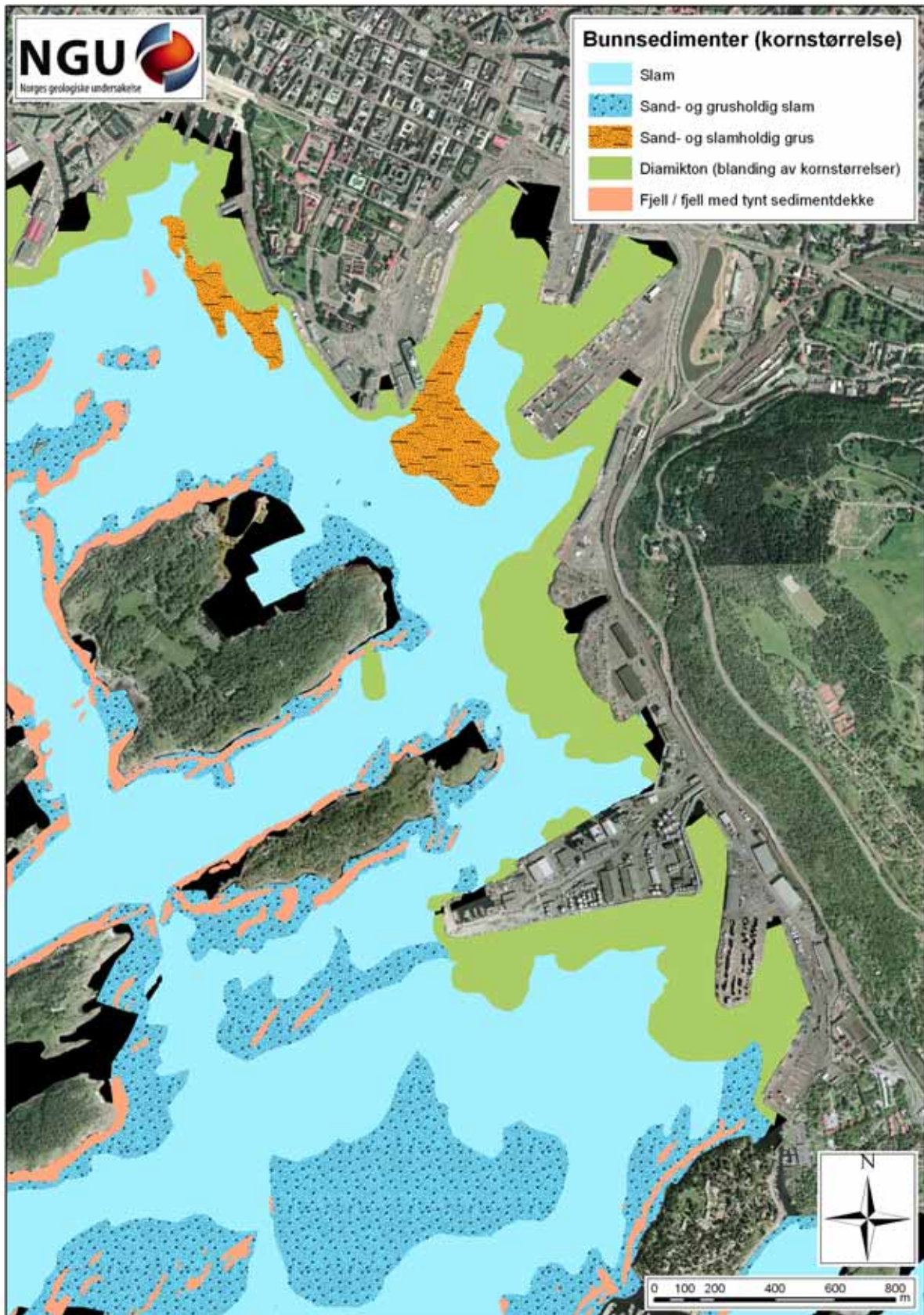
Figur 6. Prøve tatt med boxcorer (P0503009) utenfor Bjørvika. Finkornige, veldig bløte sedimenter inneholder mye organisk materiale og lukter sterkt av H_2S .



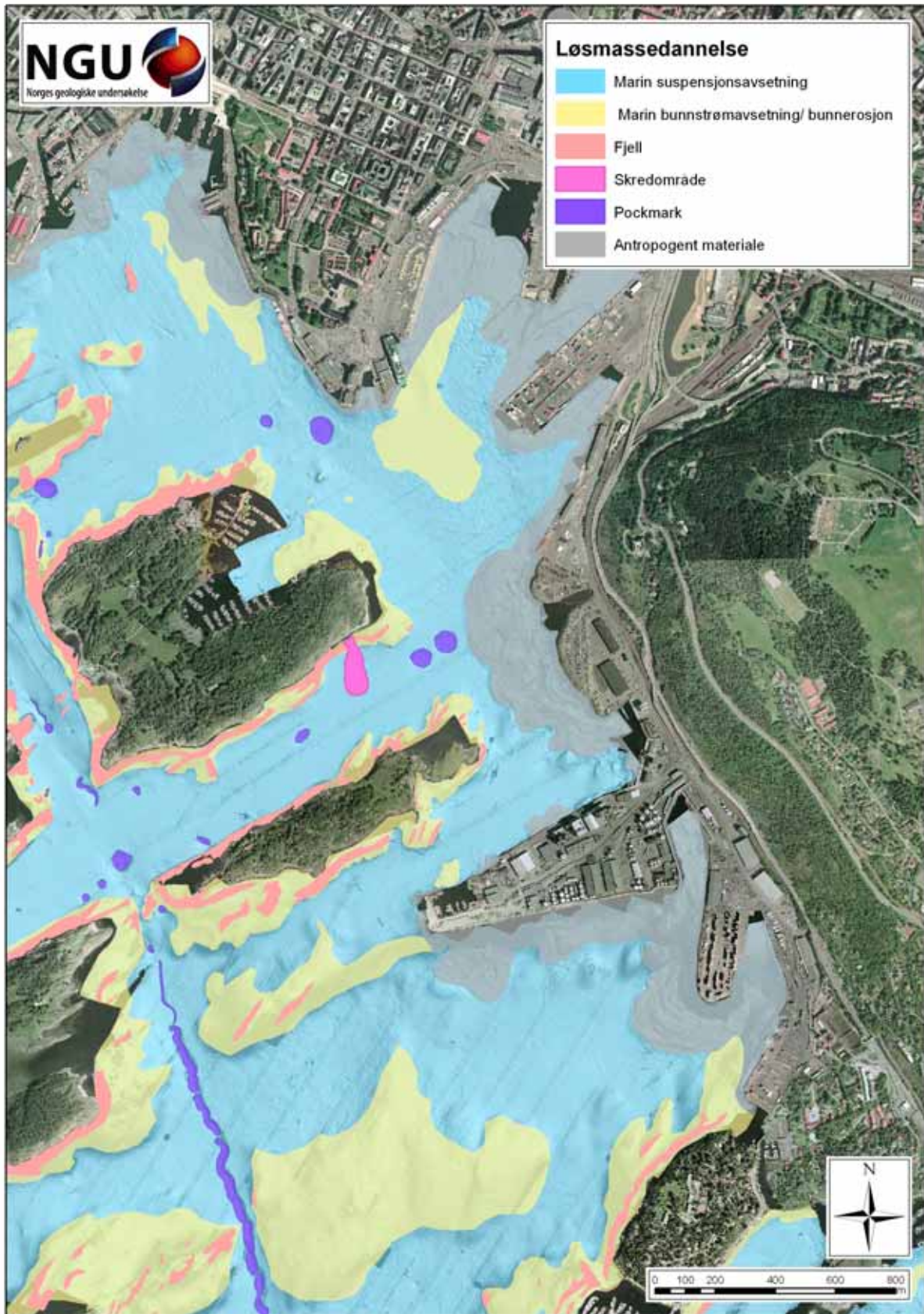
Figur 7. Boxcorerprøve P0503015 fra en undersjøisk rygg i Bekkelagsbassenget. Sedimentet består av sand- og grusholdig slam.



Figur 8. Boxcorerprøve P0503007 fra Bjørvika. Grusige sedimenter ved båtterminaler reflekterer propelleroppvirvling og fjerning av de mest finkornige sedimentfraksjonene.



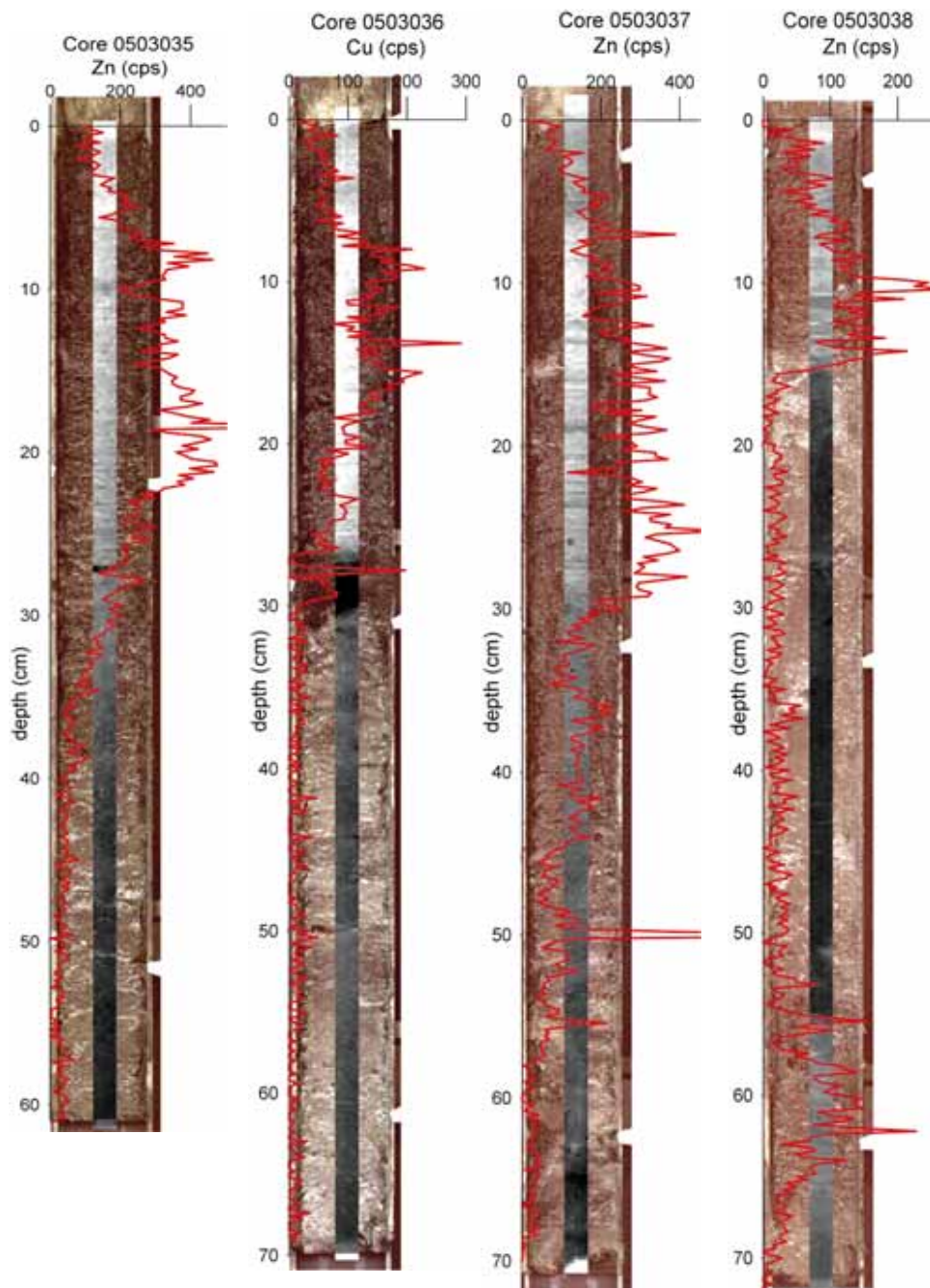
Figur 9. Tolking av bunnsedimenter basert på bunnmorfologi, bunnreflektivitet, sedimentmektigheter og sedimentprøver.



Figur 10. Tolkning av løsmassedannelse. Som bakgrunn er det benyttet et skyuggerelieffkart, som viser morfologiske elementer på sjøbunnen.

3.4 Miljøstilstand i sedimentene

Fire Niemistøkjerner ble fotografert og logget for radiografi og geokjemi ved hjelp av Itrax Core Scanner (Fig. 11). Resultatene fra radiografien viser variasjoner i sedimenttettethet, som igjen gjenspeiler kornfordeling (grovere sedimenter er generelt tettere) og vanninnhold. Forholdsvis lyse radiografiske intervaller i de øverste delene av kjernene (for eksempel ned til 26 cm i P0503036, Fig. 11) markerer veldig bløte sedimenter, rike på organisk materiale.



Figur 11. Sammenstilling av kjerneloggingresultater for å illustrerer optiske og radiografiske variasjoner samt stratigrafiske profiler over utvalgte tungmetaller. Den radiografiske loggen er vist i gråskala (2 cm bred målestripe) midt på kjernebildene. Se Fig. 5 for geografiske posisjoner av kjernene.

Stratigrafiske profiler av utvalgte tungmetaller (in situ analyser; 2 mm måleintervaller) viser at miljøgifter er konsentrert i de bløte sedimenter og har høyeste verdier mellom ca. 5 cm og 30 cm dybde. Dette tyder på at tungmetallforurensning i indre Oslofjorden har gradvis minsket de siste årene. I kjerne P0503038 fra Bekkelagsbassenget finnes det et slamlag uten sink-forurensning mellom 15 cm og 55 cm dybde. Over og under dette laget er sedimentene forurenset. Dette slamlaget (15-55 cm) representerer sannsynligvis rene sedimenter dumpet i Bekkelagsbassenget for ca. 20-50 år siden. De dumpede sedimenter er senere dekket med naturlig avsatte, forurensede sedimenter.

Tungmetallkonsentrasjoner i profilene er i relative enheter (cps); konvertering av resultater til absolutte enheter blir gjennomført i 2006 ved hjelp av ICP-AES analyser på underprøver fra kjernene.

4. KONKLUSJONER – GEOLOGISKE ASPEKTER VIKTIGE FOR PLANLEGGING AV EN RØRLEDNING FRA BJØRVIKA TILL BEKKELAGET

1. Det finnes flere pockmarks i området. Det er ikke kjent om disse er aktive, men inntil videre undersøkelser er foretatt, bør gropene betraktes som ustabile deler av sjøbunnen. En rørledningstrase kan planlegges uten å krysse pockmarks.
2. Ved nedgravning av rørledningen blir sterkt forurensede, bløte overflatesedimenter på sjøbunnen forstyrret og sannsynligvis resuspendert, med den følge at en lokalt kan få høye konsentrasjoner av miljøgifter i vannsøylen. På grunn av veldig bløt karakter av forurensede sedimenter, kan turbulens på havbunnen ved nedgravningen lett forårsake resuspensjon av miljøgifter i forholdsvis store områder.
3. Sedimentmektighetskartet viser at det bør være mulig å grave ned rørledningen utenfor Bjørvika og i Bekkelagsbassenget. Fjellryggen mellom Sjursøya og Grasholmen-Rambergøya er stedvis dekket av et tynt lag med sedimenter (Fig. 2, 3, 9, 10). Dette er muligens ikke tykt nok for nedgravning.
4. I tilfelle en rørledning blir aktuell, bør en undersøke muligheten for å legge traseen rundt fjellryggen mellom Sjursøya og Grasholmen-Rambergøya i vest. En bør i så tilfelle være oppmerksom på pockmarksonen øst for Grasholmen-Rambergøya, og vurdere plassering av rørledningen mellom fjellryggen og forkastningssonen (Fig. 2).