



# **GEOLOGI FOR SAMFUNNET**

SIDEN 1858



**NORGES  
GEOLOGISKE  
UNDERSØKELSE**  
· NGU ·





# RAPPORT

<b>Rapport nr.:</b> 2020.016	<b>ISSN: 0800-3416 (trykt)</b> <b>ISSN: 2387-3515 (online)</b>	<b>Gradering:</b> Åpen	
<b>Tittel:</b> Geologiske betingelser ved bosetting av et fjorddelta. Sedimentologisk undersøkelse i forbindelse med arkeologisk utgraving i Søndre gate 7-11, Trondheim (2016-17)			
<b>Forfatter:</b> Louise Hansen	<b>Oppdragsgiver:</b> NIKU og NGU		
<b>Fylke:</b> Trøndelag	<b>Kommune:</b> Trondheim		
<b>Kartblad (M=1:250.000)</b> Sør-Trøndelag	<b>Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000)</b> Trondheim		
<b>Forekomstens navn og koordinater:</b> Trondheim sentrum	<b>Sidetall:</b> 41 <b>Kartbilag:</b> -	<b>Pris:</b> 227 NOK	
<b>Feltarbeid utført:</b> 2017	<b>Rapportdato:</b> 8. april 2020	<b>Prosjektnr.:</b> 377900	<b>Ansvarlig:</b> <i>Anders Romundset</i>
<b>Sammendrag:</b> <p>I forbindelse med den arkeologiske utgraving av Klemenskirken i Søndre gate i Trondheim (2016-2017) er det utført en sedimentologisk undersøkelse av de naturskapte avsetninger under de antropogene lagene. Sistnevnte inngår i det automatisk fredede område Middelalderbyen Trondheim (Askeladden ID 90288). Undersøkelsen har til hensikt å bidra til en forbedret forståelse av naturgrunnet for tidlig menneskelig aktivitet og bosetting i området. Studiet baserer seg på beskrivelse av utgravde snitt, prøveanalyser og sedimentologisk tolkning.</p> <p>Utgravingen er lokalisert på en hevet elveterrasse langs Nidelven. De beskrevne sedimenter består av sand og grus med mindre innslag av finere material og er inndelt i alt seks stratigrafiske enheter. På tross av relativt begrenset fysisk innsyn inn i de naturskapte lagene under antropogene lag, var det en god del informasjon å hente ved sedimentologisk analyse. Sammenstilling og tolkning av data viser at naturgrunnen under kirketomten er til dels betinget av flom og leirskred langs Nidelven og eventuelt en storm- eller tsunamihendelse. Slike hendelser kan forklare funn av henholdsvis leirballer og lag av leire samt den litt uvanlige lagfølgen med sørlig (oppstrøms) rettede paleostrømretninger. Datering av et lag gir aldre rundt 650-880 AD. En yngre flom- og/eller skredhendelse skjedde kort før de tidligste spor av mennesker på stedet rundt 950 AD. Slike eksepsjonelle men naturlige hendelser har sannsynligvis vært katastrofale for folk som oppholdt seg i området da det skjedde. De kunne føre til endring av landskapet ved erosjon og andre ødeleggelser. Imidlertid bidro hendelsene også, i tillegg til de vanlige deltaprosessene, til å bygge opp nytt land som kunne bebygges/brukes, og kan ha bidratt til å skape en variert paleotopografi langs elven og elvemunningen. De sedimentologiske tolkninger støtter oppfattelsen av at middelhavnivået for rundt 1000 år siden tidligere har vært overvurdert, og var lavere enn 4 m over dagens havnivå. Videre kan lagserien med både tett leire og vannledende sand- og gruslag påvirke de hydrogeologiske forholdene.</p>			
<b>Emneord:</b> flom	sedimentologi	stratigrafi	
skred	arkeologi	Klemenskirken	
Nidarnes	Nidelva	Trondheim	



## INNHOOLD

1.	INNLEDNING .....	7
2.	LANDSKAPSMESSIG PLASSERING .....	8
2.1	Langsiktig landskapsutvikling .....	8
2.2	Nyere landskapsutvikling .....	9
2.3	Plassering av arkeologisk utgraving .....	10
3.	METODER.....	10
4.	RESULTATER .....	11
4.1	Oversikt over arkeologisk utgraving .....	11
4.2	Beskrivelse av utgravde snitt .....	13
4.2.1	Lokalitet A (log A).....	13
4.2.2	Lokalitet B og C (log B og log C).....	16
4.2.3	Lokalitet D (log D).....	18
4.3	Detaljert beskrivelse og tolkning av alle stratigrafiske enheter.....	20
4.3.1	Enhet I: Dårlig sortert, masse- og strømvassatt sand og grus.....	20
4.3.2	Enhet II: Sammenskylt siltig avsetning.....	21
4.3.3	Enhet III: Strømvassatte skrålager i sand og grus.....	21
4.3.4	Enhet IV: Lavvinklet, strømvassatt sand og grus .....	22
4.3.5	Enhet V: Krysslager, strømvassatt sand .....	22
4.3.6	Enhet VI: Sand- og mudderstrømvassavsetning.....	22
5.	SAMLET TOLKNING .....	23
5.1	Implikasjoner .....	25
5.1.1	Geologisk oppbygging .....	25
5.1.2	Geologiske betingelser ved bosetting av et fjorddelta .....	26
6.	DISKUSJON .....	27
6.1	Diskontinuert lagserie.....	27
6.2	Usikkerhet om leirballene.....	27
6.3	Paleostrømretning for enhet III.....	27
6.4	Analyse av gjenværende prøver .....	28
7.	VIDERE ARBEID .....	29
8.	KONKLUSJON .....	30
9.	TAKK.....	30
10.	REFERANSER .....	31

**VEDLEGG 1:**

Resultater fra NGU analyse rapport 2018.0041

**VEDLEGG 2:**

Bergartsbestemmelse av de groveste fraksjoner fra utvalgte prøver (lokalitet B)

**VEDLEGG 3:**

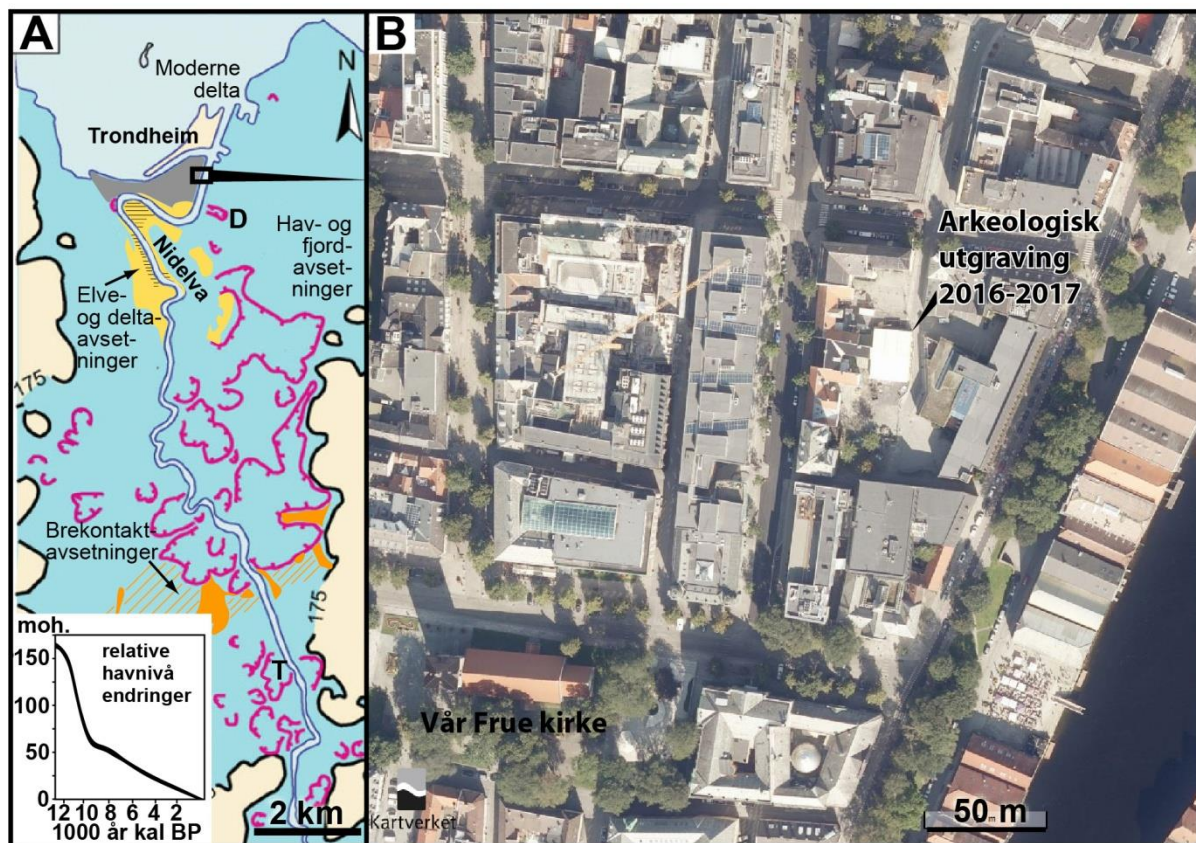
Utvalgte radiokarbondateringer fra Søndre gate 7



## 1. INNLEDNING

I høsten 2015 fant man deler av en kirkegård og spredte steinfundamenter i Søndre gate 7-11 som senere skulle bli betraktet som rester etter Olav den helliges Klemenskirke (TA2016/21; TA2017/03). I 2016 var de arkeologiske utgravninger i full gang og fortsatte inn i 2017. Tidligere utveksling mellom arkeologer og geologer hadde pekt på potensialet for en koordinert arbeidsinnsats mellom de to fagområdene til gjensidig fordel: Arkeologene kunne få bedre innsikt i de naturgivne forholdene for menneskelig aktivitet og bosetting på Nidarneset, mens geologene kunne få sjelden innblikk i geologien i et tett bebygd byområde. Samtidig har geologiske studier i Trondheim havn avslørt en større innvirkning fra store leirskred på Nidelvdeltaets utvikling enn tidligere antatt (L'Heureux et al. 2009; Hansen et al. 2011; Hansen et al. 2013). Denne informasjonen har gitt arkeologer et nytt perspektiv på den forhistoriske bebyggelse på Nidarneset der naturlige prosesser må/kan ha hatt innflytelse på menneskers liv.

Da den arkeologiske utgravingen av Klemenskirken i Søndre gate med kort varsel begynte i 2016, ble det opplagt å teste ut et slikt samarbeid. Det ble avtalt å grave litt ned i de naturlige avsetningene under de arkeologiske lagene slik at det var mulig å studere de naturlige sedimentene. Det var fra starten uvisst hvilket utbytte dette ville gi og hvor dypt det var mulig å grave av både praktiske/sikkerhetsmessige og tidsmessige hensyn. Denne rapporten presenterer data og tolkninger fra det sedimentologiske arbeidet som ble utført i forbindelse med den arkeologiske utgravingen i Søndre gate i 2017. Informasjonen vil også inngå i den endelige rapporten for utgravingene (Petersén et al. 2020). Rapporten vil og gi en generell oppsummering av naturlige prosesser som kan påvirke et elvedeltas geologiske utvikling og dermed de tidlige og etterfølgende bosetteres liv.



**Figur 1.** A) Forenklet geologisk kart over Nidelvdalføret som domineres av utstrakte hav- og fjordavsetninger med leire (blå) og store skredgroper (rosa linjer) (Modifisert fra Hansen et al, 2013). D: Skredgrop ved Duedalen (1625). T: Skredgrop ved Tiller (1816). Bymessig bebyggelse er markert med grå. B) Plassering av arkeologisk utgraving i Søndre gate i Trondheim sentrum (hvit telt).

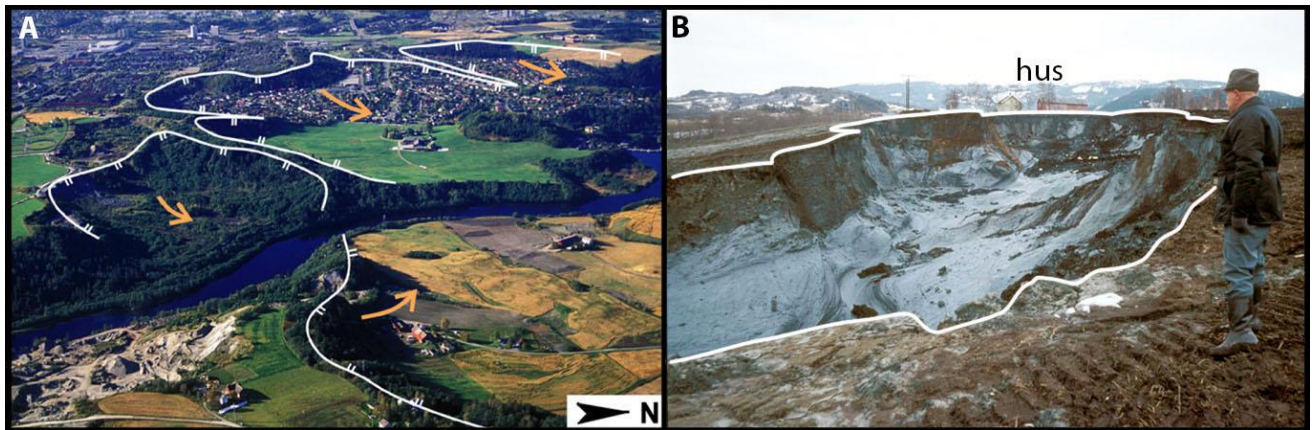
## 2. LANDSKAPSMESSIG PLASSERING

### 2.1 Langsiktig landskapsutvikling

Den sentrale del av Trondheim by ligger på en slette fra et hevet elvedelta (Reite et al. 1999; Sveian et al. 2007; Fig. 1A). De geologiske forholdene i og rundt byen er et resultat av en langsiktig landskapsutvikling siden istiden. Under istiden var hele Norge isdekt og isen var så tykk at landet var trykket voldsomt ned. Dette gjorde at da isbreene i slutningen av istiden smeltet tilbake, ble landet oversvømt i takt med isens tilbaketog. Det maksimale havnivået rundt Trondheim etter istiden var omkring 175 m over den nåværende vannstand (Fig. 1). Enorme mengder av smeltevann førte med seg leire og andre sedimenter som ble avsatt i fjorden. På grunn av den minkende belastning av bre-is begynte landet å heve seg. Havnivået i verdenshavene steg i samme periode, men landhevingen i Trondheimsområdet var raskere, noe som førte til et relativt fall i havnivå. Fallet var raskt i starten og langsommere i nyere tid (Fig. 1A). Den presenterte havnivåkurven i Fig. 1 er relativt grov og egner seg ikke til detaljert bruk. En ny, detaljert havnivåkurve for Ørlandet (Romundset & Lakeman 2019) kan ikke brukes i Trondheim, men kurveforløpet viser at den yngste delen av kurven i Figur 1 sannsynligvis ligger for høyt. Dette er i overensstemmelse med arkeologiske data fra Trondheim sentrum som viser at det faktisk var tørt land på steder der den gamle strandforskyvningskurven tilsier at det var sjø (Petersén et al. 2015). Landet hever seg stadig, men de årlige havnivåendringene er på mm-nivå. Det betydelige relativ havnivåfallet har gjort



at leire og andre sedimenter som tidligere ble avsatt i fjorden er hevet til tørt land. Dette ble fulgt av elveerosjon og store skred i leire der sistnevnte involverte kvikkleire. Skredene har etterlatt tydelige spor i terrenget sør for Trondheim sentrum (Fig. 1A, 2A). Eksempel på en fersk grop etter leirskred i Stjørdal (1976) er vist i Fig. 2B. Samtidig ble det skapt elveterrasser langs elven og deltautbygging i fjorden på stadig lavere nivåer. De høytliggende sletter ved Nidarosdomen, som dekkes av noen meter med leirholdige skredmasser, regnes for å ha kommet til syne for rundt tre tusen år siden, mens de lavere delene er yngre. Mer om landskapsutviklingen rundt Trondheim og kvikkleiredannelse generelt er beskrevet andre steder (for eksempel Reite et al. 1999; Sveian et al. 2007).



Figur 2. A) Oversiktsfoto fra område sør for Trondheim sentrum (modifisert etter L'Heureux et al. 2009, se også Reite et al. 1999). De hvite linjer viser kantene fra enorme forhistoriske leirskred langs Nidelven rett nord for brekontaktavsetning med grustak (se Fig. 1). Flere av skredene regnes for å være mellom 2000 og 4000 år gamle (L'Heureux et al. 2009). B) Eksempel på fersk grop etter leirskred ved Stjørdal 20. april 1976. Skredkanten er markert med hvit linje. De grålige massene i skredgropen består av blottlagt leire (foto: Henrik Svedahl, NVE).

## 2.2 Nyere landskapsutvikling

Landskapsutviklingen rundt Trondheim etter istiden har vært ganske gjennomgripende som skissert ovenfor. Selv om havnivåfallet minket gjennom de siste tusende år er det skjedd ganske betydelige hendelser som har hatt innvirkning på menneskers liv i historisk tid. For eksempel er det skjedd flere fatale leirskred, som skredet ved Duedalen på Bakklandet i 1625 der 20 mennesker omkom (Furseth 2006). Skredmassene demte opp elven og dambruddet som fulgte var også ødeleggende. I 1816 skjedde et Leirskred ved Tiller c. 10 km oppstrøms Trondheims sentrum. Også ved denne hendelsen ble elven midlertidig demt opp og skredleire ble fraktet helt ned til Nidelvdeltaet der det ble avsatt i havnen og ga problemer for skipstrafikken i elven lenge etterpå (Sveian et al. 2007). Tidligere studier har i store trekk sett på utviklingen av leirelandskapet rundt Trondheim og Nidelvdeltaet som to parallelle og delvis uavhengige historier. Imidlertid viser nyere studier at noen av de gamle skred på land har gått ut i fjorden og hatt innflytelse på deltautviklingen (L'Heureux et al. 2009; Hansen et al. 2011; Hansen et al. 2013). Hendelsen i 1816 kan også registreres som et tynt lag i fjorden (Hansen et al. 2011). De gamle skreds påvirkning på midtbyens deltaavsetninger og på dette områdets seneste geologisk utvikling har imidlertid vært mindre undersøkt.

### 2.3 Plassering av arkeologisk utgraving

Plassering av den arkeologiske utgravingen på en lavere del av de hevede elvesletter langs Nidelva og er vist i Fig. 1. Utgravingen er dermed inkludert i det automatisk fredede område Middelalderbyen Trondheim (Askeladden ID 90288). Utgravingsområdet hadde et areal på ca. 300 kvm. Dagens terreng nivå ved utgraving er ca. 9 meter over havnivå (høydereferanse NN1954). Imidlertid er det betydelige lag med antropogene avsetninger (2-5 m) over naturlige sedimenter i området.

### 3. METODER

Sedimentologiske data ble registrert gjennom logging og innsamling av prøver. Ved sedimentologisk logging, blir litologisk (kornstørrelse, tekstur, sammensetning mv.) og strukturell informasjon, registrert som grunnlag for videre analyse av stratigrafiske enheter og tolkning av sedimentære prosesser (faciesanalyse). Kornstørrelser ble visuelt vurdert i felt i hht. Udden-wentwood skalaen (for eksempel Tucker 1991). Maksimum partikkelstørrelse ble registrert (MPS). Ved generell beskrivelse av litologi ble norsk standard for avsetningstyper benyttet (Statens kartverk 2006). Dokumentasjon skjedde også ved fotografering. Et kompass ble benyttet til måling av lagorientering der det var mulig.

Arkeologer ved NIKU bistod med digital registrering av prøvepunkter og med bilde-materiale fra NIKUs eget digitale 3D visualiseringssystem. De bisto også med innsamling av Kubienaprøver av finkornet organisk-holdig lag til senere mikromorfologisk analyse (intakte prøver til impregnering). I tillegg ble det av NIKU også innsamlet prøver til makrofossilanalyser. Laboratorieundersøkelser har bestått av kornfordelingsanalyser ved hjelp av våtsiktning og Coulter (laser partikkelteller), der sistnevnte ble benyttet for de mest finkornede prøver (3 stk). Disse prøvene ble også analysert for organisk innhold (glødtap). Resultatene er vist i Vedlegg 1. Samtlige analyser med detaljerte resultater og spesifikasjon av metoder er presentert i NGU analyserapport 2018.0041. Bergartsbestemmelse av det groveste materialet fra utvalgte prøver ble utført av berggrunnsgeolog (Vedlegg 2). Utfellinger av jern (Fe) og mangan (Mn) ble verifisert ved hjelp av håndholdt XRF.

Det ble innsamlet organisk material til to  $^{14}\text{C}$  dateringer ved Poznan Radiocarbon Laboratory, Polen. Dataprogrammet OxCal v. 4.3.2 (Ramsey 2017) ble benyttet til omregning av  $^{14}\text{C}$  alder til kalenderår (kalibrering) ved hjelp av IntCal13 datasettet (Reimer et al. 2013). Resultatene er presentert i Vedlegg 3 sammen med  $^{14}\text{C}$  dateringer fra Petersén et al. (2020).

## 4. RESULTATER

Data ble samlet inn i flere runder i takt med at den arkeologiske utgravingen gradvis nådde ned i det geologiske grunnlaget. Hovedtrekkene i disse undersøkelser er oppsummert i det følgende.

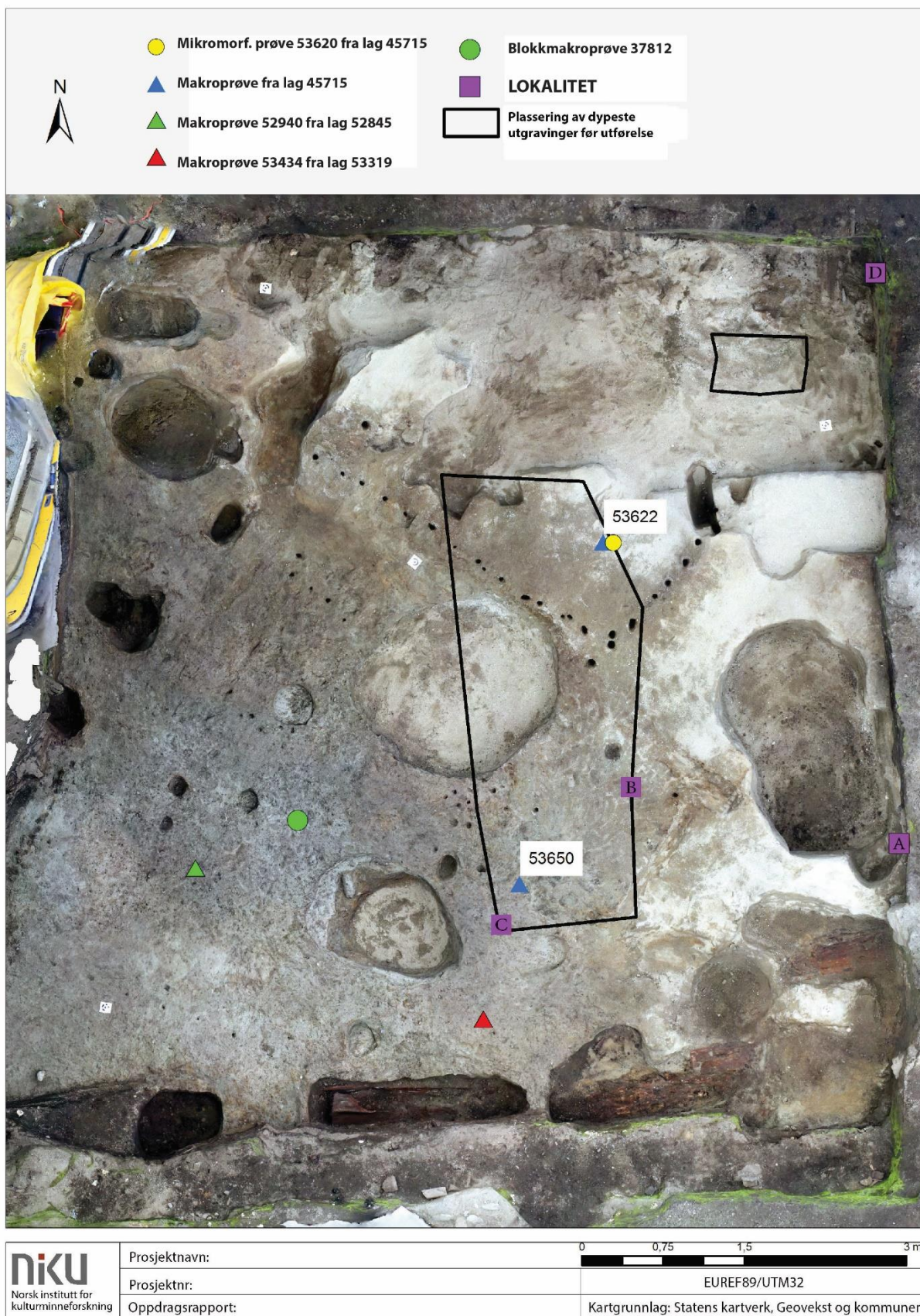
### 4.1 Oversikt over arkeologisk utgravning

En oversikt over utgravingen da den hadde nådd sin maksimale dybde (2. okt. 2017), før gjenfylling ble påbegynt, er presentert i Figur 3. Den dypeste del av gropa var åpen i vel tre timer. Figur 4 viser et oversiktskart over den arkeologiske utgravingen akkurat før dette stadiet med plassering av geologiske lokaliteter beskrevet i denne rapporten, samt diverse arkeologiske prøvelokaliteter med prøvenummer.



**Figur 3.** Foto av utgravingens dypeste stadium da det var gravd litt ned i sand- og gruslag (gullige) under de tykke arkeologiske lagene (mørk brune). Merk mindre utrasning langs venstre kant umiddelbart til høyre for oransjestrøpet avmerkningspel. Fotoet er tatt mot sør. Omtrentlig plassering av de undersøkte geologiske lokaliteter samt profilinje mellom lokalitet D og A er markert. Lokalitet B's utstrekning er også vist med stiplet linje. Noe lagdeling er synlig (enhet III, se tekst).





**Figur 4.** Oversiktskart over den dypeste del av arkeologiske utgravingen umiddelbart før videre utgraving innen de markerte områdene (svart omriss). Kun det største av de to markerte områdene ble tilgjengelig for sedimentologiske detaljundersøkelser. Merk den sirkulære strukturen i midten av kartet. Den viser plasseringen av en brønn kanskje fra etterreformatorisk tid (c. 1600-tallet). Også merk fargeforskjellene mellom den sørvestlige sektoren (grålig/siltet) i sammenligning med den nordøstlige delen (gul/sandet). Arkeologiske prøvelokaliteter er markert samt plassering av geologiske lokaliteter (lilla).

## 4.2 Beskrivelse av utgravde snitt

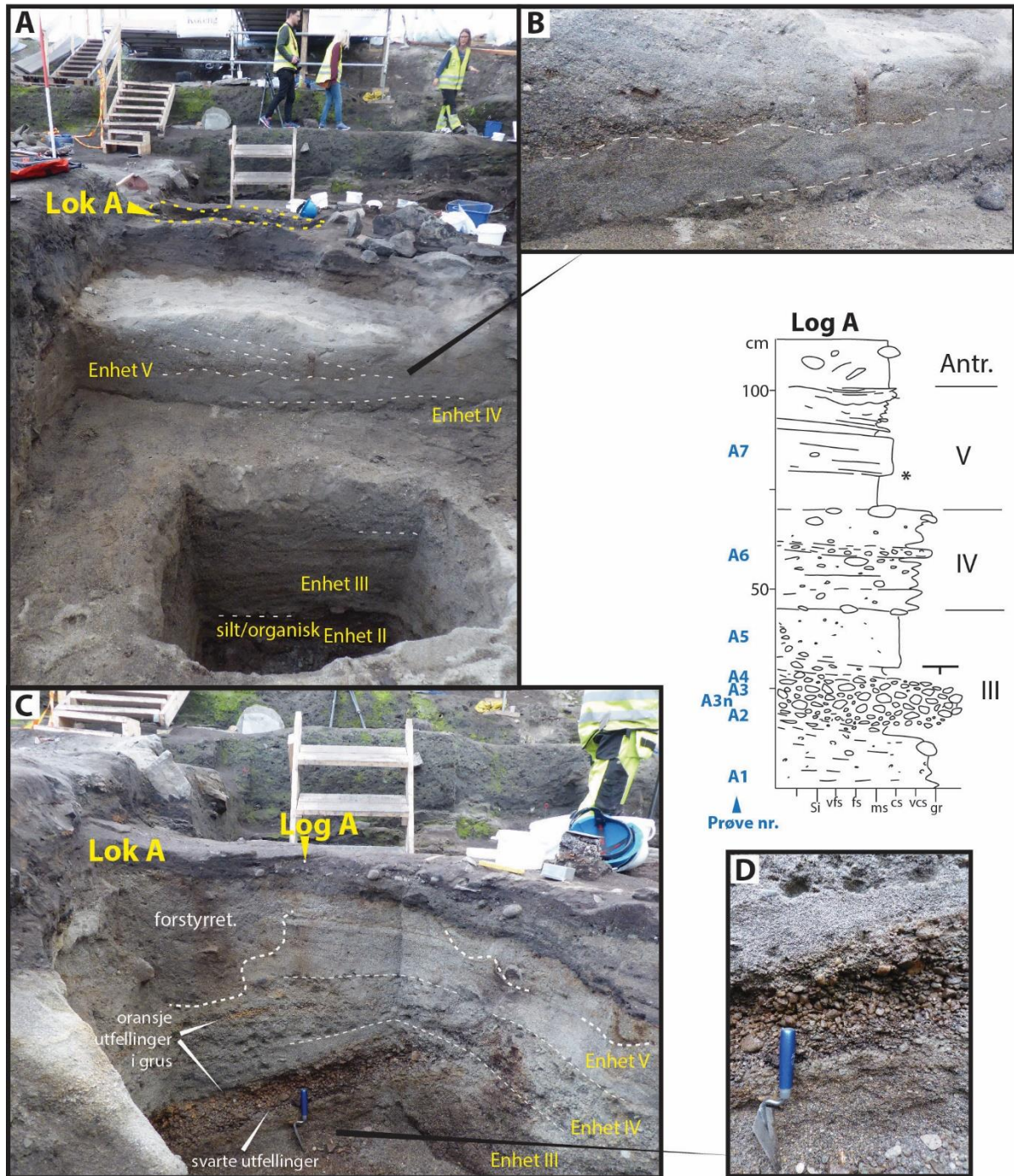
Beskrivelse av de naturlige avsetninger er i hovedsak basert på fire sentrale lokaliteter i utgravningen som ble beskrevet etter hvert som de ble tilgjengelige (Lok A-D). Utvalgte snitt ble logget (log A-D) for så vidt mulig å dekke alle registrerte lag i utgravningen. Lagdelingen ble inndelt i seks overordnede stratigrafiske enheter (I-VI). Observasjoner ved siden av de fire lokaliteter ble også registrert og fotodokumentert (Fig. 5-9). De fire lokaliteter med loggede snitt er kort presentert nedenfor. Et konstruert geologisk profil basert på arkeologenes egen digitale visualiseringsmodell i 3D er presentert i Fig. 10. De fire logger er korrelert i Figur 11 og detaljerte beskrivelser er syntetisert og tolket i det etterfølgende kapitlet. Hovedresultatene fra NGU analyserapport 2018.0041 er presentert i Vedlegg 1. Bergartsbestemmelse av de groveste fraksjoner på utvalgte prøver er presentert i Vedlegg 2. Radiokarbondateringer utført både i forbindelse med nærværende studie og fra de eldste deler av de arkeologiske lagene fra Petersén et al. (2020) er presentert i Vedlegg 3.

### 4.2.1 Lokalitet A (log A)

En oversikt over lokalitet A's plassering i den arkeologiske utgravningen er vist i Fig. 3, 4 og 5. De utgravde snitt, som var tilgjengelig for beskrivelse 18. august 2017, viser sand- og gruslag med sørlig til vestlig helling og representerer den øvre del av den totale lagserien (enhet III-V). Snittene i forgrunnen av Figur 5A og 5B ble av praktiske grunner ikke beskrevet i detalj i felt. Figur 5C viser lokalitet A som ble logget (se log A, Fig. 5). Den øverste del av grusavsetningene er forstyrret av menneskelig aktivitet.

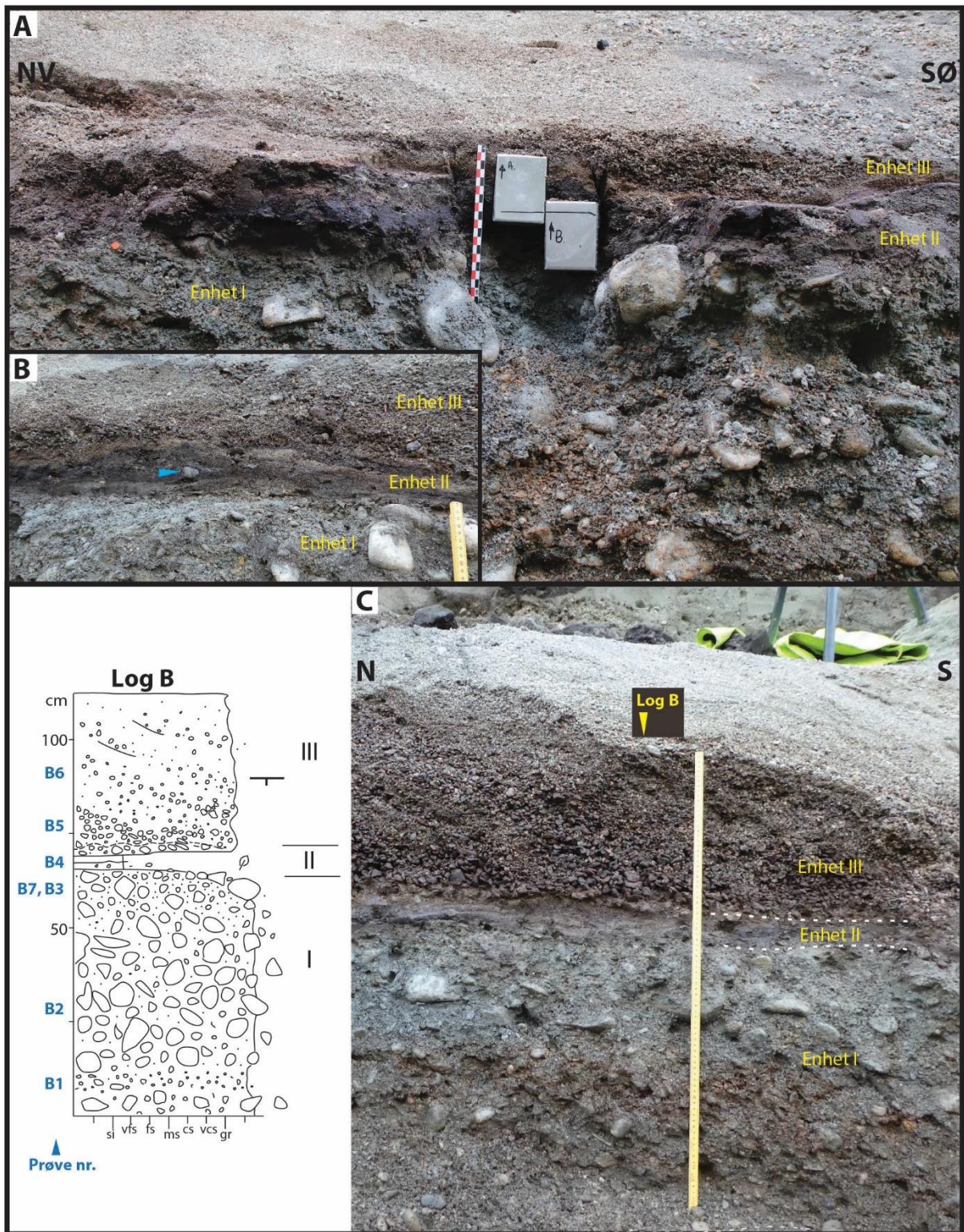
Oransje og mørke/svarte utfellinger av jern (Fe) og mangan (Mn), i henholdsvis nedre og øvre del av veldefinert gruslag med åpen og løs struktur, ble verifisert ved hjelp av håndholdt XRF (Fig. 5D). Målingene viste også et høyt innhold av kalsium (Ca) og fosfor (P).





**Figur 5.** A) Sørlig overblikk over arkeologisk utgraving med flere vertikale snitt gjennom sand og gruslag. I forgrunnen sees snitt i en begrenset utgraving som ikke ble beskrevet i detalj, men omtrentlig plassering av enheter er angitt. Hullet svarer til det minste av de markerte områdene i Figur 4 (i svart omriss). B) Detalj fra enhet V. C) Overblikk over lokalitet A med hellende sand og gruslag. Gruslagene heller generelt mot sør i de nederste delene (litt mot venstre) mens de øverste delene heller i mer vestlig retning (mot høyre). D) Detalj fra lag av fin grus med åpen og løs struktur (enhet III). Oransje og svarte utfellinger i bunnen og toppen av laget kan anes på fotoet.





**Figur 6.** A) I den nordligste delen av lokalitet B ble det tatt intakte Kubierna prøver av NIKU til senere studier av enhet II mht mikromorfologi/interne strukturer (mikromorfologiprøve 53620 fra lag 45715). Det ble også tatt makroprøver fra lag 45715 (prøve 53622 og 53650). B) Detalj fra enhet II litt lengre mot sør enn A). Her sees det tydelig at enhet II inneholder lenser med forskjellig sammensetning og spredte gruspartikler. Merk at den øvre grensen av enhet II er svakt opadkonveks og følger strukturer i enheten hvilket kan være tegn på bevarelse og lite erosjon, men deformasjon kan også ha spilt inn. C) I den sørligste delen av lokalitet B er enhet II relativt tynn (ved log B). Merk at den øverste delen av enhet I er grålig. Den øvre grensen til enhet II er svakt bølget og virker erodert. En sørlig hellende lagdeling i fin grus og grusig sand synes i enhet III.

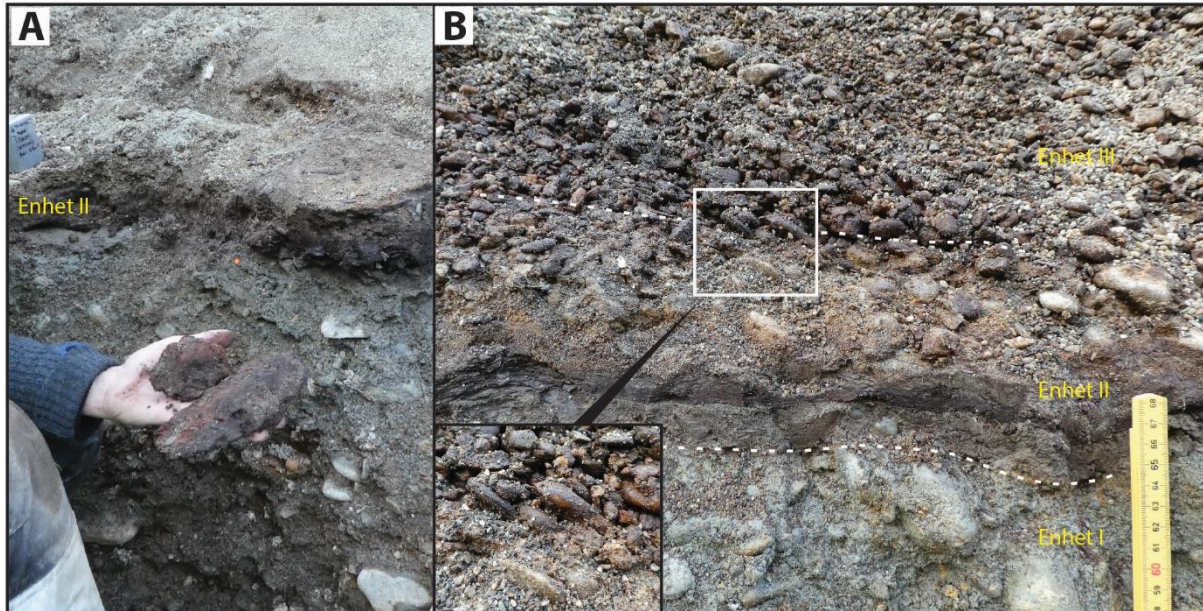


#### 4.2.2 Lokaltet B og C (log B og log C)

Lokalitetene B og C dekket den dypeste del av utgravingen (Fig. 3). De tilgjengelige snittene var sammenhengende og orientert mot vest, nord og øst. Den vest-vendte vegg ved lokalitet B ga best innsyn i de dypeste delene av lagserien (enhet I, Fig. 6). Enhet I består generelt av dårlig sortert, klastunderstøttet grus med en diffus lagdeling. Partikler i grusfraksjonen av grønnstein/skifer, kvarts/kloritt(glimmer)skifer, kvarts og gabbro/vulkanitter er vanlige (vedlegg 2). Denne enheten overlages av et mer finkornig lag med vekslende sammensetning og en del organisk material (enhet II; Fig. 6 og 7). Øverste del av enhet II synes noen steder grov med matriks og ligner litt på enhet I (Fig. 7B). Grensen mot den mer velsorterte enhet III over synes litt diffus. I den øvre grensen av enhet II sees lokalt en tydelig imbrikasjon av flate partikler som heller i en sørlig retning (Fig. 7B). Noen av de imbrikerte klastene mangler matriks og kunne se ut som en del av enheten over. Imidlertid regnes det for sannsynlig at de tilhører den grove del av enhet II som etterfølgende er blitt vasket frem.

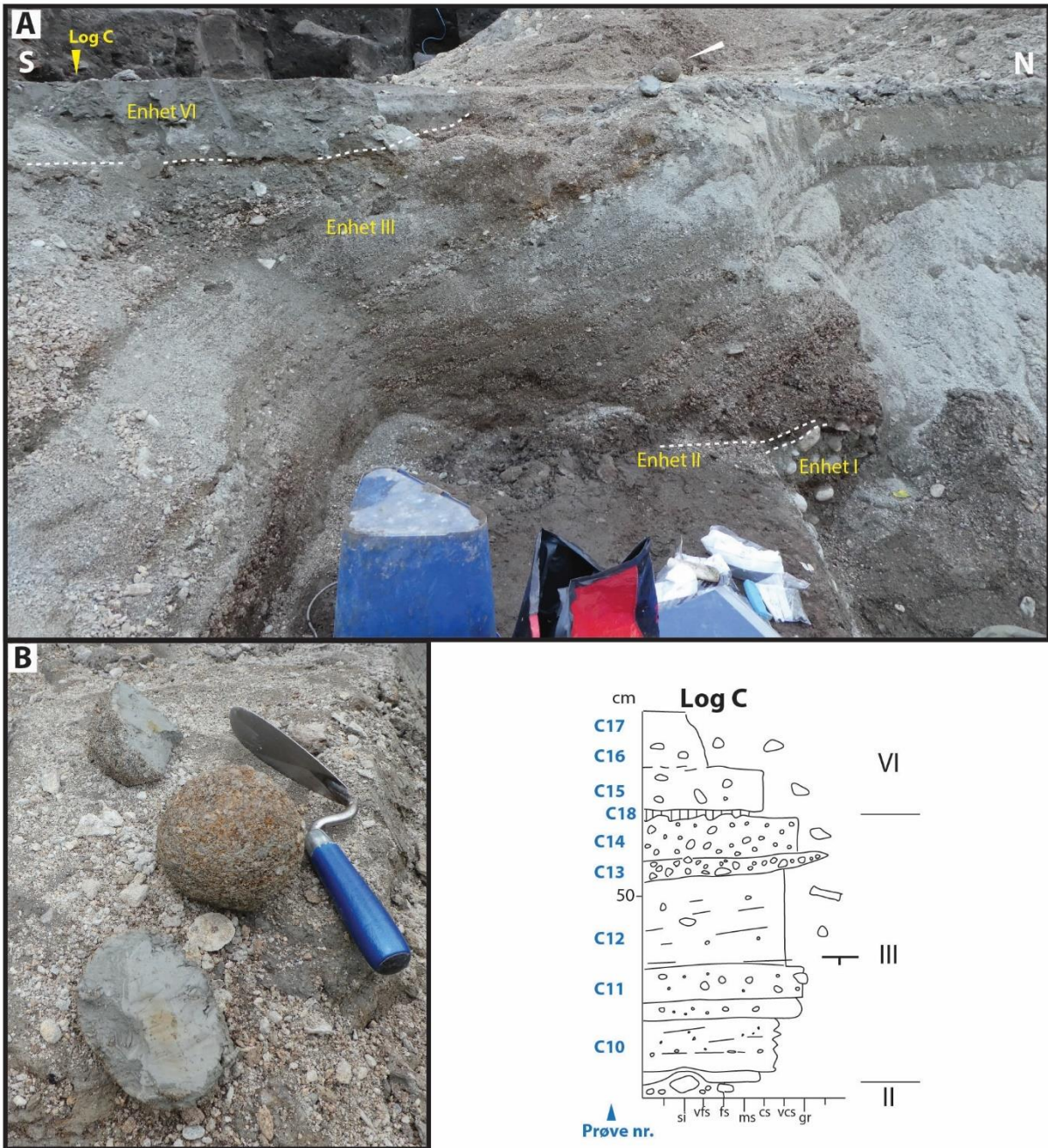
Enhet III av lagdelt sand og grus er generelt finere og mer velsortert enn enhet I. Partikler i grusfraksjonen består især av (kloritt)glimmerskifer, kvartsitt/kvartsskifer, kvarts/feltspat bergarter og lite grønskifer/-stein (vedlegg 2). Lagdelingen i enhet III heller mot sør (Fig. 6C og 8A). Deler av de groveste skrålagene har åpen og løs struktur og partiklene har et oransje belegg av (sannsynlig) okker. Enhet VI av sand og silt har en utfellingshorisont ved basis og overlager enhet III ved lokalitet C (Fig. 8A).

Baller i leire som ble funnet i det oppgravde sedimentet stammer muligens/sannsynligvis fra enhet I, alternativt fra enhet III (Fig. 8B).



**Figur 7.** A) Fremvisning av større trestykke funnet i enhet II ved lokalitet B (plassering omtrentlig ved snitt vist i Fig. 6A). B) Enhet II litt mot sør for A). Øvre og nedre grense av enhet II er stiple. I den øvre grensen sees en tydelig imbrikasjon av flate partikler som heller i en sørlig retning. De øverste av disse uten matriks regnes for delvis fremerodert fra enhet II. Alternativ (men ansees som mindre sannsynlig) kunne de representere en mindre motstrøm ved dannelse av skrålag under avsetning av enhet III.



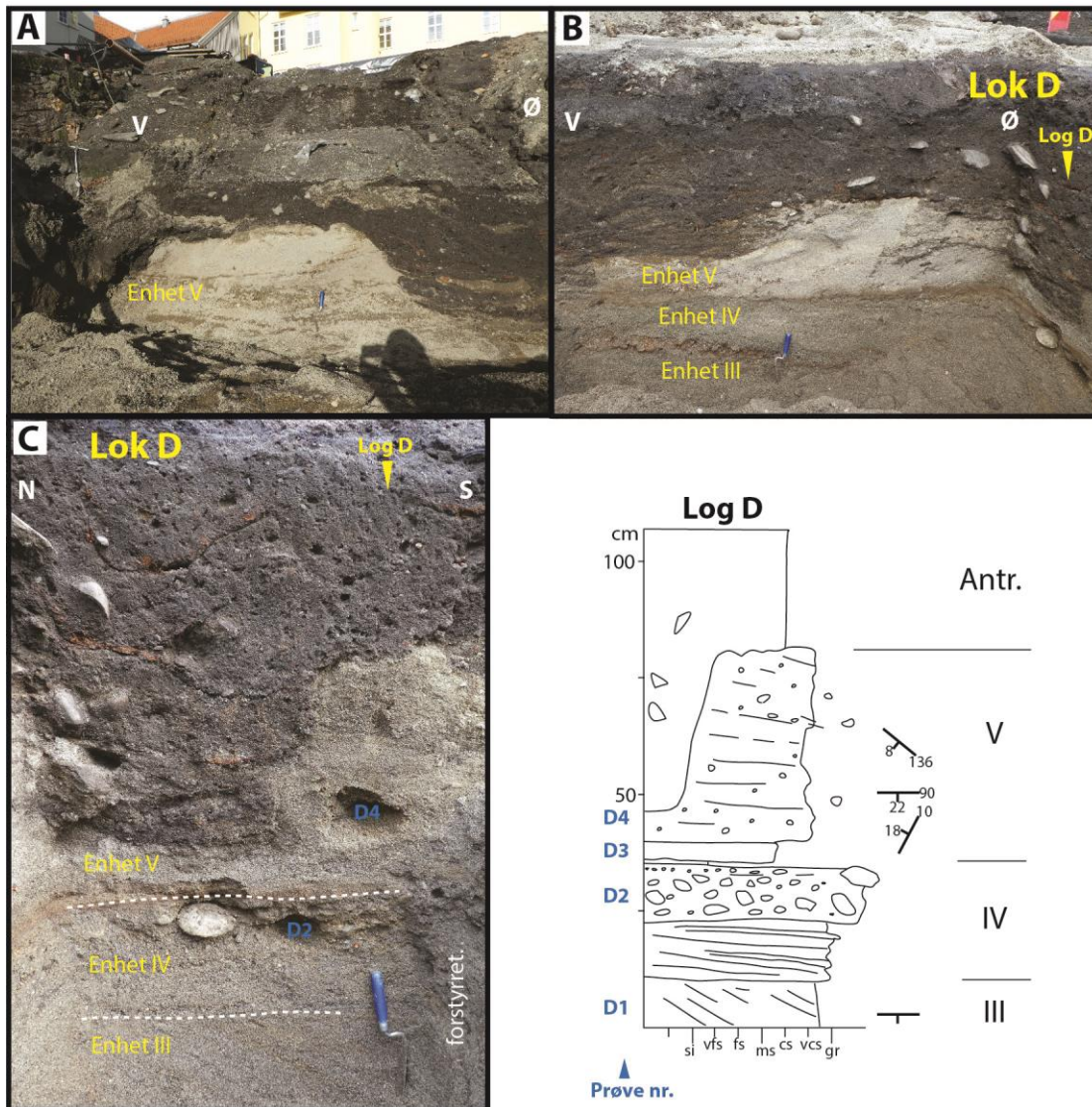


**Figur 8.** A) Oversikt over snitt ved log C. Snittveggen i den sentrale delen av fotoet viser en tydelig helling av sand og gruslagene mot sør. Snittveggen dreier mot beskueren til venstre. Her flater lagdelingen tilsynelatende ut, men skyldes at snittet er nesten vinkelrett på lagenes hellingsretning. Plassering av logget snitt er angitt. Merk den begrensede utbredelse av enhet VI som kobles til utbredelsen av grå-siltet overflate der flere arkeologiske prøver er tatt (Fig. 4). Merk vertikal skravur ved basis av enhet VI som representerer en utfellingshorisont. B) Baller i leire fra det oppgravde sedimentet stammer muligens fra enhet I, alternativt fra enhet III.



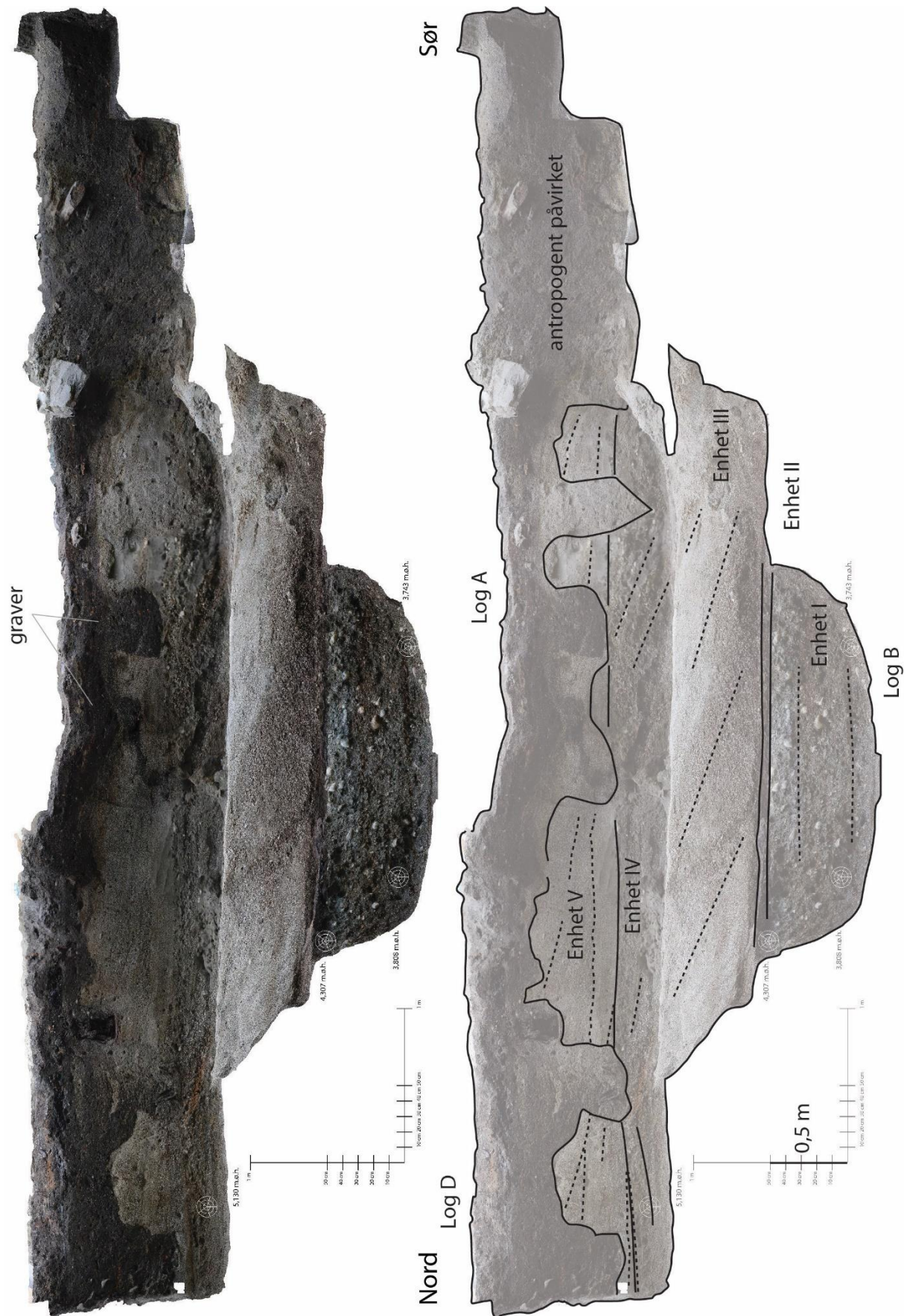
#### 4.2.3 Lokaltet D (log D)

Lokalitet D dekker den øverste del av lagfølgen i utgravningens nordøstligste hjørne som ble beskrevet etter at den utgravningen innledningsvis ble dekket til igjen (4. okt 2017). Omtrentlig plassering av lokalitet D er markert i Figur 3 og 4. Et vest-øst orientert snitt i den nordligste delen av utgravningen viste skrålag i sand og grusig sand (enhet V) under de antropogene lagene (Fig. 9A, B). Sørvestlige foreset-orienteringer ble målt og markert på log D (Fig. 9B, C). Lagfølgen av dette og underliggende lag av sand og grusig sand (enhet III-IV) er vist i Fig. 9. Bemerk det tynne siltlag i toppen av enhet IV og de sørlig hellende skrålag i enhet III. Merk også at enhet IV og V er litt grovere oppad til.

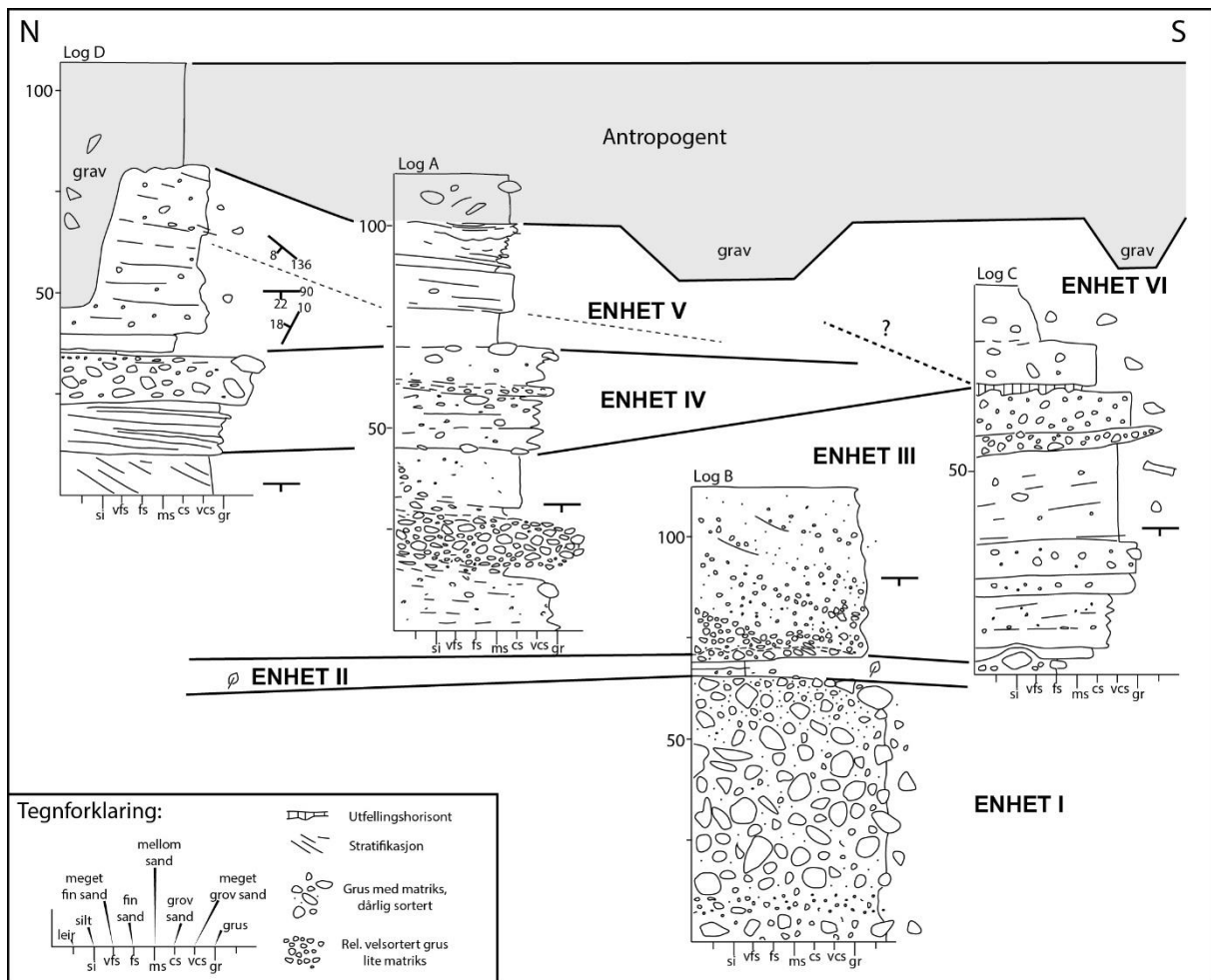


**Figur 9.** A) Snitt med sand i det nordvestligste hjørne av utgravningen. Rett over graveskjeen sees vestlig hellende skrålag. B) Delvis forstyrret lagpakke av sand (enhet V) over sand og gruslag (enhet II og IV) i utgravningens nordøstligste hjørne. C) Oversikt over logget snitt vist i B).





**Figur 10.** Konstruert geologisk profil sett mot øst basert på arkeologenes digitale 3D visualiseringsmodell. Plassering og hovedtrekk av enhetene er vist samt plasseringen av log A, B og D. Innmålte høyder er også vist. Se Figur 3 for omtrentlig plassering av profilinje (mellom lok. D og A). Foto og montasje, Kristoffer Brink, NIKU.



Figur 11. Korrelasjon av logger fra lokalitet A-D.

### 4.3 Detaljert beskrivelse og tolkning av alle stratigrafiske enheter

Flere av de i alt seks stratigrafiske enheter kunne følges på tvers av hele den arkeologiske utgravingen. En detaljert beskrivelse og tolkning av alle enheter er presentert i det følgende.

#### 4.3.1 Enhet I: Dårlig sortert, masse- og strømvassatt sand og grus

Enhet I nederst i utgravingen er over 65 cm tykk (Fig. 6). Enheten utviser en diffus lagfølge: Nederst er 10 cm med sandig grus (MPS: 10 cm) som er overlagret av en mer velsortert, sandig grus med åpen struktur (MPS: 3 cm). Den øverste del av enhet I består av ca. 50 cm matrix-fylt, dårlig sortert, klast-understøttet sandig grus (MPS: 15 cm). Partiklene er generelt subrundede til subkantede. Noen kantet/sprø/fragmenterte og rundet partikler er også til stede. Grønskifer/-stein partikler synes mer vanlig i denne enheten i forhold til overliggende enhet III (vedlegg 2). Grusen utviser liten organisering, men det er en tendens for noen flate klaster å helle i en sørlig retning. Det meste av grusen er brunlig i fargen, sannsynligvis på grunn av jernutfelling. De øverste omtrent 20 cm utviser en mer grålig farge og en matris beriket i sand og silt (Fig. 6C). To sandarmerte baller i leire med en diameter på ca. 10 cm ble funnet i det oppgravde sediment og stammer muligens fra enhet I (alternativt fra enhet III).

Lagfølgen avspeiler en utvikling i sedimentasjonen. Nederste del er avsatt av relativ fortynnede vannstrømmer mens den øverste del, som er dårligere sortert og organisert, utviser karaktertrekk som er typisk for tettere massestrømmer. Den matris-fylte øvre del av laget kunne tyde på en økning i strømmens sand- og siltinnhold. En sørlig helling av flate klaster i

den øverste del av enheten tyder på strømming av vann og sediment i en nordlig retning. De sandarmerte baller i leire fra det oppgravde sediment, og som muligens stammer fra denne enheten, viser at oppstrøms erodert leirefragmenter ble rullet med strømmen. Deres bevarelse tyder på en relativ kortvarig transportavstand.

#### 4.3.2 Enhet II: Sammenskylt siltig avsetning

Enhet II består av et 5-10 cm tykt uregelmessig lag av primært sand og silt i lenser og lag som draperer den underliggende grus (enhet I). Øvre grense er bølget og lokalt svakt oppad konveks (Fig. 6B). Tykkelsen øker litt i nordlig retning. Laget har varierende innslag av organisk materiale. Det er også grovere partier blant annet enkelte spredte gruspartikler og et sandet gruslag i grensen til enhet III over (Fig. 7B). Lokalt inneholder de øverste 2 cm av enheten sørlig imbrikerte klaster (Fig. 7B). Velbevart bladmaterial og vedfragmenter opptil 1 dm ble registrert (Fig. 7A). Makroprøver 53622 og 53650 er tatt to forskjellige plasser fra arkeologiske lag nummer 45715, som svarer til enhet II (Fig. 4). Ifølge Moltsen (in prep) inneholder prøvene lagdelt, grov brun sand og gråt silt/leir eller leirig finsand som overlages av gytje med mulige huggspon. Prøvene inneholder hårdt sammenpressede flak av grovt organisk material (tre, strå, mose, tang/ålegress mv.). Det ble også funnet byssustråder fra blåskjell samt muligens insektrøster (Moltsen, in prep). Analyse av fauna viser at det er rester etter vårfluer, vannbiller samt noen landbiller (Smith 2018). Radiokarbondatering gir kalibrerte aldre et sted mellom 650 og 880 AD.

Enhet II tolkes som avsatt i en midlertidig forsenkning fra vekslende sandede og siltede vann- og massestrømmer og kanskje lokalt fra suspensjon. Det er også innslag fra litt kraftigere, kortvarige strømmer. Det øverste grusholdige laget avspeiler en strømming i nordlig retning. Det biogene innhold avspeiler en kombinasjon av organisk material fra land og fra sjø så som blåskjell og tang/ålegress. Ålegress trives i bukter med bløtbunn og relativ rolig sjø (<https://snl.no/ålegress>). Da enhet II inneholder både fine og grove lag som avspeiler vekslende energi er det derfor mulig at ålegress-restene er omlagret. Faunaen med biller avspeiler grunt og langsomt strømmende vann med åpent gress rundt (Smith 2018). Mikromorfologisk analyse av Kubiena-prøver vil sannsynligvis kunne bidra med mer detaljer rundt sedimentasjonsforholdene. Aldersspennet mellom 650 og 880 AD avspeiler først og fremst begrensning ved dateringsmetoden, men utelukker ikke at laget kan representere et visst tidsrom.

#### 4.3.3 Enhet III: Strømvassatte skrålag i sand og grus

Enhet III er minst 60 cm tykk og består av skrålagret sand, grusig sand og velsortert fin grus med åpen struktur (MPS: 6 cm). En enkelt, bladformet klast som 'flyter' i sand er opp til 12 cm i lengde. Partiklene er generelt subrundet til subkantet. Sedimentet er relativt fattig i grønskifer/-stein i sammenligning med enhet I (vedlegg 2). Hvert enkelt skrålag er typisk 5-30 cm tykt og heller 24-34 grader mot sør. Grensene mellom skrålagene er som regel litt diffuse. Både angulære og tangentielle skrålag er til stede. Enhetens nedre grense er bølget og synes skarp der det er litologisk kontrast til det siltholdige sediment under. Sørlig imbrikerte klaster ved basis regnes for å være vasket frem fra enheten under (Fig. 7B). Jern og manganutfellinger er til stede i forbindelse med gruslag med åpen struktur (Fig. 5C, 5D, 7B).

Enhet III er avsatt av strømmende vann i en minst 60 cm høy sand- og grusbanke med lokal utbyggingsretning mot sør. Tilstedeværelsen av flytende større klaster i sand tyder på

relativ høye sedimentkonsentrasjoner. Partikkelsammensetningen kan tyde på en endring i sedimentkilden i forhold til enhet I. Sørlig imbrikerte klaster ved basis er sannsynligvis erodert frem fra enhet II. Alternativt, men mindre sannsynlig, representerer de en mindre motstrøm ved basis av skrålagene under avsetning av enhet III. Gruslagene med jern og manganutfelling viser at jern og manganløsninger i porevannet har reagert med oksygen.

#### 4.3.4 Enhet IV: Lavvinklet, strømvassatt sand og grus

Enhet IV er 15-25 cm tykk og domineres av diffust lagret sand og grusig sand lokalt med tynne lag av klastunderstøttet fin grus (Fig. 5, 9). Partiklene er generelt subrundet til noe subkantet. Enkelte mer velsorterte intervaller utviser tydeligere lagdeling. Lagene er subhorisontale eller heller med en lav vinkel i sørlig retning og trunkerer de underliggende avsetninger. Enheten har en svakt oppadgrovende tendens. Avsetningen draperes lokalt av et 0,5 cm tykt lag av sandet silt.

Enhet IV tolkes som et resultat av lave og sørlig migrerende bunnformer i strømmende vann. Den basale trunkering reflekterer erosjon og omlagring av underliggende avsetninger kanskje under en lavere vannstand. Det tynne draperende laget av sandet silt avspeiler en kort stillstand og fravær/forflytting av strømmer. Enhet IV kan muligens betraktes som slags toppset til den underliggende pakke med skrålag i enhet III.

#### 4.3.5 Enhet V: Krysslagret, strømvassatt sand

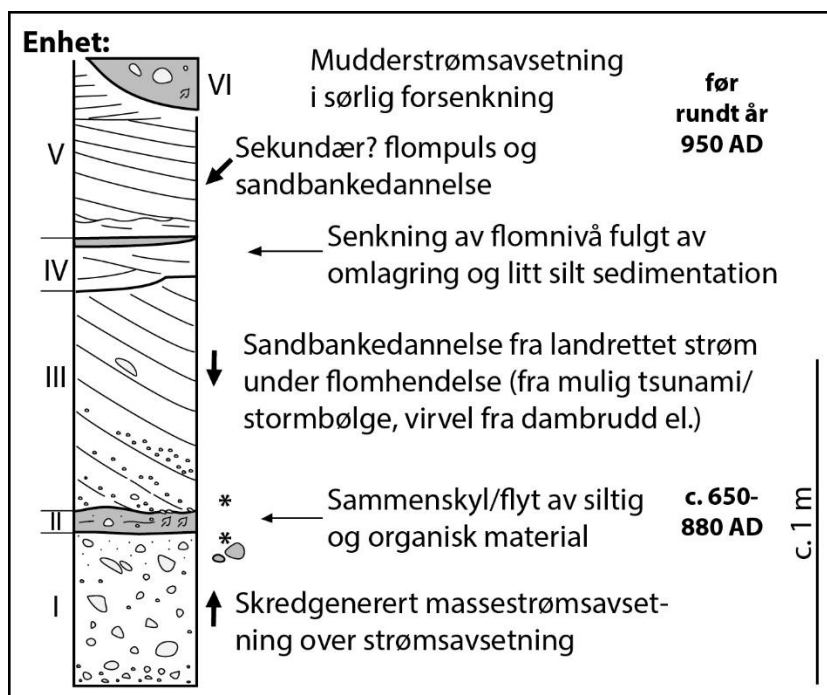
Enhet V, som er opp til rundt 1 m tykk, domineres av krysslagret sand med litt grus og spredte større klaster (Fig. 5, 9). Partiklene er generelt subrundet til subkantet. Stratifikasjonen er distinkt eller diffus og skrålag er angulære til tangentielle. Helling av skrålag varierer over en sørvestlig sektor (Fig. 5). Enheten inneholder en skarp og bølget laggrens over sand og utviser en svakt oppadgrovende tendens (Fig. 5).

Enhet V tolkes som avsatt av strømmende vann med varierende styrke og retning primært mot sørvest. Den oppadgrovende tendens kan avspeile en midlertidig utbygging av banker av strømmende vann.

#### 4.3.6 Enhet VI: Sand- og mudderstrømsavsetning

Enhet VI består av 10 cm grålig, siltholdig grusig sand med større klaster, som overlages av 15 cm med grålig sandet silt som inneholder spredte partikler i ulike størrelse og litt organisk materiale. Den bimodale kornfordeling i det sistnevnte laget kommer frem av kornfordelingskurvene i Vedlegg 1. Lagene heller svakt i sørlig retning. En cm ved basis av enhet VI er omdannet til en brunlig skorpe på grunn av utfelling (jernoxider) (ved lokalitet C, Fig. 8). Over enhet VI finnes lag 53319 og 52845 fra den arkæologiske utgravningen med innhold av kiesel-mikrofossiler inklusive diatomeer (Plikk 2018), samt flere billearter (Smith 2018).

Enhet VI tolkes som avsatt av sandet sedimentstrøm etterfulgt av sedimentasjon fra en partikkelbærende siltholdig mudderstrøm. Utfellingshorisonten er dannet etterfølgende. Overflateprøven med kieselmikrofossiler avspeiler den påfølgende tilstedeværelsen av et lavvannet, periodevis oversvømt og uttørket miljø. Billene knyttes til langsamt bevegende eller stille vann muligens med gressland i nærområdet. Prøver fra det arkeologiske lagnummer 53319 er det første i det arkeologiske materialet som inneholder tidlige spor etter menneskelig aktivitet (MacPhail 2018).



Figur. 12. Syntese av stratigrafi.

\*leirballer funnet i det oppgravde sediment kan stamme fra enhet I men et opphav i enhet III kan ikke utelukkes.

## 5. SAMLET TOLKNING

Den beskrevne lagfølge fra den arkeologiske utgravingen i Søndre gate er en del av den hevede fluviodeltaiske slette langs Nidelven. Imidlertid viser detaljert sedimentologisk analyse at lagfølgen er påvirket av hendelser så som leirskred langs Nidelven i tillegg til muligens en flom fra sjøsiden (storm/tsunami). Lagfølgen med de seks enheter avspeiler en sedimentær utvikling som oppsummeres i det følgende og skisseres i Figur 12.

En puls av strømmende vann og sediment i Nidelven avsatte enhet I før c. 650-880 AD (alder for enhet II). Avsetningen avspeiler en utvikling fra vannstrømning til en type massestrøm. Dette kan ha vært et resultat av et skred langs elven eller en kraftig flomhendelse eventuelt i kombinasjon. Muligens inneholdt strømmen fragmenter av leire som ble rullet med i den sediment-holdige strømmen (svarende til leirballene fra det oppgravde sedimentet). I så fald skyldes dette at strømmen passerte leirmasser i sitt løp, for eksempel skredmasser som helt eller delvis blokkerte løpet (skreddemning). Bevaring av leirballene tilsier at dette ikke skjedde så veldig langt oppstrøms. En uavhengig dataserie fra sjøen kan støtte tolkningen av en skredhendelse da et datert leirlag i sjøbunnen knyttes til et leirskred fra land kort etter  $580 \pm 50$  AD (event 2 i Hansen et al. 2011).

Enhet II avspeiler opphør av den kraftige strømmen som enten flyttet seg eller eventuelt uteble. Dette ble fulgt av siltige strømmer med planterester og litt grovere material fra litt sterkere pulser (eller eventuelt fraktet via drivis). Sedimentene ble skylt sammen og akkumulerte muligens i en lokal forsenkning, og kan representere en kortvarig eller eventuelt litt lengre sedimentasjonsfase. Tilstedeværelsen av ikke bare terrestrisk, men også marine fossiler, inklusiv blåskjell og sjøgress, tyder på en nær tilstedeværelse av sjøen og påvirkning fra for eksempel (storm)bølger under høy vannstand. Miljøet kan ha vært en del av en forlagt



kanal eller interkanalområde eller annen forsenkning i elvedeltaet. Radiokarbondatering gir aldre mellom 650 og 880 AD (Vedlegg 3). Det er sannsynlig at den samtidige middelvannstand lå noe under nivået for enhet II (4 m a.s.l.) med tanke på at området ble bebygget noen hundre år etterpå og dermed måtte ha ligget godt over datidens middel høyvannstand.

Enhet III viser at det roligere til vekslende sedimentasjonsmiljø beskrevet ovenfor, ble erstattet av en relativ kraftig puls av strømmende vann. Det er bemerkelsesverdig at strømmen, i det minste lokalt, var i sørlig retning! Den sørlige strømrretningen åpner muligheten for at avsetningen faktisk kunne være en sandbanke dannet av strømmer med opprinnelse i sjøen. Den relative konforme lagfølgen med diffuse laggrenser, 'flytende klaster' og fin-grus med åpen struktur (Fig. 6C, 8A) tyder på en enkelt (eller noen få) kraftig(e) strømmer(r) med et høyt sedimentinnhold. Dette taler for en stormbølge eller eventuelt en tsunami-hendelse. De overliggende sand og gruslagene avspeiler sannsynligvis en etterfølgende omlagrings- og stillstandsfasen (enhet IV). En alternativ forklaring av enhet III kunne være at den sørlige strømrretningen skyldes en plutselig og eksepsjonell virveldannelse langs elven. En sådan kunne være dannet i forbindelse med gjennombrudd av en oppstrøms skredemning, eller annen kraftig strøm påvirket av lokal topografi.

Det krysslagrede sand og grus over (enhet V) representerer muligens enda en flompuls som forårsaket en ny men mindre kraftig strøm og utbygging av enda en sandbanke. Flompulsene for enhet III(+IV) og V kan representere ulike faser innen samme hendelse eller kan skyldes to eller flere uavhengige hendelser. Sandbankeakkumulasjonene synes å tynne ut mot en forsenkning i sørvest. Enhet VI avspeiler en fornyet aktivitet av sand- og mudderstrømmer hvis avsetninger synes å være begrenset til forsenkningen. Denne svarer til den innerste del av en større forsenkning mot sør som arkeologer lenge har kjent til og ofte har knyttet til det man kaller 'Skipakrok' i Snorres Olav Tryggvasons saga. Om dette faktisk kan stemme er noe som diskuteres blant arkeologer. En slik forsenkning kan muligens representere en delvis gjenfylt kanal i deltaet som muligens er blokkert av sand- og grusbanker avsatt fra sjøsida. I forsenkningen overlages enhet VI av relativt finkornete og organiskholdige arkeologiske lag svarende til den grå siltige overflaten på kartet i Figur 4. Radiokarbondatering fra disse lagene tilsier at menneskelig aktivitet innledningsvis bidro til å fylle igjen bukten fra rundt 950 AD (fase 2/3, Vedlegg 3; Petersén et al. 2020). Flom- og skredhendelser, representert ved enhet VI, må ha skjedd før den tiden.

## 5.1 Implikasjoner

På tross av det lokalt avgrensede datamateriale, kaster ovenstående tolkninger nytt lys over de naturlige rammer for tidlig menneskelig aktivitet langs Nidelven. Det er spor etter mange forhistoriske skredhendelser i Trondheimsområdet (Fig. 1A). Skredprosesser er derfor nærliggende å inndra som en del av forklaringen på variasjoner i de beskrevne avsetninger under den arkeologiske utgravingen i Søndregate, for eksempel den massestrømspåvirkede enhet I og de sandarmerte leirballene. En uavhengig dataserie fra sjøen gir belegg for en slik tolkning, og et datert leirlag i sjøbunnen i Trondheim havn knyttes til et leirskred fra land kort etter 580±50 AD (event 2 i Hansen et al. 2011). Skredaktivitet er registrert i andre deler av Trondheimsfjorden rundt 650 AD (c. 1300 cal yrs BP; Bøe et al. 2003).

Det er også velkjent at tsunamier kan forekomme i Trondheims havneområde blant annet på grunn av undersjøiske skred hvilket skjedde i 1888 (L'Heureux et al. 2011). Dette forårsakede ødeleggelser i havnen og et liv gikk tapt. Det er spor etter flere gamle undersjøiske skred i fjordbunnen ved Trondheim havn (L'Heureux et al. 2009; Hansen et al. 2011). Flere av disse kan ha utløst ødeleggende bølger ved Trondheim i forhistorisk tid. Derfor kan tsunami inndras på lik linje som stormbølger som mulige forklaringsmodeller for tegn på landrettede strømmer. Nøyaktig datering av disse hendelsene er imidlertid ikke mulig fra det tilgjengelige materialet.

De sedimentologiske analyser i nærværende rapport støtter oppfattelsen av at tidligere, grove havnivåkurver for Trondheim sentrum, har ligget for høyt for de siste godt 1000 årene (Fig. 1A). Middelhavnivået den gang må ha vært under dagens 4 m kote.

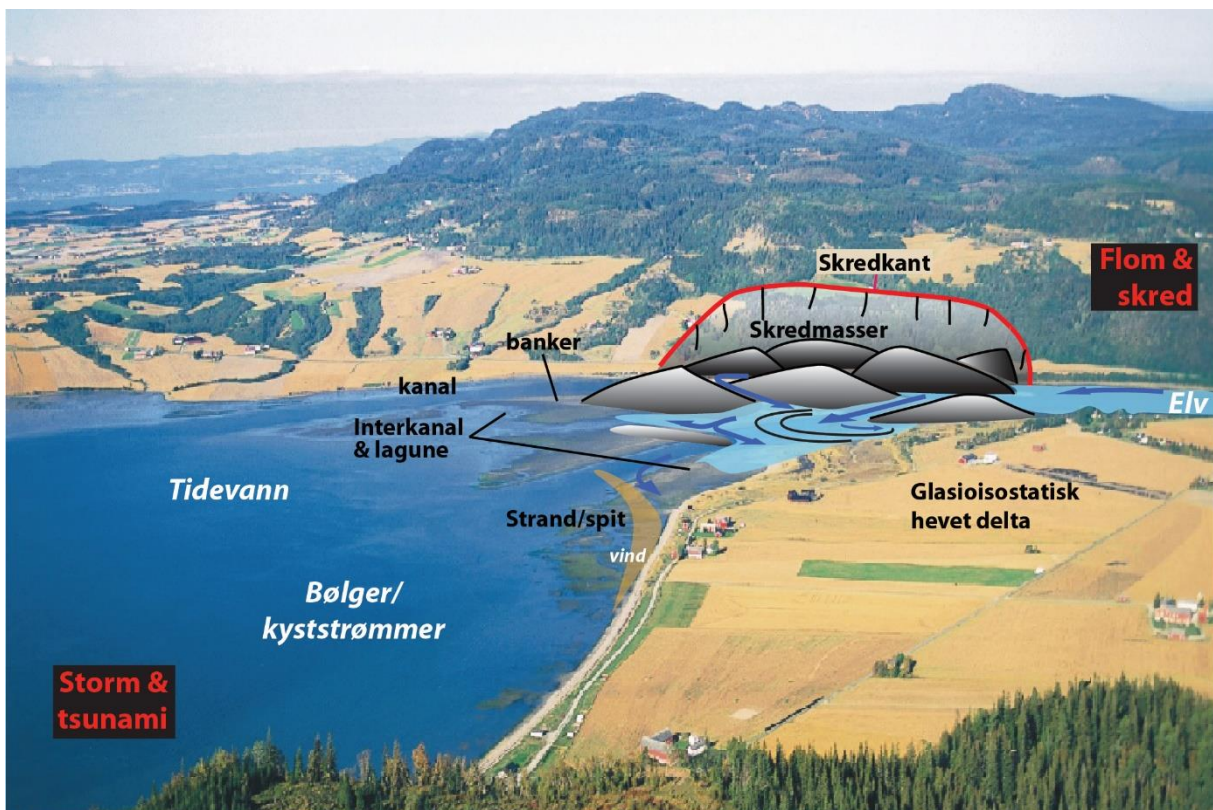
### 5.1.1 Geologisk oppbygging

På grunn av de mange innvirkende prosesser i et delta kan den geologiske oppbyggingen av de resulterende avsetninger variere mye hvilket den arkeologiske utgravingen i Søndre gate tydelig viser. Større leirskredshendelser i eller i nærheten av deltaet vil øke kompleksiteten da slike hendelser kan føre til betydelige 'om-møbleringer' av landskapet. En blanding av leire, silt og grovere avsetninger i utløpsområdet kan påvirke de etterfølgende hydrogeologiske forholdene. Leirlag er vannstansende mens grovere lag er vannførende. Spesielt vil gruslag med åpen struktur som beskrevet fra Enhet III gi ekstra god vanntilførsel, og en gammel brønn gravd og anlagt omkring år 1600, har sannsynligvis tatt fordel av dette (Fig. 4). Leirlag i deltaskrenten kan også bidra til å senke stabiliteten i sjøen (L'Heureux et al. 2010).

### 5.1.2 Geologiske betingelser ved bosetting av et fjorddelta

Den naturlige deltautbyggingen med etterfølgende landheving skaper nye landområder over tid som kan bosettes. Flere prosesser vil modifisere deltaet underveis. Noen av disse prosesser er kontinuerlig aktive og varierer over årene, så som bølge- og tidevannsaktivitet. Bølger og vind former strender og rygger som beskytter laguneområder mens tidevannet gir fluktuerende strømmer og varierende vannstand. Vannføring i elven vil naturligvis også variere. Andre prosesser er kun aktive ved eksepsjonelle hendelser (skred, ekstrem flom, sterk storm og tsunami) men kan etterlate seg betydelige spor både i form av avsetning og erosjon. For eksempel kan skred langs elva bidra direkte i utbygging av land ved hjelp av skredmasser eller indirekte ved oppdemning av elven med påfølgende dambrudd og tappingskatastrofe med tilhørende erosjon og avsetning. Dette kan også føre til endring av elvens beliggenhet. Skred på land eller i sjøen kan være lokale fenomener utløst for eksempel av elve- eller bølgeerosjon. De klimatiske forhold kan spille inn, og store skred som forekommer samtidig i en større region kan være et tegn på jordskjelvaktivitet (e.g. Bøe et al. 2003).

Flom, leirskred, stormbølger og tsunamier må ha hatt katastrofale følger for folk i forhistorisk tid, som man vet det har vært tilfellet for nyere hendelser. Men på tross av de ødeleggende kreftene har de eksepsjonelle hendelsene, sammen med deltautbygging og landheving, også bidratt til å endre topografien og bygge nytt land som kunne brukes/bebygges. En summarisk illustrasjon av et ikke-urbanisert, hevet elvedelta med noen viktige sedimentære prosesser og miljøer er presentert i Figur 13. Illustrasjonen er tenkt som en mulig analog til Nidelvdeltaet før urbanisering, men kan også overføres til andre områder.



Figur 13. Ikke-urbanisert, hevet elvedelta med munningen av Gaula med illustrasjon av noen viktige naturlige prosesser og miljøer. De viktigste geofarar er fremhevet med rød tekst. Gauldeltaet er en mulig analog til Nidelvdeltaet før urbanisering, se tekst. Foto av Gauldeltaet er fra Reite et al. (1999).

## **6. DISKUSJON**

### **6.1 Diskontinuert lagserie**

Det sedimentologiske studiet dokumentert i denne rapporten tar utgangspunkt i et begrenset datamateriale som er innsamlet på kort tid fra et begrenset geografisk område. Større og flere snitt ville naturligvis ha gitt mer presis informasjon om de geologiske forholdene. Likevel anses de overordnede tolkninger å være relativt solide på grunn av den varierte informasjonen som ble trukket ut av små, men sammenhengende snitt. Det må dog sies at lagserien ikke er 100 % kontinuert og det er interne erosjonsflater (for eksempel Fig. 5B). Det bølgete utseendet til flere av disse tilsier imidlertid at de muligens er skapt av mindre strømvirvler og ikke nødvendigvis er så dype. Den bevarte lagserien betinges i noen grad av at utbygging/oppfylling skjedde ved siden av elvens hovedstrømnings-retning, muligens i en type mindre forsenkning i en avlagt kanal eller mellom hovedkanalene. Man kan ikke fra dateringene konkludere om lagfølgen representerer noen hundrede år eller kanskje bare et enkelt årti eller kortere tid. Uansett vil hver av de strømvassatte sand/grus-lagene representere korte hendelser i en lengre historie, mens noen av de finstoffholdige lagene (for eksempel enhet II) og erosjonsflater kan representere lengre tidsrom.

### **6.2 Usikkerhet om leirballene**

Som det kommer frem av de presenterte tolkningene er det litt usikkerhet knyttet til det stratigrafiske nivået for leirballene som ble funnet i de oppgravde sedimentene. Leirballene tyder på en oppstrøms kilde for sedimentene der sannsynligvis ble erodert og avsatt i forbindelse med en skredhendelse. Tidligere ble leirballene, dog med noe usikkerhet, antatt å stamme fra enhet III som dermed ble tolket som et resultat av en virveldannelse (Hansen & Petersén 2019a; Hansen & Petersén 2019b). Imidlertid er det i etterkant blitt funnet leirballer i forbindelse med usorterte og relativt grove gruslag i andre utgravninger i Trondheim. Dette gir fornyet grunnlag for å si at leirballene med noe overveiende sannsynlighet stammer fra den grove og usorterte enhet I og ikke fra enhet III. Enhet III avspeiler en mer velutviklet og turbulent strøm der slike leirballer sannsynligvis ikke ville bli bevart. Derfor knyttes leirballene i denne rapporten til enhet I.

### **6.3 Paleostrømretning for enhet III**

Enhet III tolkes som muligens avsatt under en flomhendelse fra sjøen i forbindelse med en tsunami eller sterk storm. Som nevnt over kan det dog ikke utelukkes helt, at enhet III er avsatt i forbindelse med en kraftig virveldannelse fra en plutselig flom fra landsiden. Noen ekstra kraftige strømningstyper kan skape skrålag som heller mot strømmen på grunn av en flomhendelse fra landsiden, f.eks. ved et oppstrøms brudd på en skredemning. Imidlertid kan slike skrålag ofte ha en lavere vinkel og man ville ha forventet en mer markant erosjonsgrense ved basis.

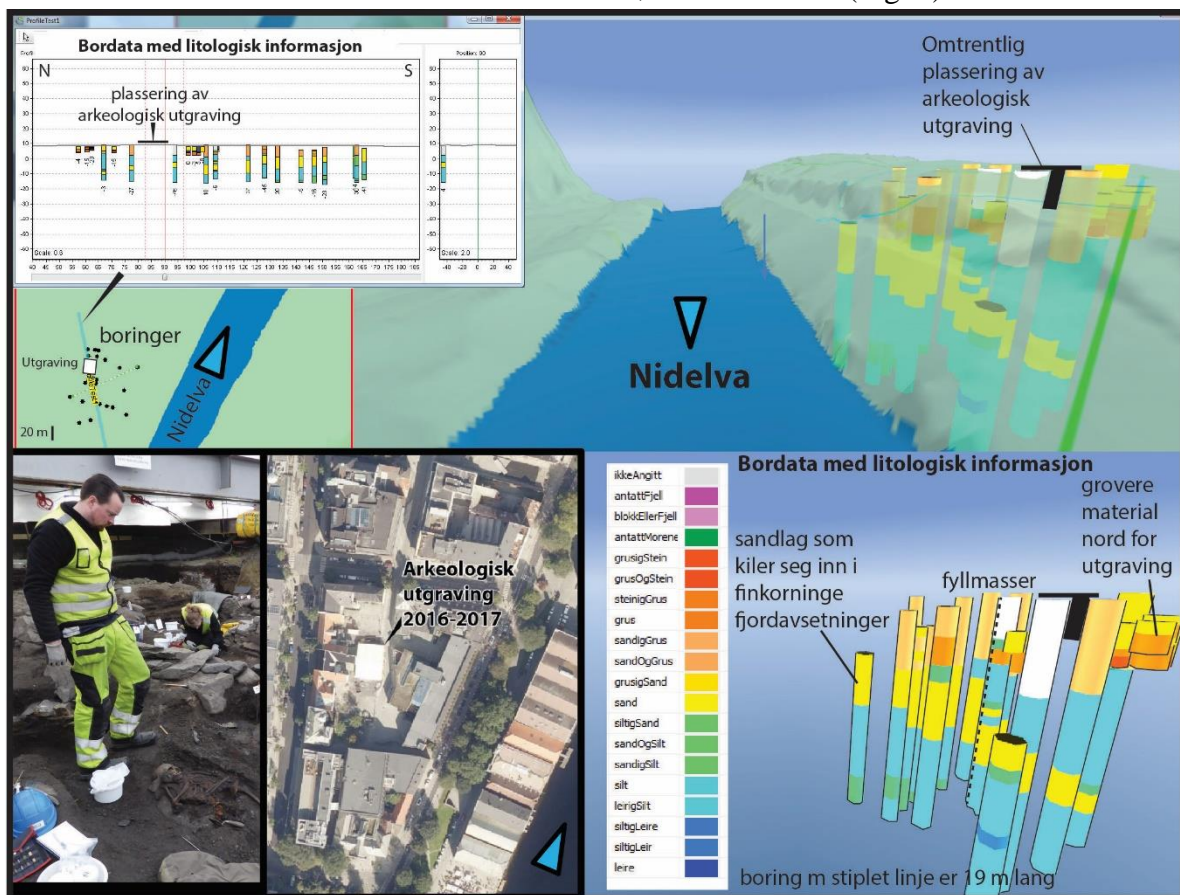
#### **6.4 Analyse av gjenværende prøver**

Det er fortsatt potensiale for å trekke ut litt mer informasjon fra det eksisterende datamateriale. Impregnering av innsamlede Kubierna-prøver (Fig. 6A) kan vise de interne strukturer i enhet II i mer detalj. Det forventes at en del strukturer vil være preget av flyt eller strømming, men noen deler kunne muligens dekke et litt lengre tidsintervall.



## 7. VIDERE ARBEID

Det er potensiale for videre arbeid med å forstå de geologiske forholdene i Trondheim sentrum rundt Søndregate 7-11 og andre arkeologiske utgravinger. Utgraving fra andre steder i byen er høyst ønskelige da det er fra disse den mest verdifulle informasjonen om geologien kan trekkes ut. Det finnes et stort potensiale ved å sammenstille den geologiske informasjonen som kan trekkes ut av de store mengder boredata som gjennom titalls år er innsamlet ved e.g. utbyggingsprosjekter ([http://geo.ngu.no/kart/nadag\\_mobil/](http://geo.ngu.no/kart/nadag_mobil/)). Det er arbeid på gang på NGU for bedre å kunne registrere og visualisere stratigrafisk informasjon. En liten test er utført rundt denne arkeologiske utgravingen i Søndre gate og resultatet sees i Figur 14. Visualiseringen sammenfatter data fra en gammel geoteknisk rapport (dype data) samt informasjon som ble hentet inn ved boring rundt den arkeologiske utgravingen i Søndre gate 7-11 (grunne data). Bruk av geofysiske metoder kan være problematisk på grunn av de tykke antropogene lagene. En spesiell seismisk metode kan potensielt bidra til å avklare de store linjer i geologien (Hansen et al. 2013), men dette krever god finansiering. En total sammenstilling av data om undergrunnen vil kunne belyse geologi og grunnvannsforhold på en helhetlig måte, både mht grunnvannssituasjonen og bevaringspotensiale mht de antropogene lagene. Det gjelder også vurdering av grunnvannsforhold, mulige kildeutspring og stabilitet for 1000 år siden. Gruslagene med åpen struktur i enhet III har fremmet god tilstrømning av vann, hvilket kan forklare hvorfor det senere har vært etablert en brønn akkurat her (Fig. 4).



Figur 14. Visualisering (vha GeoScene3D) av stratigrafiske forhold i området umiddelbart rundt den arkeologiske utgravingen i Søndre gate 7-11 (hvit telt, Fig. 1), basert på borinformasjon fra Trondheim kommune (Rapport R.0478 fra 1978) samt nyere, grunne boringer utført i forbindelse med den arkeologiske utgravingen. Topografien rundt Nidelven og boringer er overdrevet for visualiseringens skyld. Data er ikke kvalitetssikret.

## **8. KONKLUSJON**

På tross av relativt begrenset fysisk innsyn inn i de naturlige lagene under den arkeologiske utgravingen i Søndre gate, var det en del informasjon å hente ved sedimentologisk analyse. Sammenstilling og tolkning av data viser at naturgrunnen under kirketomten i noen grad var betinget av leirskred og flom langs Nidelven samt en mulig storm- eller tsunamibølge. Hendelsene kan ha vært ødeleggende og katastrofale for menneskene som oppholdt seg i området da det skjedde. Imidlertid var hendelsene også med til å endre landskapet blant annet ved å bygge opp banker av sand og nytt land som kunne bebygges, og kan ha bidratt til å skape en paleotopografi med bukter langs elven. De sedimentologiske tolkninger støtter oppfattelsen av at middelhavnivået for rundt 1000 år siden tidligere har vært overvurdert, og må ha vært under 4 m over dagens havnivå. De geologiske tolkningene har også innflytelse på vurdering av de hydrogeologiske forholdene. De geologiske funnene kaster dermed nytt lys over rammebetingelser for tidlig bruk/bebyggelse av Nidarneset. Studiet bidrar til å vise nytteverdien av å koble arkeologiske og geologiske studier også i bebygde strøk.

## **9. TAKK**

Takk til NIKU v. Anna Petersén for å ta med sedimentologiske undersøkelser i forbindelse med den arkeologiske utgravingen i Søndre gate og for bra samarbeid. Takk til Riksantikvaren som gjennom NIKU ga økonomisk støtte til dette arbeid. Flere medarbeidere på NIKU bistod tålmodig med å støtte en geologs arbeide i arkeologiske rammer! Takk til Terje Bjerkgården for bergartsbestemmelse og XRF analyse samt Hans de Beer for diskusjoner mht hydrogeologi. Takk til Anders Romundset for hjelp til levering og kalibrering av radiokarbondateringer. Takk til Eirik Pettersen for hjelp til 3D visualisering av utvalgte boringer vha programvaren GeoScene3D. Knut Alstad gjorde norsk korrektur.

## 10. REFERANSER

Bøe, R., Rise, L., Blikra, L.H., Longva, O., Eide, A. (2003) Holocene mass movements process in Trondheimsfjorden, Central Norway. *Norwegian Journal of Geology* 83, 3–22.

Furseth, A. (2006) *Skredulykker i Norge*. Tun Forlag. 207 pp.

Hansen, L., L'Heureux, J.-S., Longva, O. (2011). Turbiditic, clay-rich event beds in fjordmarine deposits caused by landslides in emerging clay deposits—paleoenvironmental interpretation and role for submarine mass-wasting. *Sedimentology* 58, 890–915.

Hansen, L., L'Heureux, J.S., Sauvin, G., Polom, U., Lecomte, I., Vanneste, M., Longva, O., Krawczyk, C.M. (2013) Effects of mass-wasting on the stratigraphic architecture of a fjord-valley fill: Correlation of onshore, shear-wave seismic and marine seismic data at Trondheim, Norway. *Sedimentary Geology* 289, 1–18.

Hansen, L., Petersén, A. (2019a) Landslide-influenced fluviodeltaic successions in the Trondheim centre and effects for the prehistoric settlement at “Nidarneset”, mid Norway. 33rd Norwegian Geological Winter Meeting, Bergen 7th-9th January.

Hansen, L., Petersén, A. (2019b) Landslide-influenced fluviodeltaic successions in Trondheim city centre and effects on the prehistoric settlement, mid Norway. 34th IAS Meeting of Sedimentology. Rome, 10th-13th Sept.

L'Heureux, J.-S., Hansen, L., Longva, O. (2009). Development of the submarine channel at the mouth of the Nidelva River, Trondheimsfjorden, Norway. *Marine Geology* 260, 30–44.

L'Heureux, J.-S., Hansen, L., Longva, O., Emdal, A., Grande, L.O. (2010). The 1888 shoreline landslide and tsunami in Trondheimsfjorden, central Norway. *Marine Geophysical Research* 32, 313-329.

L'Heureux, J.-S., Glimsdal, S., Longva, O., Hansen, L., Harbitz, C.B. (2011). A multidisciplinary study of submarine landslides at the Nidelva fjord delta, Central Norway - Implications for geohazard assessment. *Norwegian Journal of Geology* 90, 1-20.

McPhail, R.I (2018) Søndre gate, Trondheim (church and pre-church contexts), Norway; Soil Micromorphology (including SEM/EDS). Preliminary report for NIKU, Norsk institutt for kulturminneforskning, november.

Moltsen, A. (in prep) Se referanse i Petersén et al. 2020.

NGU (2018) NGU Report of laboratory analyses 2018.0041

Petersén, A., Sandvik, P., Sveistrup, T.E. (2015) The rural–urban connection as revealed in the terrestrial sediments at Nidarneset, Trondheim, Norway. *Journal of Archaeological Science: Reports* 2 (2015) 389–404.

Petersén, A., Sæhle, I., Wood, P., Brink, K. (2020) Arkeologiske undersøkelser i Søndre gate 7-11, Peter Egges Plass, Krambugata 2-4 m.fl., Trondheim, Trøndelag (TA 2016/21, TA 2017/03). NIKU Oppdragsrapport 31/2020.

Plikk, A. (2018) Kiselmikrofossilanalys av jordprøver från Søndre Gate Trondheim, Norge. Arkeologene SHM 2018-12-21. Teknisk rapport.

Ramsey, C. B. (2017). Methods for summarizing radiocarbon datasets. *Radiocarbon* 59(6), 1809-1833.

Reimer, P.J., Bard, E., Bayliss, A., Beck, J.W., Blackwell, P.G., Bronk Ramsey, C., Buck, C.E., Cheng, H., Edwards, R.L., Friedrich, M., Grootes, P.M., Guilderson, T.P., Haflidason, H., Hajdas, I., Hatt\_e, C., Heaton, T.J., Hoffmann, D.L., Hogg, A.G., Hughen, K.A., Kaiser, K.F., Kromer, B., Manning, S.W., Niu, M., Reimer, R.W., Richards, D.A., Scott, E.M., Southon, J.R., Staff, R.A., Turney, C.S.M., van der Plicht, J. (2013) IntCal13 and Marine13 radiocarbon age calibration curves 0-50,000 Years cal BP. *Radiocarbon* 55, 1869-1887.

Reite, A.J., Sveian, H., Erichsen, E. (1999). Trondheim fra istid til nåtid -landskapshistorie og løsmasser. Geological Survey of Norway, Gråsteinen 5.

Romundset, A., Lakeman, T. (2019) Shoreline displacement at Ørland since 6000 cal. yr BP. In: Ystgaard, I. (Ed.) *Environment and Settlement: Ørland 600 BC - AD 1250*. Archaeological excavations at Vik, Ørland main air base. Cappelen Damm. Chapter 2, 51-67.

Smith, D. (2018) An assessment of the Insect Remains from the site of St. Clements Church, Trondheim, Norway. University of Bingham Environmental Archaeological Services Report 280.

Statens Kartverk (2006) SOSI standard – generell objektkatalog versjon 4.0 1  
Fagområde: Løsmassegeologi (november). <http://kartverket.no/globalassets/standard/sosi-standard-del-1-og-2/sosi-standarden/losmasse.pdf>

Sveian, H., Dahl, R., Løvø, G. (2007). In: Fremstad, E., Thingstad, P.G. (Eds.), *Nidelva fra istid til Brattøra: Nidelva, Trondheims hjerte*. Bli med ut!, 7, 14–31.

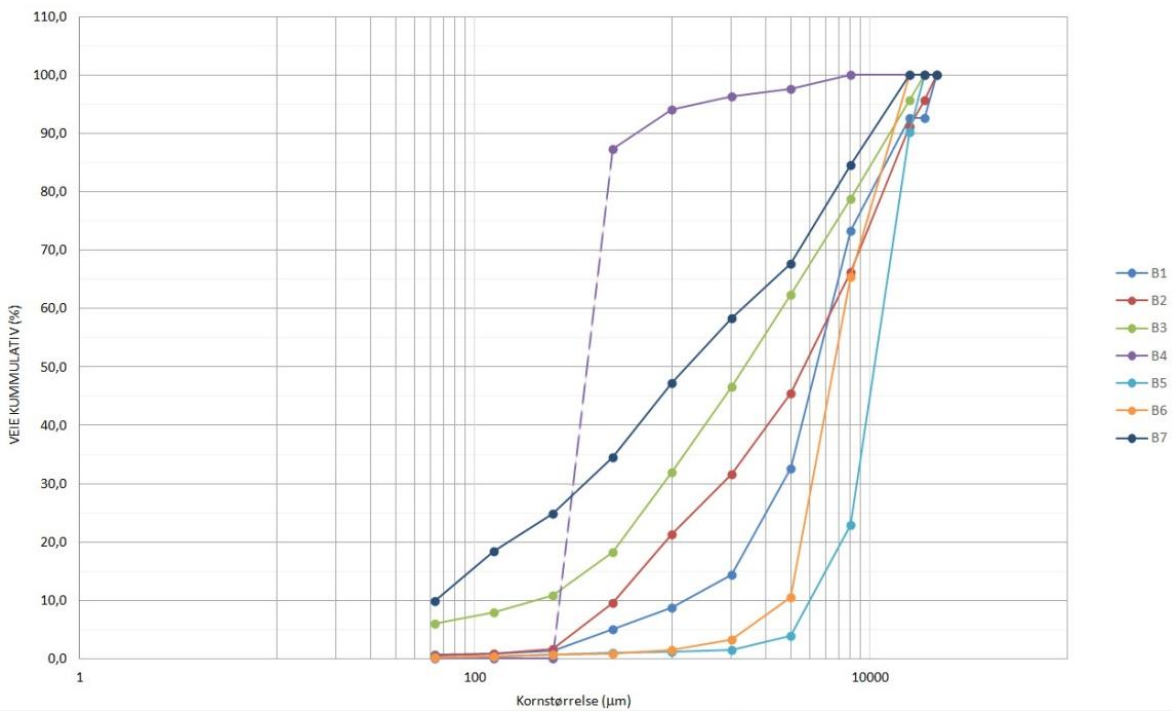
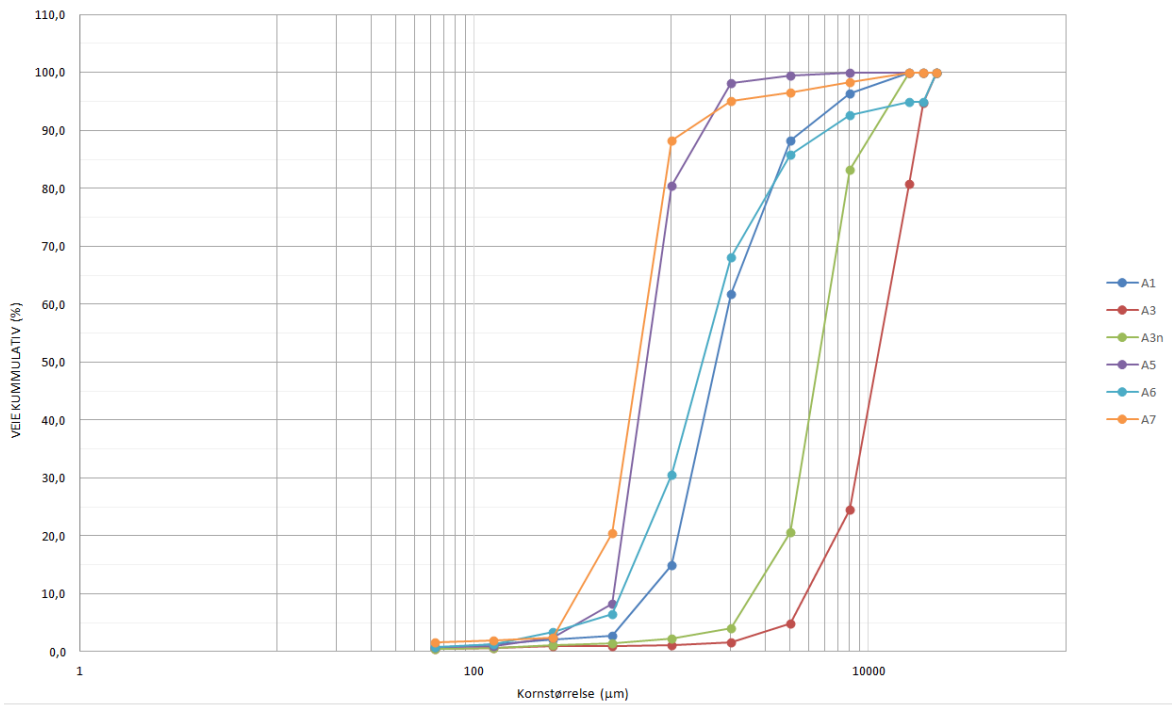
Tucker, M. E. (1991). *Sedimentary Petrology. An introduction to the origin of sedimentary rocks*. Blackwell Scientific Publications. 260 sider.

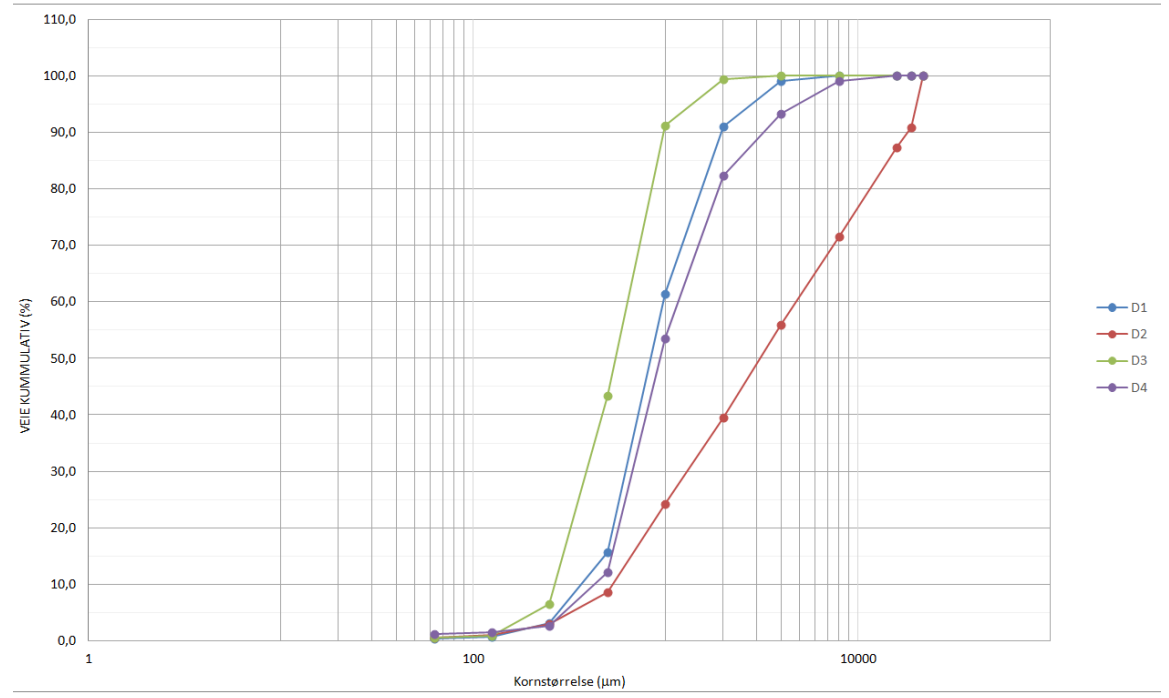
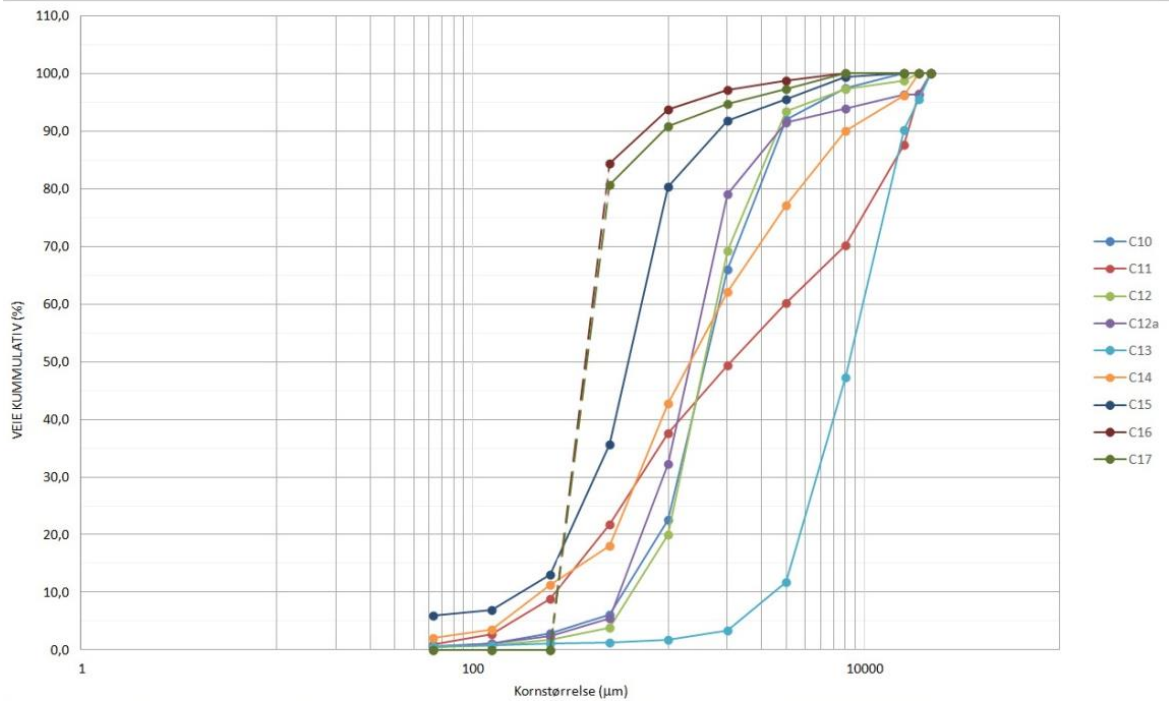
# **VEDLEGG 1**

**Resultater fra analyserapport 2018.0041**



## Siktekurver:

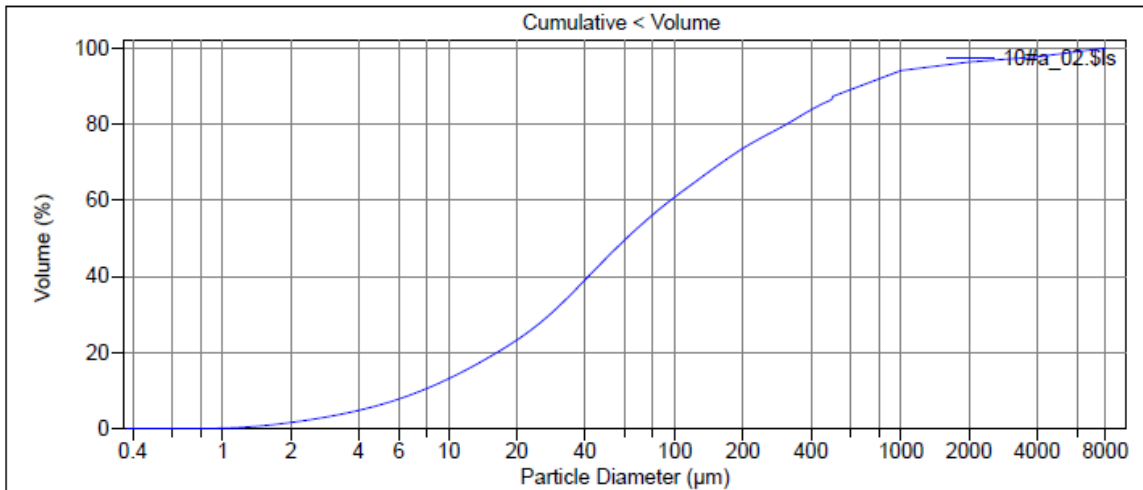




## Kombinerte kurver (Coulter+siktning):

### B4:

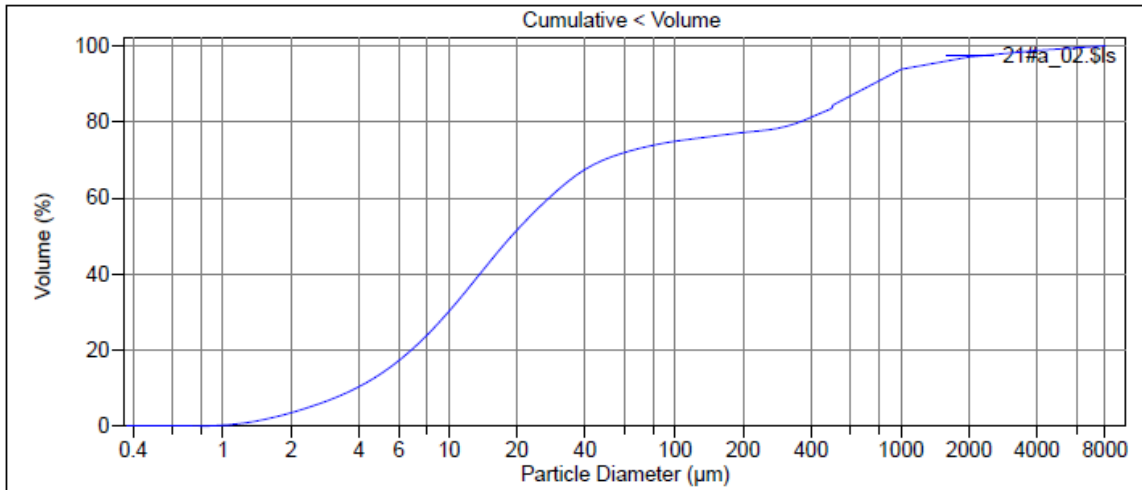
File name:	C:\LS13320\Raadata LS 13320 Analyse\2018\Uten PIDS\20180041\10#a_02.\$ls		
File ID:	10#a_02.\$ls		
Sample ID:	10#		
Sample ID:	2018.0041_189862		
Operator:	MSH		
Run number:	4		
Comment 1:	0,241g, ultralyd		
Comment 2:	Leire		
Optical model:	Leire-1-65.rf780d		
Fluid R.I.:	1.333	Sample R.I.:	1.65 i0.0099
Residual:	0.20%		
LS 13 320	Aqueous Liquid Module		
Start time:	12:04 1 Aug 2018	Run length:	60 seconds
Pump speed:	45		
Obscuration:	9%		
Fluid:	Water		
EDITED SIZE DATA			
Software:	6.01	Firmware:	4.00



Volume Statistics (Arithmetic)		10#a_02.\$ls			
Calculations from 0.375 µm to 8000 µm					
Volume:	100%	S.D.:	912.1 µm		
Mean:	332.9 µm	Variance:	831.8e3 µm <sup>2</sup>		
Median:	61.13 µm	C.V.:	274%		
D(3,2):	18.85 µm	Skewness:	4.859 Right skewed		
Mean/Median ratio:	5.445	Kurtosis:	24.42 Leptokurtic		
Mode:	707.1 µm				
Specific Surf. Area:	3183 cm <sup>2</sup> /mL				
d <sub>10</sub> :	7.603 µm	d <sub>50</sub> :	61.13 µm	d <sub>90</sub> :	698.9 µm
<10%	<25%	<50%	<75%	<90%	
7.603 µm	22.02 µm	61.13 µm	218.7 µm	698.9 µm	

### C16:

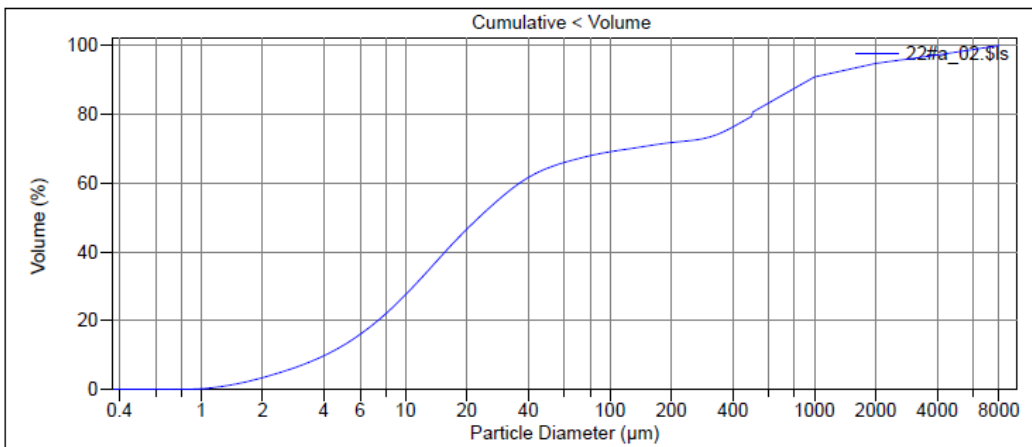
File name:	C:\LS13320\Raadata LS 13320 Analyse\2018\Uten PIDS\20180041\21#a_02.\$ls		
File ID:	21#a_02.\$ls		
Sample ID:	2018.0041_189873		
Operator:	MSH		
Run number:	4		
Comment 1:	0,134g, ultralyd		
Comment 2:	Leire		
Optical model:	Leire-1-65.rf780d		
Fluid R.I.:	1.333	Sample R.I.:	1.65 i0.0099
Residual:	0.18%		
LS 13 320	Aqueous Liquid Module		
Start time:	13:09 1 Aug 2018	Run length:	60 seconds
Pump speed:	45		
Obscuration:	10%		
Fluid:	Water		
EDITED SIZE DATA			
Software:	6.01	Firmware:	4.00



Volume Statistics (Arithmetic)		21#a_02.\$ls			
Calculations from 0.375 µm to 8000 µm					
Volume:	100%	S.D.:	755.9 µm		
Mean:	273.5 µm	Variance:	571.4e3 µm <sup>2</sup>		
Median:	18.93 µm	C.V.:	276%		
D(3,2):	9.760 µm	Skewness:	5.103 Right skewed		
Mean/Median ratio:	14.45	Kurtosis:	30.32 Leptokurtic		
Mode:	707.1 µm				
Specific Surf. Area:	6147 cm <sup>2</sup> /mL				
d <sub>10</sub> :	3.888 µm	d <sub>50</sub> :	18.93 µm	d <sub>90</sub> :	796.5 µm
<10%	<25%	<50%	<75%	<90%	
3.888 µm	8.325 µm	18.93 µm	102.5 µm	796.5 µm	

# C17:

File name:	C:\LS13320\Raadata LS 13320 Analyse\2018\Uten PIDS\20180041\22#a_02.\$ls		
File ID:	22#a_02.\$ls		
Sample ID:	2018.0041_189874		
Operator:	MSH		
Run number:	4		
Comment 1:	0,146g, ultralyd		
Comment 2:	Leire		
Optical model:	Leire-1-65.rf780d		
Fluid R.I.:	1.333	Sample R.I.:	1.65 i0.0099
Residual:	0.18%		
LS 13 320	Aqueous Liquid Module		
Start time:	14:14 1 Aug 2018	Run length:	60 seconds
Pump speed:	45		
Obscuration:	11%		
Fluid:	Water		
EDITED SIZE DATA			
Software:	6.01	Firmware:	4.00



Volume Statistics (Arithmetic)		22#a_02.\$ls	
Calculations from 0.375 µm to 8000 µm			
Volume:	100%	S.D.:	1028 µm
Mean:	403.9 µm	Variance:	1.058e6 µm <sup>2</sup>
Median:	22.86 µm	C.V.:	255%
D(3,2):	10.50 µm	Skewness:	3.988 Right skewed
Mean/Median ratio:	17.67	Kurtosis:	16.52 Leptokurtic
Mode:	707.1 µm		
Specific Surf. Area:	5714 cm <sup>2</sup> /mL		
d <sub>10</sub> :	4.051 µm	d <sub>50</sub> :	22.86 µm
		d <sub>90</sub> :	957.8 µm
<10%	<25%	<50%	<75%
4.051 µm	9.066 µm	22.86 µm	361.5 µm
			957.8 µm



## Glødtap:

Prøve ID	Vekt digel [g]	Vekt digel+prøve (B) [g]	Vekt prøve (A) [g]	Vekt digel + prøve etter 480°C (C) [g]	Blank:	0,0060	(g)	Vekttap (ΔX <sub>G</sub> ) [g]	%Vekttap (Y <sub>G</sub> ) [%]	% Restmateriale [%]
					C korrigeret for Blank (C*)					
B4	2,1358	4,1428	2,0070	4,0287	4,0347			0,1081	5,39	94,61
C16	2,1420	4,1428	2,0008	4,1086	4,1146			0,0282	1,41	98,59
C17	2,1533	4,1614	2,0081	4,1075	4,1135			0,0479	2,39	97,61

## VEDLEGG 2

### Bergartsbestemmelse av de groveste fraksjoner fra utvalgte prøver (lokalitet B)

#### **B1:**

- > 8 mm: Gabbro, felsisk vulkanitt/trondhemitt, kvartsrik glimmerskifer, kvarts
- 4-8 mm: Grønnskifer/grønnstein, gabbro, felsiske bergarter (vulkansk?), glimmerskifer og kvartsrike sedimenter.

#### **B2:**

- >19 mm: Kvartsglimmerskifer, sandstein, kvarts og felsisk vulkanitt.
- 16-19 mm: Grønnstein, felsisk metavulkanitt, klorittglimmerskifer og kvarts
- 8-16 mm: Grønnstein/skifer, gabbro, klorittglimmerskifer, kvartsrike skifre, kvarts, felsisk vulkanitter, pyritt-holdig grønnskifer

-Finere fraksjoner ser ut til å være av samme opphav men noe mer kvartsrik.

#### **B3:**

- >22 mm: Felsisk vulkanitt/trondhemitt, felsisk vulkanitt, kloritt-sericittkvartsskifer, pyritt-førende kloritt-kvartsskifer.
- 16-22 mm: Glimmerskifer, pyritt-og grafittførende glimmerskifer
- 8-16 mm: Kvarts-feltpatbergart magmatisk?, kvarts, grønnstein/grønnskifer, kloritt-kvartsskifer, grafittholdig kvartsskifer.

#### **B5:**

- >8 mm: Kloritt-glimmerskifer, kvarts-feltpat bergarter (sannsynligvis dels vulkanitter), kvartsskifer, sandstein, grønnskifer/grønnstein.

#### **B6 :**

- >8 mm: Glimmerskifer, kvartsitt, kvarts-feltpat bergarter (sannsynligvis dels vulkanitter), grafittholdig glimmerskifer.

---

Prøvene B5 og B6 (enhet III) inneholder mye mer av kvartsrike klaster og vesentlig mindre av grønnstein-/grønnskiferklaster enn prøvene B1-B3 (enhet I).

## VEDLEGG 3

### Utvalgte radiokarbondateringer fra Søndre gate 7-11

Lab no	Sample no	Species	Delta 13C (‰/00), VPDB	14C age BP ukorr.	Age-calibration Interval 2 sigma range	Age calibration, simplified presentation	Stratigraphic level
TRa-14073	52845	plant/seeds	-21.2	993±13 BP	996-1119 AD	1060±60 AD	Fase 3
TRa-14086	53024	wood	-24.9	992±17 BP	995-1147 AD	1070±75 AD	Fase 3
TRa-14077	50341	seeds	-29.5	1070±19 BP	900-1019 AD	950±60 AD	Fase 2
TRa-14085	53319	plant/nut	-24.5	995±16 BP	993-1120 AD	1060±65 AD	Fase 2
TRa-14088	45715 (622)	wood	-23	1216±16 BP	724-881 AD	800±80 AD	Unit II, same twig
Poz#2-11208	TR222 (622)	wood	-23.2	1335 ± 30 BP	650-770 AD**	710±60 AD*	Unit II, same twig
Poz#2-11209	TR650	wood	-19.7	1280 ± 30 BP	660-770 AD*	715±55 AD**	Unit II
TRa-ages are from Petersén et al. 2020				BP: before present=1950	*1300-1180 cal BP (1240±60 cal BP)		
					**1290-1180 cal BP (1235±55 cal BP)		



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](mailto:ngu@ngu.no)  
Nettside [www.ngu.no](http://www.ngu.no)