

FYRSKEPPET
OFFSHORE AB



Fyrskippet Offshore

Utredning om dumpningsområden (*svensk
översättning av bilaga M18*)

DUMPNINGSOMRÅDEN RAPPORT

GEOFYSISK SJÖMÄTNING

2022062-FYR-CMS-FYR_DUMPNINGRAP_SVE_

REVISION 1

FYRSKEPPET OFFSHORE AB



REVISION HISTORY

Revision	Utförande	Datum	Check	Godkänd	Godkänd av kund
00	För kundens godkännande	2024-02-28	OF	RD	
01	För kundens godkännande	2024-03-28	OF	RD	

DOKUMENTGRANSKNING

Detta dokument måste granskas enligt CMS dokumentet "management_9001-2015.pdf". Granskade versioner/revisioner utav dokumentet distribueras till projektgruppen. Dokumentet måste granskas utav CMS och distribueras till berörda parter inom organisationen. Eventuella frågor som uppstår gällande dokumentet hanteras utav CMS projektledning.

INNEHÅLL

Ansvar	Position	Namn
Innehåll, Check	Senior geophysicist	Oscar Fransner
Godkännande	Geophysical Manager	Robin Dymilind

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1.	Introduktion	6
1.1.	Bakgrund.....	6
1.2.	Nyckelpersonal.....	7
1.3.	Rapportens syfte	7
1.4.	Referensdokument.....	7
1.5.	Produkter	7
2.	Geodetisk Information	9
2.1.	Geodetiskt Datum och koordinatsystem	9
2.2.	Vertikalt Datum.....	10
2.3.	Tidsprotokoll.....	10
3.	Metodik och utförande.....	11
3.1.	Mätfartyg	11
3.1.1.	M/V Northern Wind	11
3.2.	Utrustning.....	11
4.	Processering	12
5.	Resultat.....	13
5.1.	Potentiala dumpningsområden	13
6.	Tolkningar och osäkerheter	21
6.1.	Tolkning utav dumpningsområden.....	21
7.	Diskusion	25
8.	Slutsats	26

FIGURFÖRTECKNING

Figur 1	Översiktskarta över Fyrskippets undersökningsområde.....	6
Figur 2	“The 7-parameter 3D-Helmert transformation”	10
Figur 3	Översikt över föreslagna dumpningsområden i Fyrskippets projektområde. Underliggande lager är en terrängskuggningsmodell.	14
Figur 4	Det östligaste dumpningsområdet visat på den ytgeologiska tolkningen.	15
Figur 5	Det västligaste dumpningsområdet visat på den ytgeologiska tolkningen.	16
Figur 6	Det nordligaste dumpningsområdet visat på den ytgeologiska tolkningen.....	17
Figur 7	Det nordligaste dumpningsområdet på en sluttningskarta.....	18
Figur 8	Det östligaste dumpningsområdet på en sluttningskarta.	19
Figur 9	Det västligaste dumpningsområdet på en sluttningskarta.	20
Figur 10	SBP profil B08_MI006_063408 från D1 indikerar ökande tjocklek utav de ytliga sedimenten. Rutorna i rutnätet är 100 m brett och 5 m högt.	22
Figur 11	SBP profil från B02_ML033_060959 från D2 visar tjockleken och sedimentvariationen utav ytsedimenten. Rutorna i rutnätet är 100 m breda och 1 m höga.	23
Figur 12	SBP profil från B18_ML032_20220731_115234 från D4 visar tjockleken och sedimentvariationen hos ytsedimenten. Varje ruta i rutnätet är 100 m bred och 1 m hög.....	24

TABELLFÖRTECKNING

Tabell 1 Clinton Nyckelpersonal	7
Tabell 2 Referensdokument	7
Tabell 3 Levererade produkter	8
Tabell 4 Geodetiska parametrar	9
Tabell 5 Projektionsparametrar	9
Tabell 6 Transformationsparametrar ITRF2014 till ETRS89 Östersjön epoch 2022.5.....	10
Tabell 7 Utrustningen som använts under projektet ombord M/V Northern Wind.....	11

FÖRKORTNINGAR

DGPS	Differential Global Positioning System
DTM	Digital Terrain Model
ETRS	European Terrestrial Reference System
FFT	Fast Fourier Transformation
FMGT	Fledermaus Geocoder Toolbox
FLO	Fisheries Liaison Officer
gmS	Gravelly muddy sand
GNSS	Global Navigation Satellite System
GPS	Global Positioning System
gS	Gravelly sand
IGS	International GNSS Service
IMU	Inertial Measurement Unit
ITRF	International Terrestrial Reference Frame
kHz	Kilohertz
LAT	Lowest Astronomical Tide
MAG	Magnetometer
MBES	Multibeam Echo Sounder
MRU	Motion Reference Unit
mS	Muddy sand
msG	Muddy sandy gravel
MSL	Mean Sea Level

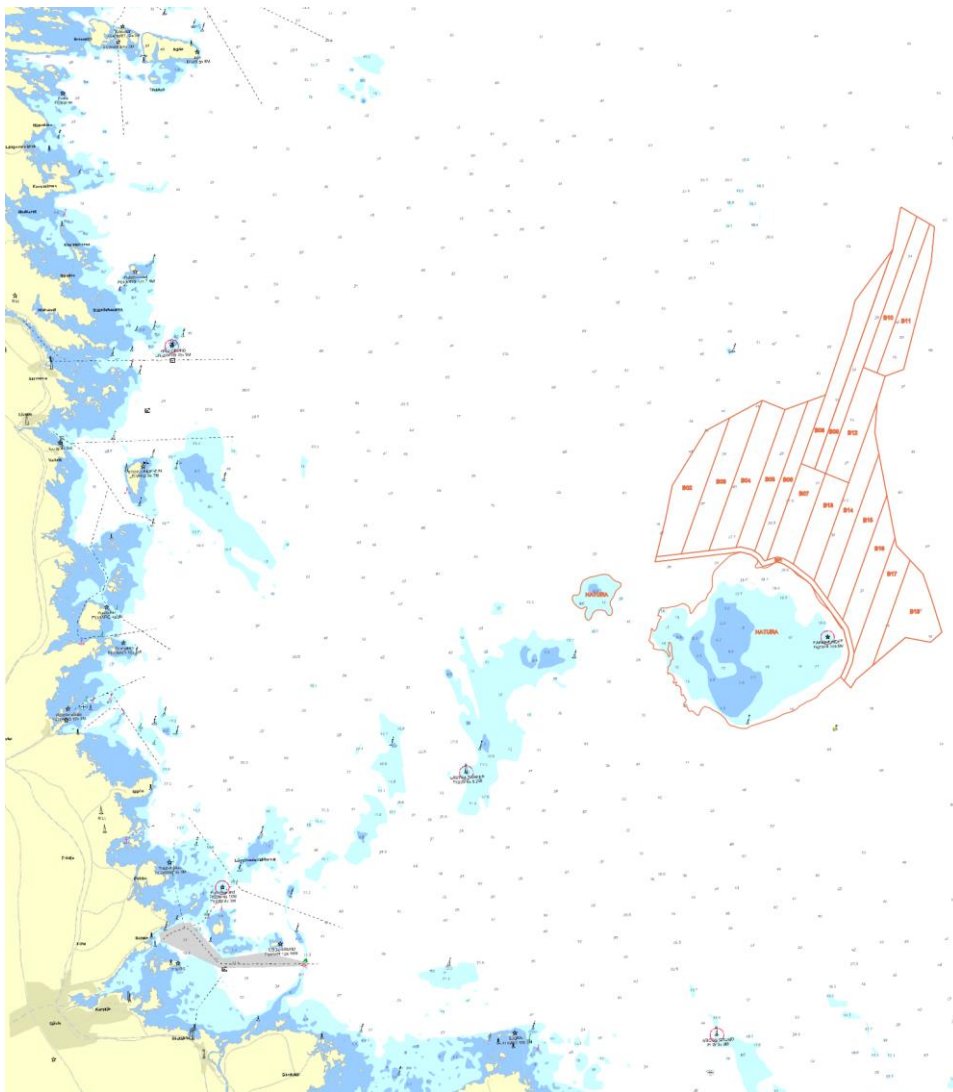
MSG	Mega scale glacial lineations
MSS	Mean Sea Surface
M/V	Motor Vessel
OWP	Offshore Wind Park
PPP	Precise Point Positioning
PPS	Pulse Per Second
PTU	Passive Transmitter Unit
QA	Quality Assessment
QC	Quality Control
RMS	Root-mean-square
ROV	Remotely Operated Vehicle
RTK	Real Time Kinematic
S	Sand
SBP	Sub Bottom Profiler
sG	Sandy gravel
SIS	Seafloor Information System
SSS	Side Scan Sonar
SV	Sound Velocity
SVP	Sound Velocity Profile
SVS	Sound Velocity Sensor
THU	Total Horizontal Uncertainty
TPU	Total Propagated Uncertainty
TVU	Total Vertical Uncertainty
USBL	Ultra-Short Baseline
UTM	Universal Transverse Mercator
VORF	Vertical Offshore Reference Frame
WGS	World Geodetic System

1. INTRODUKTION

1.1. Bakgrund

Undersökningsområdet för vindkraftpark Fyrskippet har sjömattnings av Clinton Marine Survey AB, resultatet summeras i detta underlag (Figur 1). Syftet med de utförda mätningarna är att skapa underlag för planeringen av en potentiellt vindkraftpark i Bottenviken.

Underlagsmaterialet som den här rapporten behandlar är data insamlade med Multibeam echosounder (MBES), backscatter och Sub-bottom profiler (SBP) samt tolkning av ytgeologin (MATR&YSUB) och en morfologisk tolkning av området. Från dessa data kan olika hinder på havsbotten identifieras för vidare utredning om påverkan på vindkraftsparkens planering och byggnation. Undersökningsområdet som har sjömattnings har en area på 534 kvadratkilometer och ligger utanför Gävles kust nära Finngrundet. Projektområdet ligger direkt nordöst om Natura 2000 området "Finngrundet Östra Banken".



Figur 1 Översiktsskarta över Fyrskippets undersökningsområde.

1.2. Nyckelpersonal

Tabell 1 Clinton Nyckelpersonal

Namn:	Position:	Email:	Telefon:
Martin Wikmar	CEO	martin.wikmar@clinton.se	+46 708 79 90 20
Philip Ljungström	Project Manager	Philip.ljungstrom@clinton.se	+46 708 79 90 26
Anders Wikmar	Technical Manager/ Deputy Project Manager	anders.wikmar@clinton.se	+46 708 79 90 25
Robin Dymind	Geophysical Manager	robin.dymind@clinton.se	+46 708 79 90 27
Jessica Ask Wikmar	Hydrographic Manager	jessica.ask@clinton.se	+46 708 79 90 94
Johan Lindskog	Fleet Manager	johan.lindskog@clinton.se	+46 708 79 90 28

1.3. Rapportens syfte

Syftet med rapporten är att sammanfatta resultat och tolkningar från sjömättningsrapporten till Fyrskeppet samt att presentera eventuella fynd relaterade till potentiella dumpningsområden.

1.4. Referensdokument

Tabell 2 Referensdokument listar de dokument som ligger till grund för denna rapport och utgör referenser för vidare information som inte presenteras i denna rapport.

Tabell 2 Referensdokument

Dokument:	Dokumenttitel:	Dokument Författare:
Mobilisation and Calibration Checklist	2022062_WPD_Fyrskeppet_Inspection_Test	Clinton
Mobilisation and Calibration Report	Calibration Report Skyborn Renewables Fyrskeppet 2022 Northern Wind_	Clinton
Project Manual	2022062_WPD_Fyrskeppet-PEP	Clinton
HSEQ-Manual	2022062_WPD_Fyrskeppet-HSEQMAN-	Clinton
Operations Report	2022062-FYR-CMS-FYR-OPERREP_00	Clinton
Survey Report	2022062-FYR-CMS-FYR_SURVEYREP_00	Clinton

1.5. Produkter

Tabell 3 listar produkterna som är levererade med rapporten.

Tabell 3 Levererade produkter

Produkt	Format
MBES grid	TIF, xyz
MBES punktmoln	laz
Kontaktlista	shp, xls
Kingdomprojekt	Projektmap
Sgy filer	sgy
Bottengeologi	shp
Bottenmorfologi	shp
Backscattermosaik	TIF
Trackplottar	Shp
Tiles	Shp
MBES rådata	all
Ljudhastighetsprofiler	asvp
Terrängskuggsmodell	TIF

2. GEODETISK INFORMATION

2.1. Geodetiskt Datum och koordinatsystem

Geodetiskt datum och projektion presenteras i Tabell 4 och Tabell 5.

Tabell 4 Geodetiska parametrar

Datumparametrar ETRS89	
Sferoid	GRS 80
Semi Major Axis	6 378 137.000
Semi Minor Axis	6 356 752.314
Inverse Flattening	298.25722
Eccentricity Squared	0.0066924801

Tabell 5 Projektionsparametrar

Projektionsparametrar	
Projection	SWEREF 99 TM
Central Meridian	15° 00' 00"E
Latitude origin	00° 00' 00"
False Northing	0m
False Easting	500 000m
Central Scale Factor	0.9996
Units	Metres

Data har samlats in enligt ITRF2014 och transformerats till ETRS89 i NaviEdit genom en "7-parameter 3D-Helmert transformation model". Mät noggrannheten för denna transformation är 1-2 cm. Transformationsparametrarna har kalkulerats för epoch 2022.5, vilket är den senaste versionen utav epoch där kalkulerade transformationsparametrar är tillgängliga i ITRF2014. För vidare detaljer, se "L.Jivall Simplified transformations from ITRF2014/IGS14 to ETRS89 for maritime applications".

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix}_{\text{ETRS89}} = \begin{pmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \\ \Delta Z \end{pmatrix} + (1 + \delta) \mathbf{R} \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix}_{\text{ITRF}}$$

$$\mathbf{R} = \mathbf{R}_Z \mathbf{R}_Y \mathbf{R}_X = \begin{pmatrix} \cos \omega_Z & \sin \omega_Z & 0 \\ -\sin \omega_Z & \cos \omega_Z & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos \omega_Y & 0 & -\sin \omega_Y \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin \omega_Y & 0 & \cos \omega_Y \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \omega_X & \sin \omega_X \\ 0 & -\sin \omega_X & \cos \omega_X \end{pmatrix}$$

$$\mathbf{R} = \mathbf{R}_Z \mathbf{R}_Y \mathbf{R}_X = \begin{pmatrix} 1 & \omega_Z & -\omega_Y \\ -\omega_Z & 1 & \omega_X \\ \omega_Y & -\omega_X & 1 \end{pmatrix}$$

Figur 2 “The 7-parameter 3D-Helmert transformation”.

Tabell 6 Transformationsparametrar ITRF2014 till ETRS89 Östersjön epoch 2022.5

Transformation från ITRF2014 epoch 2022.5 till ETRS89	
Shift X (m)	1.01673
Shift Y (m)	1.22806
Shift Z (m)	-0.85601
Rotation X (")	0.041514
Rotation Y (")	-0.022120
Rotation Z (")	-0.037257
Scale (ppm)	-0.01452

2.2. Vertikalt Datum

MBES-data har reducerats till RH2000 genom en “post-processed kinematic PPP (Precise point positioning) solution” med en SWE17 geoidmodell. MBES-produkter presenteras enligt “positiv-upp, negativ-ned”, vilket betyder att alla djup är negativa under RH2000.

2.3. Tidsprotokoll

Alla sjömätningssystem, displar och loggböcker ombord mätfartyget följer UTC. Även de dagliga rapporterna “DPR” är refererade enligt UTC.

3. METODIK OCH UTFÖRANDE

Detta är en kort sammanfattning utav instrumenten, fältarbetet samt utav projektets framfart. För vidare information, se "Mobilization and Calibration Report" samt "Operational Report".

3.1. Mätfartyg

För vidare information om fartygen och deras utrustningsinstallationer, se "Mobilization and Calibration Report".

3.1.1. M/V Northern Wind

Mätfartyget M/V Northern Wind är skräddarsytt för geofysiska och hydrografiska projekt både i grunda vatten och offshore. Northern Wind har ett aluminiumskrov, är utrustat med "state-of-the-art" instrument för sjömätning och kan operera 24/7.

3.2. Utrustning

Tabell 7 summerar utrustningen som använts under projektet.

Tabell 7 Utrustningen som använts under projektet ombord M/V Northern Wind

Utrustning	
Positioning & Attitude	Seapath 330+ with Hemisphere H10 corrections from an Atlas Link demodulator
Secondary positioning	Fugro 9205 with Fugro G2 corrections
Multibeam Echo Sounder	Kongsberg EM2040D 0.35°x0.7° at 400 kHz
Sub Bottom Profiler	Innomar SES-2000 Medium 100 kHz Primary Frequency
Sound Velocity Sensor	Valeport mini SVS
Moving Sound Velocity Profiler	Valeport SVX2
Sound Velocity Profiler	Valeport Swift SVP

4. PROCESSERING

Metoderna och parametrarna som använts under processeringen är presenterade i sjömättningsrapporten "2022062-FYR-CMS-FYR_SURVEYREP".

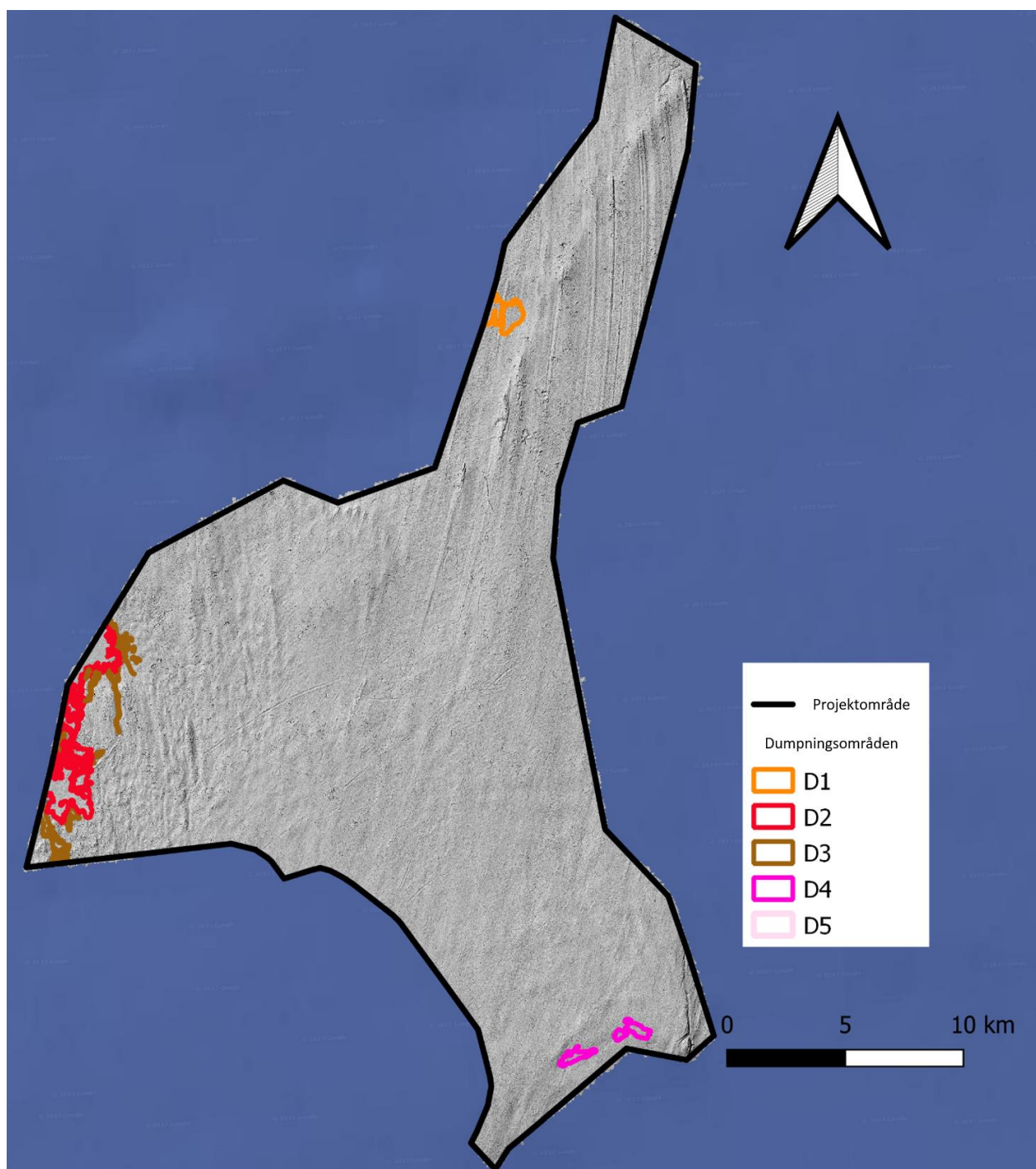
5. RESULTAT

Resultaten från datatolkningen från Fyrskippet presenteras nedan.

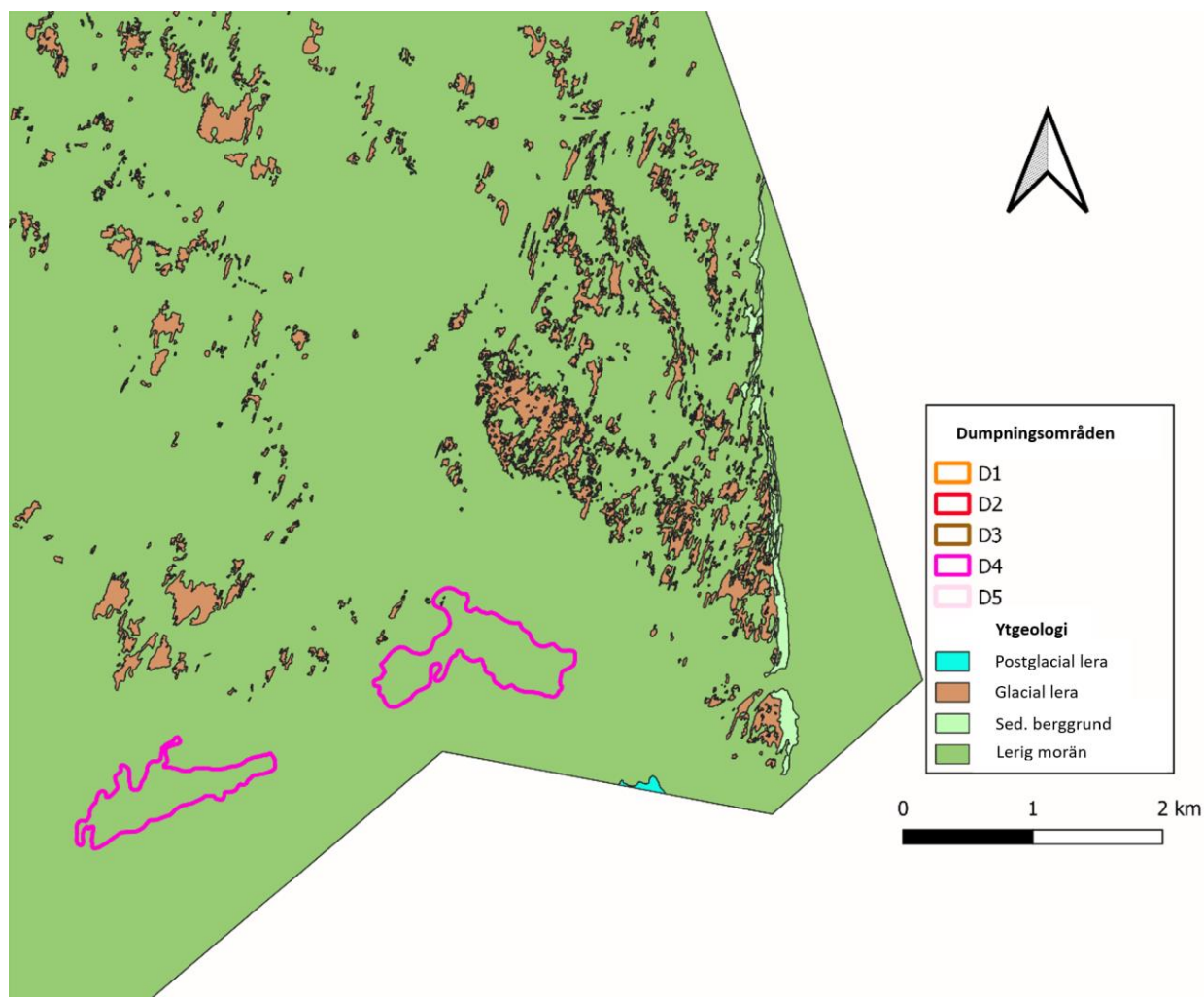
5.1. Potentiala dumpningsområden

Fyrskippet sjömättningsområde undersöktes för lämpliga områden för att dumpa mjuka sediment (Figur 3). Produkterna och de använda instrumenten finns beskrivna i huvudrapporten.

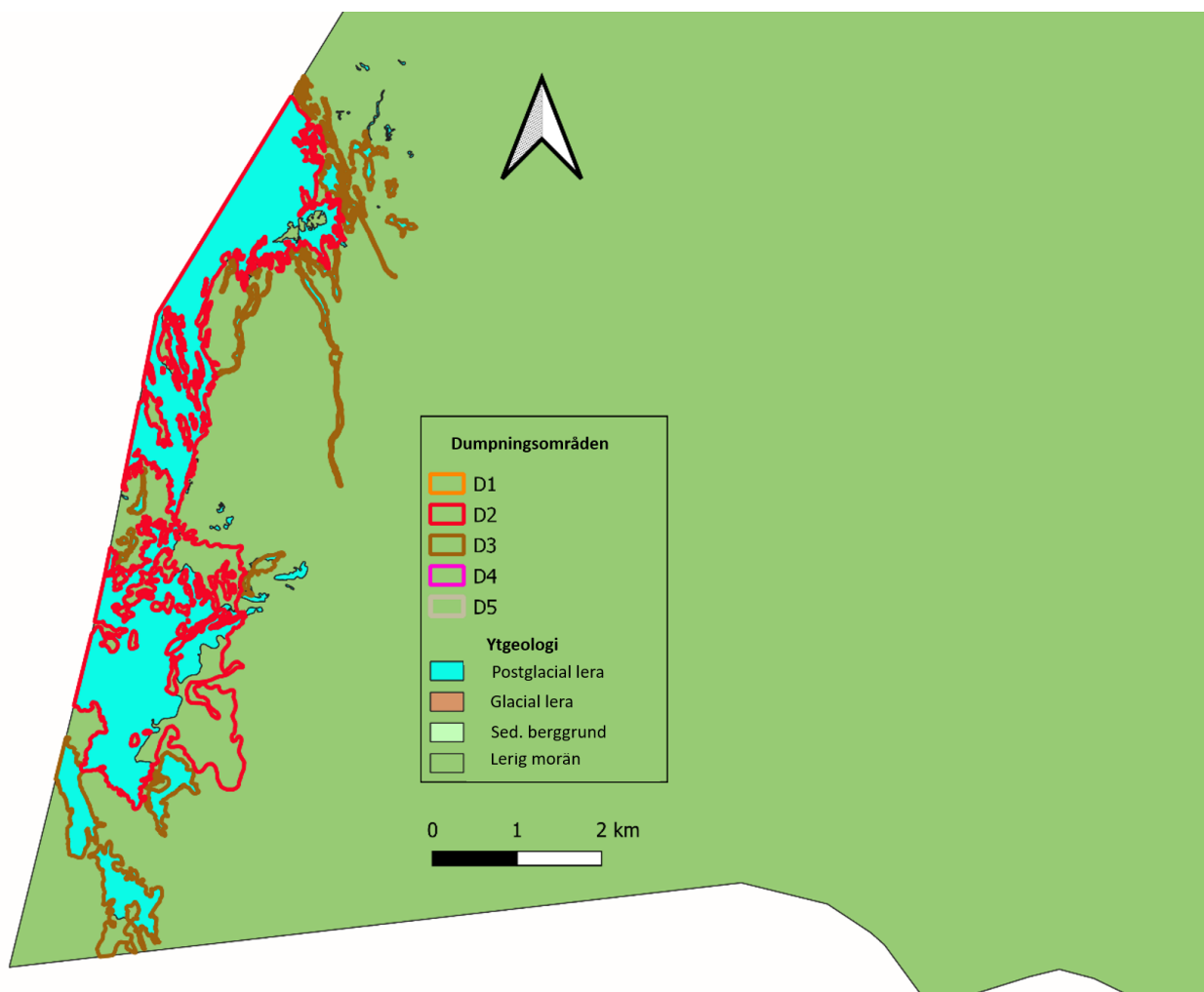
Resultaten som presenteras här är baserade på MBES, backscatter och SBP produkter.



Figur 3 Översikt över föreslagna dumpningsområden i Fyrskeppets projektområde. Underliggande lager är en terrängskuggningsmodell.



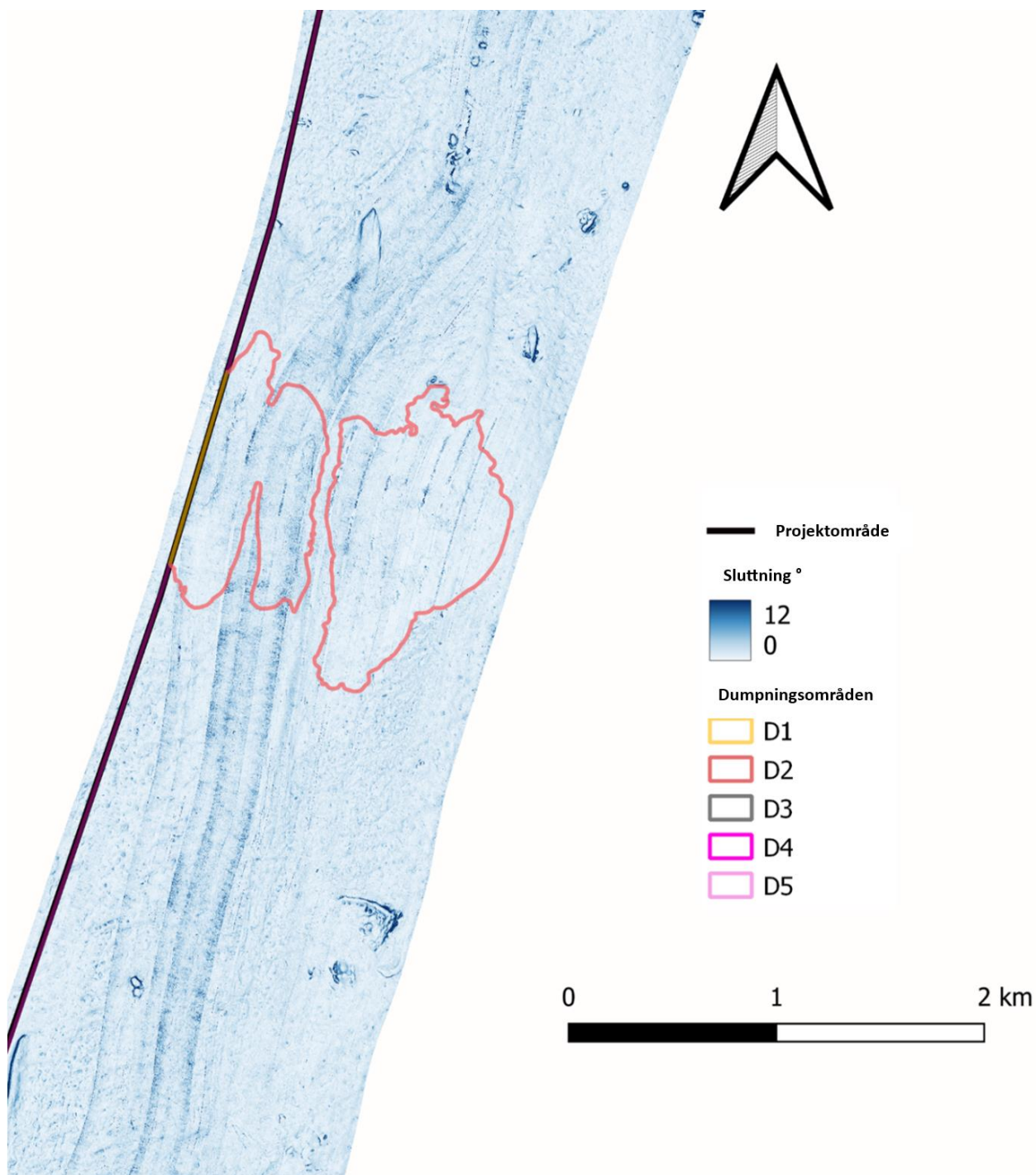
Figur 4 Det östligaste dumpningsområdet visat på den ytgeologiska tolkningen.



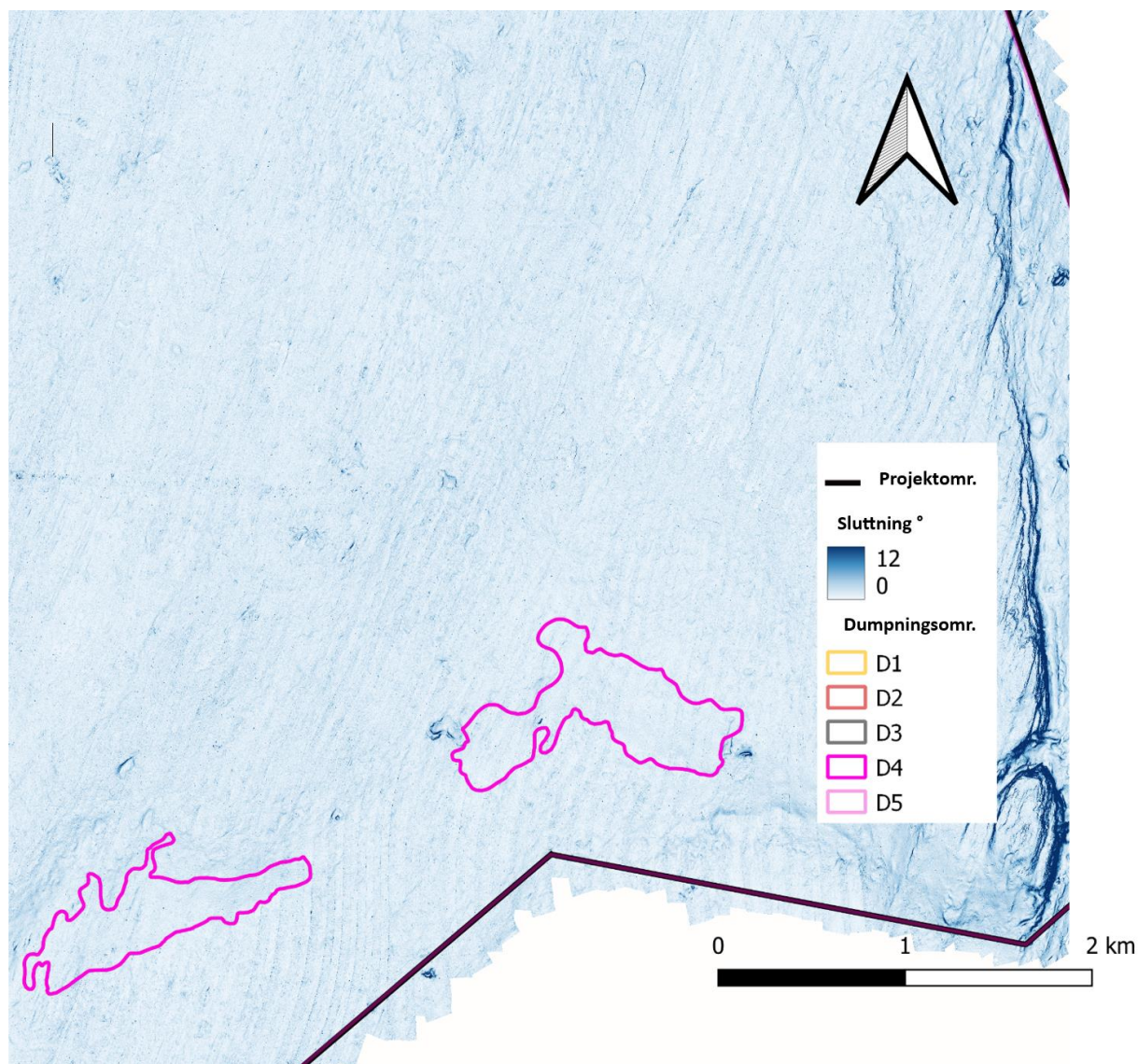
Figur 5 Det västligaste dumpningsområdet visat på den ytgeologiska tolknigen.



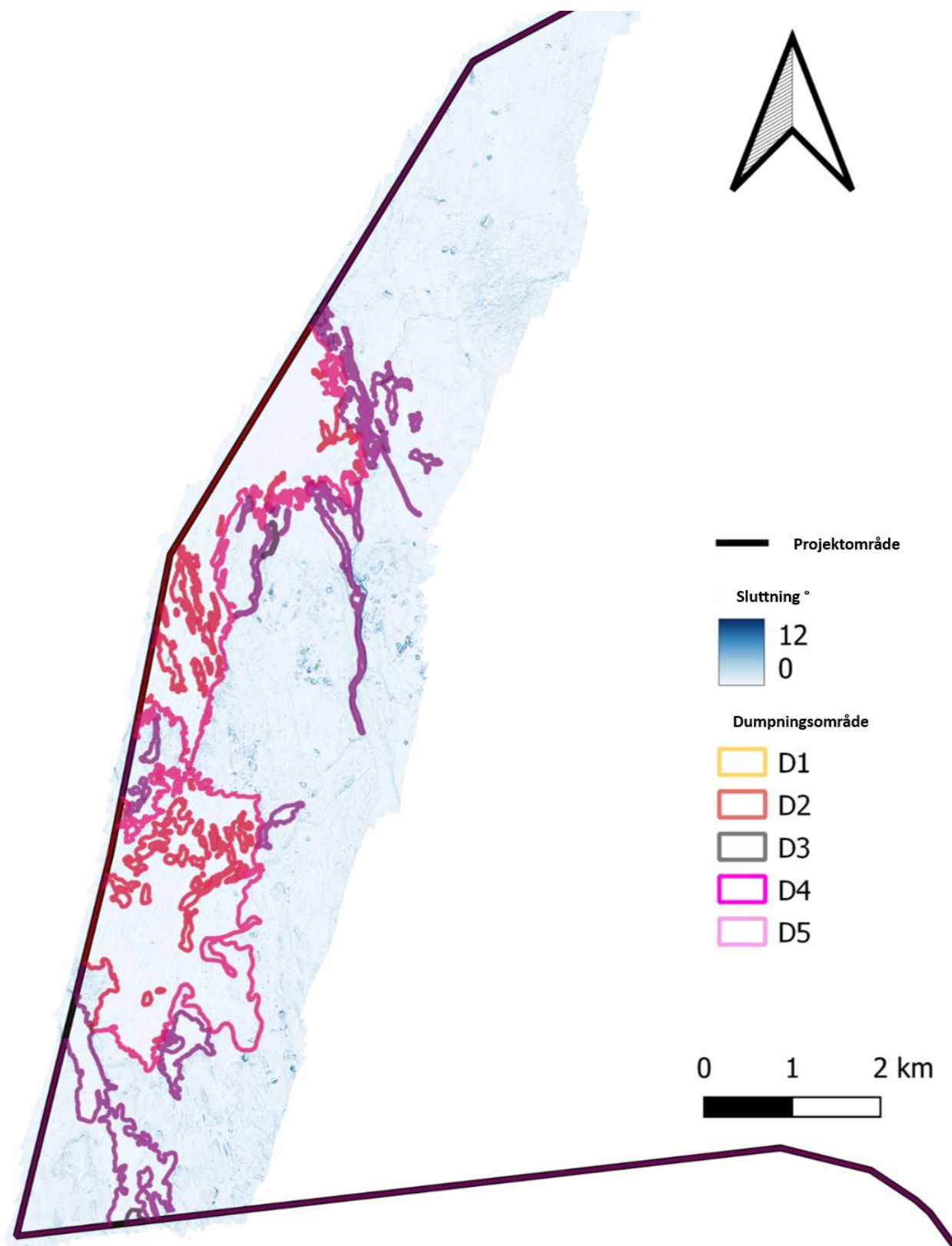
Figur 6 Det nordligaste dumpningsområdet visat på den ytgeologiska tolkningen.



Figur 7 Det nordligaste dumpningsområdet på en sluttningsskarta.



Figur 8 Det östligaste dumpningsområdet på en sluttningsskarta.



Figur 9 Det västligaste dumpningsområdet på en sluttningsskarta.

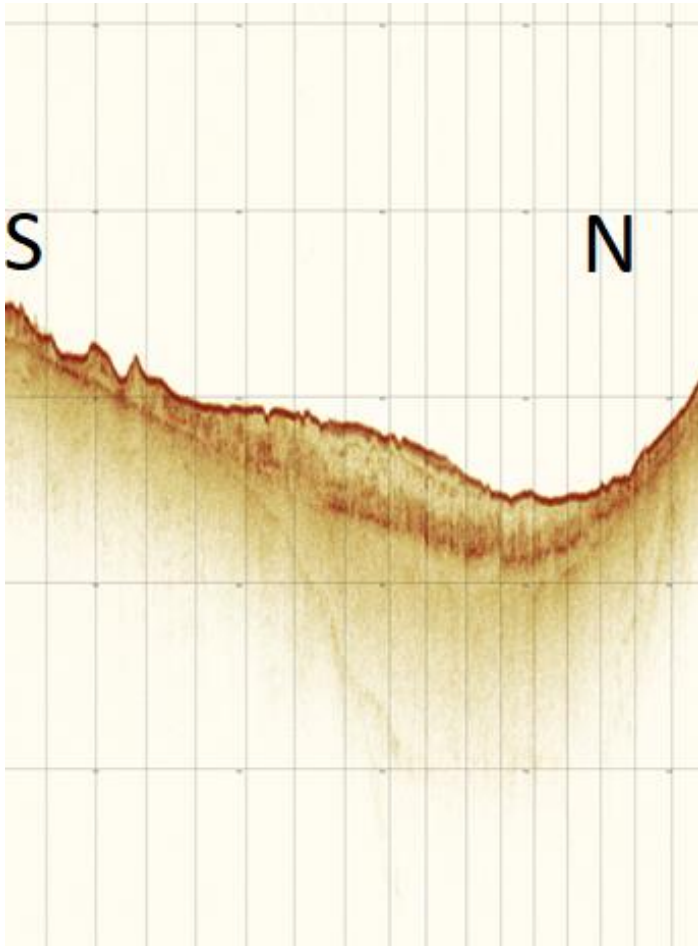
6. TOLKNINGAR OCH OSÄKERHETER

6.1. Tolkning utav dumpningsområden

De föreslagna dumpningsområdena för mjuka sediment i Fyrskippetområdet är baserade på följande kriterier: Sedimenttyp, sluttning, utbredning, sedimenttjocklek och morfologi. Detta resulterade i fem kategorier utav dumpningsområden där D1 anses vara mest lämplig och D5 minst lämplig för dumpning utav mjuka sediment (Figur 3).

Önskvärda geologiska attribut i ett optimalt dumpningsområde för ovan nämnda kategorier lyder; sedimenttyp: områden med postglacial lera anses önskvärda då dessa redan håller mjuka sediment. Sluttning: Ju mindre sluttning desto bättre, medans närliggande sluttningar i dumpningsområdets närhet skulle kunna vara fördelaktigt. Utbredning: Ju större yta dumpningsområdet har, desto mer sediment kan det hålla. Sedimenttjocklek: Tjockare eller homogena sediment är önskvärt då det påvisar att området har förmåga att redan hålla sediment. Morfologi: Hör ofta ihop med sluttning. Morfologin kan vara av positiv betydelse om det finns morfologiska formationer som skyddar dumpningsområdet mot undervattensströmmar.

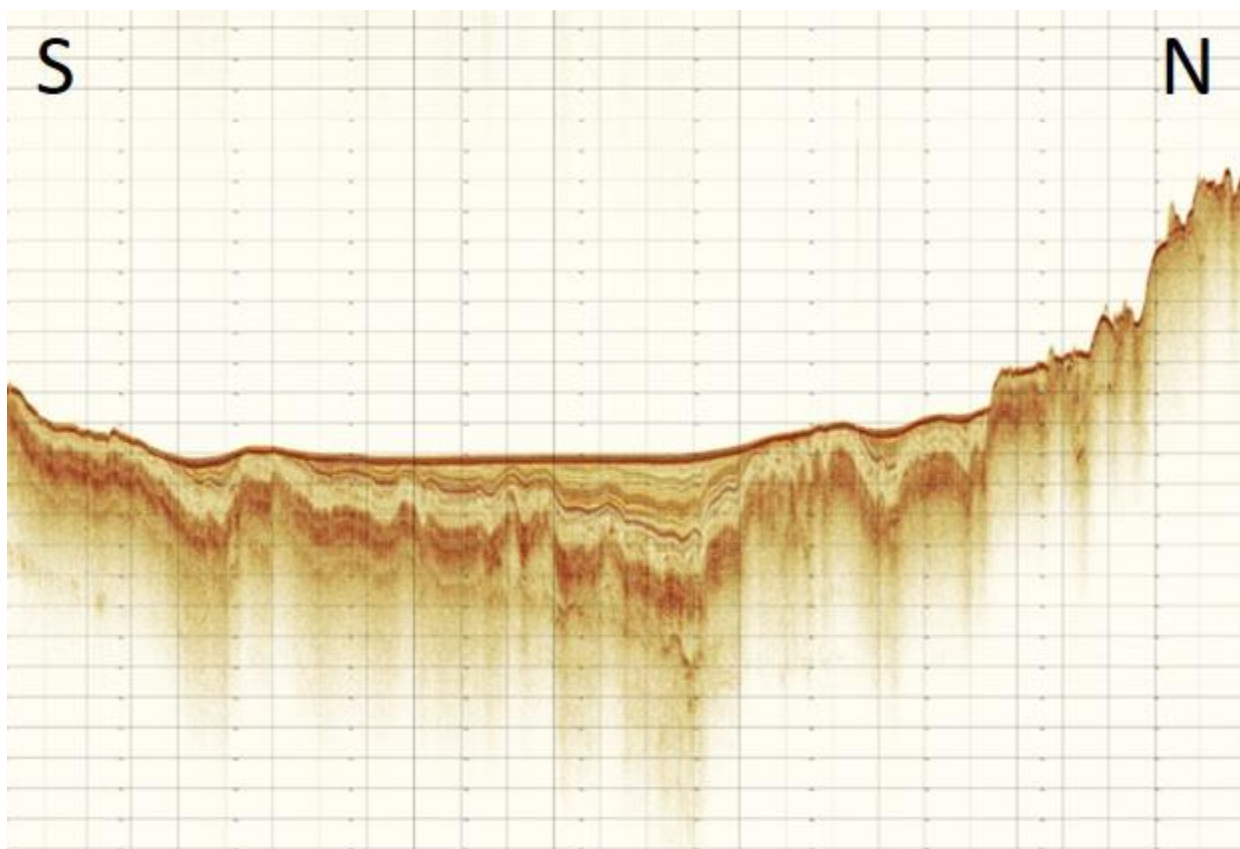
Potentiella dumpningsområden som har blivit klassade med "D1" finns i den norra delen utav undersökningsområdet (Figur 6), i en naturlig sänka draperad med postglacial lera. Sedimenttjockleken är jämn och jämförbar i hela området (Figur 10). De "D1 klassade" områdena är ungefär av samma area och har bildats under samma geologiska förutsättningar och är endast delade utav en sedimentrygg utav glacialt ursprung. Beroende på undervattensströmmar i området skulle denna sedimentrygg kunna bli stabiliserande för dumpade sediment. Nackdelen med de "D1 klassade" områdena är att deras respektive areor är mindre än de västligaste "D2 klassade" områdena.



Figur 10 SBP profil B08_MI006_063408 från D1 indikerar ökande tjocklek utav de ytliga sedimenten. Rutorna i rutnätet är 100 m brett och 5 m högt.

Det "D2 klassade" området finns i den västligaste delen utav Fyrskeppet området (Figur 5). Området är det största utav de kategoriserade områdena och draperas utav postglacial lera. Området fortsätter väster om projektområdet för Fyrskeppet. D2 området är tolkat som någon typ utav dräneringsstruktur som har eroderat ned i underliggande lager utav glacial lera och lerig morän (Figur 9) som senare har fyllts igen med postglacial lera. Sedimenttjockleken och kontinuiteten utav den postglaciala leran varierar något, och kan jämföras med tjockleken utav den postglaciala leran i (Figur 11). Området är relativt platt men glacial lera är exponerat där den postglaciala leran tunnas ut (Figur 9).

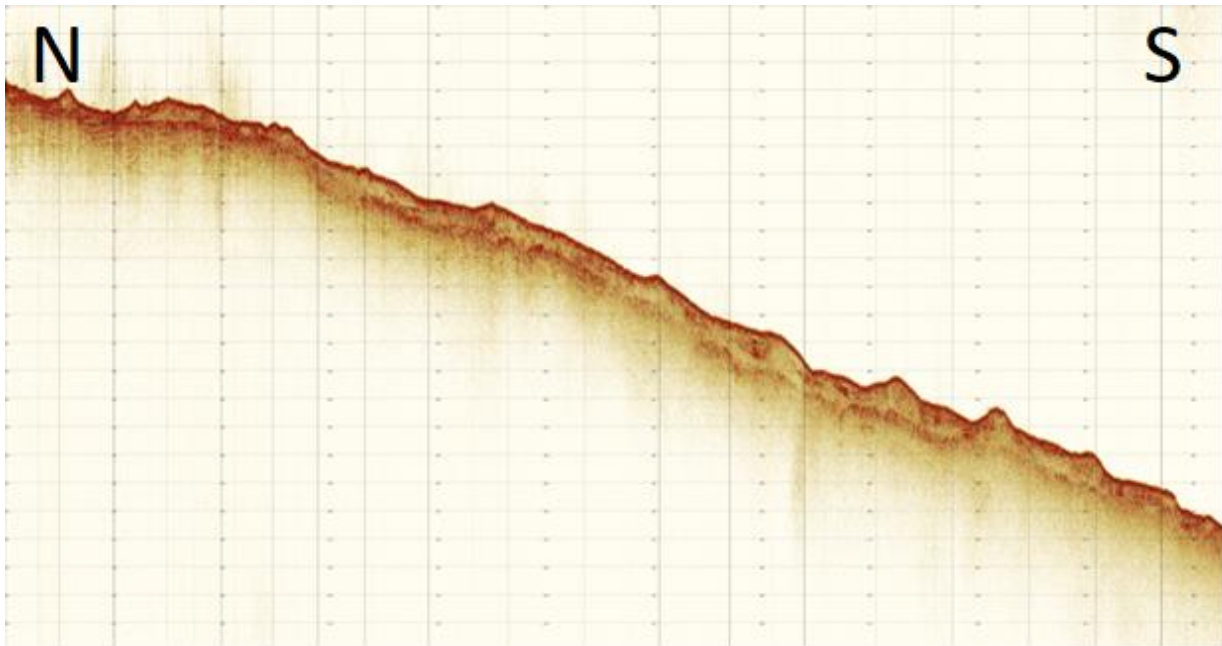
Områdena klassade som D3 ingår i samma erosionsstrukturer som de som underliggör D2 (Figur 9). Dock är dessa områden relativt små och anses därför vara svårare att dumpa sediment i.



Figur 11 SBP profil från B02_ML033_060959 från D2 visar tjockleken och sedimentvariationen utav ytsedimenten. Rutorna i rutnätet är 100 m breda och 1 m höga.

Två områden är klassade som "D4" och återfinns i den östra delen utav Fyrskeppet. Dessa områden domineras troligen utav ett relativt tunt lager utav sand vilket är huvudargumentet för att inkludera dessa områden i denna undersökning (Figur 12). D4 ligger i ett platt område i direkt anslutning till en lätt sluttning utan närliggande morfologiska formationer (Figur 8).

De resterande områdena utav Fyrskeppet är klassade som "D5". Dessa områden består utav glacial lera och lerig morän och är därför inte lämpade för att dumpa mjuka sediment på.



Figur 12 SBP profil från B18_ML032_20220731_115234 från D4 visar tjockleken och sedimentvariationen hos ytsedimenten. Varje ruta i rutnätet är 100 m bred och 1 m hög.

7. DISKUSION

Fyrskippets geologi är dominerat utav välbevarade glaciala sediment och formationer både på och under havsbotten så som MSGLs, moränryggar och rullstensåsar som tydligt syns i datan och har studerats i tidigare källor (Winterhalter, 1972). Även om botten domineras utav glaciala formationer och hård lerig morän så återfinns postglacial lera och sand till största del i den västra delen utav Fyrskippet området vilket indikerar att ackumulationsbottnar finns här där partiklar sedimenterar.

Beroende på den varierande ytgeologin och de dramatiska glaciala landskapen så finns det för och nackdelar med alla identifierade dumpningsområden. Detta gäller särskilt om man vill dumpa stora sedimentvolymer då de identifierade dumpningsområdena anses relativt små till ytan. Undervattensströmmar har inte heller tagits hänsyn till då de inte går att mäta med instrumenten från denna undersökning. D1 och D2 områdena är ungefär jämförbara i dumpningspotential, därför skulle D2 kunna övervägas som ett bättre alternativ om det är lugnare strömförhållanden i det området.

Alla tolkningar och klassificeringar utav dumpningsområden i denna rapport är subjektiva och ska endast ses som förslag på dumpningsområden.

8. SLUTSATS

Fyrskeppet mätområde domineras utav glaciala landformer och sediment. Ytgeologin består till stor del utav lerig morän. Ytsubstratet på den leriga moränen består utav en blandning av sand, grus och mindre stenar. Lokalt syns sandvågor och fält utav stenblock.

Efter denna undersökning gällande dumpningsområden för mjuka sediment så är det troligt att sådana områden finns i områdets östra, västra, respektive norra delar. Utav dessa är det troligt att de nordliga och de västra områdena är mest lämpliga för sedimentdumpning beroende på lokala förhållanden på botten till exempel havsströmmar.

REFERENSER

- Lind, A.-L. (2016). *Beskrivning till maringeologiska kartan Norra Bottenhavet*. SGU.
- Höglund, L. O., Jonsson, K., & Jonsson, P. (2008). *Utredning rörande kvicksilver tunnor i Sundsvallsbukten*. Stockholm: Kemakta AR. Hämtat 2021
- Cato, I., Kjellin, B., & Nordgren, P. (2006). Lokalisering av dumpade tunnor innehållande kvicksilverbärande katalysatormassa, Sundsvallsbukten 2006. *Sveriges geologiska undersökning*, 12, 1-36. Hämtat 2021
- Nyberg, J. (2016). *Beskrivning till maringeologiska kartan Södra Bottenhavet*. Uppsala: Sveriges geologiska undersökning.
- Naturvårdsverket. (2010). *Undersökning av utsjöbankar: Inventering, modellering och naturvärdesbedömning*. Stockholm: Naturvårdsverket.
- Lurton, X., Lamarche, G., Brown, C., Lucieer, V., Rice, G., Schimel, A., & Weber, T. (2015). *Backscatter measurements by seafloor-mapping sonars: Guidelines and Recommendations*. GeoHab Backscatter Working Group.
- Beckholmen, M., & Tirén, S. A. (2008). *The geological history of the Baltic Sea a review of the literature and investigation tool*. Uppsala: Swedish Radiation Safety Authority.
- Winterhalter, B. (1972). *On the geology of the Bothnian Sea, an epeiric sea that has undergone Pleistocene glaciation*. Otaniemi: Geological Survey of Finland.