

2024-10-24

## Förtydliganden inför bemötande av krav på kompletteringar, Olof Skötkonung

Deep Wind Offshore AS (DWO) har tidigare lämnat en tillståndsansökan för den havsbaserade vindkraftparken Olof Skötkonung. Inför tillståndsansökan gjorde DHI en sedimentspridningsmodellering och hydrodynamiska modelleringar, för att beskriva påverkan dels av sedimentspridning under anläggningsarbete vid parken (bilaga B5, *Modellering av sedimentspridning från installationsarbeten vid vindkraftparken Olof Skötkonung, /1/*) och dels av läeffekter från vindturbinerna under parkens driftsfas. I tillståndsprocessen har kompletteringar begärts, relaterat till påverkan från sedimentspridning vid installationsarbeten.

Detta dokument utgör kortfattade svar som komplettering till bilaga B5 (/1/), för några av de kompletteringskrav som inkommit från myndigheterna. Dokumentet har strukturerats baserat på de kommentarer som besvaras, och innehåller följande avsnitt:

- 1 Osäkerheter
- 2 Morfologisk tolkning av området
- 3 Grumling i Natura 2000-områden
- 4 Kornstorleksanalyser och sedimentspridningsmodellering

Kontaktperson:	Cecilia Gustafsson Gombrii
Projektansvarig:	Cecilia Gustafsson Gombrii
Kvalitetsansvarig:	Flemming Jakobsen
Författare:	Cecilia Gustafsson Gombrii
Projekt No.:	12806265
Godkänd av:	Flemming Jakobsen
Datum för godkännande:	2024-10-24
Revision:	Utkast 0.1
Klassifikation:	<b>Confidential:</b> This document is only accessible to the project team members and sharing it outside the project team is subject to the client's prior approval.
Filnamn:	DHI komplettering Olof Skötkonung.docx

# 1 Osäkerheter

Länsstyrelsen skriver:

*5. Osäkerheter, risker och felkällor ska redovisas i miljökonsekvensbeskrivningen tillsammans med bedömningarna. Osäkerheter ska i möjligaste mån uttryckas i kvantifierbara termer.*

Svar:

Modelleringsverktygen som använts i sedimentspridningsmodelleringen är MIKE 3 Flow Model FM och Mud Transport Module, vilka båda ingår i modelleringsverktygen MIKE Powered by DHI. Modelleringsverktygen är internationellt erkända och används både inom forskning och inom privat sektor, i projekt världen över. Modellerna bygger på en numerisk finit volym-metod som löser ekvationer i varje cell av beräkningsnätet och för varje simulerat tidssteg, för att på ett noggrant sätt beskriva variationer i strömförhållanden, omblandning, skiktning och transport av sedimentpartiklar med mera. Osäkerheter utgör dock alltid en del av modelleringsresultat. De hydrodynamiska förhållandena och variationerna som modellerats vid Olof Skötkonung stämmer väl i jämförelse med observerat havsvattenstånd, temperatur och salinitet (se kapitel 3.1.4 i /1/). En god representation av de hydrodynamiska förhållandena, med de variationer som förekommer på platsen både rumsligt (horisontellt och vertikalt) samt över tid, är väsentligt för att kunna modellera sedimentspridning på ett tillförlitligt sätt. Modelleringsresultaten avseende sedimentspridning från installationsarbeten vid Olof Skötkonung går dock inte att validera på samma sätt som för hydrodynamiken, eftersom det inte finns sådana mätdata. För att inte underskatta påverkan har konservativa antaganden gjorts i modelleringen av sedimentspridning, baserat på den information som erhållits från DWO. De konservativa antaganden som gjorts avser:

- Hög andel finkornigt material i sedimenten som sprids vid installationsarbeten
- Låg fallhastighet för finkornigt material
- Hög torrdensitet för sedimenten in situ
- Låg torrdensitet för netto-sedimentation (pålagring) av finkornigt material

Dessa konservativa antaganden innebär att mer av det suspenderade spillet tenderar att spridas över längre avstånd och under längre tid, samt ge ett tjockare lager netto-sedimentation (pålagring) i modellresultaten. Modelleringen har alltså utförts konservativt för att inte underskatta påverkan i form av grumling, grumlingens varaktighet och utbredning, samt pålagring.

Dessutom har källorna för sedimentspill simulerats på ett noggrant sätt i modellen, för att så representativt som möjligt återge vilken mängd spill och i vilken takt spill från installationsarbetena sker vid vindkraftparken. Detta inkluderar både pålning och borring för installation av fundament, samt spolning för kabeldiken i internkabelnätet. Representationen av installationsarbeten har gjorts baserat på kunskap från tidigare projekt kring de tillvägagångssätt för installation som DWO planerar.

Antaganden för sedimentspridningsmodellen beskrivs i kapitel 3.2 i /1/.

## 2 Morfologisk tolkning av området

Länsstyrelsen skriver:

*8. Komplettera ansökan med geofysiska undersökningar samt genomför en morfologisk tolkning av området. Av detta behöver bottenytans geologi framgå, bottenytans morfologi, batymetri, ytsubstrat, om bottenytan utgör en erosions- transport- eller ackumulationsbotten, samt sedimentens mäktighet. I de fall ackumulationsbottnar påträffas i närheten till Finngrundens Natura 2000-områden behöver provtagning ske inom dessa avseende tungmetaller, miljögifter och andra föroreningar.*

Svar:

Geofysiska undersökningar i parkområdet för Olof Skötkonung har genomförts i mars–april 2024 och beskrivs i rapport av GeoProvider, /2/. I rapporten beskrivs batymetrien och bottenytans geologi, morfologi, samt ytsubstratens sammansättning och mäktighet. Rapporten beskriver även sedimentprover på ytsubstraten som analyserats av Sweco. Klassificeringarna av ytsubstraten från kornstorleksanalys återges i Figur 2.1 nedan, vid provernas positioner i parkområdet, baserat på erhållna data från Sweco.

De flesta av ytsediment-proverna klassificerades som sandig silt, men proverna i delområde 3a innehåller en högre lerhalt och har klassificerats som lera, sandig lera och sandig lerig silt. Klassificeringarna från kornstorleksanalyserna tecknar en bild av att ytsedimenten innehåller mer finmaterial i östgående riktning genom parkområdet (Figur 2.1). Sedimentproverna som analyserats har tagits från ytsedimenten (ca 0–20 cm), enligt information erhållen i mejlkontakt med Sweco.

Figur 2.2 visar djupförhållandena i närområdet kring Olof Skötkonung och Finngrundens Natura 2000-områden, som använts i sedimentspridningsmodelleringen (/1/). Längst österut i parkområdet ligger ett 60–70 m djupt område som sluttar neråt vidare österut från parkområdet. In i parken sträcker sig en djupränna på 50–60 m i väst-östlig riktning, som avgränsas av grundare områden vid Finngrundens Natura 2000-områden och delområde 2. Dessa grundare områden ger djuprännan en smal midja ungefär i mitten av parkområdet.

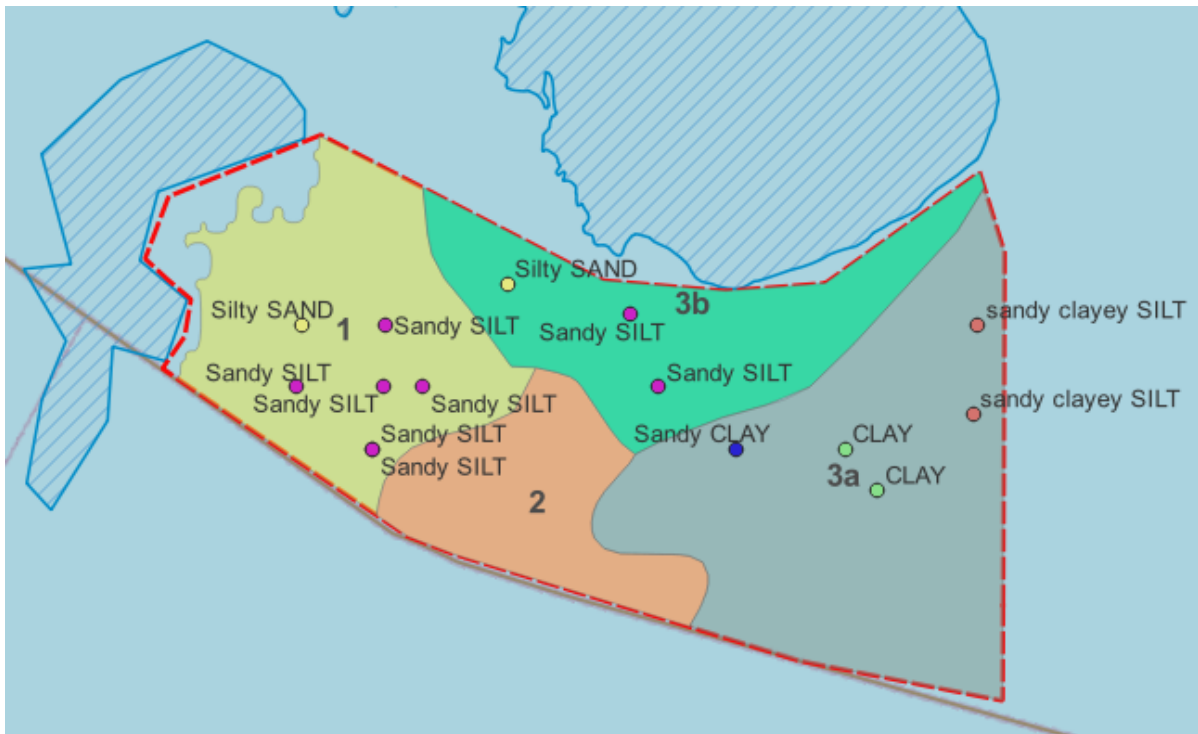
Lutningarna på botten i parkområdet är små (/2/).

De mest lättroderade kornstorlekarna i sediment kan eroderas vid strömhastigheter som överstiger ca 18 cm/s (Hjulströms diagram). I Figur 2.3 visas andelen tid då den modellerade strömhastigheten vid botten överstiger 18 cm/s, under perioden mars-augusti (då installationsarbeten simulerades). Figuren visar att dessa strömhastigheter förekommer i stora delar av djuprännan i parkområdet ca 1–10% av perioden. Dessutom förekommer de 10–30% av perioden där djuprännan smalnar av i mitten av parkområdet, samt i det grundare området vid Finngrundet – Östra banken. Strömmen accelereras naturligt på dessa platser till följd av trängre respektive grundare passager. Modellresultaten indikerar att det förekommer strömhastigheter vid botten som tidvis kan förflytta de mest lättroderade sedimentfraktionerna. Det är troligt att tillfällena med dessa strömhastigheter över tid förflyttar lättroderade material från grundare till djupare områden. Om man inkluderar stormigare förhållanden, exempelvis under höst eller vinter, så är det dessutom möjligt att andelen tid med strömhastigheter över 18 cm/s vid botten blir något högre än vad som visas i Figur 2.3.

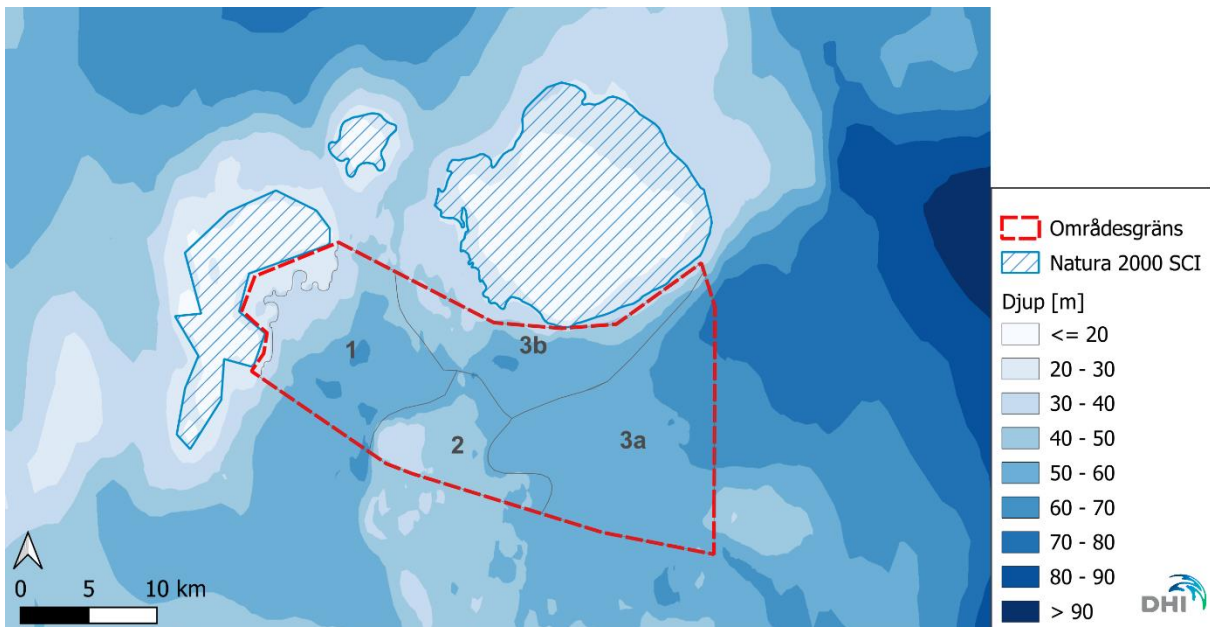
På mindre djup i och nära Finngrundens Natura 2000-områden exponeras ytsedimenten dessutom för våginducerade rörelser vid botten, vilket kan virvla upp och transportera sedimentpartiklar vid tillfällena med tillräckligt långa vågor.

De sedimentfraktioner som är mest känsliga för erosion har kornstorlekar kring ca 0,1–0,2 mm, se Hjulströms diagram i Figur 2.4. Finare sedimentfraktioner är mindre erosionskänsliga, men kan

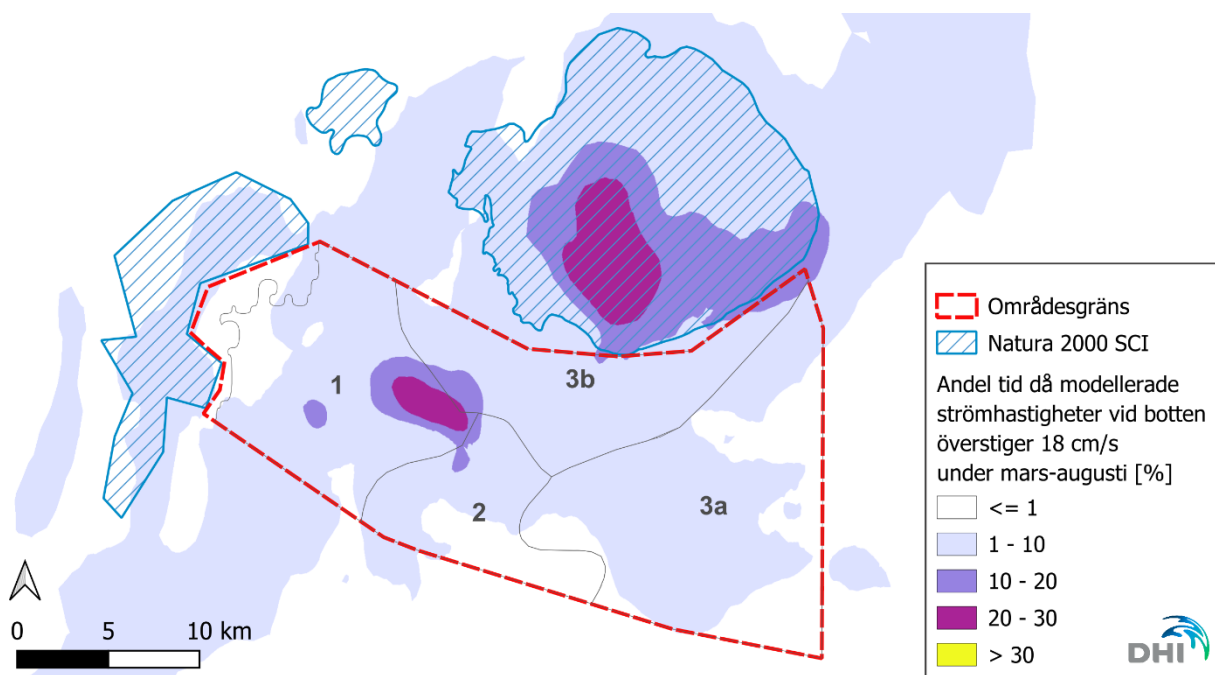
transporteras även av låga strömhastigheter om de redan suspenderats från botten. Finkorniga kohesiva sediment, med tillräckligt hög lerhalt, hålls samman och är mindre erosionskänsliga.



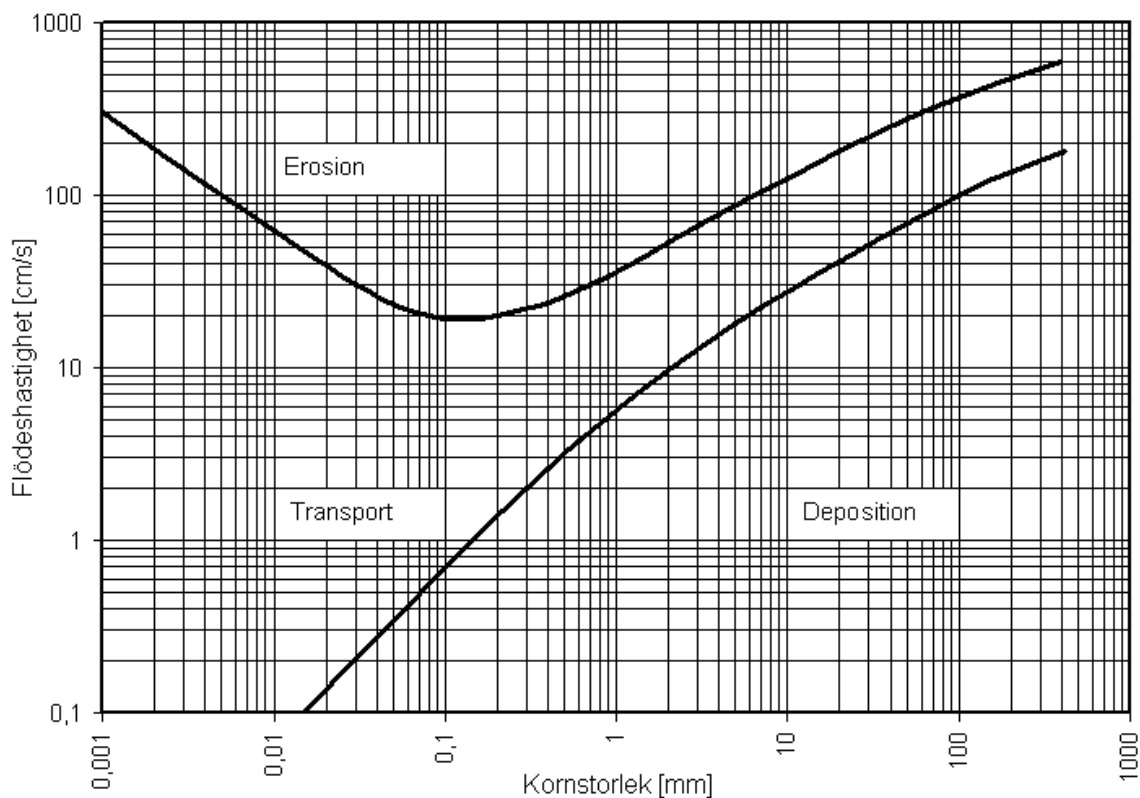
**Figur 2.1** Klassificering för sedimentproverna (ytsubstrat) vid Olof Skötkonung, återgivna baserade på erhållen data från Sweco. Delområde 1, 2, 3a och 3b markeras av färgade ytor.



**Figur 2.2** Djupförhållanden kring parkområdet och Natura 2000-områdena i hydrografisk- och sedimentspridningsmodellering (1/1).



**Figur 2.3** Andel tid då modellerade strömhastigheter vid botten överstiger 18 cm/s (då de mest lättroderade kornstorlekarna riskerar att eroderas, enligt Hjulströms diagram), under mars-augusti 2020.



**Figur 2.4** Hjulströms diagram. Figur: Karrock, CC BY-SA 3.0 <<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>>, via Wikimedia Commons.

### 3 Grumling i Natura 2000-områden

Länsstyrelsen skriver:

*26. Föreslå fler skyddsåtgärder, inklusive alternativ utformning av vindkraftsparken och reglering av tidpunkt för anläggningsarbeten, för att undvika och minska påverkan på sådant sätt att risk för tillförd grumling över 3 mg/l vatten inte uppstår inom Finngrundens Natura 2000. I sådant fall att tillförd grumling över 3 mg/l inte kan undvikas ska det tydligt framgå hur omfattande grumling, inom hur stort och vilket område, under hur lång tid som sådan grumling riskerar att uppstå.*

*27. Utred och beskriv påverkan som grumling vid anläggande och avveckling av internkabelnätet kan ha på närliggande Natura 2000-områden samt föreslå skyddsåtgärder som håller tillförd grumlingen på 3 mg/l vatten.*

Svar:

Grumling som orsakas vid installationsarbeten för internkabelnätet har inkluderats i sedimentspridningsmodelleringen, se kapitel 3.2 i /1/.

Den sammanlagda tiden då grumlingen (från samtliga modellerade installationsarbeten) överstiger 3 mg/l visas i varaktighetskartorna nedan, för ytan (Figur 3.1), som djupmedel (Figur 3.2) och vid botten (Figur 3.3). De tre närliggande Natura 2000-områdena är markerade med rasterade blå ytor i figurena.

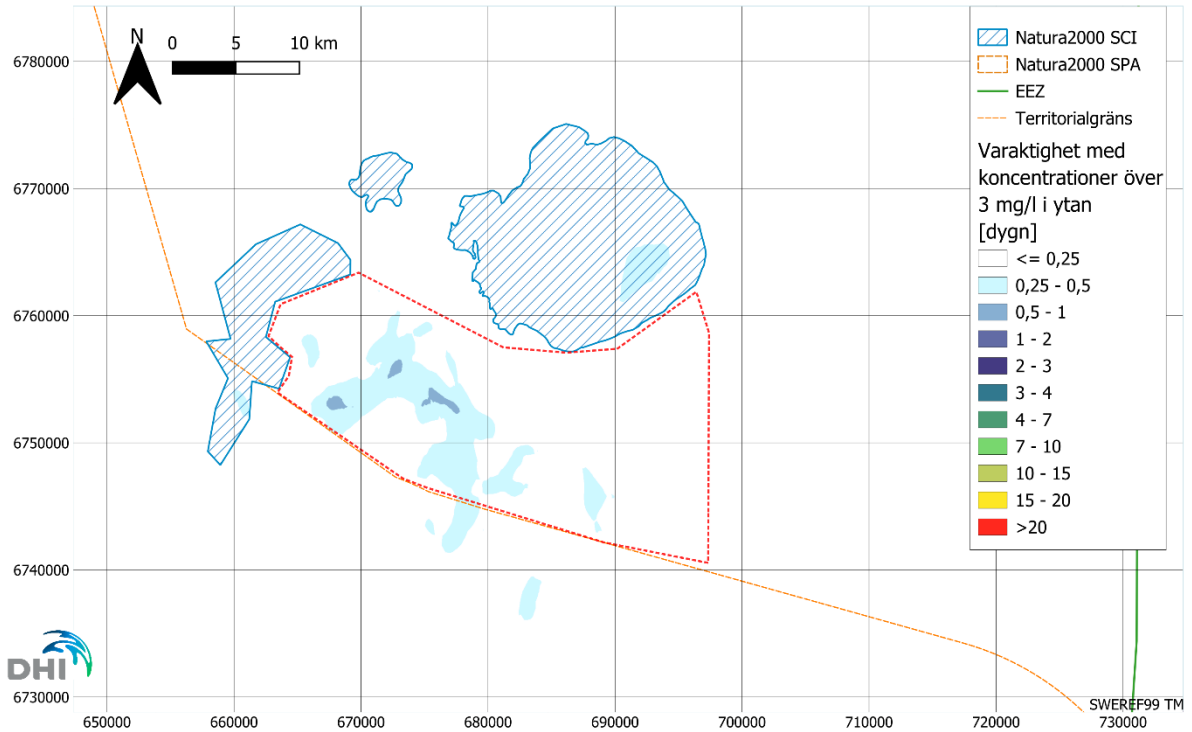
Finngrundet - Västra banken (Natura 2000-området längst västerut) påverkas i mycket liten grad av grumling över 3 mg/l. Den sammanlagda varaktigheten är lägre än 0,25 dygn (6 timmar) i nästan hela området (både i ytan, som djupmedel och vid botten), bortsett från ett mindre område där grumlingen överstiger 3 mg/l i sammanlagt 0,25–0,5 dygn.

Finngrundet – Norra banken (det mellersta Natura 2000-området) påverkas i mycket liten grad av grumling över 3 mg/l, då den sammanlagda varaktigheten är lägre än 0,25 dygn (6 timmar) i hela området (både i ytan, som djupmedel och vid botten).

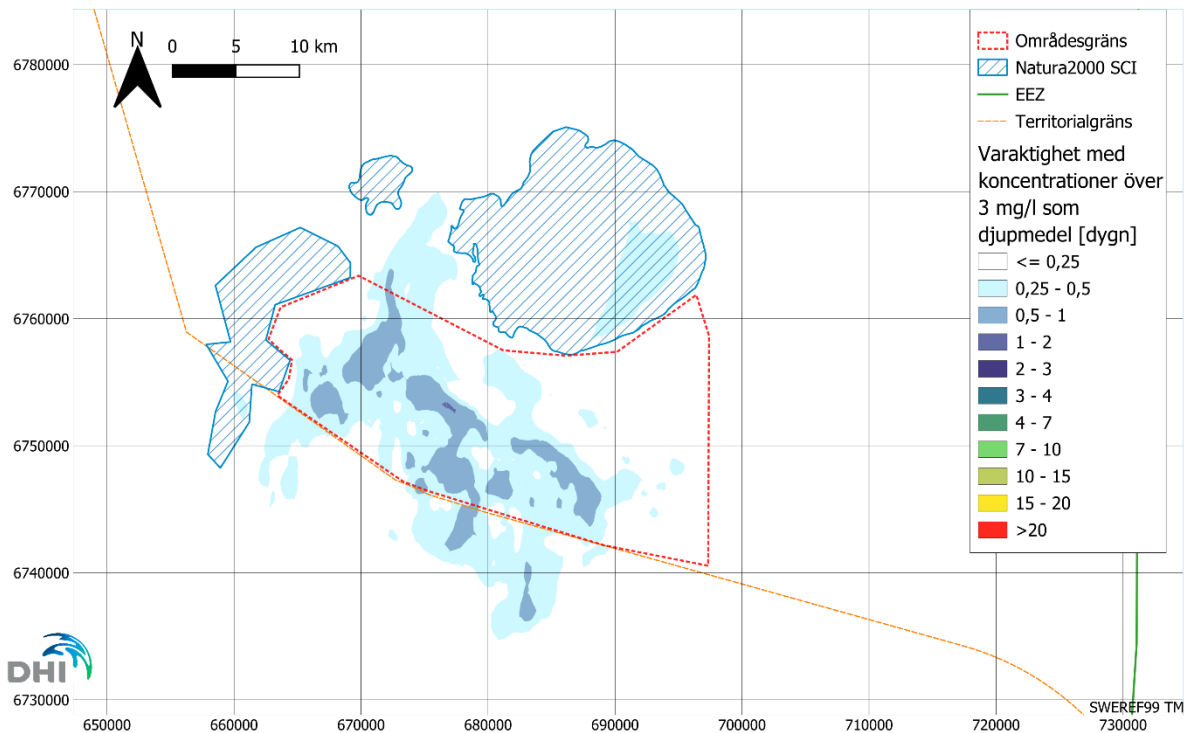
Finngrundet – Östra banken påverkas delvis av grumling över 3 mg/l. Påverkan gäller framför allt ytterkanterna på Natura 2000-området, vid botten. Den sammanlagda varaktigheten vid botten i områdets ytterkanter är 0,25–1 dygn. På ett fåtal ställen, lokalt precis längs Natura 2000-områdets västra gräns, är den sammanlagda varaktigheten vid botten 1–1,5 dygn för grumling överstigande 3 mg/l. Arean på botten inom Natura 2000 Finngrundet – Östra banken som påverkas av grumling över 3 mg/l redovisas i Tabell 3-1.

Finngrundens Natura 2000 ligger i grundare områden än parkområdet, vilket delvis skyddar Natura 2000-områdena från påverkan av grumling vid installationsarbeten (se Figur 3.3 och resultat i /1/). Vid starkare strömhastigheter kan dock finkornigt spill virvlas upp i vattenpelaren för att sedan spridas horisontellt med strömmarna. Finngrundet – Östra banken kan påverkas av grumling vid väst- och nordvästgående samt nord- och nordostgående strömmar. Vid västgående ström sker ett flöde västerut i parken genom djuprännan (Figur 2.2) för att sedan vika av norrut respektive söderut, då djuprännan möts av grundområdet vid Finngrundet – Västra banken. En del av det suspenderade materialet sprids på detta sätt norrut i rännan mellan Norra och Östra banken, och ger en grumling vid den västra gränsen av Östra banken (se orange pil i Figur 3.3). Som nämnts i föregående avsnitt (2) accelereras bottenströmmen i midjan på djuprännan, ungefär mitt i parken, till hastigheter som virvlar upp lätt-eroderat material (Figur 2.2 och Figur 2.3). Vid installationsarbeten kan man undvika arbete vid tillfällena med starka strömhastigheter, då strömriktningen är väst- till nordvästgående eller nord- till nordostgående. I Figur 3.4 visas fördelningen av modellerad strömhastighet och strömriktning vid ytan och botten, i mitten av parken. Strömhastigheter över 0,3 m/s med riktningar mellan nordväst och nordostgående

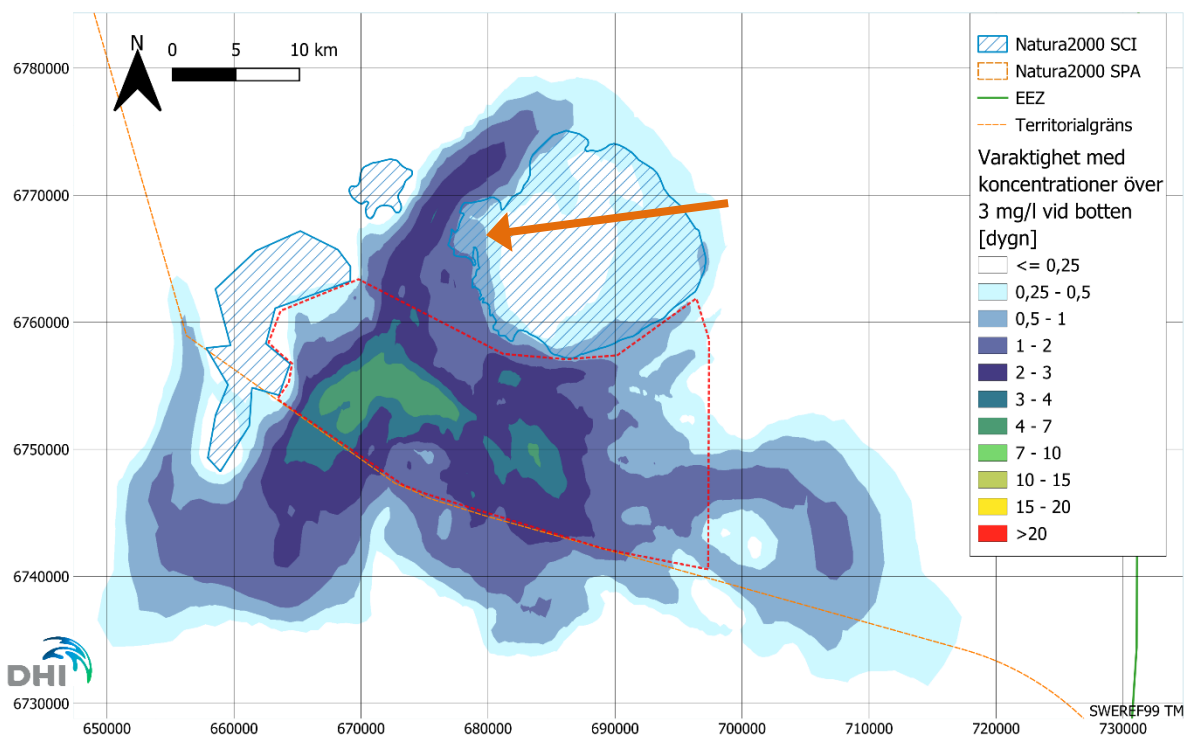
förekommer i ytan, men så pass sällan att den gula färgen inte går att se i den övre rosen. Bottenströmmen har huvudsakliga nordväst och sydostgående riktningar, till följd av djupförhållandena i området kring strömrosen. Strömshastigheten vid botten är lägre än i ytan, men hastigheter över 0,18 m/s förekommer (då de mest erosionskänsliga sedimentfraktionerna kan suspendera från botten, se föregående avsnitt 2).



**Figur 3.1** Sammanlagd varaktighet då koncentrationen av suspenderat material överstiger 3 mg/l, i ytan.



**Figur 3.2** Sammanlagd varaktighet då koncentrationen av suspenderat material överstiger 3 mg/l, som djupmedel.

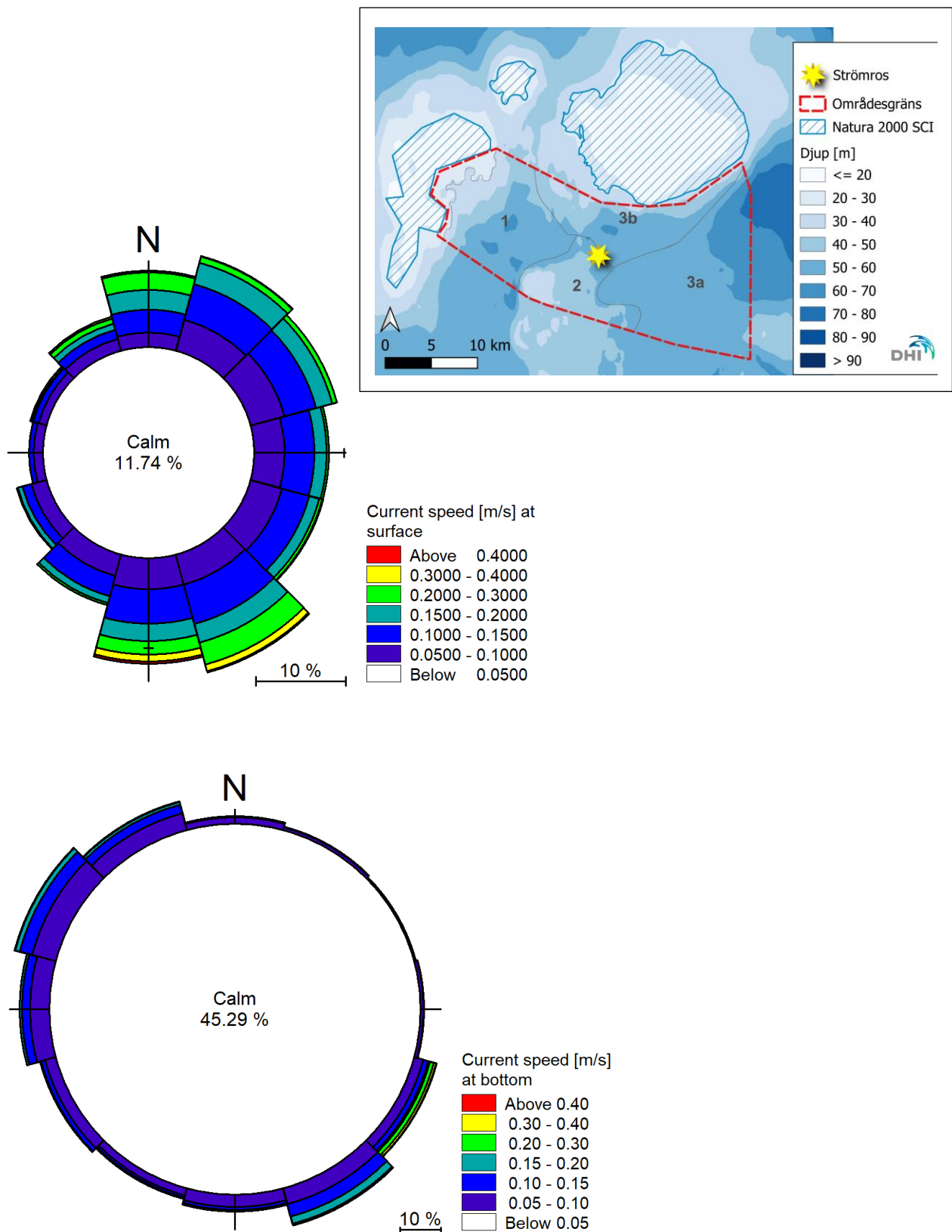


**Figur 3.3** Sammanlagd varaktighet då koncentrationen av suspenderat material överstiger 3 mg/l, vid botten. Orange pil pekar mot västra gränsen i Finngrundet – Östra banken.

**Tabell 3-1** Sammanlagda areor på botten inom Natura 2000 Finngrundet – Östra banken, för de olika varaktigheterna med grumling överstigande 3 mg/l (Figur 3.3).

Varaktighet med koncentrationer över 3 mg/l vid botten	<= 0,25 dygn (vit i Figur 3.3)	0,25–0,5 dygn	0,5–1 dygn	1–1,5 dygn
Area (km <sup>2</sup> ) inom Finngrundet – Östra banken	93	110,7	26,4	1,4
Andel (%) av Natura 2000-områdets area	40,2	47,8	11,4	0,6





**Figur 3.4** Strömrosor med fördelning av modellerad strömshastighet och riktning, i ytan (överst) och vid botten (underst), i mitten av parken (gul stjärna i infälld karta) under det simulerade året 2020.

## 4 Kornstorleksanalyser och sedimentspridningsmodellering

Havs- och vattenmyndigheten skriver:

4. *Sedimentspridningsmodellering som utgår från kornstorleksanalyser från bottenprover inom det planerade parkområdet.*
5. *Sedimentspridningsmodellering för eventuell muddring.*

Svar:

Sedimentspridningsmodelleringen som redovisas i /1/ har utvärderats i efterhand baserat på kornstorleksanalyser och andra data om ytsedimenten vid Olof Skötkonung, som erhöles i augusti 2024 (från Sweco). Provpunkter med respektive klassificering återges i Figur 4.1 (samma som i Figur 2.1). Utvärderingen visar att modellen är konservativ både avseende antaganden om andel finkornigt material i sedimenten som sprids vid installationsarbeten, samt den antagna torrdensiteten in situ. Baserat på utvärderingen bedöms att modelleringen inte behöver göras om.

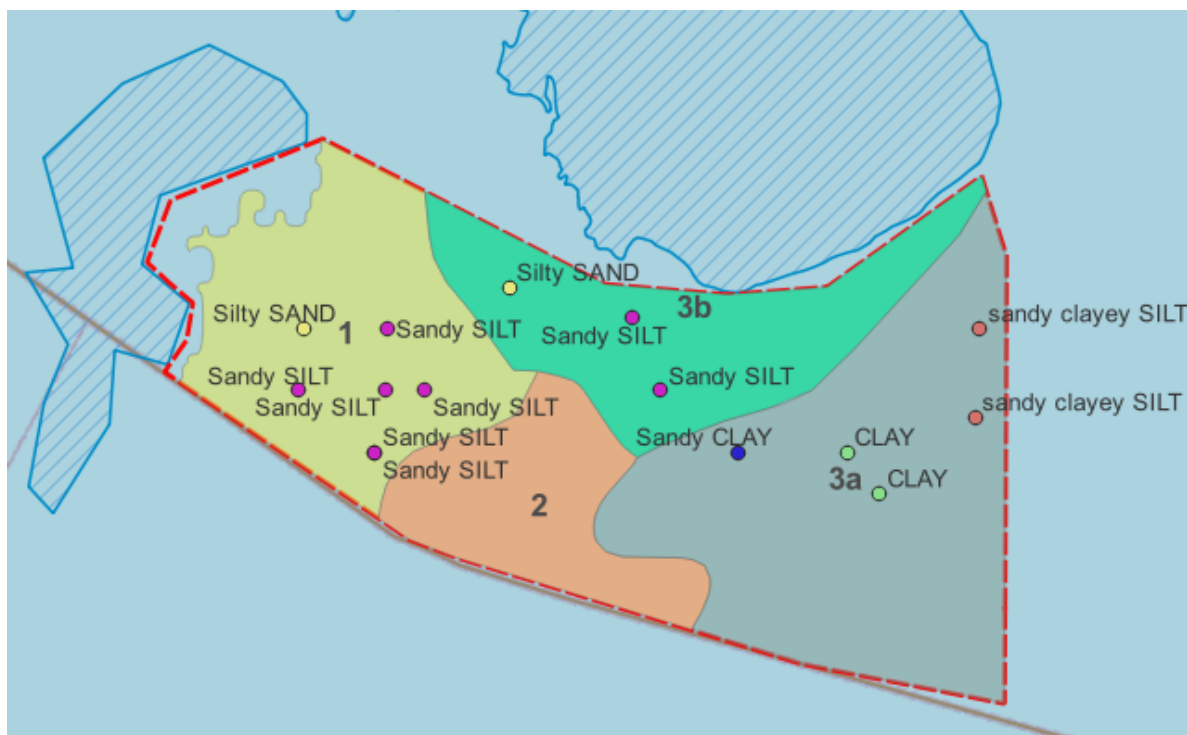
Utvärderingen sammanfattas av följande punkter:

- Delområde 1: Modellen är konservativ då den antar en finare kornstorlek än provdata.
- Delområde 2: Inga provdata har erhöles från detta område.
- Delområde 3a: Modellen är konservativ då den antar en liknande eller finare kornstorlek än provdata.
- Delområde 3b:

En av provpunkterna har liknande kornstorleksfördelning i ytsedimenten som antagits i modellen.

Två av provpunkterna har en något högre andel silt/finjordshalt än vad som antagits i modellen, men

- eftersom detta endast gäller två av tre prover (i ett av de tre delområden som provtagits) så utgör det en för liten skillnad för att motivera att köra om modellen.
  - skillnaden i kornstorleksfördelning är dessutom begränsad jämfört med modellen.
- Torrdensiteten i ytsedimenten är konservativ i modellen, då den antogs högre jämfört med motsvarande information i provdata.



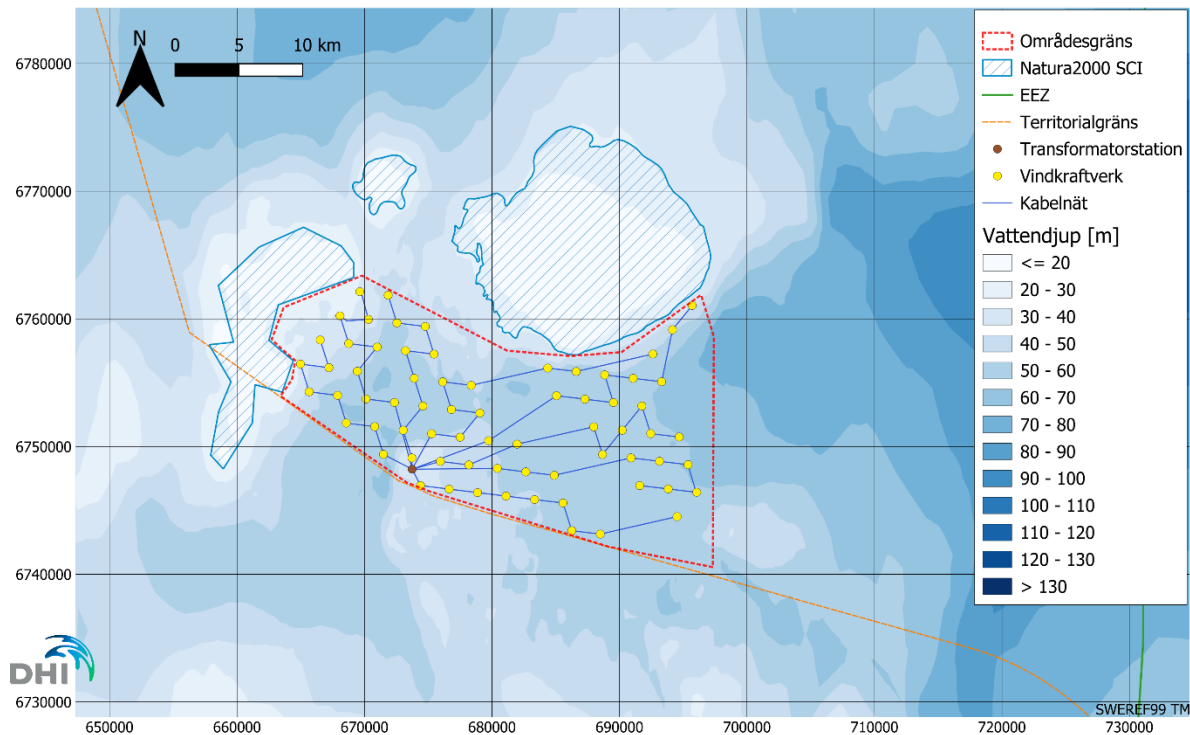
**Figur 4.1 Klassificering för sedimentproverna (ytsubstrat) vid Olof Skötkonung, återgivna baserade på erhållen data från Sweco. Delområde 1, 2, 3a och 3b markeras av färgade ytor.**

Sedimentspridningsmodelleringen har utförts baserat på de installationsarbeten som enligt DWO är aktuella för parkområdet vid Olof Skötkonung. Dessa inkluderar kabelspolning (jetting) för kabeldiken till internkabelnätet, samt pålning och borring för fundamentpålar till fackverkskonstruktioner (jackets). Positionerna för internkabelnätet och fundamenten visas i Figur 4.2.

Kabelspolningen har simulerats för den totala längden av det interna kabelnätet vid parken, med tvärsnittsarea 1 m<sup>2</sup> enligt information från DWO. Kabelspolningen avlägsnar sediment från det översta sedimentlagret på botten. Kapaciteten för spolningsmaskinen har antagits vara 200 m/h (längs internkabelnätets sträckning), vilket är en typisk hastighet för denna installationsteknik. Mängden spill som orsakas vid kabelspolningen har antagits vara 70% av massan som spolas bort i kabeldiket. Den simulerade källan för sedimentspridning orsakad av kabelspolning löper längs med internkabelnätet enligt nämnda antaganden och orsakar ett spill nära botten (spillet suspenderas och sprids alltså initialt från kabelspolningsmaskinens momentana position på botten). Kabelspolningen simuleras som pågående samtidigt som pålning och borring, men på ett geografiskt avstånd från dessa. Dessa antaganden finns beskrivna i kapitel 3.2.2 i /1/, tillsammans med motsvarande antaganden för simuleringen av sedimentspridning från installation av fundamentpålar till fackverkskonstruktioner.

Installation av fundamentpålar till fackverkskonstruktioner sker genom pålning (i de övre sedimentlagren) och borring (i underliggande berggrund). Fyra pålar installeras vid varje vindkraftverk/transformatorstation. Vid pålning agiteras sedimenten lokalt kring pålningen. Ett spill om 10% av sedimenten i den översta metern har antagits i modelleringen av pålningen (i ett område kring varje fundamentpåle med horisontell radie 4 gånger påldiametern). Pålningen orsakar sedimentspridning vid botten, under tiden riggen befinner sig vid respektive position. Efter simulering av pålning vid en position simuleras spill från borringen i berggrunden. Vid borring antogs 100% av massan i den borrarade volymen spillas. Borrkaxet spillas vid 15 m ovanför botten. Om spill av borrkax sker långt upp i vattenmassan kan man riskera att spillet sprids till ett större

område, eftersom spillet då har längre avstånd för att falla ner till botten samt att det kan förekomma högre strömhastigheter ovanför språngskiktet som drar med sig spillet.



**Figur 4.2** Vindkraftparken med internkabelnät (blå linje), transformatorstation (brun markör) och vindkraftverk (gula markörer). Figur hämtad från /1/.

## Referenser

- /1/ DHI (2023) Bilaga B5, *Modellering av sedimentspridning från installationsarbeten vid vindkraftparken Olof Skötkonung*. Framtagen för Deep Wind Offshore AS.
- /2/ Geoprovider (2024) *Offshore Wind, Geophysical Interpretation Report, Sweden – Olof Skotkonung*. Prepared for Deep Wind Offshore.