

# BILAGA M2, SEDIMENTSPRIDNINGSMODELL

MAXIMA  
Projekt Tillstånd  
Tillståndshandling  
Kontinentalsockellagen

2023-07-06

**Slutversion**



8178 Tillståndshandling Sedimentspridningsmodell utg 2.0  
Dokument-ID: 8178-TH-KSL-UR-M2-001  
Utgåva: 2.0

**Titel:** Bilaga M2, Sedimentspridningsmodell

**Status:** Slutversion

**Kontaktperson:** Lena Hellberg, VA SYD

**Dokumenttyp:** Rapport

**Dokument-ID:** 8178-TH-KSL-UR-M2-001

**Upprättad av:** Sweco Sverige AB

**Författare:** Gunnar Österlund

**Datum:** 2022-03-11

**Reviderad av:** Sweco Sverige AB

**Författare:** Gunnar Österlund

**Utgåva:** 2.0

**Datum:** 2023-07-06

#### Revisionshistorik i tabell

Datum	Utgåva	Orsak till revidering	Utfört av
2023-07-06	2.0	Slutlig handling KSL. Justerat försättsblad. Oförändrat innehåll.	Gunnar Österlund, Sweco Sverige AB
2023-05-30	2.0	Slutlig handling ny omfattning	Gunnar Österlund, Sweco Sverige AB
2022-03-11	1.0	Slutlig handling inklusive tunnel från Lund	Gunnar Österlund, Sweco Sverige AB

## Innehållsförteckning

1	Sammanfattning .....	5
2	Inledning och syfte.....	6
3	Bakgrund.....	6
3.1	Områdesbeskrivning.....	6
3.2	Tidigare studier.....	8
3.2.1	Tidigare projekt .....	8
4	Sediment och muddring .....	8
4.1	Muddringsområden.....	8
4.2	Sedimentprover.....	9
4.3	Sedimentspill .....	10
5	Avgränsningar .....	12
6	Modelleringsmetodik.....	13
6.1	Programvara .....	13
6.2	Områdesbeskrivning.....	13
6.3	Modellområde, batymetri och beräkningsnät .....	13
6.4	Simulerade förhållanden .....	13
6.4.1	Vattenstånd .....	14
6.4.2	Vind.....	16
6.4.3	Vattendrag.....	18
7	Resultat.....	19
7.1	Kalibrering och validering.....	19
7.1.1	Kalibrering .....	19
7.1.2	Validering.....	21
7.2	Övergripande modellresultat .....	24
7.3	Modellresultat, Vinter .....	26
7.3.1	Sedimentpålagring.....	26
7.3.2	Sedimentkoncentration.....	27
7.4	Modellresultat, Sommar .....	35
7.4.1	Sedimentpålagring.....	35
7.4.2	Sedimentkoncentration.....	35
7.5	Sammanfattande resultat.....	43
8	Diskussion .....	44
8.1	Resultatdiskussion .....	44

8.2	Metoddiskussion .....	45
9	Slutsats.....	46
10	Referenser .....	47
11	Bilaga 1 - Vinterförhållanden .....	48
12	Bilaga 2 - Sommarförhållanden .....	54

## Förteckning över bilagor

**Bilaga 1)** Vinterförhållanden

**Bilaga 2)** Sommarförhållanden

# 1 Sammanfattning

För att utreda påverkan från sedimentspill som genereras vid muddring för anläggande av två nya utloppsledningar från Sjölunda avloppsreningsverk har en hydrodynamisk modell använts. Utifrån bland annat uppmätta sedimentegenskaper i muddringsområdet har ett sedimentspill uppskattats. Sedimentspillet simulerades sedan i den hydrodynamiska modellen och resultaten från denna användes vidare för att uppskatta vilka sedimentkoncentrationer som kan förväntas uppstå samt mäktigheten av det sedimenterade materialet.

Modellresultaten visar en sedimentpålagring överskridande 50 mm i direkt anslutning till muddringsområdet samt, för vinterscenariot, även inne i Oljehamnen. Vidare visar modellresultaten ingen pålagring överskridande 5 mm i naturreservaten och ingen pålagring överskridande 0,5 mm i de närliggande Natura 2000 områdena. Sedimentkoncentrationerna varierar kraftigt över tid på grund av den mycket dynamiska strömningssituation som råder i Öresund. Vid gränsen till Natura 2000 området visar modellresultaten att sedimentkoncentrationen uppgår till cirka 90 mg/l under en kort period av sommarsimuleringen. För vintersimuleringen är motsvarande sedimentkoncentration cirka 70 mg/l. Längre in i Natura 2000 området sjunker sedimentkoncentrationerna.

Modellresultaten visar att sedimentkoncentrationerna blir något högre i vattenmassan under den simulerande sommarperioden relativt vinterperioden. Sedimentets egenskaper samt muddringsförfarandet bedöms dock ha större inverkan på sedimentspredningen.

## 2 Inledning och syfte

VA SYD är ett politiskt styrt kommunalförbund som med fem medlemskommuner och över en halv miljon kunder är en av Sveriges största VA- och avfallsorganisationer.

Avloppsreningsystemet MAXIMA är VA SYDs satsning på en ny regional infrastruktur för avloppsrening i medlemskommunerna Burlöv, Lomma och Malmö samt Svedala som VA SYD samtidigt erbjuder att bli medlem. Det är en av regionens största infrastruktuursatsningar i närtid och en viktig förutsättning för att tillväxtregionen Sydvästra Skåne ska kunna fortsätta växa. Med en gemensam lösning möter VA SYD behovet av utbyggnad och modernisering av avloppsreningen i kommunerna, värnar närliggande vattenmiljöer och möjliggör växande städer.

De delar av avloppsreningsystemet MAXIMA som ingår i tillståndsansökan är ett nytt Sjölunda avloppsreningsverk i Malmös utkant intill Öresund med nya utloppsledning i Öresund, en ny stor pumpstation vid Sjölunda avloppsreningsverk och en avloppstunnel under Malmö. Överföringsledningar och nödvändiga pumpstationer för att ansluta berörda kommuner är en del av MAXIMA men ingår inte i tillståndsansökan.

Två nya utloppsledningar från Sjölunda avloppsreningsverk i Malmö planeras att anläggas. Ledningarna planeras vara upp till 4 km långa varav de cirka 2 kilometrarna närmast Sjölunda planeras att läggas i muddrad ränna. Utöver den muddrade rännan kommer även viss muddring behöva utföras för grundläggning av utsläppsanordningen längst ut i ledningskorridoren. I samband med muddring kommer sediment spillas, vilket kan medföra konsekvenser för naturvärden i området, både när suspenderat sediment orsakar grumling i vattnet samt när sedimenten sjunker ned och täcker befintlig botten med ett sedimentlager av viss tjocklek. För att utreda hur det spillda sedimentet sprids används en hydrodynamisk modell över området. Modellen baseras på data för havsbottens batymetri, vattennivåer, strömmar och vind (riktning och hastighet).

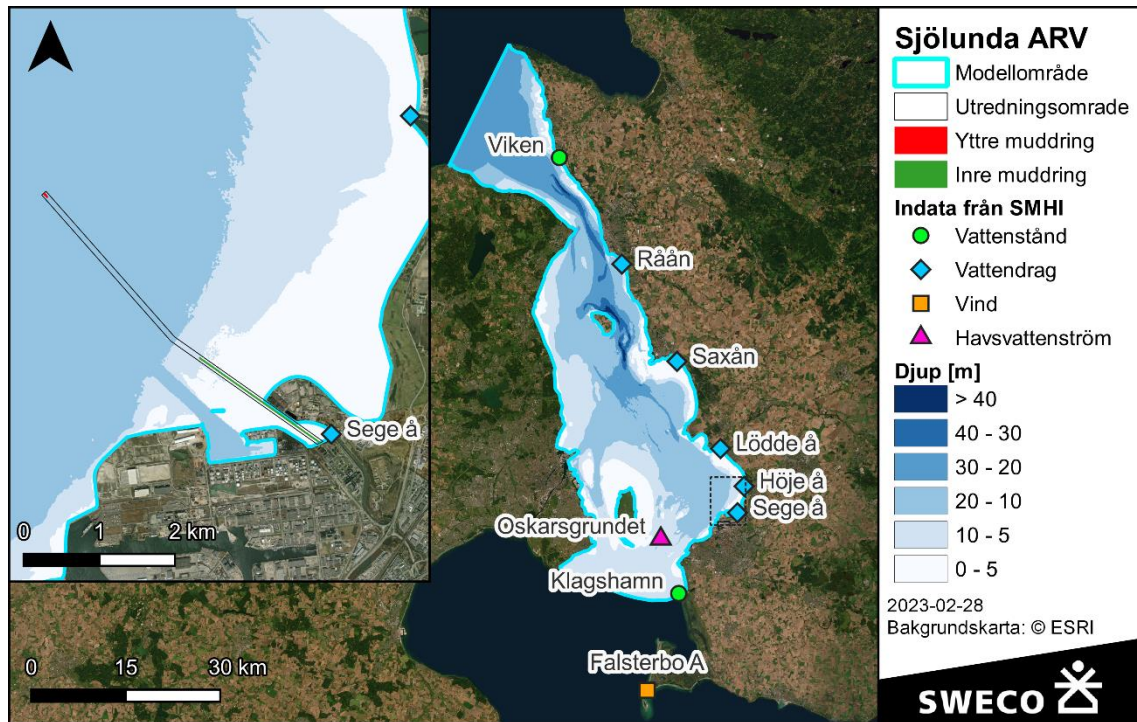
Föreliggande rapport beskriver den använda hydrodynamiska modellen, de scenarier som har simulerats samt redovisar resultat från simuleringarna.

## 3 Bakgrund

### 3.1 Områdesbeskrivning

Öresund utgör, tillsammans med Lilla och Stora Bält, förbindelsen mellan Östersjön och Kattegatt. Sjölunda avloppsreningsverk ligger i Malmö, i södra delen av Öresund. I norra delen är sundet relativt djupt, se Figur 3-1. I höjd med Oskarsgrundet, i den södra delen av sundet, finns ett grundområde som kallas Limhamnströskeln. Tröskeln utgör ett kraftigt strömningsmotstånd och präglar hela sundets hydrodynamik.

Figur 3-1. Översiktsskarta över modellområdet med Inkluderade vattendrag, SMHI:s mätstationer, utredningsområdet samt muddringskorridoren markerade.



## 3.2 Tidigare studier

Strömmarna genom Öresund är relativt starka vilket leder till en snabb omsättning av vattenmassan. Medelströmbilden i Öresund visar en nordgående ström i ytan och ner till 10–15 m djup. Under det lagret strömmar vattenmassor som består av yt- och djupvatten från Kattegatt söderut (SMHI, 2009). Denna djupgående bottenström tvingas vid Limhamntröskeln delvis upp och blandas in med det nordgående, lättare och mer bräckta ytvattnet från södra Östersjön. Under ungefär 60 % av tiden är ytströmmen norrgående och i resten av tiden sydgående eller stillastående, medan bottenströmmen under cirka 70 % av tiden är sydgående (University of Copenhagen, 1999). Till följd av blandningen av det bräckta vattnet från södra Östersjön och vattnet från Kattegatt, ökar salthalten genom Öresund från söder till norr.

Ytvattenflödet styrs av vattenståndsskillnaden mellan sydvästra Östersjön och södra Kattegatt och kan variera på en tidsskala från timmar till veckor och det är inte ovanligt att strömhastigheterna i sundet överstiger 1 m/s. Höga strömhastigheter i kombination med sundets geometri medför ofta storskaliga strömvirvlar i bland annat Lomma- och Lundåkrabukten (SMHI, 2009).

Salinitetskillnaden mellan Östersjövattnet och vattnet från Kattegatt ger en densitetskillnad som leder till skiktning av vattnet i Öresund. Den förhärskande skiktningen i Öresund består av ett sötare ytskikt av bräckt östersjövatten ner till 10–15 m djup med en salthalt på 8–15 psu. Under det kommer först ett lager som består av ytvatten från Kattegatt med en salthalt på 15–30 psu. Allra djupast återfinns saltare vatten från Kattegatts djupområden med en salthalt på 30–34 psu. Precis som strömningsmönstret varierar saliniteten kraftigt på en tidsskala från timmar till veckor (SMHI, 2009).

I samband med byggandet av Öresundsbron undersöktes de naturliga grumlingsförhållandena i Öresund. Mätningar av turbiditeten i Öresund visade att denna under vintern beror främst på meteorologiska förhållanden och under sommaren beror mer på biologiska faktorer. Mätningarna visade också att grumligheten under stormiga perioder lokalt kan uppgå till 40 mg/l. Under mer vanligt förekommande, lugnare perioder uppges grumligheten i Öresund ligga i spannet 0–2 mg/l (Valeur & Jensen, 2001).

### 3.2.1 Tidigare projekt

Sweco har inom ramen för tidigare uppdrag byggt upp en hydrodynamisk modell över Öresund. Denna modell har senare använts i ett flertal projekt, efter anpassning efter de uppdragsspecifika förutsättningarna (Sweco 2016, Sweco 2017, Sweco 2018 & Sweco 2019). Den har bland annat använts i uppdrag som avhandlade en utfyllnad i Norra Hamnen i Malmö (Sweco, 2019).

## 4 Sediment och muddring

Det spillda sedimentets egenskaper samt muddringsmetod har stor inverkan på sedimentets spridning. Följande avsnitt avhandlar detta.

### 4.1 Muddringsområden

Muddring kommer att ske i två huvudsakliga muddringsområden, se Figur 4-1. Det inre muddringsområdet utgörs av en cirka 25 meter bred muddringskorridor. Korridoren löper från Sjölundas avloppsreningsverk och ut till cirka 6 meters vattendjup, vilket motsvarar en sträcka på cirka 2 km. Det yttre muddringsområdet återfinns vid utloppsledningarnas slut, där en mindre volym

sediment också kommer behöva muddras. Utöver detta kommer troligtvis viss muddring för lokal avjämning av utloppsledningarnas underlag att krävas. På grund av den marginella muddringsvolymen bedöms att denna muddring, i förhållande till den i de två ovan beskrivna muddringsområdena, är mycket liten och effekten av detta har därför bedömts försumbara. Modellresultaten kan dock användas för att göra kvalitativa bedömningar av sedimentspill från muddring även utanför de huvudsakliga muddringsområdena.

Muddringen antas utföras med riktning utifrån och in mot Sjölunda avloppsreningsverk. Modellsimuleringarna startar därmed med muddring i det yttre muddringsområdet och när detta är färdigt påbörjas muddringen i den inre korridoren. Riktningen som muddringen utförs i bedöms inte ha någon betydelse för modellresultaten. Muddringen antas utföras med Backhoe Dredger.

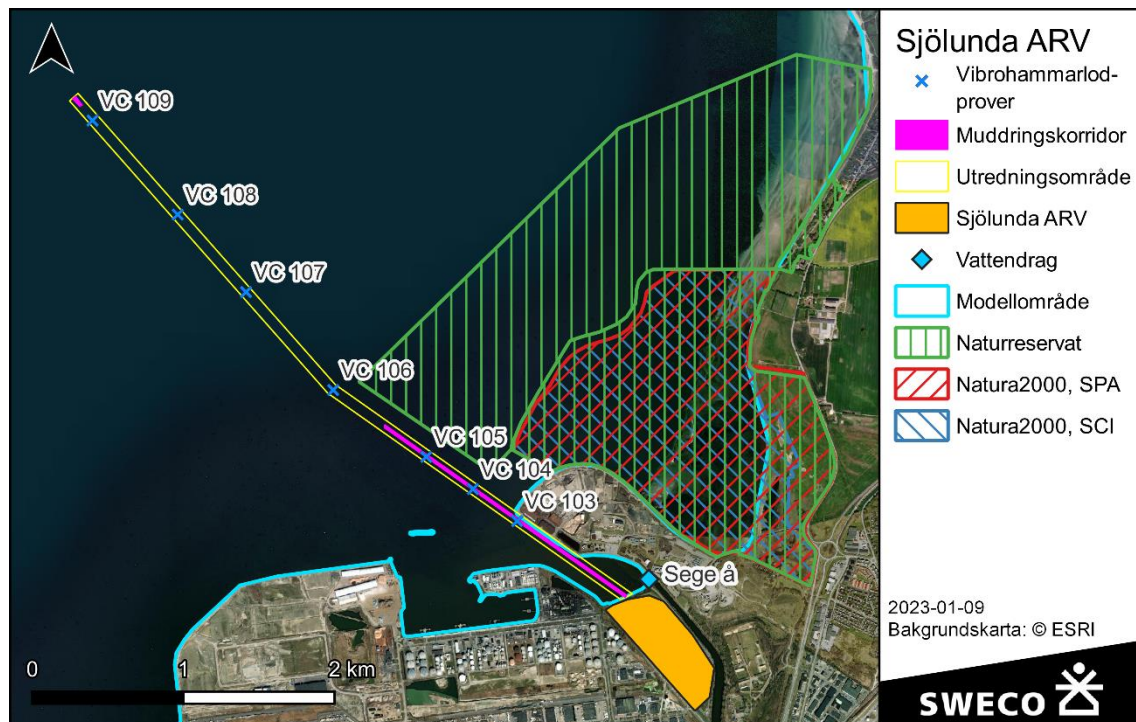
De cirka 300 m närmast Sjölunda ARV av den inre muddringskorridoren planeras att utföras från land, via en temporär vägbank med hjälp av Backhoe Dredger, detta beskrivs i större detalj i avsnitt 5.

## 4.2 Sedimentprover

I Figur 4-1 visas en karta med bland annat muddringsområdena, Natura 2000 områden, naturreservat samt placeringen av tagna vibrohammarlodprover markerade. Även de två olika muddringsområdena finns markerade. De geologiska förutsättningarna i de två olika muddringsområdena är olika vilket leder till att olika sedimentsammansättning behöver användas för modellsimuleringarna i de olika muddringsområdena.

Ett flertal vibrocore-prover har tagits i undersökningsområdet. Ett av dem har tagits nära det yttre muddringsområdet, VC 109. Tre av dem har tagits i det inre muddringsområdet; VC 103, VC 104 och VC 105, se Figur 4-1.

Figur 4-1. Orienteringskarta med Sjölunda ARV, muddringskorridoren, Sege ås mynning, skyddad natur, vibrohammarlodprover samt muddringsområden markerade.



### 4.3 Sedimentspill

Vid muddring uppstår spill, främst vid schaktning samt när skopan bryter vattenytan varvid finkornigt material når omgivningen. Det finns många olika muddringsmetoder, dessa genererar olika mängd spill. Erfarenheter från muddring i olika projekt i Öresund visar att sedimentspillet generellt uppgår till cirka 5%.

I föreliggande projekt antas att traditionell Backhoe dredger (mekanisk muddring) kommer att användas. Spill har definierats vara allt sediment som blir suspenderat och som därmed lämnar mudderverkets skopa vid muddring. Muddringshastigheten ansätts till 105 t/m<sup>3</sup>/h (teoretisk fast volym) och med en erforderlig muddringsvolym om 195 000 t/m<sup>3</sup> innebär detta en total muddringstid om cirka 77 dygn vid muddring 24 timmar om dygnet, utan uppehåll. Detta har antagits gälla då det är konservativt ur sedimentkoncentrationssynpunkt, eftersom vid uppehåll i muddringsarbetet hinner sedimentpartiklar sjunka till botten och därmed inte ha någon grumlande effekt.

Sedimentspillet antas i modellen ske på tre nivåer i vattenpelaren; 1 meter ovanför botten, mitt i vattenpelaren och i ytan. 40% av spillet antas ske närmast botten och 30% mitt i vattenpelaren respektive vid ytan.

I Tabell 4-1 och Tabell 4-2 visas sedimentegenskaper samt utsläppshalter av sediment. Det spillda sedimentet har antagits ha en kompakt densitet om 2650 kg/m<sup>3</sup> samt en genomsnittlig porvolym om 30%.

Tabell 4-1. Sedimentegenskaper för det sediment som har använts i det inre muddringsområdet.

Kornstorlek	Andel	Diameter [mm]	Sjunkhastighet [mm/s]	Utsläppshalt, botten [g/l]	Utsläppshalt, mitt [g/l]	Utsläppshalt, yta [g/l]
grovlera	13%	0,001	0,001	1,41	1,06	1,06
finsilt	10%	0,004	0,014	1,05	0,79	0,79
mellansilt	10%	0,013	0,15	1,05	0,79	0,79
grovsilt	10%	0,04	1,4	1,05	0,79	0,79
sand	42%	0,4	60	4,54	3,41	3,41
grus	16%	13	500	1,73	1,30	1,30

Tabell 4-2. Sedimentegenskaper för det sediment som har använts i det yttre muddringsområdet.

Kornstorlek	Andel	Diameter [mm]	Sjunkhastighet [mm/s]	Utsläppshalt, botten [g/l]	Utsläppshalt, mitt [g/l]	Utsläppshalt, yta [g/l]
grovlera	46%	0,001	0,001	4,70	3,52	3,52
finsilt	15%	0,004	0,014	1,50	1,12	1,12
mellansilt	15%	0,013	0,15	1,50	1,12	1,12
grovsilt	15%	0,04	1,4	1,50	1,12	1,12
sand	6%	0,4	60	0,61	0,46	0,46
grus	4%	13	500	0,41	0,31	0,31

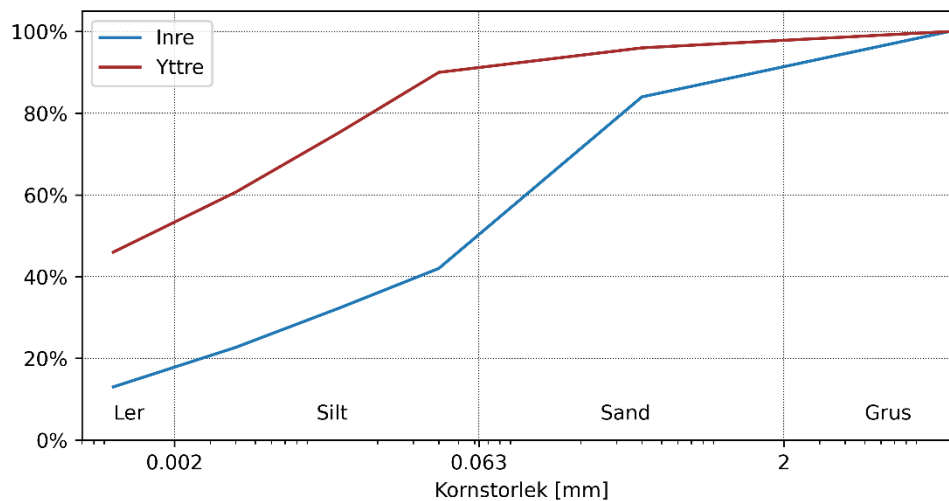
Sjunkhastigheterna i Tabell 4-1 och Tabell 4-2 är de sjunkhastigheter som modelleringsprogramvaran använder sig av och beräknas enligt:

$$w_s = \begin{cases} \frac{(s-1)gd_{50}^2}{18\nu} & \text{om } d_{50} \leq 10^{-4} \\ \frac{10\nu}{d_{50}} \left( \sqrt{1 + 0,01 \frac{(s-1)gd_{50}^3}{\nu^2}} - 1 \right) & \text{om } 10^{-4} < d_{50} \leq 10^{-3} \\ 1,1\sqrt{(s-1)gd_{50}} & \text{annars} \end{cases}$$

Där  $s$  är relativ densitet ( $s = \rho_s/\rho_0$ ),  $g$  är tyngdaccelerationen,  $\nu$  är kinematisk viskositet,  $\rho_s$  är kornens densitet och  $\rho_0$  är vattnets densitet.

I Figur 4-2 visas antagna kornstorleksfördelningar för de två huvudsakliga muddringsområdenas sedimentsammansättning.

Figur 4-2. Kornstorleksfördelning för de två olika muddringsplatserna.



## 5 Avgränsningar

De delar av ledningarna som inte planeras att ligga i muddrad ränna planeras säkras fast genom pålning. Vid pålning kan troligtvis en viss lokal uppvirvling av sediment ske. Denna effekt bedöms dock vara marginell och har därför inte inkluderats i modellen.

Den tillfälliga vägbank som nämns i avsnitt 4.1 har inte inkluderats i modellen. Den förändring av bottengeometrin som vägbanken orsakar bedöms inte påverka sedimentspridningen nämnvärt då den placeras i en avgränsad vik med generellt mycket låga strömhastigheter. Exkludering av vägbankens tillfälliga förändringar av vikens hydromorfologi innebär även att modellresultaten kan jämföras med tidigare modellsimuleringar av sedimentspridningen i området, som gjorts inom ramen för föreliggande projekt.

Utöver de huvudsakliga muddringsområdena kommer troligtvis viss avjämning av botten och borttagande av eventuella större stenar eller block krävas för utloppsledningarnas underlag. Sedimentspillet från detta bedöms dock vara marginellt och det har därför också exkluderats ur modellen.

Anläggandet av den temporära vägbank som nämns i avsnitt 4.1 har inte inkluderats i sedimentspridningsmodellen. Vägbanken planeras att konstrueras genom att en geotextil läggs ut på botten på vilken friktionsmaterial placeras. Eftersom vägbanken planeras att konstrueras av friktionsmaterial med endast liten andel finmaterial bedöms att spridningen av sediment kommer att vara mycket begränsad och lokal. Detsamma gäller borttagande av den tillfälliga vägbanken. När materialet är bortplockat tas geotextilen likaså bort och därmed förväntas inget av det utplacerade materialet finnas kvar på botten.

## 6 Modelleringsmetodik

### 6.1 Programvara

För att utreda hur stor påverkan på omgivningen anläggandet av den nya utloppsledningen kan ha, har en tredimensionell hydrodynamisk modell upprättats i programvaran TELEMAC 3D. Modellen beräknar utifrån indata strömmar, temperatur, salthalt och koncentrationer av ämnen i en vattenmassa. En tredimensionell modell kan, till skillnad från en tvådimensionell, ta hänsyn till skiktning av vattenmassan och vertikala strömmar. För att även behandla spridning och sedimentation av sediment kopplas en sedimenttransportmodell på den hydrodynamiska modellen. I TELEMAC-systemet finns sedimentmodulen GAIA, vilken har använts i detta projekt.

Den upprättade modellen är baserad på en tidigare upprättad modell över Öresund. Den befintliga modellen har anpassats efter de uppdragsspecifika förutsättningarna.

### 6.2 Områdesbeskrivning

Vattenrörelserna i Öresund drivs framför allt vattenståndsskillnader mellan sundets norra och södra delar. Vattenståndsskillnaderna orsakas av storskaliga meteorologiska fenomen samt det tillskott av vatten som Östersjön får från vattendrag. Utöver vattenståndsvariationerna påverkas vattenrörelserna i Öresund också direkt av vind samt i mindre utsträckning av direkta tillflöden från vattendrag som har mynning i Öresund och även saltskillnader mellan vattnet i norra respektive södra delen av sundet.

### 6.3 Modellområde, batymetri och beräkningsnät

Det modellerade området innefattar Öresund, från Viken i norr till Klagshamn i söder, se Figur 3-1. Denna avgränsning är vald för att vattenståndsmätningar som SMHI utför ska kunna användas som randvillkor till modellen.

Djupförhållandena, batymetrien, i Öresund har tagits från olika källor. I den största delen av modellområdet har batymetrien erhållits genom digitalisering av sjökort. Området i direkt angränsning till muddringsområdet har mätts in med heltäckande multibeamekolodning i samband med det aktuella projektet och där högre upplöst djupdata finns tillgänglig har denna använts.

Beräkningsnätets upplösning horisontellt varierar mellan cirka 5 och 500 m där finare upplösning används nära intresseområdet samt i områden där det krävs för att beräkningsnätet ska återge de geografiska och batymetriska förutsättningarna. De grövre upplösta områdena återfinns långt från intresseområdet samt i områden med mindre variation i batymetri.

Vertikalt varierar modellens upplösning mellan 0,1 och 10 m. Den finaste upplösningen används närmst ytan då detta krävs för att korrekt återge vindinducerade vattenrörelser. En finare upplösning närmare ytan ger också möjlighet att representera eventuell skiktning mellan sötare ytvatten och saltare bottenvatten. Den grövre upplösningen används på större djup.

### 6.4 Simulerade förhållanden

Simuleringen har gjorts för en vinterperiod och en sommarperiod. En vinterperiod innebär generellt högre strömhastigheter. Högre strömhastigheter leder till större spridning av sediment men lägre maximala sedimentkoncentrationer eftersom det spillda sedimentet späds i en större vattenvolym. En

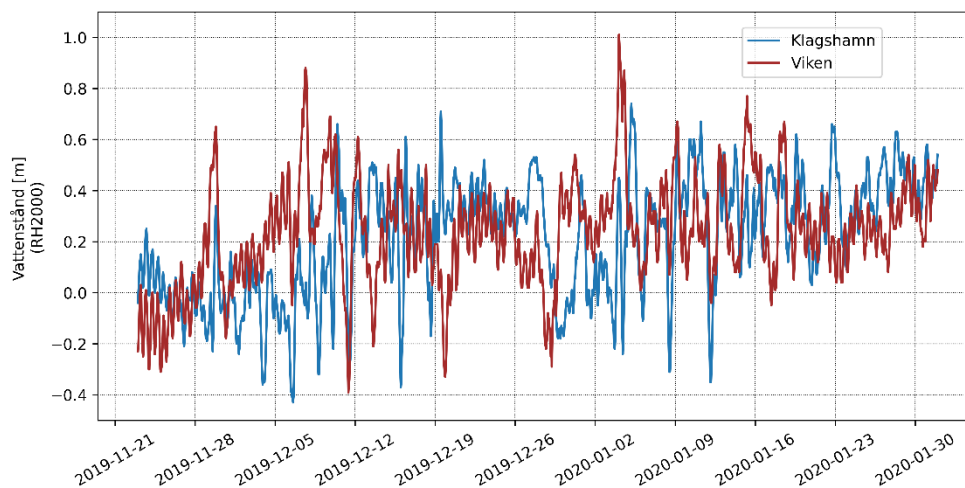
sommarperiod leder, å andra sidan, till mindre spridning men högre maximala koncentrationer närmast muddringsplatsen.

### 6.4.1 Vattenstånd

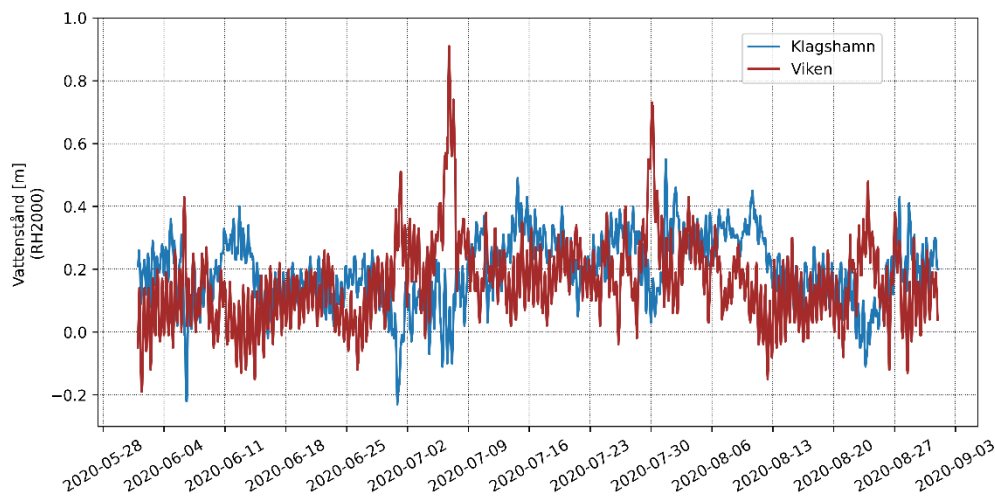
Havsvattenståndsdata som driver vattenrörelserna i modellen är hämtade från SMHI:s mätstationer *Viken* och *Klagshamn*. Figur 6-1 och Figur 6-2 visar variationen hos de två stationerna under de simulerade perioderna. Den simulerade vinterperioden startar 2019-11-23 och sträcker sig cirka 80 dygn framåt. Den simulerade sommarperioden startar 2020-06-01 och sträcker sig cirka 80 dygn framåt.

Vid jämförelse av Figur 6-1 och Figur 6-2 ses att sommarperioden (Figur 6-2) uppvisar betydligt mindre vattenståndsvariationer. Vattenståndsvariationerna i den norra respektive södra delen av sundet bedöms vara den viktigaste parametern för drivningen av vattenrörelserna i Öresund. Sommarförhållanden, med mindre variation, innebär således generellt lägre strömhastigheter.

Figur 6-1. Tidsserie över de vattenstånd som har använts i modellsimuleringarna för vinterperioden.

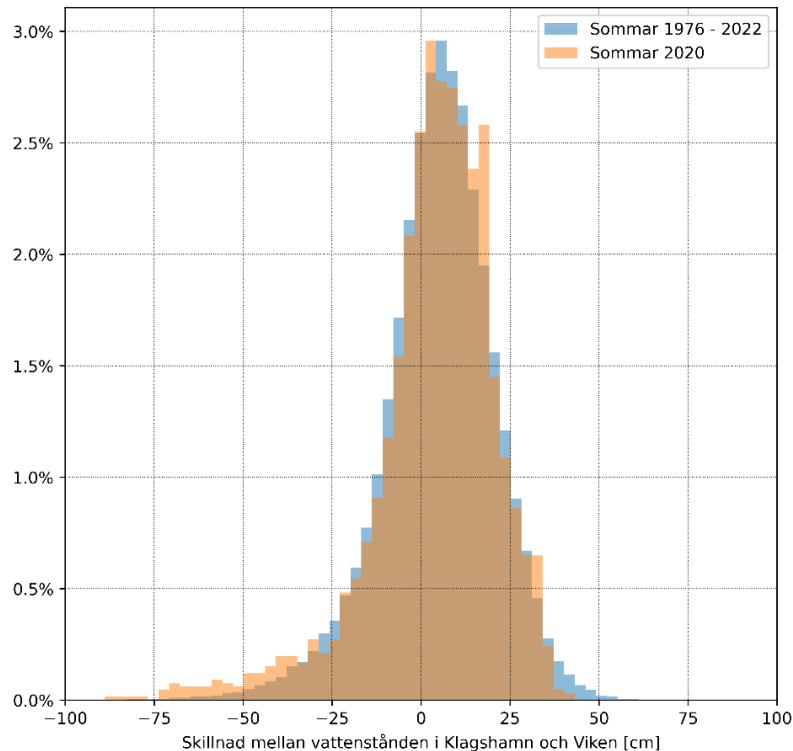


Figur 6-2. Tidsserie över de vattenstånd som har använts i modellsimuleringarna för sommarperioden.



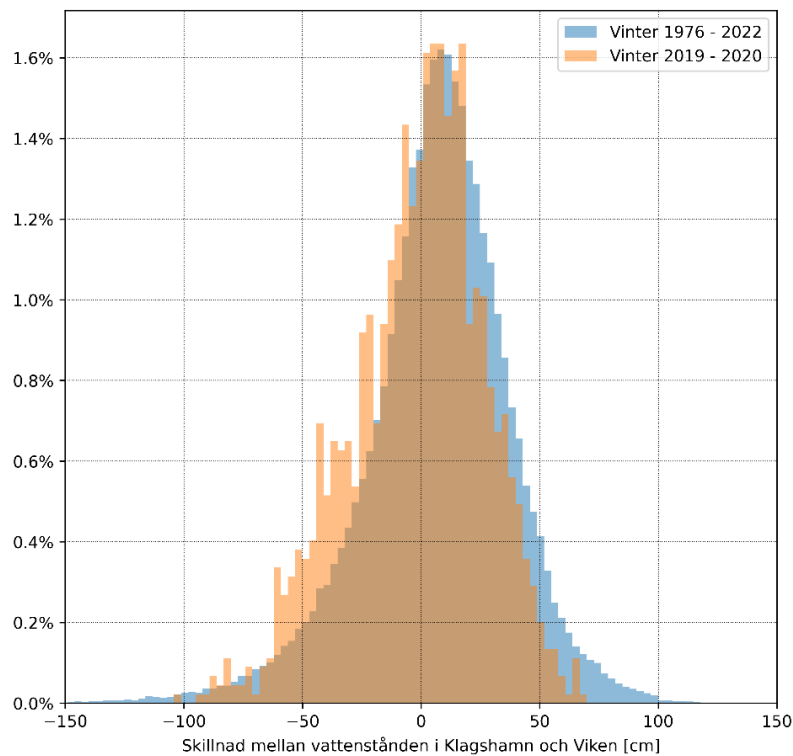
I Figur 6-3 och Figur 6-4 visas histogram över vattenståndsskillnaderna mellan norra och södra delen av Öresund. I histogrammen visar x-axeln vattenståndsskillnaden och y-axeln visar hur frekvent förekommande respektive vattenståndsskillnad är. Figur 6-3 visar att den simulerade sommarperioden är mycket representativ, då de två olika mätserierna uppvisar mycket liknande fördelning av vattenståndsskillnader.

Figur 6-3. Histogram över vattenståndsskillnaden mellan södra och norra delen av sundet vid sommarförhållanden, x axeln visar skillnaden mellan vattenståndet i Klagshamn och Viken och y axeln visar hur frekvent förekommande respektive skillnad är. Det blå området visar samtliga somrar under perioden 1976–2022 och det orange området visar den simulerade sommarperioden.



För vinterförhållanden (Figur 6-4) ses att överensstämmelsen är något sämre, dock fortfarande inom vad som bedöms vara representativt.

Figur 6-4. Histogram över vattenståndsskillnaden mellan södra och norra delen av sundet vid vinterförhållanden, x axeln visar skillnaden mellan vattenståndet i Klagshamn och Viken och y axeln visar hur frekvent förekommande respektive skillnad är. Det blå området visar samtliga vintrar under perioden 1976–2022 och det orange området visar den simulerade vinterperioden.



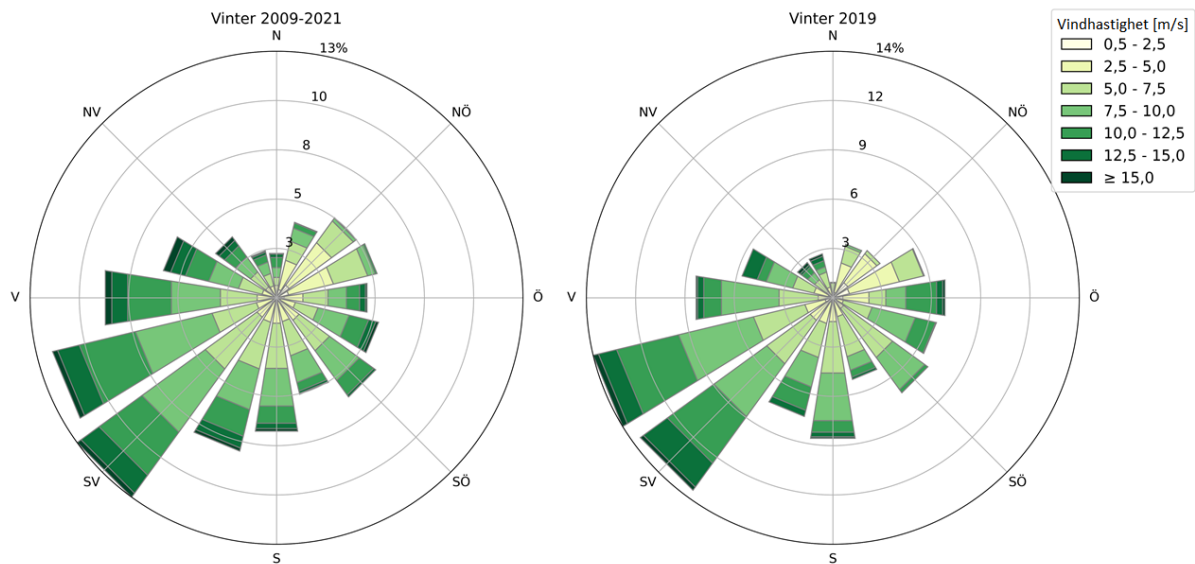
## 6.4.2 Vind

Tillgången på vinddata från Öresund är begränsad. SMHI har haft ett antal havsnära stationer, bland annat vid *Ven* och på *Kullen*. Samtliga har varit aktiva under korta perioder och analyser av dess data visar att varken upplösning eller kvalitet anses fullgod som indata till modellen. Övriga stationer i sundet är belägna på fastlandet och vindhastigheterna är därmed lägre än vad förhållandena är över Öresund. Vinddata har därför hämtats från SMHI:s station *Falsterbo A* (52240), trots att denna ligger utanför modellområdet. Vinddata från *Falsterbo A* bedöms dock representativ för vindarna över Öresund.

I Figur 6-5 och Figur 6-6 presenteras den vinddata som valts ut för de modellerade scenarierna som vindrosor. De enskilda staplarnas längd visar hur ofta vinden blåser med given riktning och färgen på staplarna visar vindstyrkan.

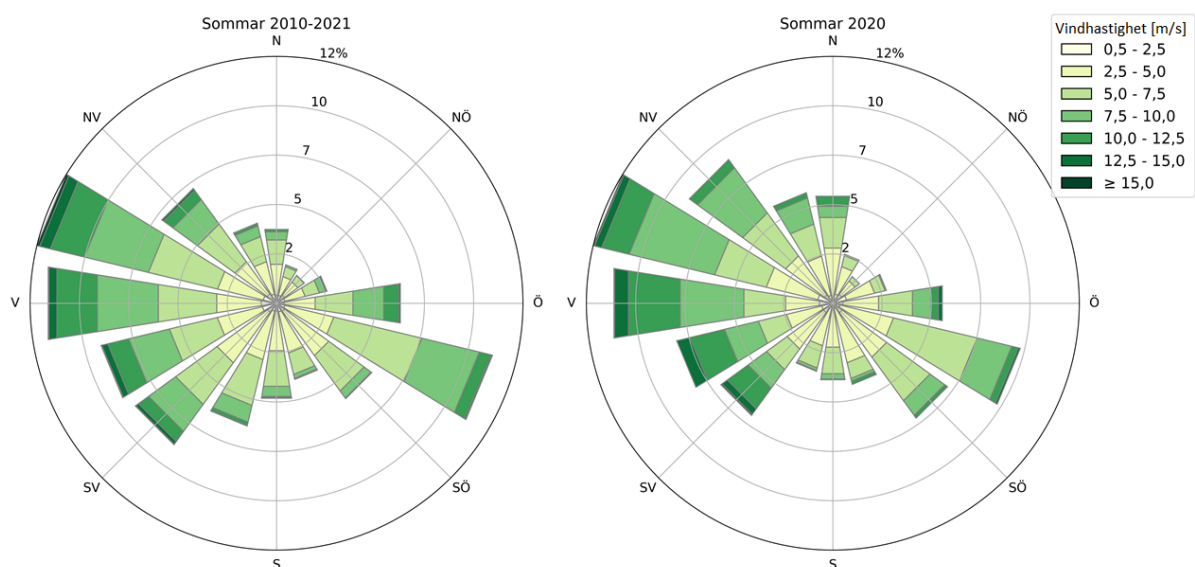
Till vänster i Figur 6-5 ses en vindros för samtliga vinterperioder i stationens mätserie och till höger ses en för den simulerade vinterperioden. Vid jämförelse av de två vindrosorna ses att de uppvisar både liknande vindriktnings- och vindhastighetsfördelning. Den utvalda perioden bedöms därmed vara representativ för det vindklimat som under vintern råder i Öresund.

Figur 6-5. Vindros för den vinddata som har använts i simuleringen för vinterscenariot, jämfört mot en vindros över samtliga vintrar under perioden 2009–2021.



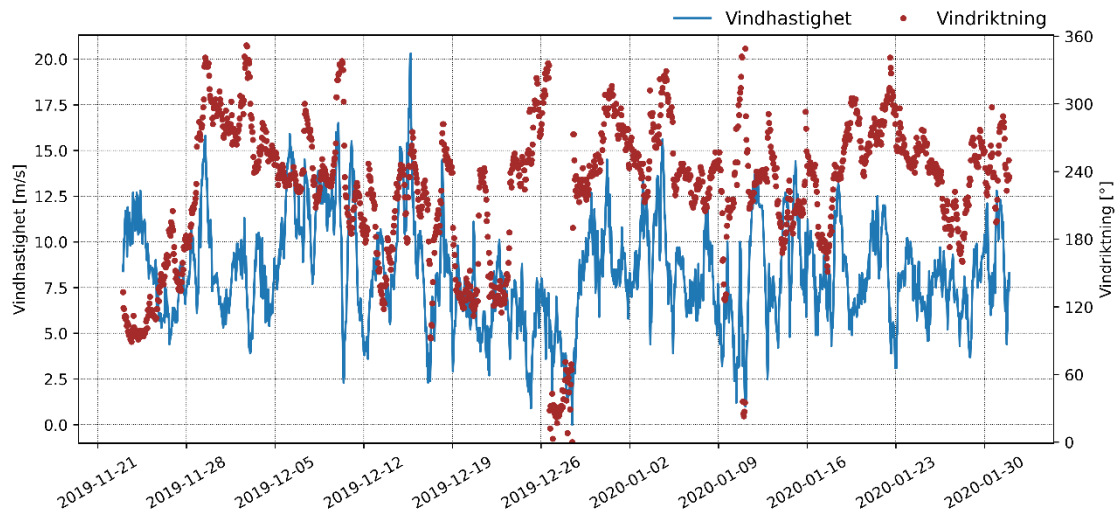
Till vänster i Figur 6-6 ses en vindros för samtliga sommarperioder i stationens mätserie och till höger ses en vindros för den simulerade sommarperioden. Vid jämförelse av de två vindrosorna ses att de uppvisar både liknande vindriktnings- och vindhastighetsfördelning. Även den utvalda sommarperioden bedöms därmed vara representativ för det vindklimat som under sommaren råder i Öresund.

Figur 6-6. Vindros för den vinddata som har använts i simuleringen för sommarscenariot, jämfört mot en vindros över samtliga somrar under perioden 2010–2021.

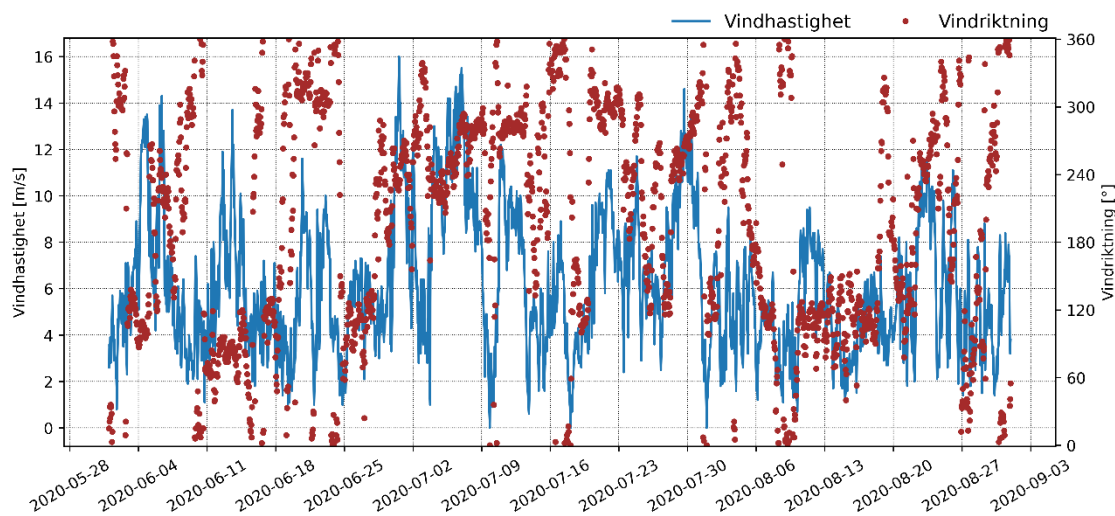


I Figur 6-7 och Figur 6-8 visas samma vinddata i form av tidsserier för vinter- respektive sommarscenarioet.

Figur 6-7. Tidsserie över den vinddata som har använts i modellsimuleringarna för vinterperioden.



Figur 6-8. Tidsserie över den vinddata som har använts i modellsimuleringarna för sommarperioden.



### 6.4.3 Vattendrag

Vattendrag kan lokalt påverka strömningsmönstren och skiktningar i Öresund. Fem vattendrag har inkluderats i modellen; Lödde å, Höje å, Sege å, Saxån och Råån, se Figur 3-1. Sege å har ett förhållandevis litet flöde men bedöms ha störst påverkan på sedimentspridningen på grund av dess närhet till verksamheten. De flöden som har antagits i modellen är baserade på SMHI:s modell S HYPE och är medelvärden för sommar- respektive vinterflöden, se Tabell 6-1.

Vattendragens inverkan på modelldrivningen bedöms vara av underordnad betydelse jämfört med vattenståndsvariationerna norr och söder om sundet samt vind.

Tabell 6-1. Använda flöden i modellsimuleringarna

Vattendrag	Sommarflöde [m <sup>3</sup> /s]	Vinterflöde [m <sup>3</sup> /s]
Lödde å	2,25	13,54
Höje å	0,84	4,79
Sege å	0,30	4,49
Saxån	0,15	5,92
Råån	0,14	3,18

## 7 Resultat

I följande avsnitt redogörs först för den kalibrering och validering som har gjorts och därefter presenteras modellresultat från sedimentspridningsmodellen.

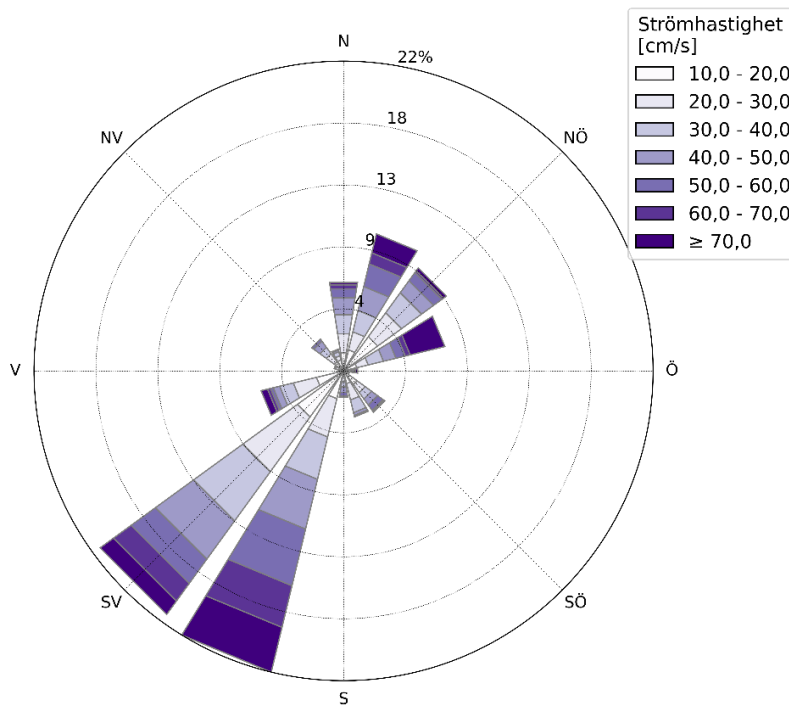
### 7.1 Kalibrering och validering

Kalibreringen och valideringen av den hydrodynamiska modellen har gjorts inom ramen för tidigare uppdrag och bedöms giltig även för denna version.

#### 7.1.1 Kalibrering

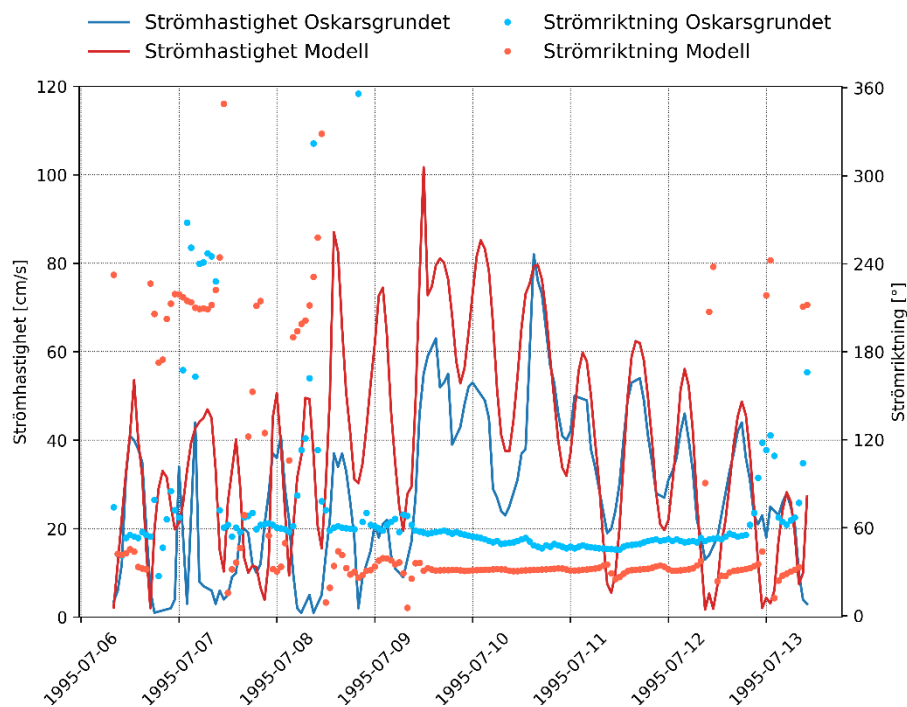
Tillgängligheten på fri strömdata för Öresund är begränsad. SMHI har dock utfört strömmätningar i Öresund vid *Oskarsgrundet* (35067) (se Figur 3-1), i södra delen av sundet, under åren 1983-1996. Data från denna mätserie har använts för att kalibrera och validera modellen. I Figur 7-1 visualiseras strömdata i en strömros. De enskilda staplarna visar strömmens riktning och färgskalan dess hastigheter.

Figur 7-1. Strömriktning och hastighet vid botten (8 m vattendjup) vid SMHI:s mätstation Oskarsgrundet under 1995



Kalibreringen har utförts mot en tidsserie av strömningshastigheter och -riktningar från juli 1995. Vid den utförda kalibreringen har ett antal tekniska parametrar justerats för att ge modellen maximal överensstämmelse med mätdata. De parametrar som justerats är bland annat friktionskoefficienter och koefficienter för energiutbyte mellan atmosfären och vattenytan. Figur 7-2 visar ett urval av modellens slutgiltiga resultat jämfört med kalibreringsdata. Den vänstra axeln visar strömshastighet och den högra visar strömriktningen. Kalibreringen antyder att modellen representerar strömmarnas riktning vid Oskarsgrundet väl och att strömshastigheterna generellt håller sig i samma storleksordning som uppmätta hastigheter.

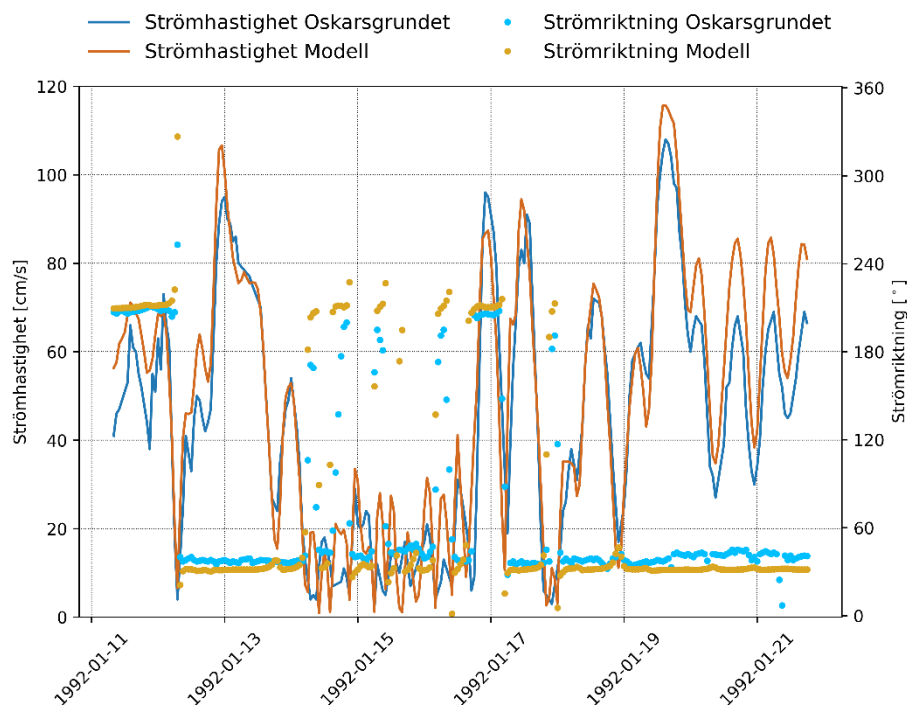
Figur 7-2. Kalibreringsdata från Oskarsgrundet (juli 1995) och modellresultat från samma period. Observera att många strömriktningsangivelser nära varandra kan likna en linje i diagrammet trots att de är enskilda punkter.



### 7.1.2 Validering

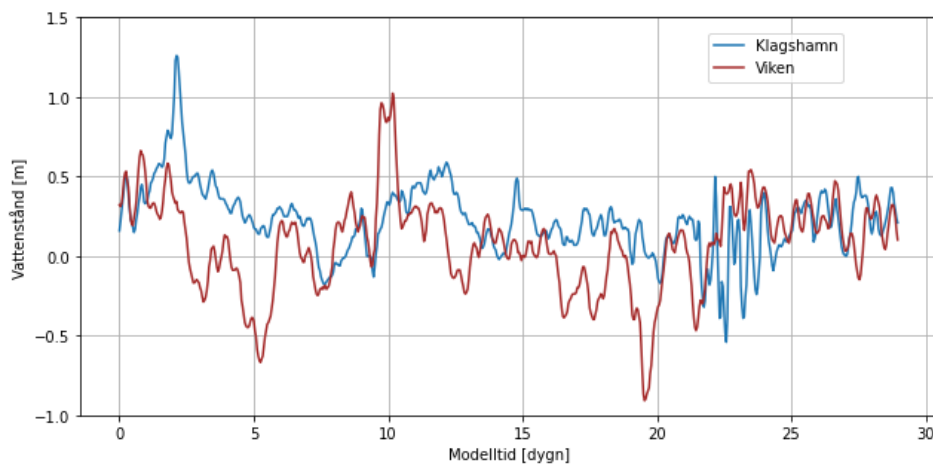
Validering för ström hastighet har gjorts mot under en period i början av 1992. Modellresultaten från en del av perioden jämförs med uppmätta data vid Oskarsgrundet i Figur 7-3. Figuren visar att modellen mycket väl återspeglar strömriktningen för denna dataserie, detta gäller även omslagen i strömriktning. Även ström hastigheten stämmer väl med valideringsdata.

Figur 7-3. Jämförelse av modellresultat och mätdata från Oskarsgrundet i januari 1992. Observera att många strömriktningsangivelser nära varandra kan likna en linje i diagrammet trots att de är enskilda punkter.



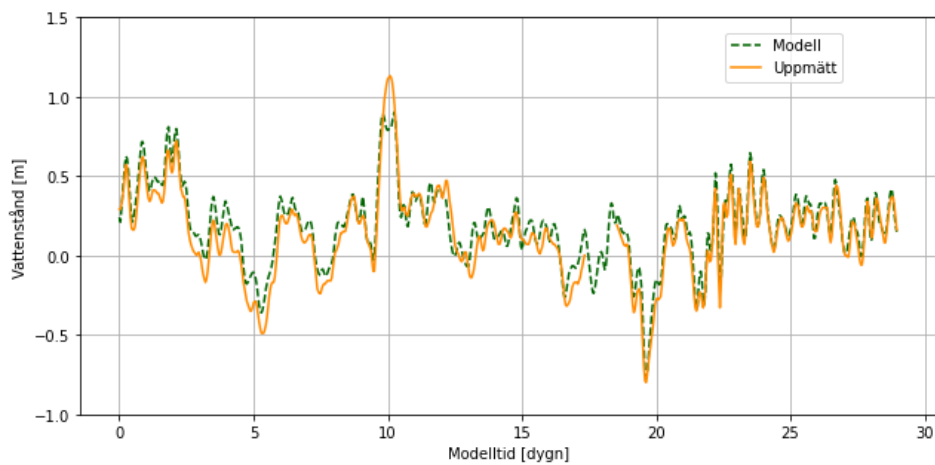
Modellen har också validerats mot vattenståndsmätningar utförda vid SMHI:s mätstation *Barsebäcks hamn* (2009). I Figur 7-4 visas vattenståndsdata under januari 1995 från *Klagshamn* och *Viken* som har använts för att driva vattenrörelserna i modellen under valideringsperioden (indata).

Figur 7-4. Drivningsdata för en vinterperiod som har använts för validering av modellen



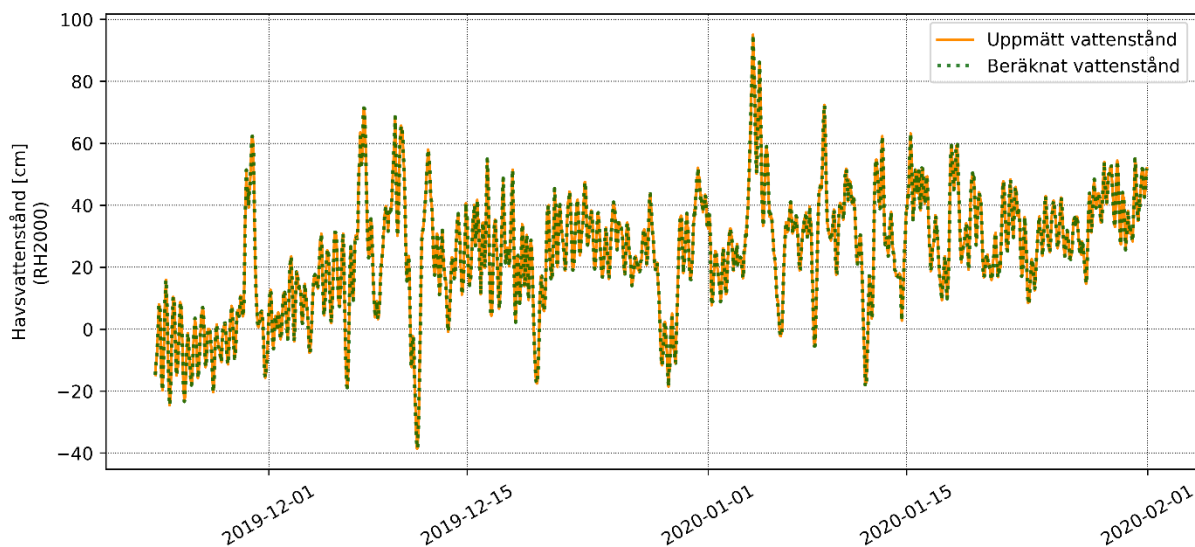
I Figur 7-5 jämförs modellresultaten för vattenstånd mot SMHI:s uppmätta vattenstånd i *Barsebäcks hamn*. Där ses god överensstämmelse mellan modellerade och uppmätta värden. Vid jämförelse av Figur 7-4 och Figur 7-5 framgår också att vattenståndet i *Barsebäcks hamn* följer vattenståndet i *Viken* i stor utsträckning. Detta är på grund av det stora flödesmotstånd som *Limhamnströskeln* utgör.

Figur 7-5. Jämförelse av uppmätt vattenståndsdata och modellresultat i Barsebäcks hamn. Mellan cirka 17 och 18 dygn in i mätserien saknas det uppmätt vattenståndsdata.



Validering för vattenstånd har även gjorts för det simulerade vinterscenariot, Figur 7-6. Där har vattenståndsdata hämtats från SMHI:s mätstation *Malmö Hamn Sjöv* (35152), se Figur 3-1, eftersom denna ligger närmast utredningsområdet. Figuren visar mycket bra överensstämmelse mellan uppmätta och modellerade vattenstånd.

Figur 7-6. Validering av vattenstånd för det simulerade vinterscenariot. Valideringen är gjord för mätstationen *Malmö Hamn Sjöv*.



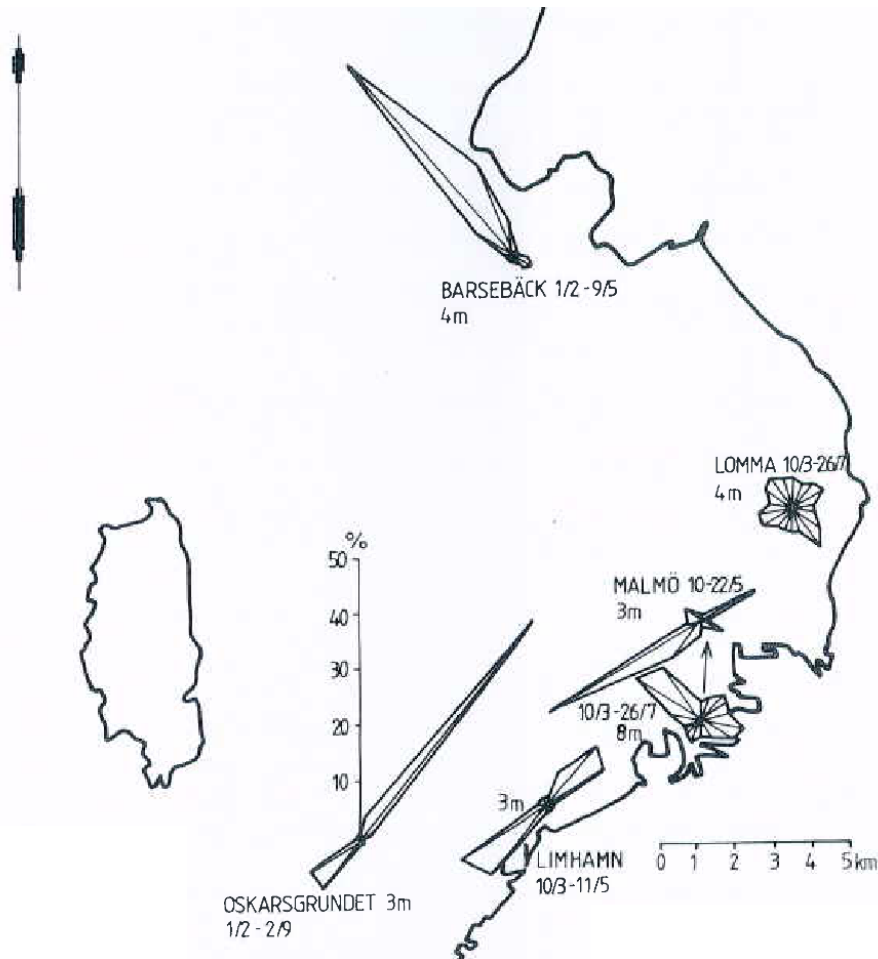
Under både det simulerade sommar- och vinterscenariot saknas uppmätta strömdata i modellområdet och därför har ingen validering kunnat göras för ström hastighet och -riktning för de simulerade scenarierna.

## 7.2 Övergripande modellresultat

Öresunds strömningsförhållanden är väl undersökta och i stor utsträckning kända. Den förhärskande strömningssituationen är en nordgående ytström av mindre salt Östersjövatten ovanpå en sydgående bottenström med saltare Kattegattsvatten. Ungefär i området mellan Barsebäck och Malmö tvingas av bottenförhållandena det saltare bottenvattnet uppåt i vattenpelaren och blandas därmed med ytvattnet.

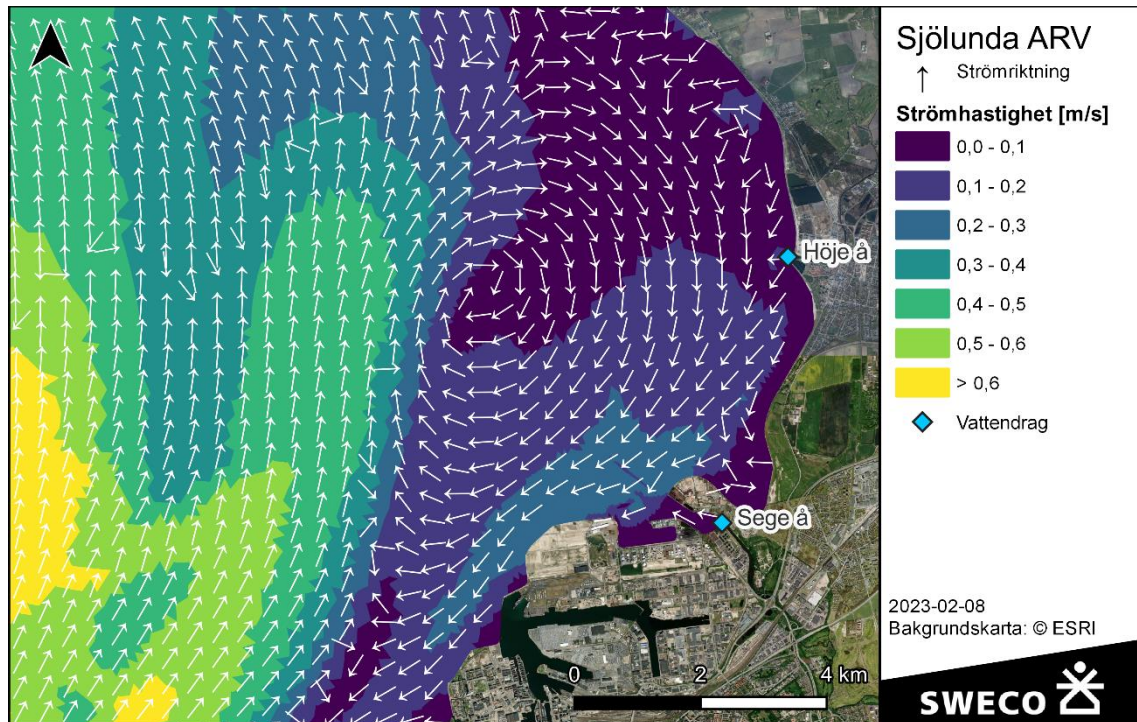
Lommabuktens vatten får ofta vid denna vanligt förekommande strömningssituation en storskalig virvel med riktning medurs. Denna virvel bidrar till att en stor del av de strömmar som passerar Spillepengens spets har sydvästlig riktning. SMHI (1986) gjorde under 1984 mätningar av denna virvel vilka visar ett tydligt mönster där "huvudströmfåran" i Öresund har nordgående riktning samtidigt som den främsta transporten vid Malmös kustlinje och vid Spillepengen är sydgående (Figur 7-7).

Figur 7-7. Karta från SMHI:s strömmätningar under 1984, efter (SMHI 1986).



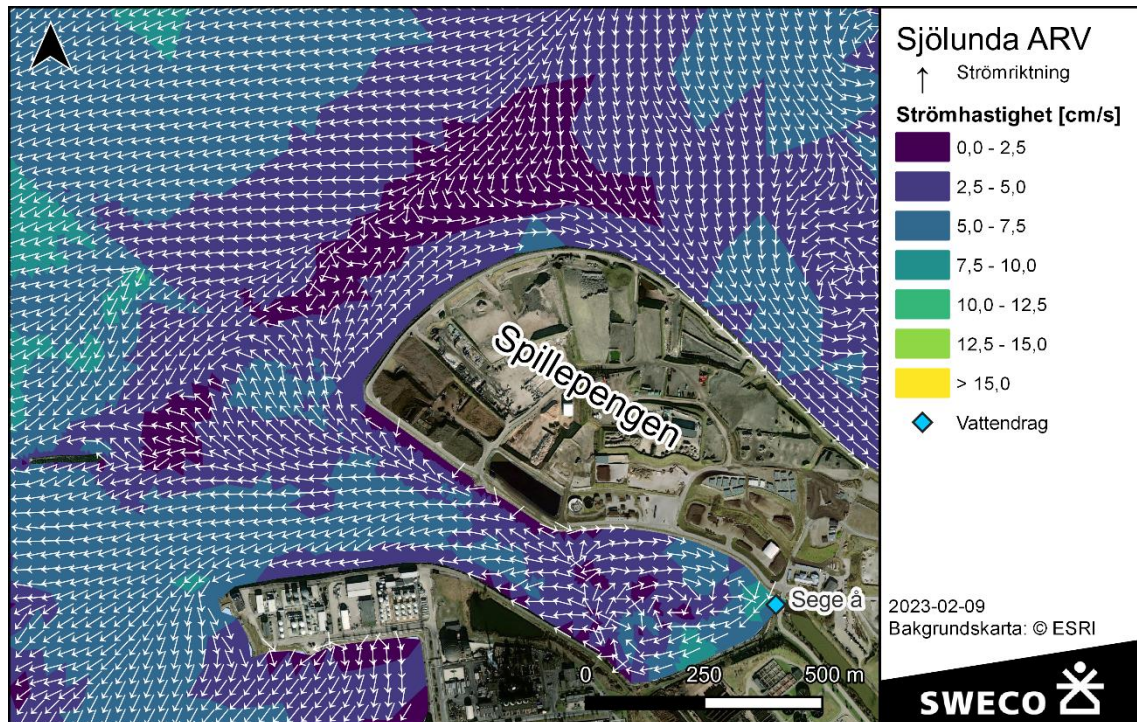
Denna virvelbildning återspeglas väl i modellresultaten, ett exempel ses i Figur 7-8. Figuren visar strömshastigheterna i ytan vid ett tillfälle under sommarsimuleringen då en tydlig virvel i Lommabukten uppstår.

Figur 7-8. Ögonblicksbild från sommarsimuleringen av ett tillfälle med karakteristisk virvelbildning i Lommabukten.



Ett annat flödesfenomen i området som modellresultaten visar, är att vatten från Sege ås mynning ofta strömmar direkt in mot Lommabukten utmed Spillepengens västra spets. Detta kan ses i Figur 7-9 där strömmarna närmast Spillepengens västra kuststräcka är nordostgående trots att strömmen cirka 250 m ut från kusten är direkt motriktad (sydvästgående). Strömhastigheterna vid detta fenomen är dock generellt förhållandevis låga vilket innebär att sedimenttransporten in mot Lommabukten längs med Spillepengens strandlinje är begränsad.

Figur 7-9. Ögonblicksbild från sommarsimuleringen av ett tillfälle med strömmar som följer Spillepengens strandlinje i riktning mot Lommabukten.



## 7.3 Modellresultat, Vinter

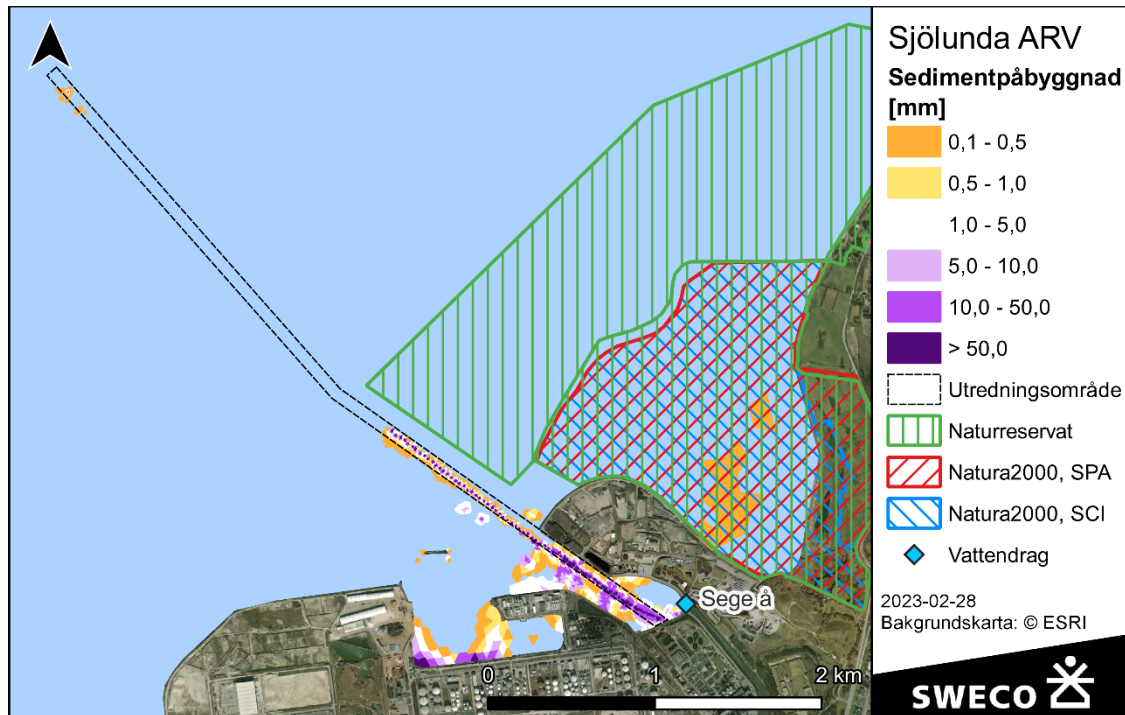
### 7.3.1 Sedimentpålagring

I Figur 7-10 visas modellresultat för sedimentpålagringens mäktighet från den simulerade vinterperioden. I kartan kan ses att den största påbyggnaden återfinns i direkt anslutning till muddringsplatserna. Utöver sedimentpålagringen i direkt anslutning till muddring återfinns områdena med den kraftigaste sedimentpålagringen i områden med lugnare strömförhållanden, inne i viken nära Sege ås mynning samt i Oljehamnen. Modellresultaten visar ingen sedimentpålagring över 0,5 mm i varken något av Natura 2000-områdena eller naturreservaten.

För området utanför Spillepengens västra spets kan det generellt konstateras att vid ett avstånd upp till cirka 100 m från sedimentspillet visar modellresultaten på lokal sedimentpålagring om upp till 10 mm. På avstånd om cirka 200 m ses lokal pålagring om upp till 5 mm.

För området innanför Spillepengens västra spets visar modellresultaten att lokal pålagring upp till 10 mm kan förväntas förekomma i samtliga delar av viken förutom närmast Sege ås utlopp, där flödet från ån bidrar till att minska sedimentationsmöjligheterna.

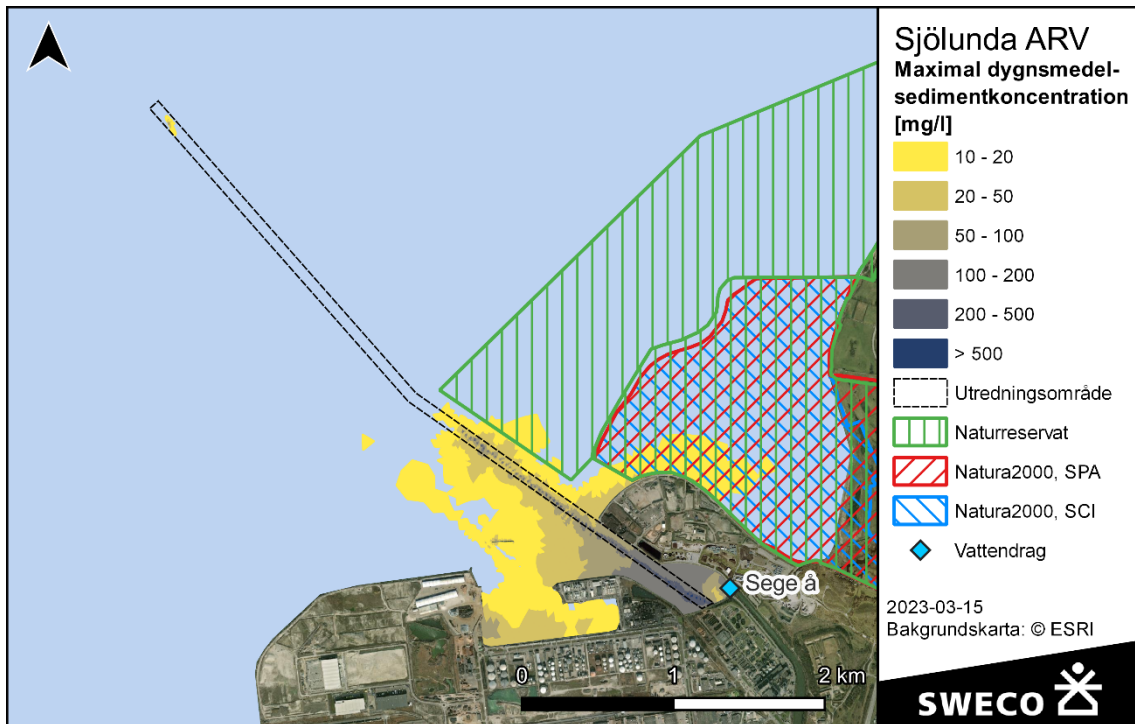
Figur 7-10. Karta över sedimentpåbyggnadens mäktighet efter avslutad muddring under vinterförhållanden.



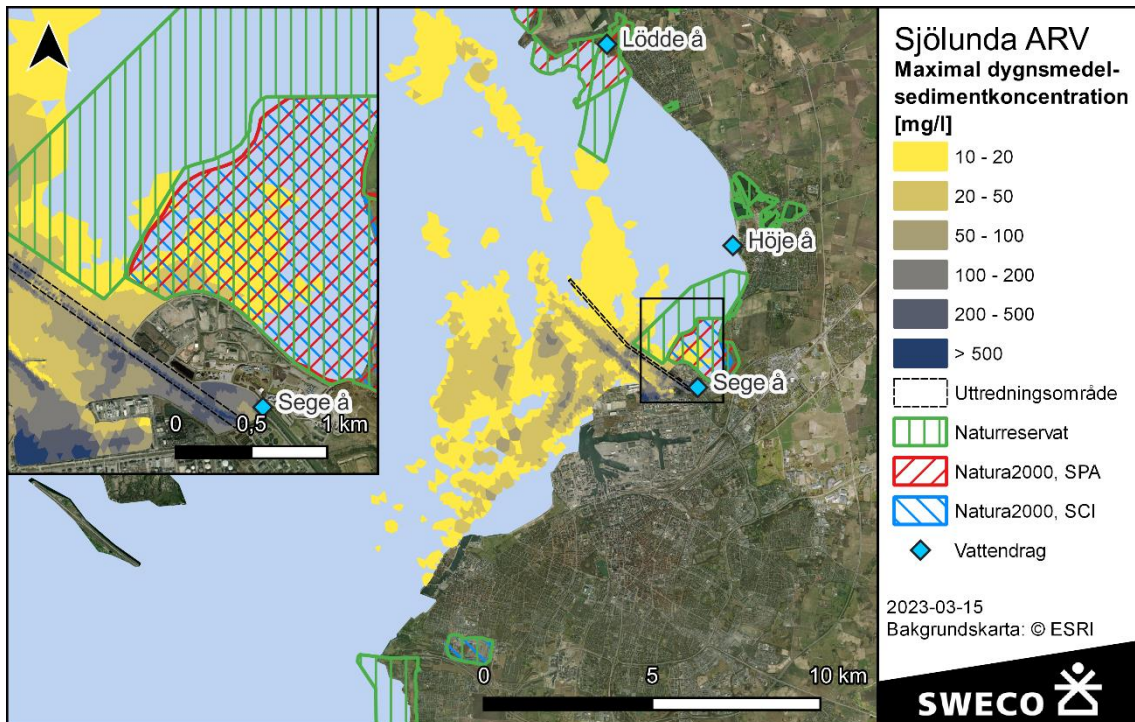
### 7.3.2 Sedimentkoncentration

I Figur 7-11 och Figur 7-12 visas kartor över maximal rullande dygnsmedelkoncentration av sediment. Skillnaderna mellan kartorna är att Figur 7-11 visar maximal rullande medelsedimentkoncentration som ett medelvärde över djupet och Figur 7-12 visar samma parameter vid det djup där maximal koncentration återfinns. Kartorna visar således inte sedimentkoncentrationen vid en tidpunkt utan för varje punkt i kartorna visas den maximala dygnsmedelkoncentrationen som uppstår någon gång under muddringsperioden. Angränsande punkters maximala koncentrationer förekommer heller inte nödvändigtvis vid samma tidpunkt. Kartornas huvudsakliga syfte är att illustrera vilka områden som kan komma att påverkas av förhöjda sedimentkoncentrationer. Vid jämförelse av de två kartorna framgår en stor skillnad i utbredningsområde. Denna beror på den stora djupvariationen av sedimentkoncentrationen.

Figur 7-11. Karta över maximal rullande dygnsmedelsedimentkoncentration, medelvärde över djup. Vinterförhållanden. Observera att kartan inte visar sedimentkoncentrationen vid en tidpunkt utan för varje punkt i kartorna visas den maximala dygnsmedelkoncentrationen som uppstår någon gång under modellsimuleringen.



Figur 7-12. Karta över maximal rullande dygnsmedelsedimentkoncentration, vid det djup där sedimentkoncentrationen är som högst. Vinterförhållanden. Observera att kartan inte visar sedimentkoncentrationen vid en tidpunkt utan för varje punkt i kartorna visas den maximala dygnsmedelkoncentrationen som uppstår någon gång under modellsimuleringen.

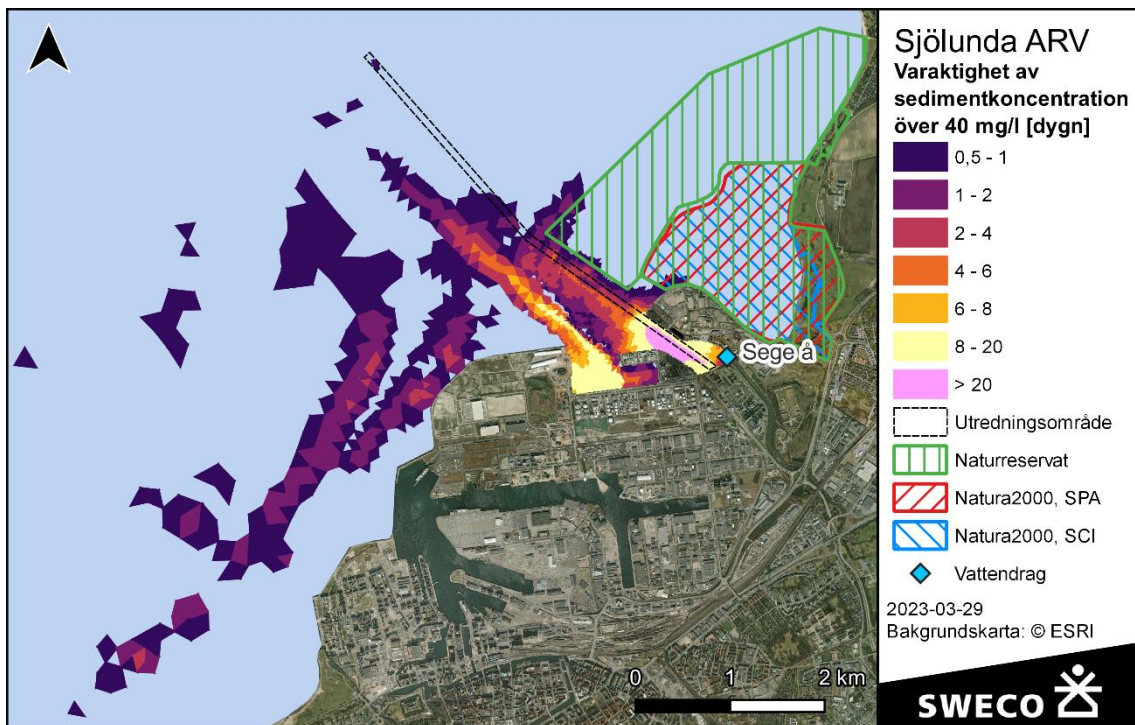


Figur 7-13 och Figur 7-14 visar kartor över total varaktighet av sedimentkoncentrationer över 40 respektive 100 mg/l någonstans i vattenpelaren. Den varaktighet som visas behöver nödvändigtvis inte vara under ett och samma tillfälle utan är en summa över hela simuleringsperioden.

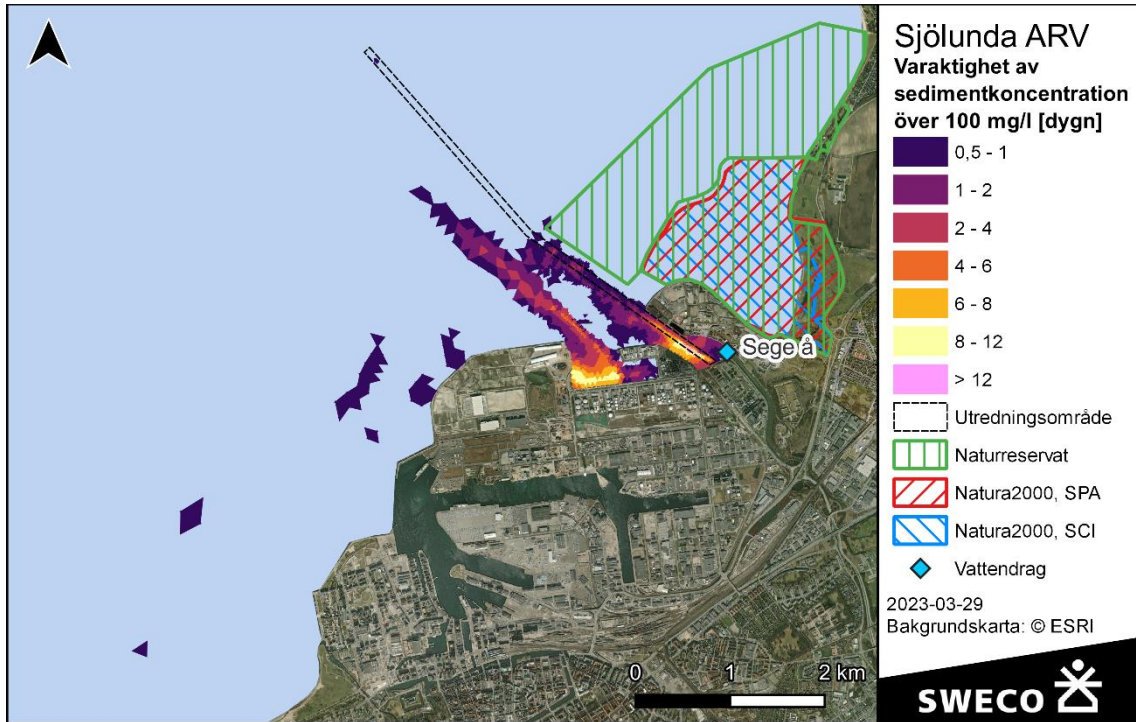
I varaktighetskartorna kan ses att de längsta varaktigheterna återfinns inne i viken nära Sege ås mynning samt i de djupare områdena i Oljehamnen och i inseglingrännan till Oljehamnen.

Vid gränsen av naturreservatet Strandhusens revlar ses i Figur 7-14 att koncentrationen 100 mg/l överskrids under upp till 1 dygn.

Figur 7-13. Karta över varaktighet för koncentrationer över 40 mg/l för vinterförhållanden.

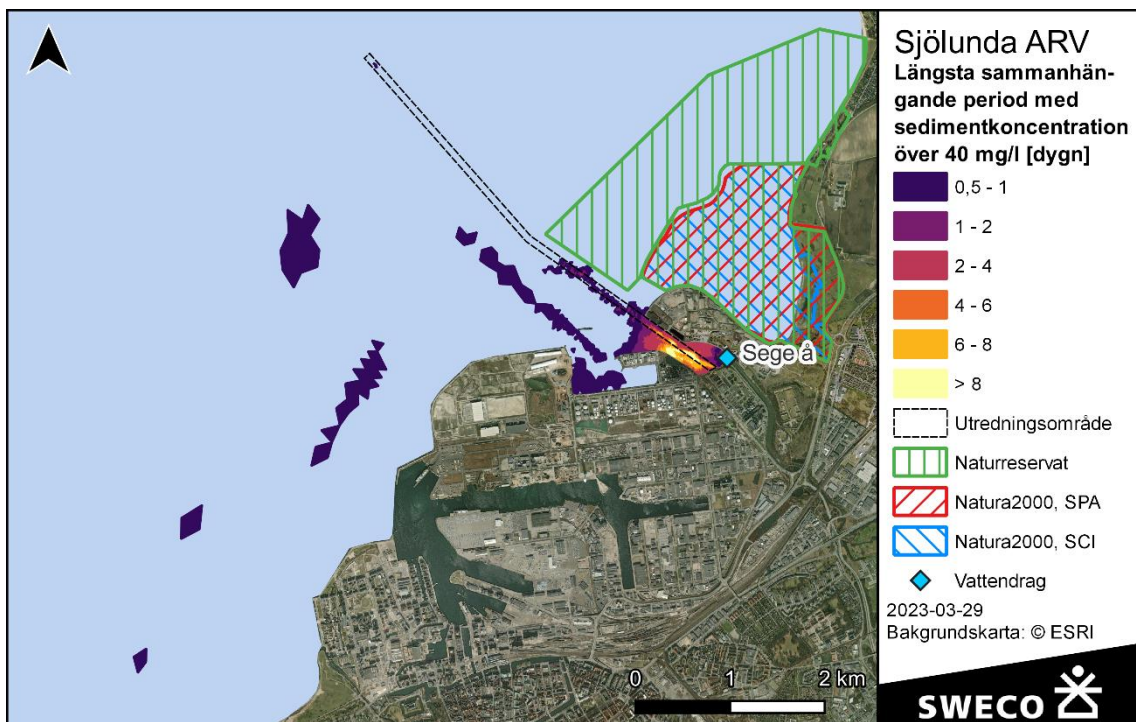


Figur 7-14. Karta över varaktighet för koncentrationer över 100 mg/l för vinterförhållanden.

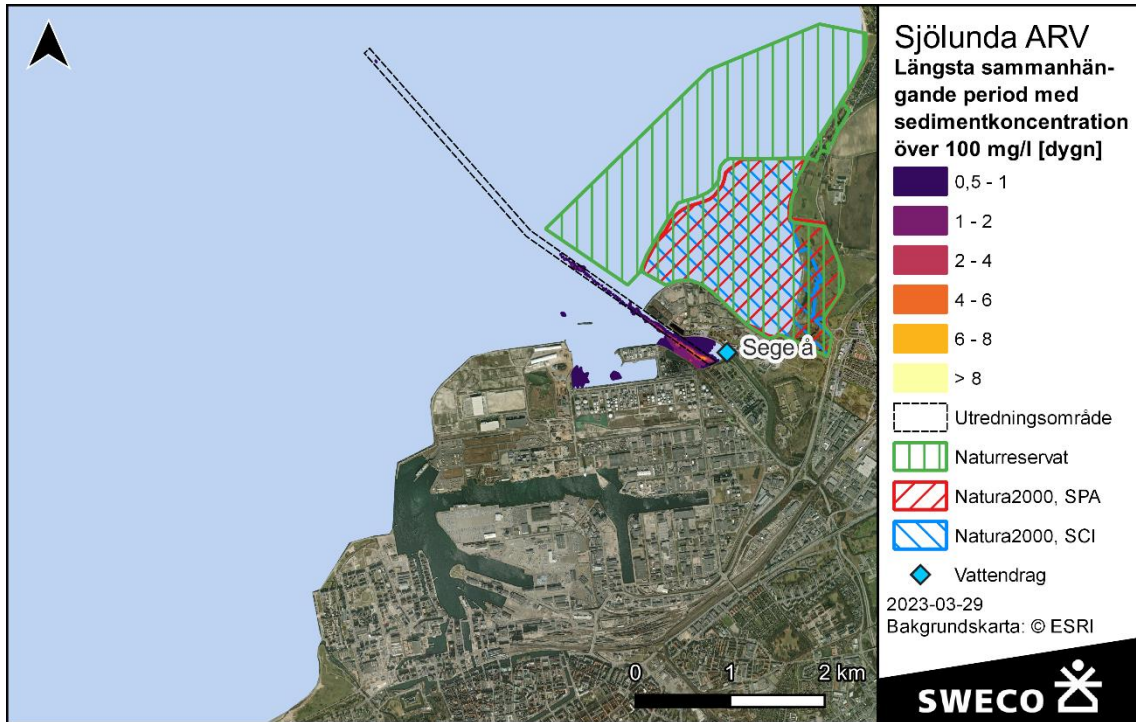


I Figur 7-15 och Figur 7-16 visas längden av de längsta perioderna med sammanhängande sedimentkoncentration över 40 respektive 100 mg/l under hela simuleringsperiodens. Vid jämförelse av Figur 7-15 och Figur 7-16 med Figur 7-13 respektive Figur 7-14 ses stora skillnader i varaktighet, detta visar på sedimentplymens stora variation över tid.

Figur 7-15. Karta som visar den längsta sammanhängande perioden med sedimentkoncentrationer över 40 mg/l för vinterförhållanden.

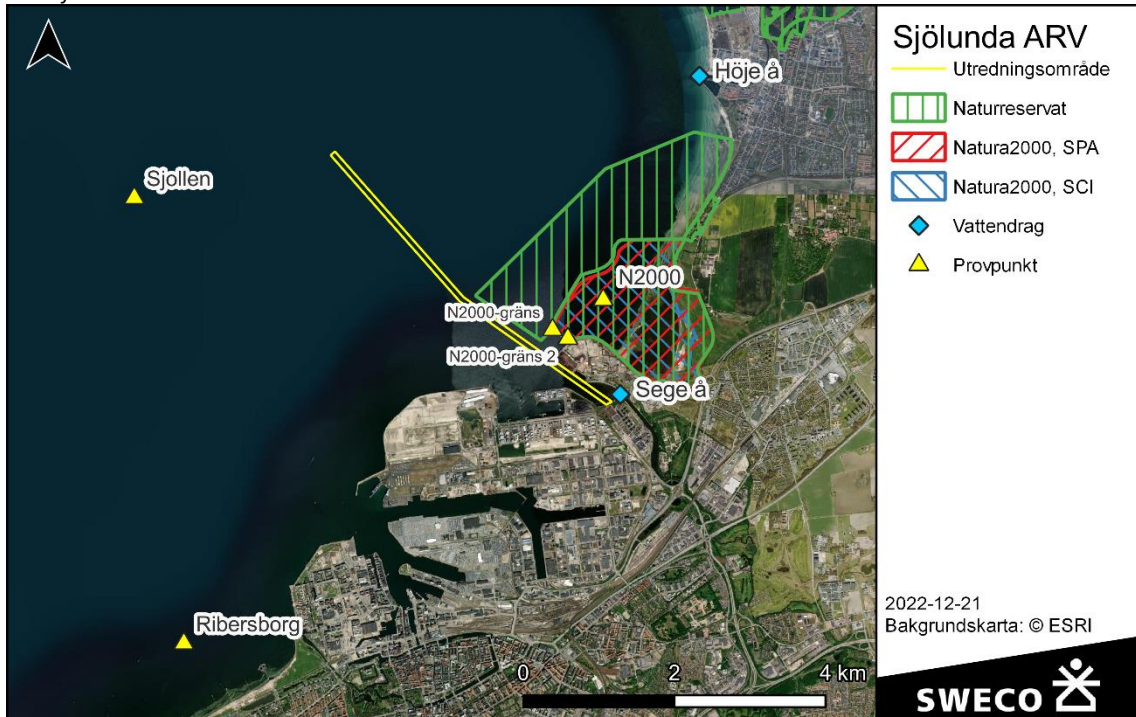


Figur 7-16. Karta som visar den längsta sammanhängande perioden med sedimentkoncentrationer över 100 mg/l för vinterförhållanden.



I Figur 7-17 visas placering av fem olika fiktiva provpunkter som används för att plocka ut och analysera modellresultat.

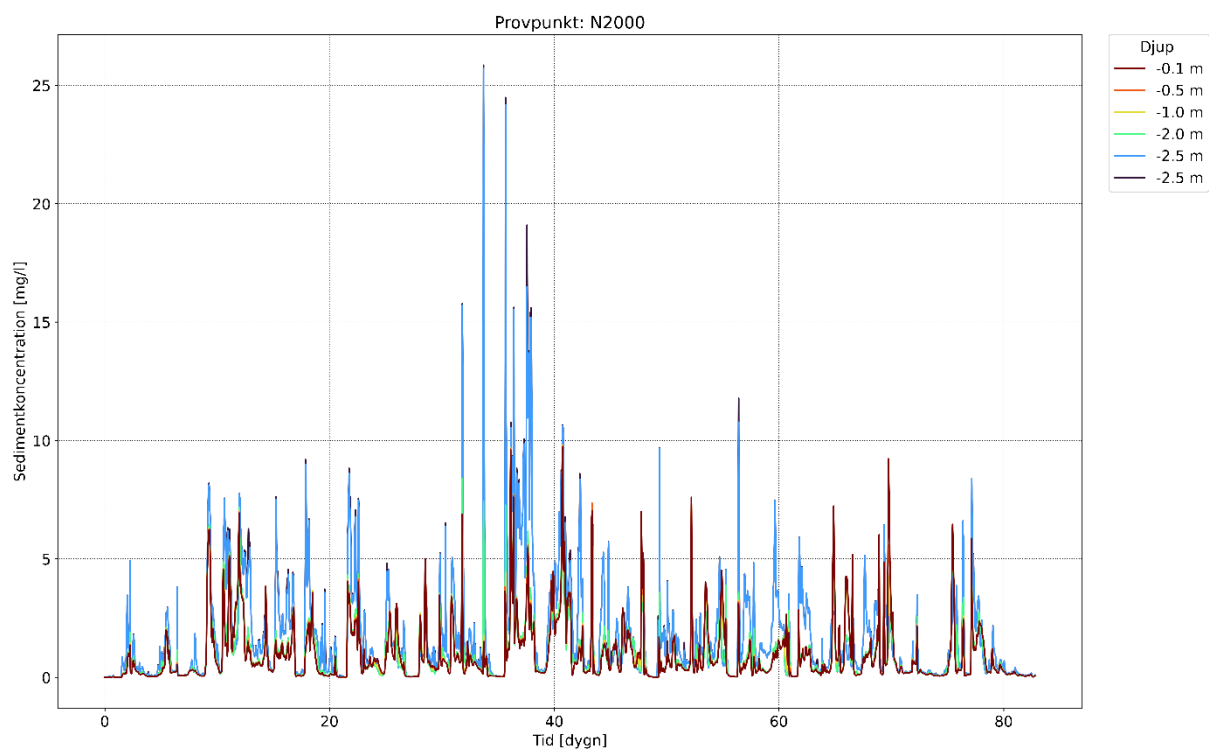
Figur 7-17. Karta som visar den längsta sammanhängande perioden med sedimentkoncentrationer över 100 mg/l för vinterförhållanden.



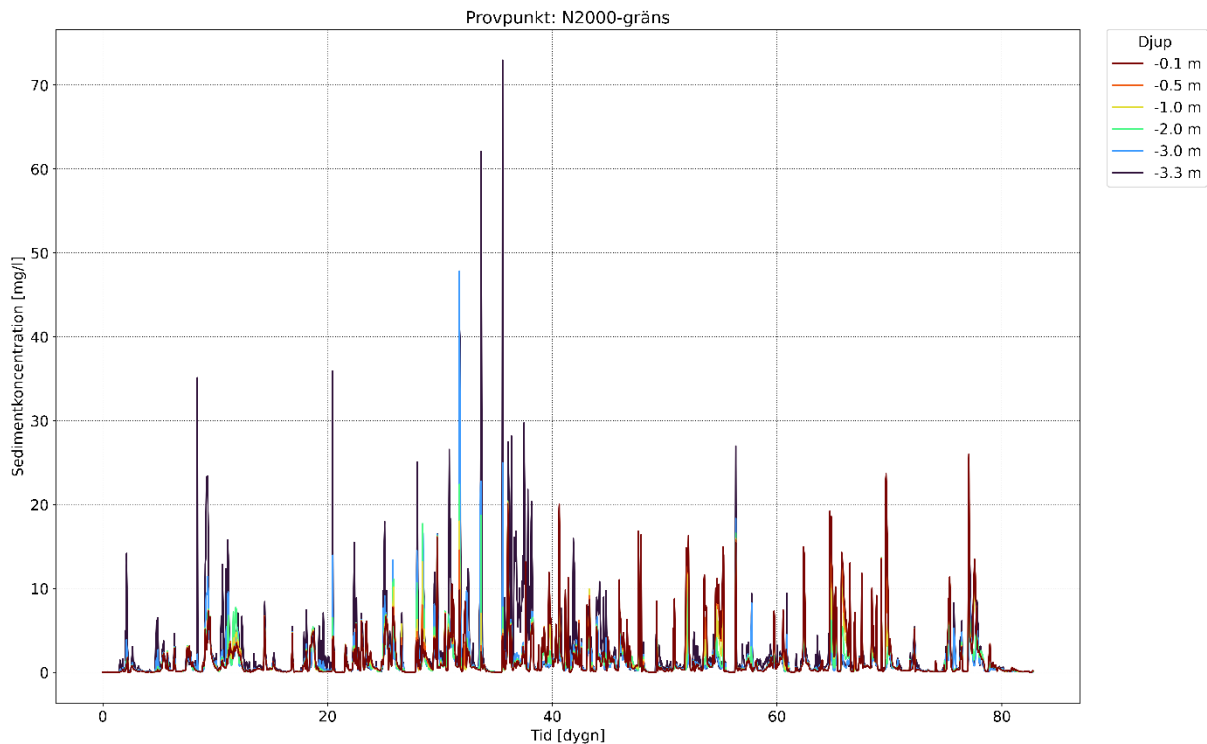
I Figur 7-18 - Figur 7-22 visas tidsserier av sedimentkoncentrationen vid olika djup i de fem provpunkter som visas i Figur 7-17 för hela simuleringsperiodens längd. I figurerna ses en kraftig tidsvariation, där sedimentkoncentrationen i en given punkt beror på vilka strömförhållanden som råder. Strömförhållandena styr vilken riktning och vilket avstånd som sedimentet kan spridas från muddringen. Även en tydlig djupvariation kan ses, denna beror dels på sedimentets sjunkhastighet som leder till ökande koncentrationer längre ned i vattenpelaren, dels på att 40% av sedimentet antas spillas nära botten. Figur 7-18 - Figur 7-22 återfinns även i större format i Bilaga 1 avsnitt 11 Vinterförhållanden.

För Natura 2000 områdena gäller att vid gränsen till området överskrids 70 mg/l under korta perioder (storleksordningen timmar). Koncentrationen sjunker med avståndet från muddring och cirka 700 m in i Natura 2000 områdena uppnås som maximalt cirka 25 mg/l.

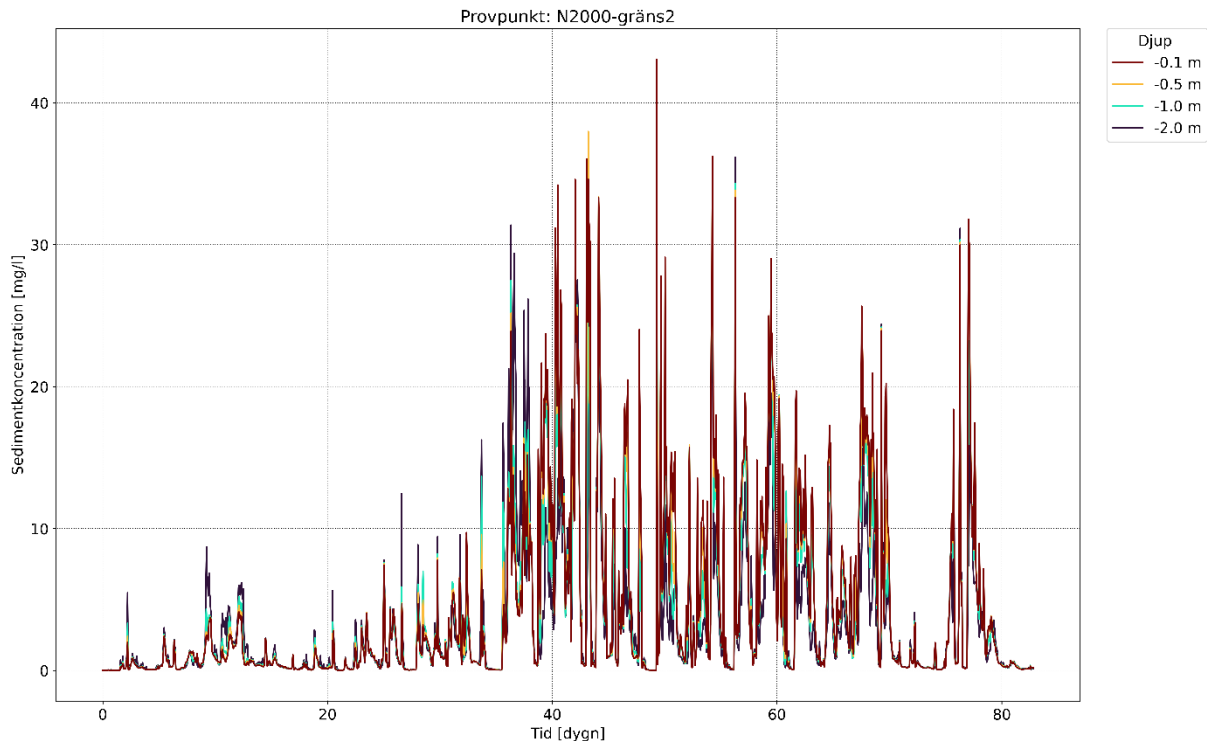
Figur 7-18. Tidsserie över sedimentkoncentrationen vid olika djup för provpunkten N2000. Vinterförhållanden.



Figur 7-19. Tidsserie över sedimentkoncentrationen vid olika djup för provpunkten N2000-gräns. Vinterförhållanden.

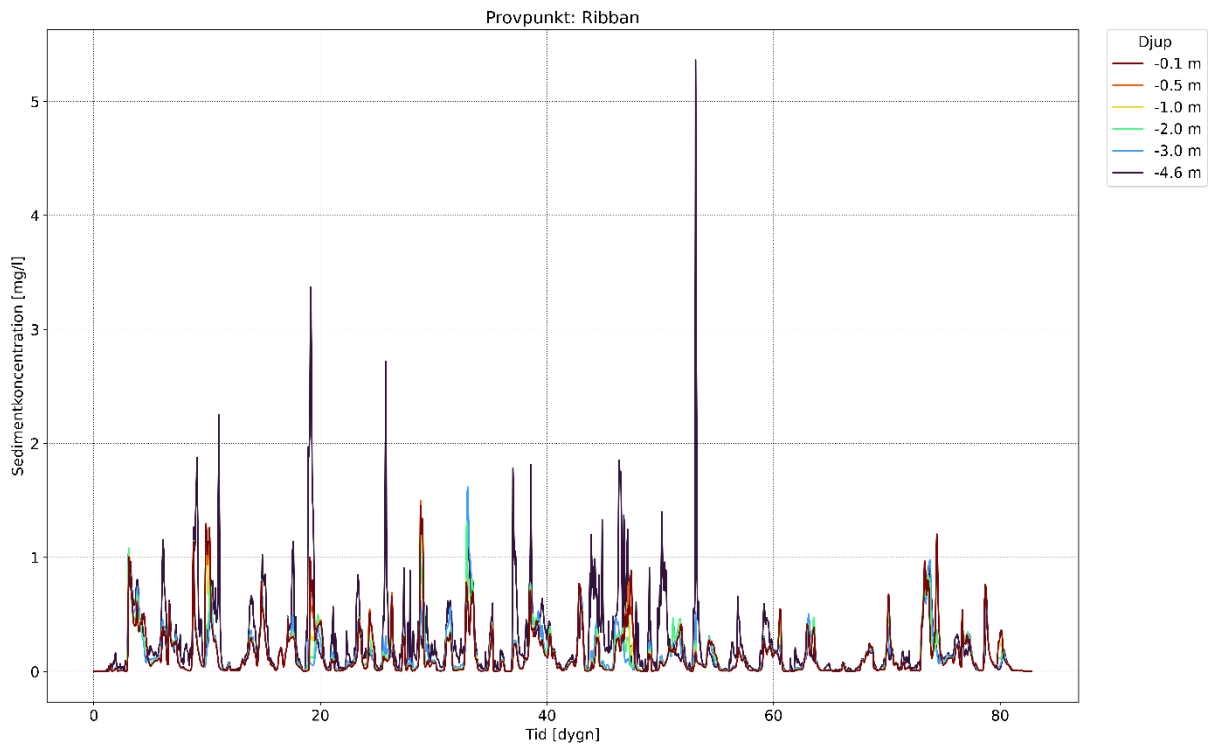


Figur 7-20. Tidsserie över sedimentkoncentrationen vid olika djup för provpunkten N2000-gräns2. Vinterförhållanden.

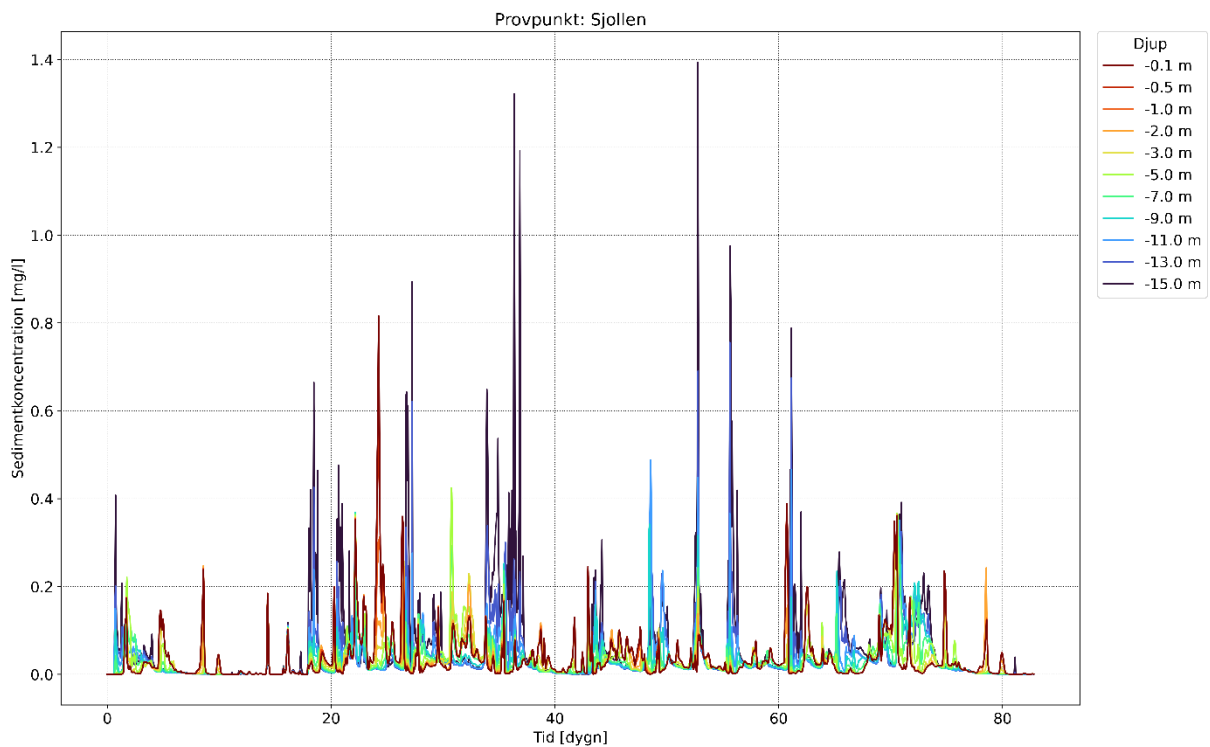


För provpunkterna längre ifrån muddringen, Ribersborg och Sjollen (Figur 7-21 respektive Figur 7-22), ses att sedimentkoncentrationerna är betydligt lägre. För Ribersborg är den maximala koncentrationen som uppnås under hela den simulerade vinterperioden cirka 5 mg/l och motsvarande koncentration för Sjollen är cirka 1 mg/l.

Figur 7-21. Tidsserie över sedimentkoncentrationen vid olika djup för provpunkten Ribbersborg. Vinterförhållanden.



Figur 7-22. Tidsserie över sedimentkoncentrationen vid olika djup för provpunkten Sjollen. Vinterförhållanden.



## 7.4 Modellresultat, Sommar

### 7.4.1 Sedimentpålagring

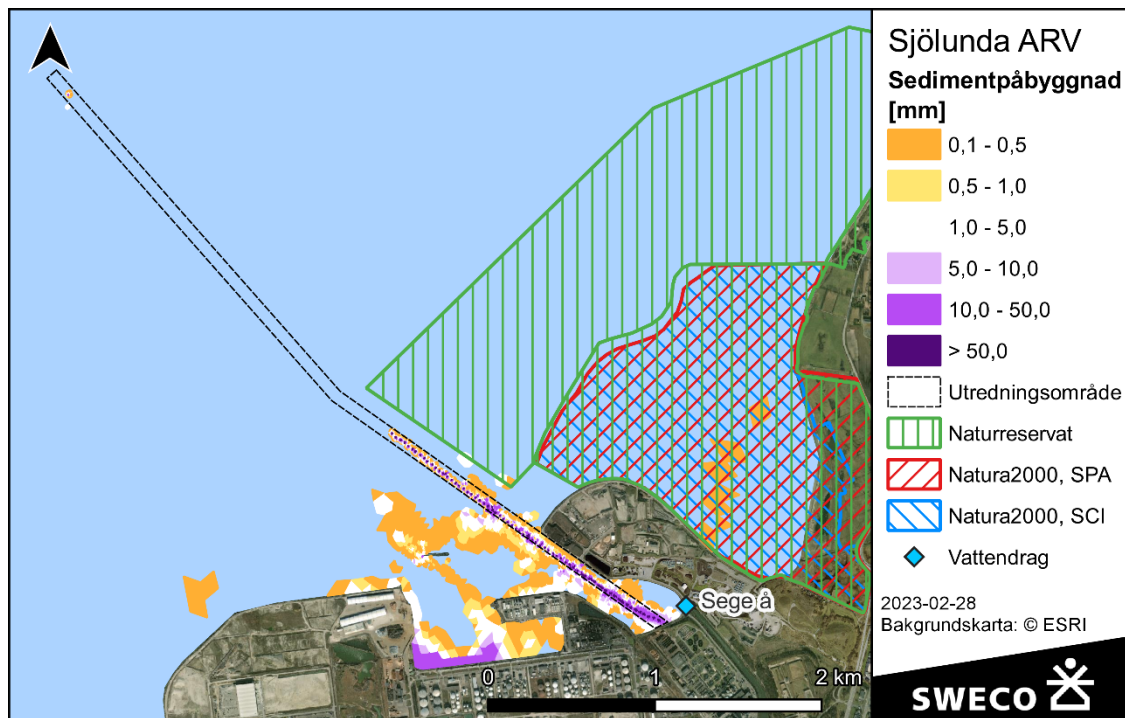
I Figur 7-23 visas modellresultat för sedimentpålagringens mäktighet från den simulerade sommarperioden. I kartan kan ses att den största påbyggnaden återfinns i direkt anslutning till muddringsplatserna. Utöver sedimentpålagringen i direkt anslutning till muddring återfinns områdena med den kraftigaste sedimentpålagringen i områden med lugnare strömförhållanden, inne i viken nära Sege ås mynning samt i Oljehamnen. Modellresultaten visar ingen sedimentpålagring över 0,5 mm i Natura 2000 områdena.

För området utanför Spillepengens västra spets kan det generellt konstateras att vid ett avstånd upp till cirka 200 m från sedimentspillet visar modellresultaten på lokal sedimentpålagring om upp till 10 mm. På avstånd om cirka 400 m ses lokal pålagring om upp till 5 mm.

I Figur 7-23 ses också att ytterkanten av naturreservatet Strandhusens revlar, som ligger som närmast cirka 150 m från muddringsområdena, beräknas få en viss lokal sedimentpålagring upp till cirka 5 mm.

För området innanför Spillepengens västra spets visar modellresultaten att lokal pålagring upp till 5 mm kan förväntas förekomma i samtliga delar av viken förutom närmast Sege ås utlopp, där flödet från ån bidrar till att minska sedimentationsmöjligheterna.

Figur 7-23. Karta över sedimentpåbyggnadens mäktighet efter avslutad muddring under sommarförhållanden.

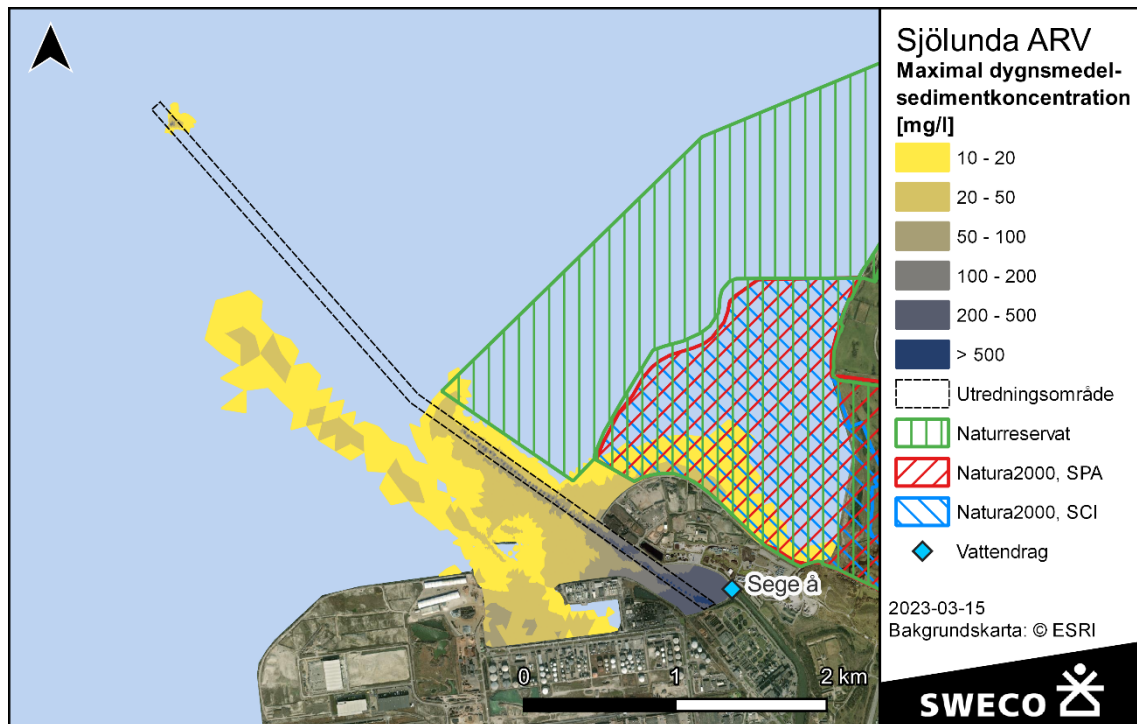


### 7.4.2 Sedimentkoncentration

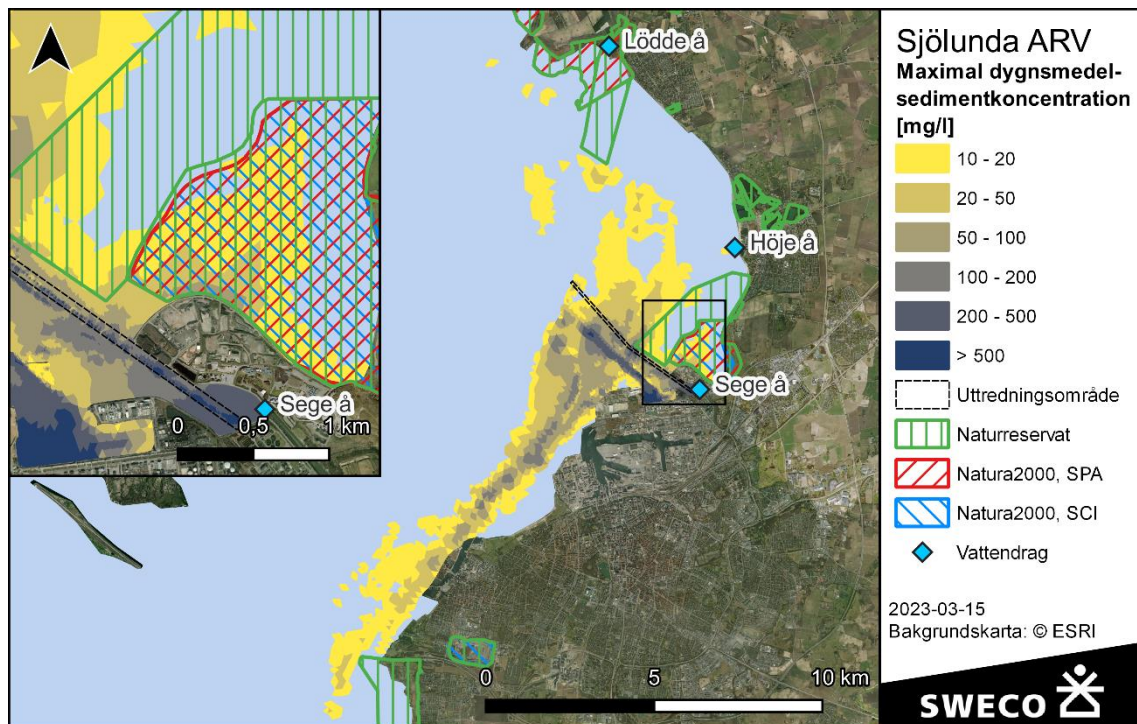
I Figur 7-24 och Figur 7-25 visas kartor över maximal rullande dygnsmedelsedimentkoncentration. Skillnaderna mellan kartorna är att Figur 7-24 visar maximal rullande medelsedimentkoncentration som ett medelvärde över djupet och Figur 7-25 visar samma parameter vid det djup där maximal sedimentkoncentration återfinns. Kartorna visar således inte sedimentkoncentrationen vid en tidpunkt

utan för varje punkt i kartorna visas den maximala dygnsmedelkoncentrationen som uppstår någon gång under modellsimuleringen. Angränsande punkters maximala koncentrationer förekommer heller inte nödvändigtvis vid samma tidpunkt. Kartornas huvudsakliga syfte är att illustrera vilka områden som kan komma att påverkas av förhöjda sedimentkoncentrationer. Vid jämförelse av de två kartorna framgår en stor skillnad i utbredningsområde. Denna beror på den stora djupvariationen av sedimentkoncentrationen.

*Figur 7-24. Karta över maximal rullande dygnsmedelsedimentkoncentration, medelvärde över djup. Sommarförhållanden. Observera att kartan inte visar sedimentkoncentrationen vid en tidpunkt utan för varje punkt i kartorna visas den maximala dygnsmedelkoncentrationen som uppstår någon gång under modellsimuleringen.*



Figur 7-25. Karta över maximal rullande dygnsmedelsedimentkoncentration, vid det djup där sedimentkoncentrationen är som högst. Sommarförhållanden. Observera att kartan inte visar sedimentkoncentrationen vid en tidpunkt utan för varje punkt i kartorna visas den maximala dygnsmedelkoncentrationen som uppstår någon gång under modellsimuleringen.

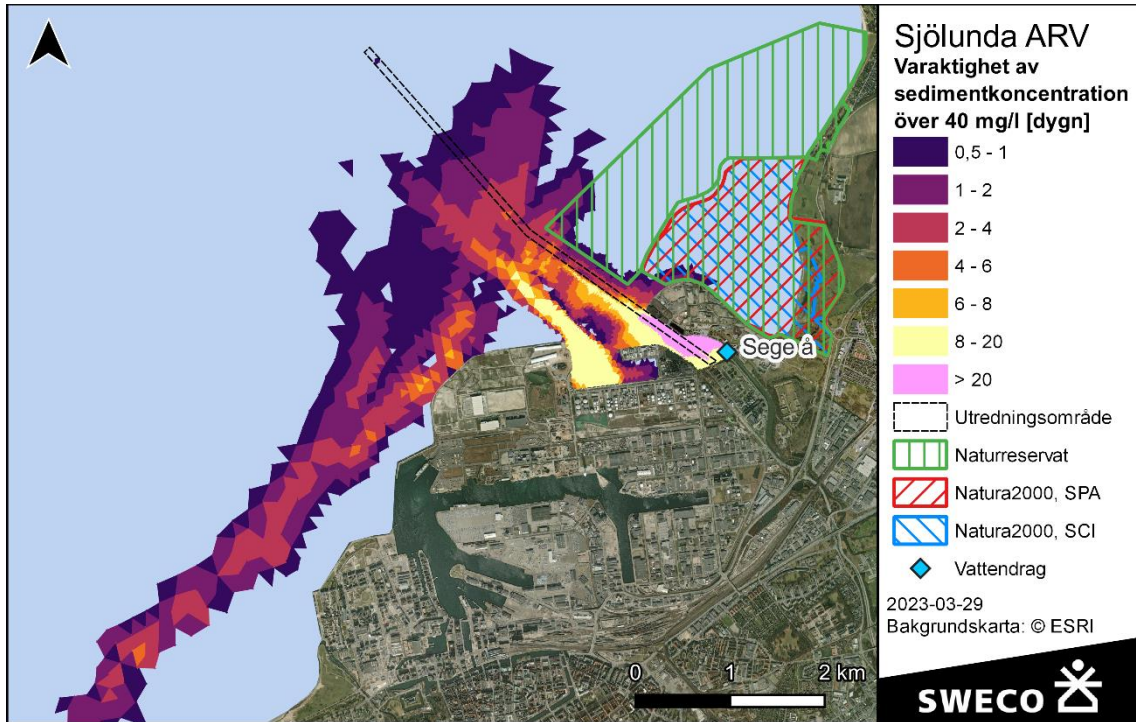


Figur 7-26 och Figur 7-27 visar kartor över total varaktighet av sedimentkoncentrationer över 40 respektive 100 mg/l någonstans i vattenpelaren. Den varaktighet som visas behöver nödvändigtvis inte vara under ett och samma tillfälle utan är en summa över hela simuleringsperiodens längd.

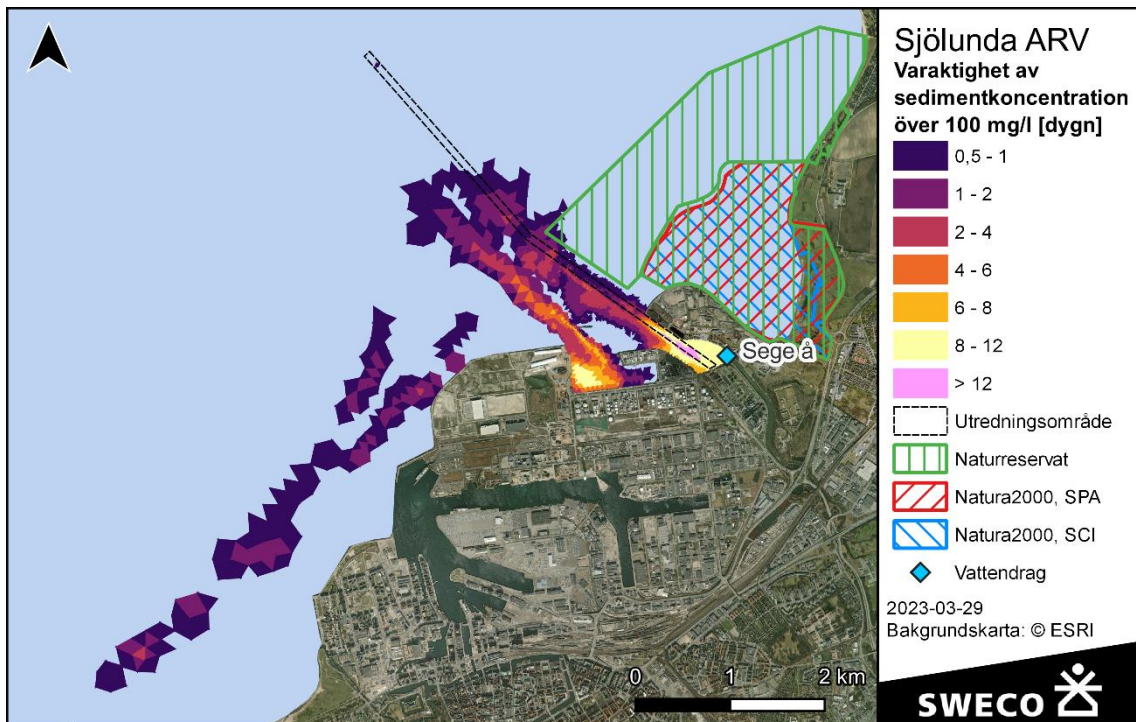
I varaktighetskartorna kan ses att de längsta varaktigheterna återfinns inne i viken nära Sege ås mynning, i muddringsområdena samt i de djupare områdena i Oljehamnen och i inseglingstrännan till Oljehamnen.

Vid gränsen av naturreservatet Strandhusens revlar ses i Figur 7-27 att koncentrationen 100 mg/l överskrids under upp till 2 dygn.

Figur 7-26. Karta över varaktighet för koncentrationer över 40 mg/l för sommarförhållanden.

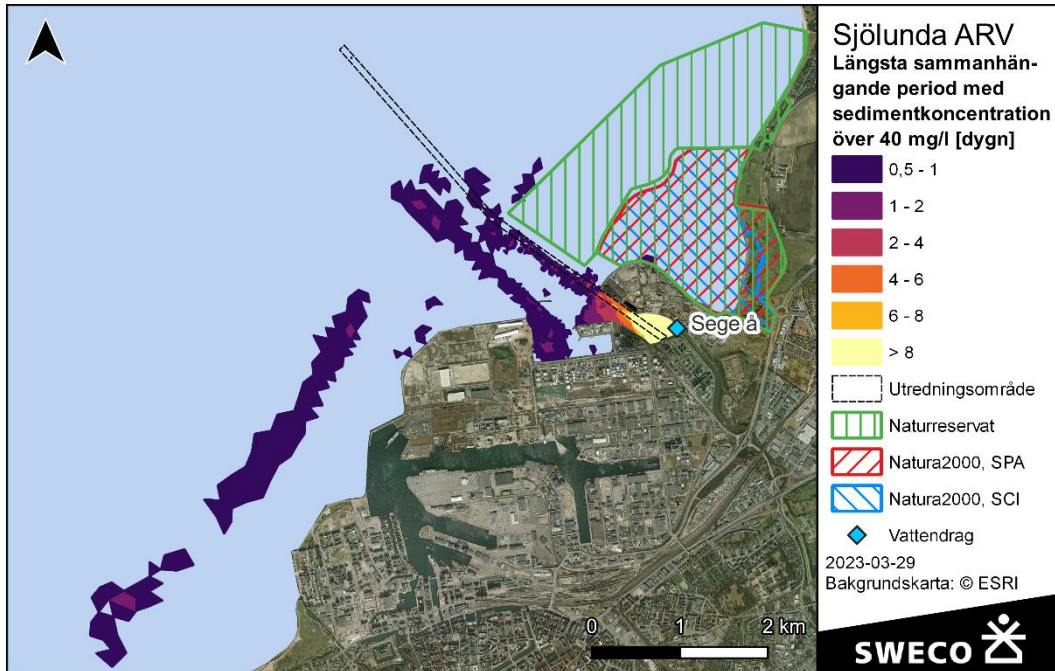


Figur 7-27. Karta över varaktighet för koncentrationer över 100 mg/l för sommarförhållanden.

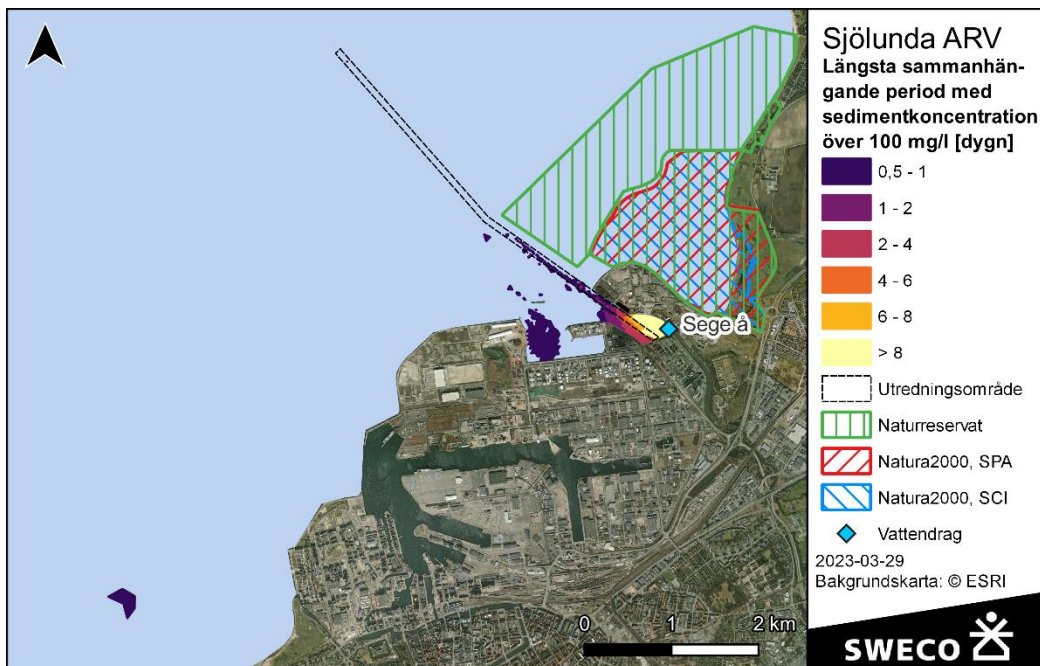


I Figur 7-28 och Figur 7-29 visas längden av de längsta perioderna med sammanhängande sedimentkoncentration över 40 respektive 100 mg/l under hela simuleringsperiodens. Vid jämförelse av Figur 7-28 och Figur 7-29 med Figur 7-26 respektive Figur 7-27 ses stora skillnader i varaktighet, detta visar på sedimentplymens stora variation över tid.

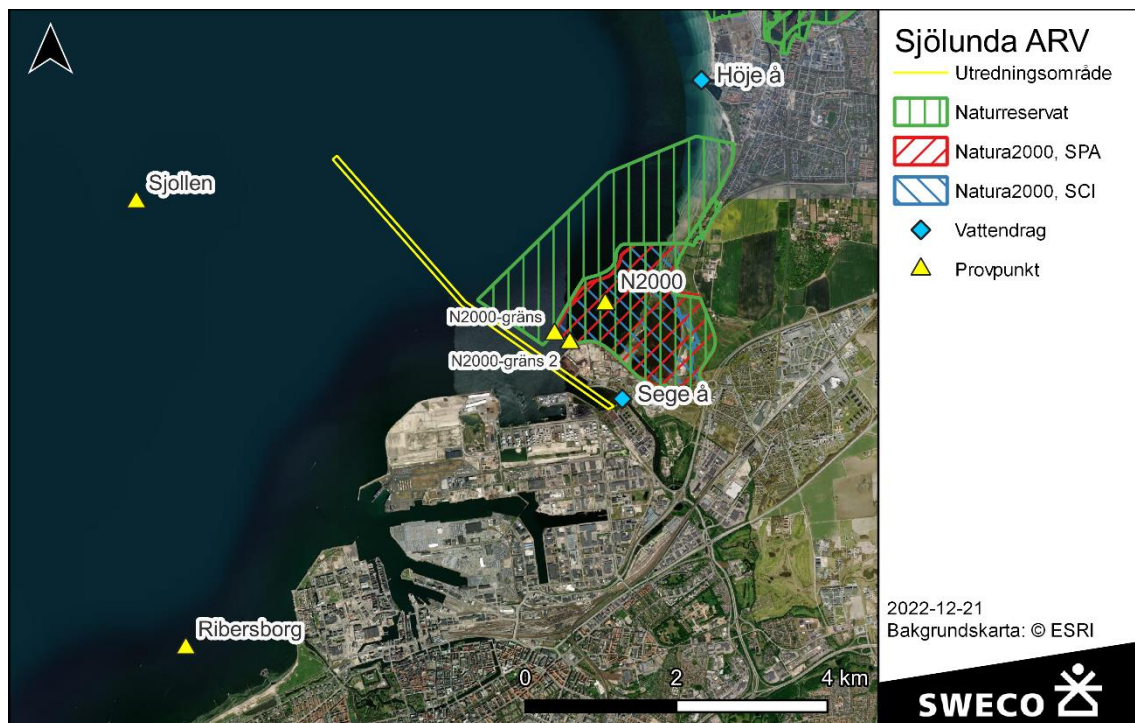
Figur 7-28. Karta som visar den längsta sammanhängande perioden med sedimentkoncentrationer över 40 mg/l för sommarförhållanden.



Figur 7-29. Karta som visar den längsta sammanhängande perioden med sedimentkoncentrationer över 100 mg/l för sommarförhållanden.



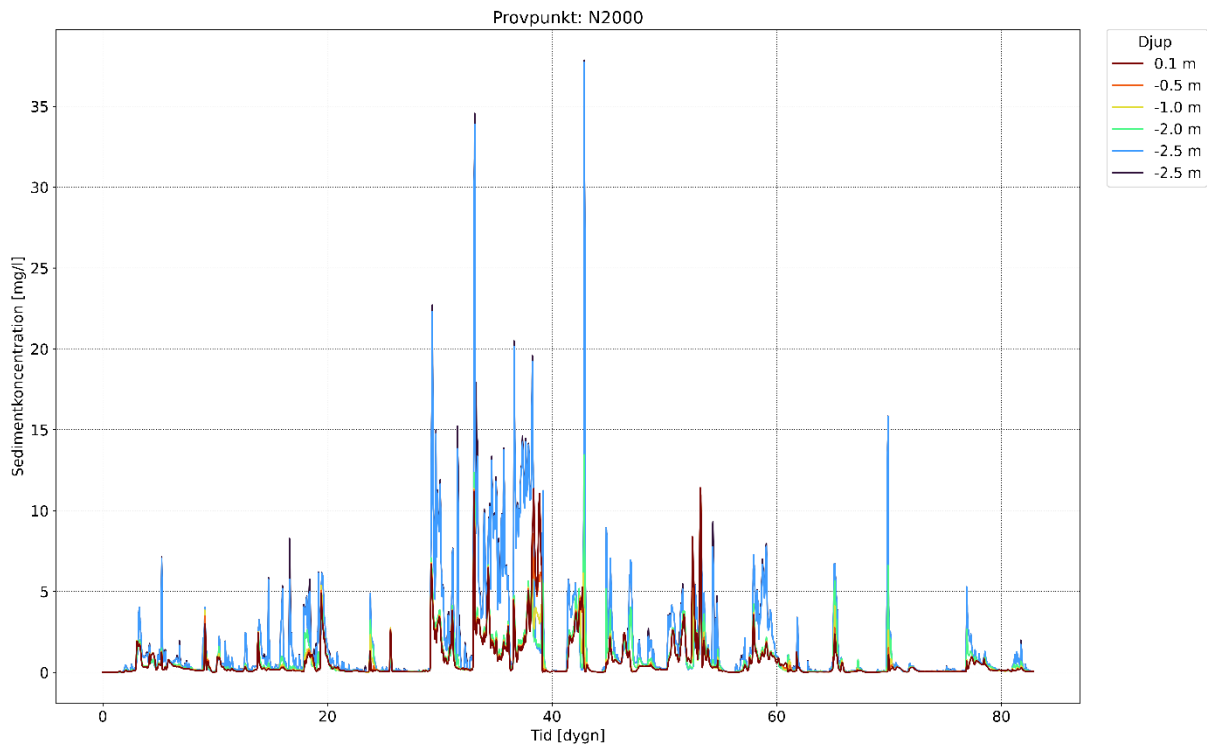
Figur 7-30. Placering av provpunkter för visualisering av modellresultat i tidsserier.



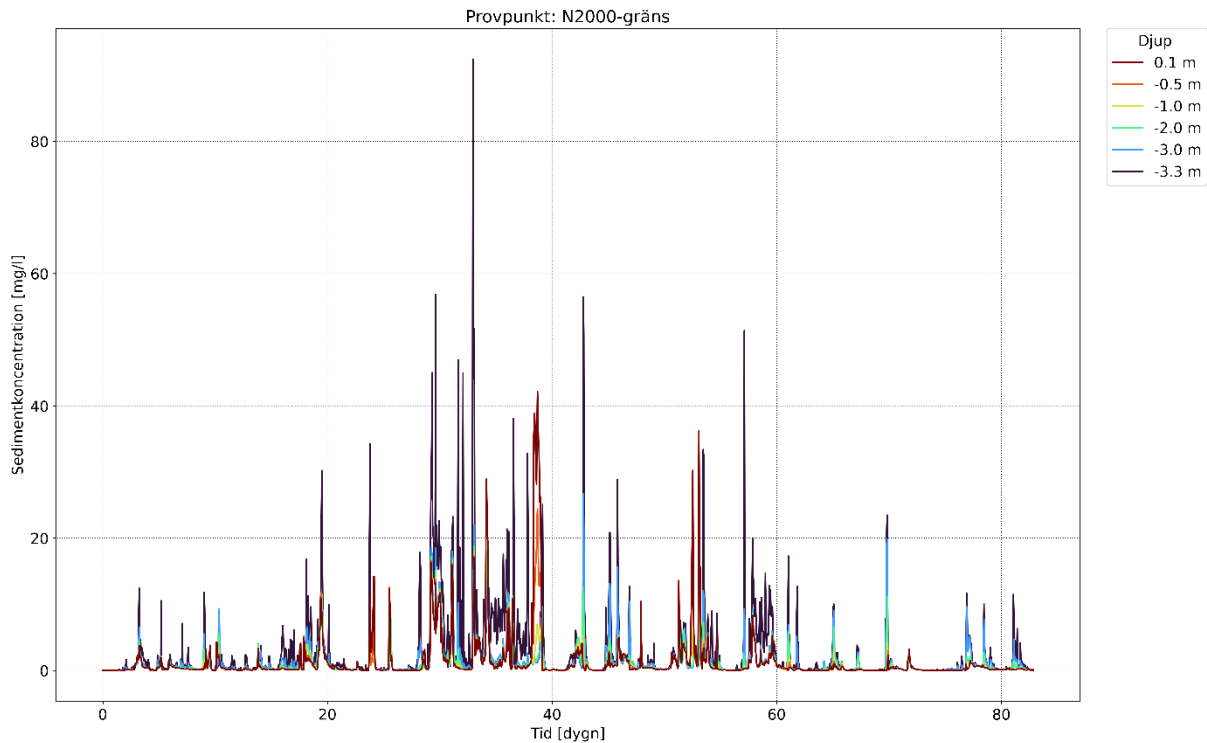
I Figur 7-31 - Figur 7-35 visas tidsserier av sedimentkoncentrationen vid olika djup i de fem provpunkter som visas i Figur 7-30 för hela simuleringsperiodens längd. I figurerna ses en kraftig tidsvariation, där sedimentkoncentrationen i en given punkt beror på vilka strömförhållanden som råder. Strömförhållandena styr vilken riktning och vilket avstånd som sedimentet kan spridas från muddringen. Även en tydlig djupvariation kan ses, denna beror del på sedimentets sjunkhastighet som leder till ökande koncentrationer längre ned i vattenpelaren och dels på att 40% av sedimentet antas spillas nära botten. Figur 7-31 - Figur 7-35 återfinns även i större format i Bilaga 1 avsnitt 12 Sommarförhållanden.

För Natura 2000 områdena gäller att vid gränsen till området överskrids 90 mg/l under korta perioder (storleksordningen timmar). Koncentrationen sjunker med avståndet från muddring och cirka 700 m in i Natura 2000 områdena uppnås som maximalt cirka 35 mg/l.

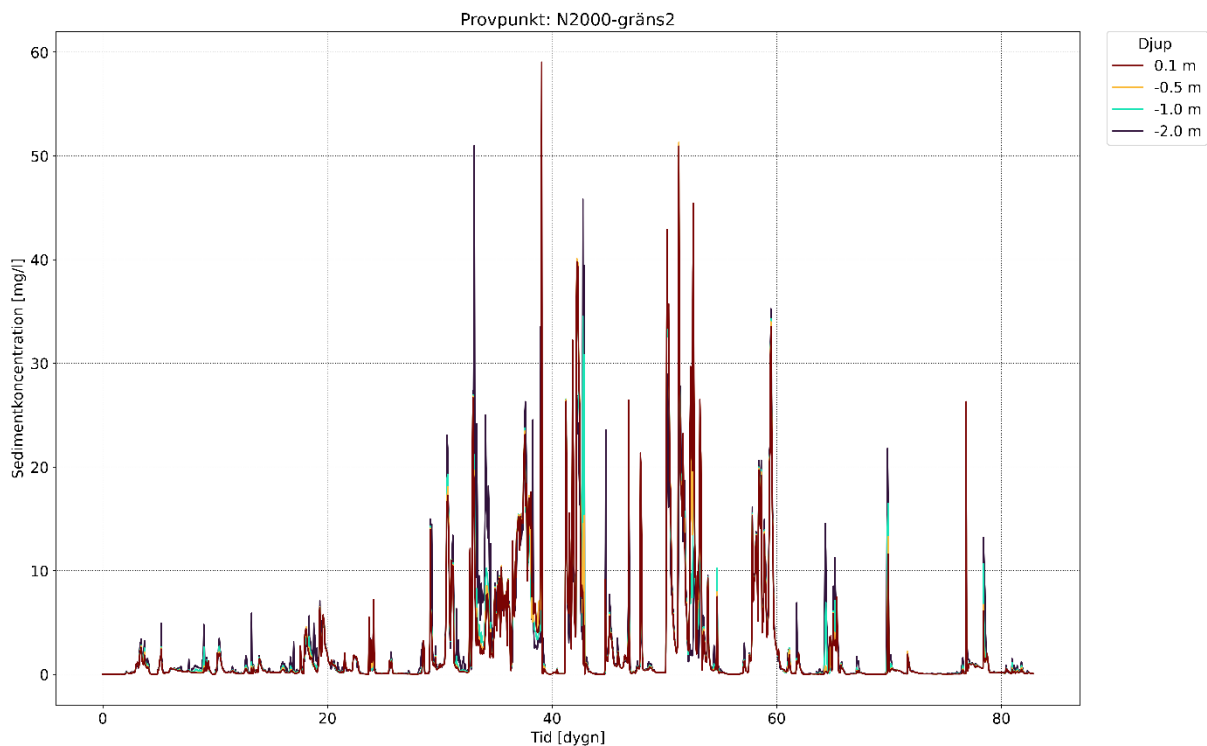
Figur 7-31. Tidsserie över sedimentkoncentrationen vid olika djup för provpunkten N2000. Sommarförhållanden



Figur 7-32. Tidsserie över sedimentkoncentrationen vid olika djup för provpunkten N2000-gräns. Sommarförhållanden.

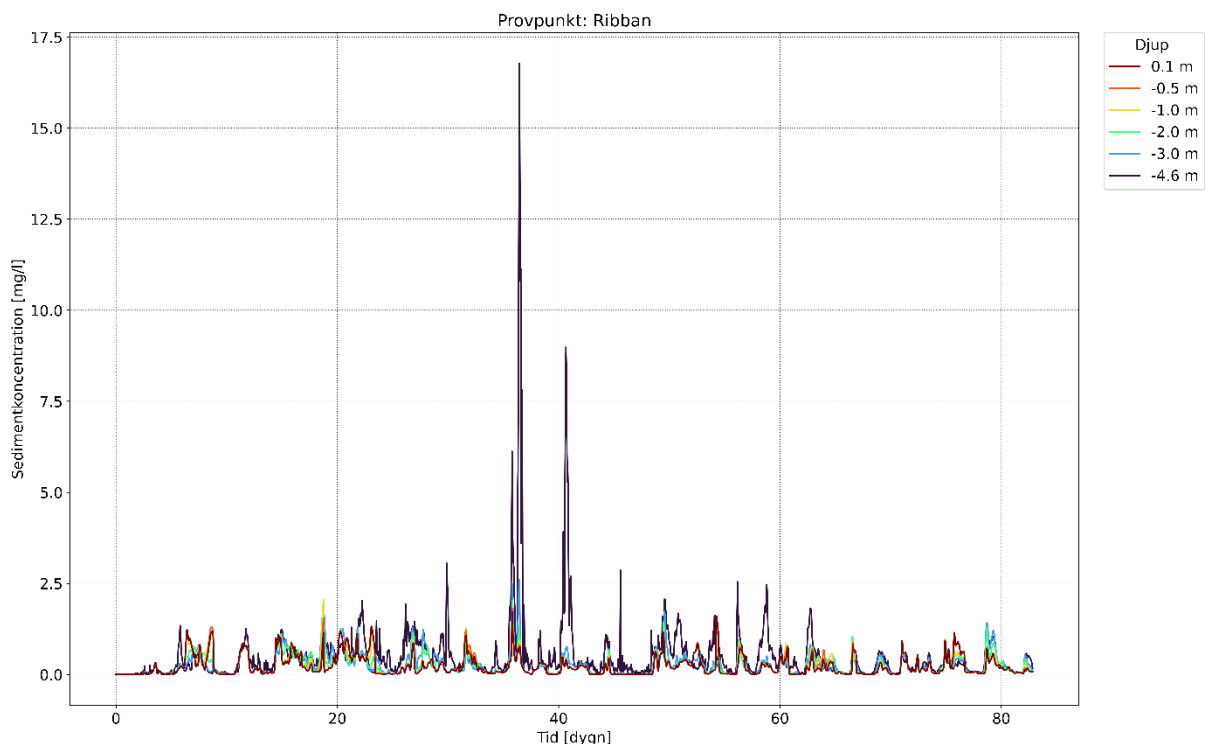


Figur 7-33. Tidsserie över sedimentkoncentrationen vid olika djup för provpunkten N2000-gräns2. Sommarförhållanden.

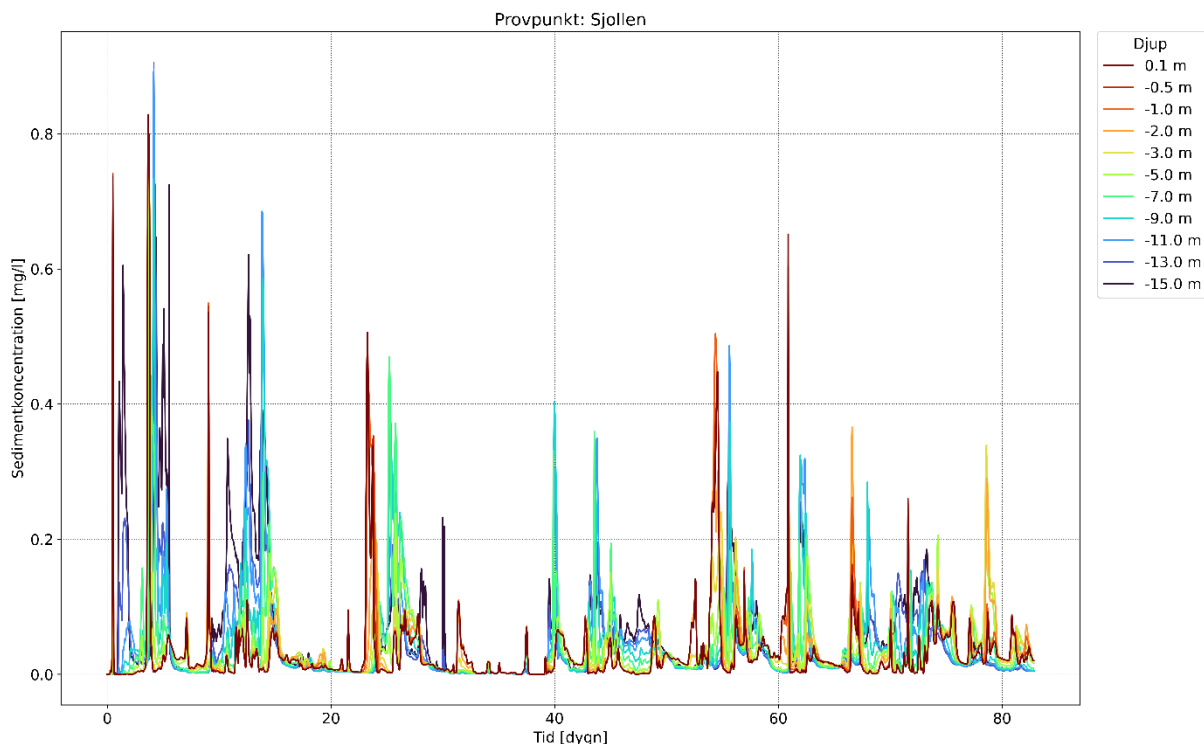


För provpunkterna längre ifrån muddringen, Ribersborg och Sjollen (Figur 7-34 respektive Figur 7-35), ses att sedimentkoncentrationerna generellt är betydligt lägre. För Ribersborg uppgår dock den maximala koncentrationen under hela den simulerade sommarperioden till cirka 17 mg/l. Motsvarande koncentration för Sjollen är cirka 1 mg/l.

Figur 7-34. Tidsserie över sedimentkoncentrationen vid olika djup för provpunkten Ribersborg. Sommarförhållanden.



Figur 7-35. Tidsserie över sedimentkoncentrationen vid olika djup för provpunkten Sjollen. Sommarförhållanden.



## 7.5 Sammanfattande resultat

Modellresultat för sedimentpåbyggnad visar begränsad sedimentpåbyggnad. Ingen sammanhängande påbyggnad över 0,5 mm förväntas i Natura 2000 området för något av de meteorologiska scenarierna. För naturreservaten gäller att den maximala påträffade pålagringen uppgår till cirka 5 mm, detta sker under sommarscenariot.

Medelvärdet för verksamhetens bidrag till sedimentkoncentrationerna vid djupet med maximal sedimentkoncentration i de använda provpunkterna över hela simuleringsperioden visas i Tabell 7-1.

Tabell 7-1. Medelvärden av bidrag av sedimentkoncentration i de fem provpunkterna under hela simuleringsperioderna.

Provpunkt	Medelkoncentration, Vinter [mg/l]	Medelkoncentration, Sommar [mg/l]
N2000-gräns	3	3
N2000-gräns 2	6	5
N2000	2	2
Ribersborg	1	1
Sjollen	1	0

Vid tillfällen med högre strömhastigheter där muddringen sker uppstår en uppvirvling av suspenderat sediment med ökade koncentrationer som konsekvens. Strömhastigheterna är helt beroende av vilka

meteorologiska förhållanden som råder. Vid gränsen till Natura 2000 området överskrider sedimentkoncentrationen vid botten 70 mg/l under korta perioder under vintersimuleringen. Under sommarsimuleringen är sedimentkoncentrationerna vid gränsen av Natura 2000 området något högre. Sedimentkoncentrationen uppgår då till cirka 90 mg/l vid botten under korta perioder.

## 8 Diskussion

### 8.1 Resultatdiskussion

Modellresultaten visar på en begränsad sedimentpåbyggand som inte förväntas ge någon pålagring överskridande 0,5 mm i Natura 2000 områdena och ingen pålagring överskridande 5 mm i naturreservaten. Ett undantag från dessa modellresultat är mycket lokal pålagring i svackor eller gropar.

Vidare visar modellresultaten en mycket varierande grumling som beror på den mycket dynamiska strömningssituation som råder i Öresund. Vid tillfällena med kraftig bottenström i området där muddringen utförs kan sedimentkoncentrationerna från muddringsspillet i Natura 2000 området uppgå till cirka 90 mg/l vid botten. Dessa tillfällen är dock begränsade i varaktighet (storleksordningen timmar) och koncentrationerna sjunker snabbt vid en efterföljande period med lugnare bottenströmmar. Vid tillfällena med svagare bottenströmmar stannar de höga sedimentkoncentrationerna närmare muddringsplatsen och orsakar därför inte höga koncentrationer i Natura 2000 området.

De modellerade sedimentkoncentrationerna som uppstår till följd av muddringen kan jämföras med de naturliga sedimentkoncentrationer som har uppmätts i Öresund under stormiga vinterperioder, dessa kan lokalt uppgå till 40 mg/l. Vad som avses med stormiga vinterperioder framgår dock ej av rapporten (Valeur & Jensen, 2001). Verksamheten är dessutom lokaliserad mycket nära Sege ås mynning. Sege å kan troligtvis i perioder bidra med relativt höga naturliga grumlingshalter i det område som muddringen är planerad i.

För grumlingspåverkan i Sege å bedöms att under förhållanden med lågflöde i ån och högt vattenstånd i södra delen av Öresund kan möjligtvis viss grumling transporteras uppströms. Avståndet uppströms bedöms dock vara mycket begränsat. Vid perioder med högre flöden bedöms ingen grumling kunna transporteras uppströms i Sege å.

Sammantaget visar modellresultaten att sommarförhållanden ger en lugnare strömningssituation. Detta leder till sämre spädningförhållanden och därmed generellt något högre sedimentkoncentrationer. Skillnaderna mellan de meteorologiska scenarierna är dock inte speciellt stora och sedimentkoncentrationerna håller sig inom samma storleksordning oavsett meteorologiskt scenario. Detta indikerar att sedimentets egenskaper samt muddringsförfarandet spelar större roll för sedimentspridningen än vilka väderförhållanden som råder.

Modellresultaten för sedimentpålagring visar att de meteorologiska förhållandena inte är avgörande för pålagringen. Muddringsförfarandet (metod och hastighet) samt sedimentsammansättningen har betydligt större inverkan på sedimentpålagringen. Eftersom dessa parametrar är samma för de båda meteorologiska scenarierna liknar modellresultaten varandra. Modellresultaten visar dock att sedimentpålagringen inte överskrider 0,5 mm i Natura 2000 områdena respektive 5 mm i något av naturreservaten.

De minsta sedimentpålagringar som redovisas är endast av mäktighet 0,1 mm. Detta är en liten pålagring och detta innebär också större osäkerheter i resultaten, vilka således bör tolkas med försiktighet.

Modellens upplösning och kvaliteten på djupdatan innebär vissa begränsningar i modellresultaten. Främst innebär detta att sedimentpålagringen mycket lokalt (i svackor eller gropar) bedöms kunna bli större än vad modellresultaten visar.

Modellresultaten visar god överensstämmelse med de strömmätningar som utförts av SMHI i området. I dessa mätningar är en sydvästgående ström vanligt förekommande vid norrgående ytström i Öresund. Denna motriktade ström innebär att det i normalfallet endast sker transport av spillt sediment i sydvästlig riktning, det vill säga bort från naturreservaten och Natura 2000 områdena i Lommabukten.

När sedimentspill sker i närheten av Spillepengens västra udde bedöms att risk för sedimentspridning in mot Lommabukten föreligger. Detta är en följd av den ström som följer Spillepengens strandlinje som beskrivs i avsnitt 7.2. Modellresultaten visar att sedimentspridningen in i Lommabukten trots detta är betydligt mindre än vid kustnära sydvästgående ström. Detta bedöms vara på grund av de generellt lägre strömhastigheterna som råder vid detta strömningsfenomen.

## 8.2 Metoddiskussion

Definitionen av vad som utgör sedimentspill påverkar modellresultaten. Baserat på erfarenheter vid exempelvis Öresundsbroprojektet, som gav ett genomsnittligt spill på mindre än 5% och med vetskapen om att mekaniska grävmaskiner genererar ännu mindre spill, bedöms 5% spill vara en realistisk konservativ ansats vid modelleringen.

Att den tillfälliga vägbanken inte har inkluderats i modellen bedöms inte ha någon nämnvärd betydelse för modellresultaten vad avser spridning och sedimentation. Detta är främst på grund av att det område där den planeras att anläggas redan är avgränsat, både genom sitt läge längst in i viken vid Sege ås mynning samt det grunda vattendjupet i området.

Anläggandet av vägbanken bedöms kunna bidra till viss grumling vid utplacering av massorna. Grumlingen bedöms dock på grund av de små strömhastigheterna i området samt att materialet planeras bestå av mycket liten andel finmaterial vara begränsad, både tidsmässigt och geografiskt.

Uppvirvling av sediment vid pålning samt lokal avjämning av botten under utloppsledningarna är två andra potentiellt grumlande aktiviteter som inte har inkluderats i modellen. Att dessa aktiviteter inte har inkluderats baseras på bedömningen att mängden suspenderat sediment som genereras vid dessa aktiviteter är försumbar.

Muddring har antagits ske dygnet runt under hela simuleringsperioden. Detta är ett konservativt antagande eftersom uppehåll i muddringen, på grund av exempelvis väderförhållanden, leder till att det sediment som befinner sig suspenderat i vattenpelaren har möjlighet att sedimentera. Detta sänker sedimentkoncentrationerna och muddring utan uppehåll innebär därför ett värsta fall avseende sedimentkoncentrationerna.

De sedimentsammansättningar som har använts i modellen är baserade på de vibrohammarlodprover som har tagits i området. För vissa kornstorlekar förekommer viss spridning i kornstorleksfördelning där antogs det sediment som släpps i modellen vara i den finare delen av det uppmätta spannet. Detta är ett konservativt antagande vad gäller de sedimentkoncentrationer som uppstår men är

nödvändigtvis inte konservativt vad gäller sedimentpålagringen i närheten av muddringsplatsen. Detta innebär att det finns en viss risk för att sedimentpålagringen i direkt anslutning till muddringsplats är något underskattad. Denna effekt bedöms främst beröra själva ledningskorridoren. Det motsatta gäller sedimentpålagringen på större avstånd från muddring där en större andel finmaterial leder till att sedimentet kan spridas längre från muddring, vilket innebär större pålagringsmaktighet. Detta leder alltså till konservativa modellresultat för pålagringen på större avstånd från muddring.

I Oljehamnen lägger fartyg till vid lastning. Detta innebär att kraftiga propellerströmmar förekommer i området. Dessa kraftiga propellerströmmar är dock mycket tidsbegränsade till sin natur och bedöms därför endast påverka modellresultaten i försumbar utsträckning.

## 9 Slutsats

Modellresultaten visar att sedimentpåbyggnaden till följd av muddring är tydligt rumsligt begränsad. Inom cirka 200 m från muddringsplatsen förväntas lokal sedimentpåbyggnad kunna uppgå till cirka 10 mm. I Natura 2000 området visar modellresultaten en maximal påbyggnadstjocklek om cirka 0,5 mm och i naturreservaten som maximalt cirka 5 mm. Detta gäller både sommar- och vinterförhållanden.

Sedimentkoncentrationen vid gränsen till Natura 2000 området kan under korta perioder uppgå till cirka 90 mg/l. De högsta koncentrationerna uppstår vid botten.

Modellresultaten visar att de meteorologiska förhållandena är av underordnad betydelse för sedimentpålagringens maktighet jämfört med muddringsförfarande och sedimentets egenskaper.

Muddring under sommarförhållanden leder till något högre koncentrationer och mäktigare sedimentpålagring närmast muddringsplatsen. Samtidigt är koncentrationerna och sedimentpålagringens maktighet längre från muddringen lägre.

## 10 Referenser

SMHI (1986). Utbyggnad vid Malmö hamn; Effekter för Lommabuktens vattenutbyte. Tillgänglig: [https://www.smhi.se/polopoly\\_fs/1.165214!/Oceanografi\\_3%20Utbyggnad%20vid%20Malm%C3%B6%20hamn%3B%20effekter%20f%C3%B6r%20Lommabuktens%20vattenutbyte..pdf](https://www.smhi.se/polopoly_fs/1.165214!/Oceanografi_3%20Utbyggnad%20vid%20Malm%C3%B6%20hamn%3B%20effekter%20f%C3%B6r%20Lommabuktens%20vattenutbyte..pdf)

SMHI (2009). Årsrapport 2008, Hydrografi, Öresunds Kustvattenkontroll.

Sweco (2016). Recipientutredning VA SYD – Sjölunda och Källby Avloppsreningsverk

Sweco (2017). PM – Hydrodynamisk spridningsmodellering

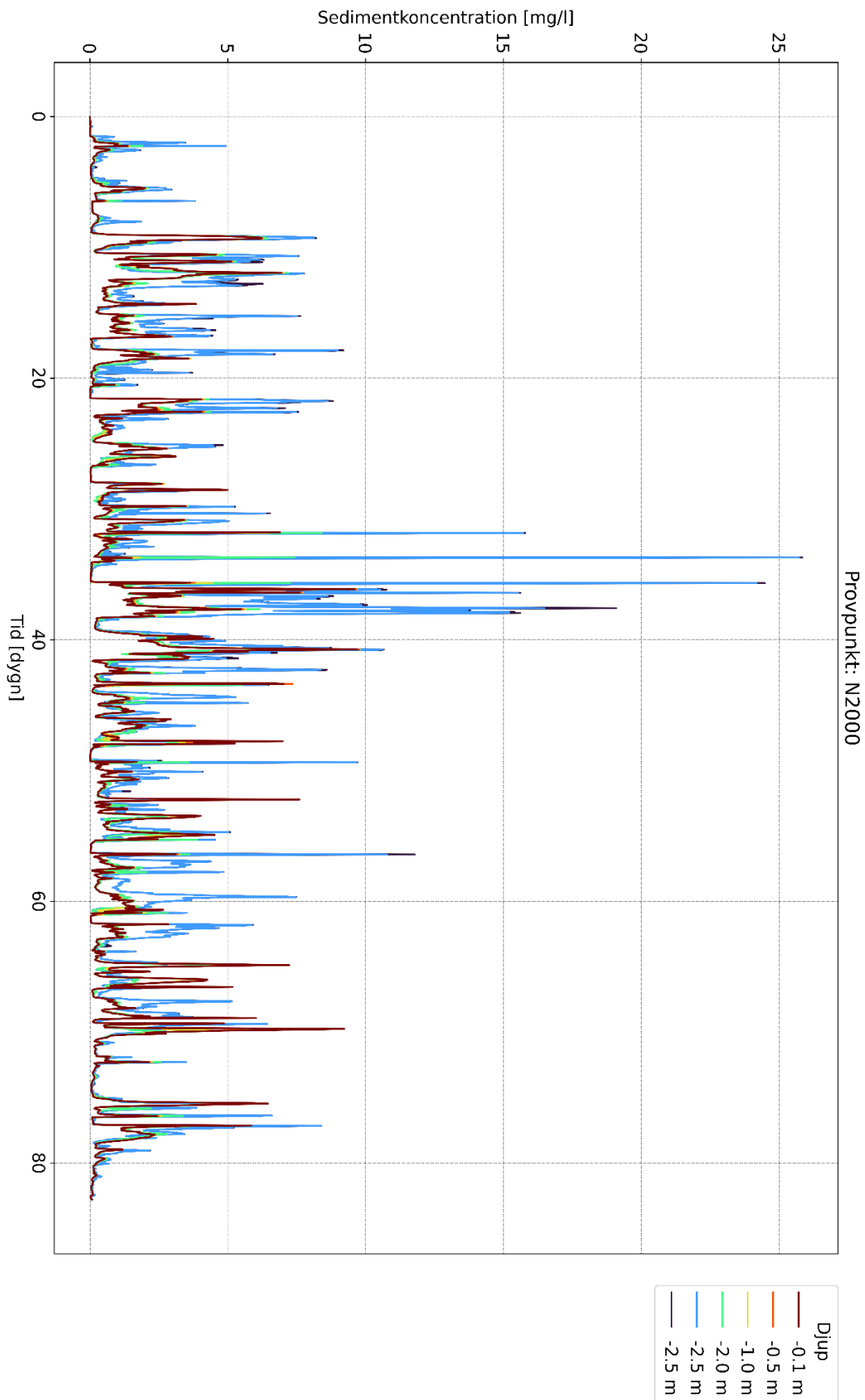
Sweco (2018). Spridningsmodellering i Öresund, modellbeskrivning, resultat och förslag till uppdaterade provpunkter.

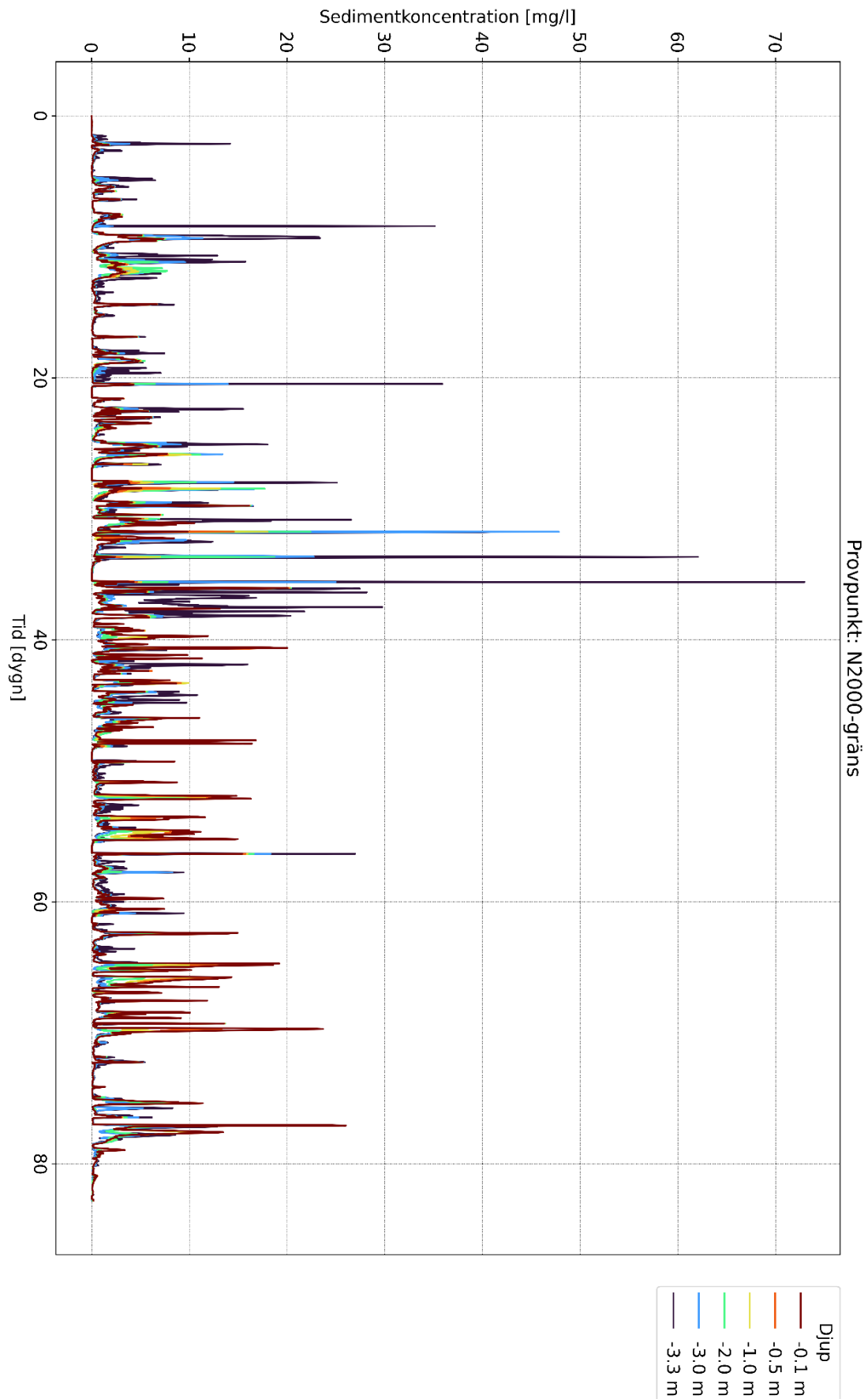
Sweco (2019). Miljökonsekvensbeskrivning och teknisk beskrivning till tillståndsansökan för vattenverksamhet i Norra hamnen, Malmö. Bilaga 2 - Hydrodynamisk modellering

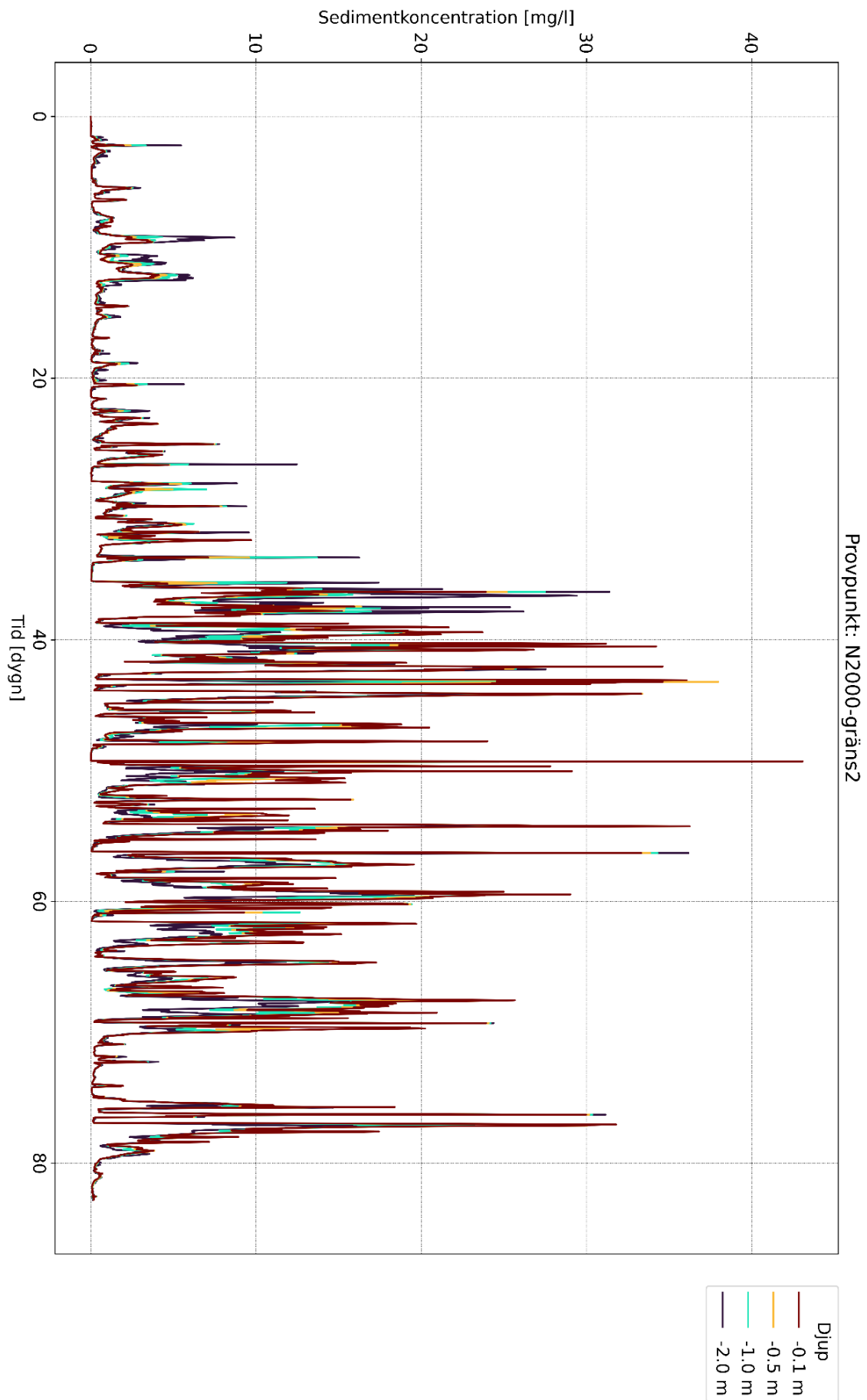
University of Copenhagen (1999). *Øresund facts*. Hämtad från <http://www.oresundsakvariet.ku.dk/svenska/dokument15/>

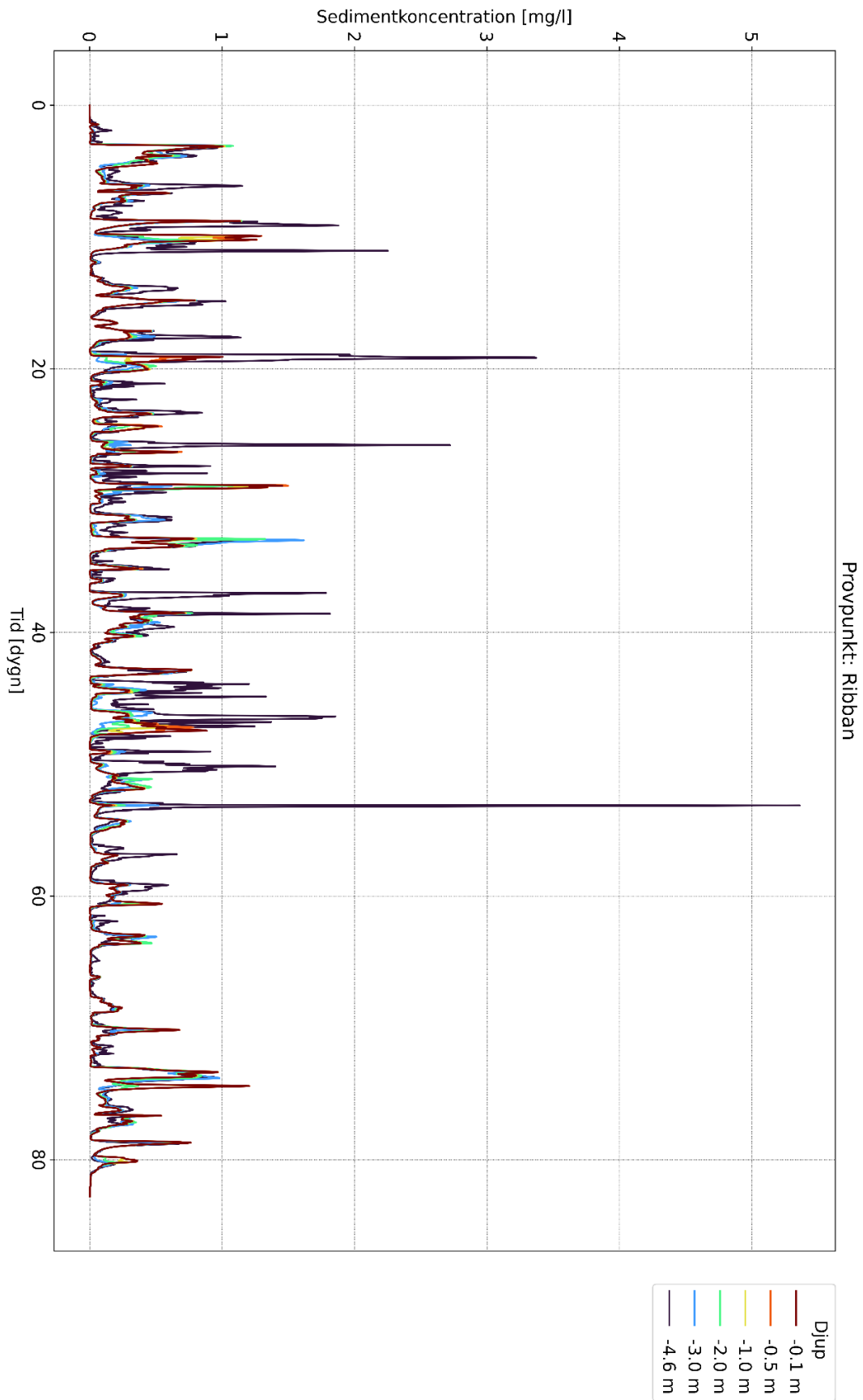
Valeur, J.R., & Jensen, A. (2001). *Sedimentological research as a basis for environmental management: the Oresund fixed link*. The Science of the total environment, 266 1-3, 281–9.

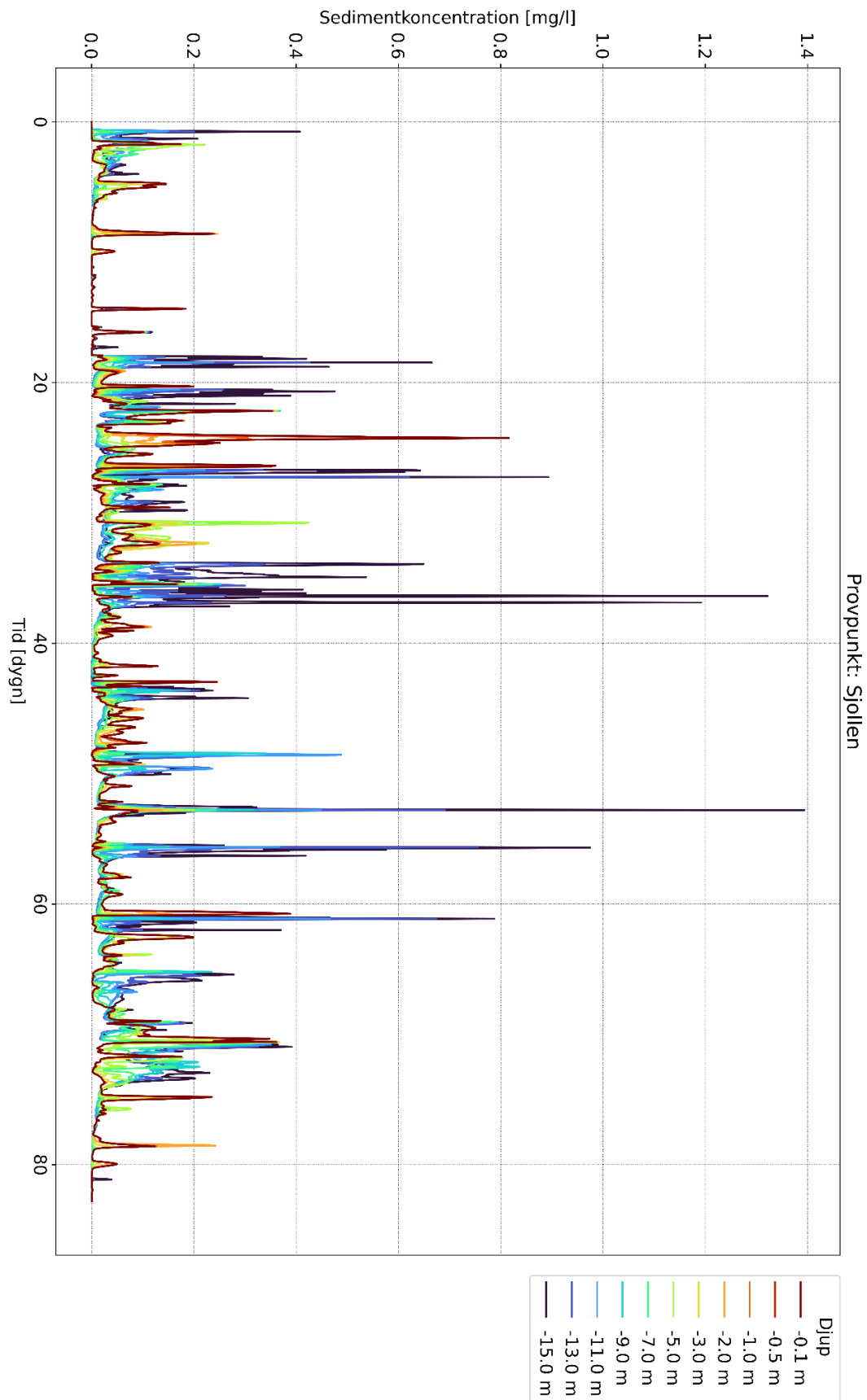
# 11 Bilaga 1 - Vinterförhållanden



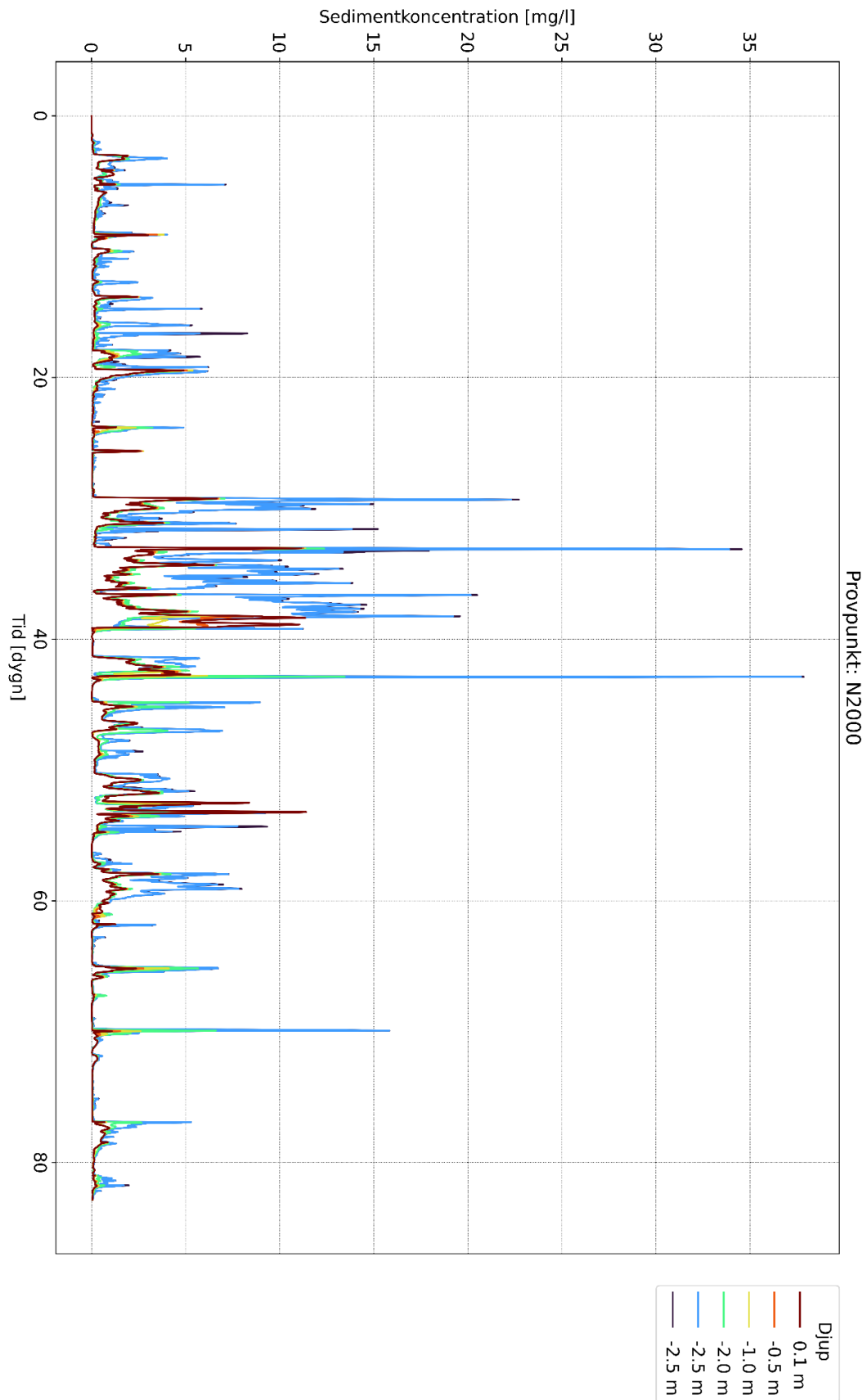


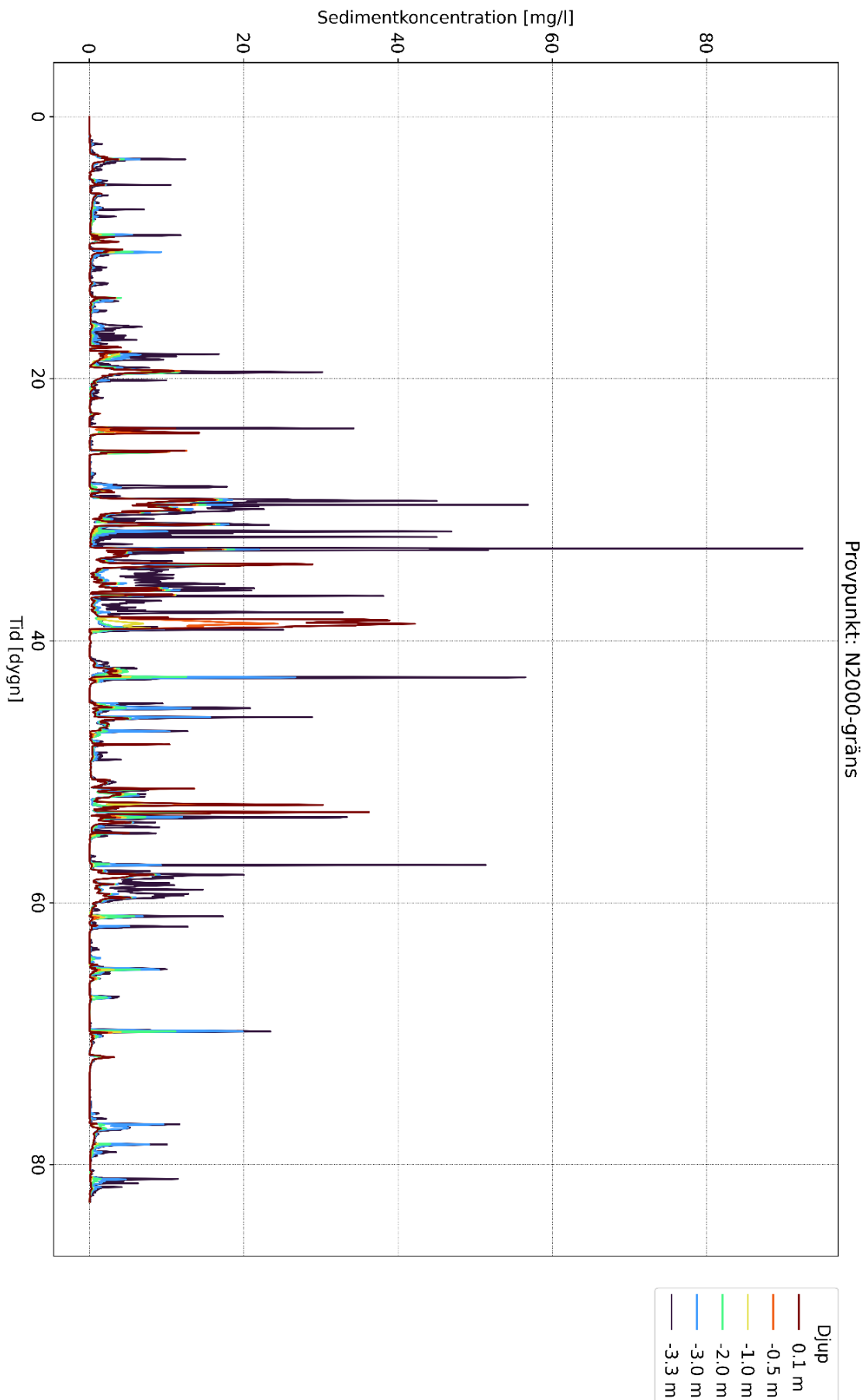


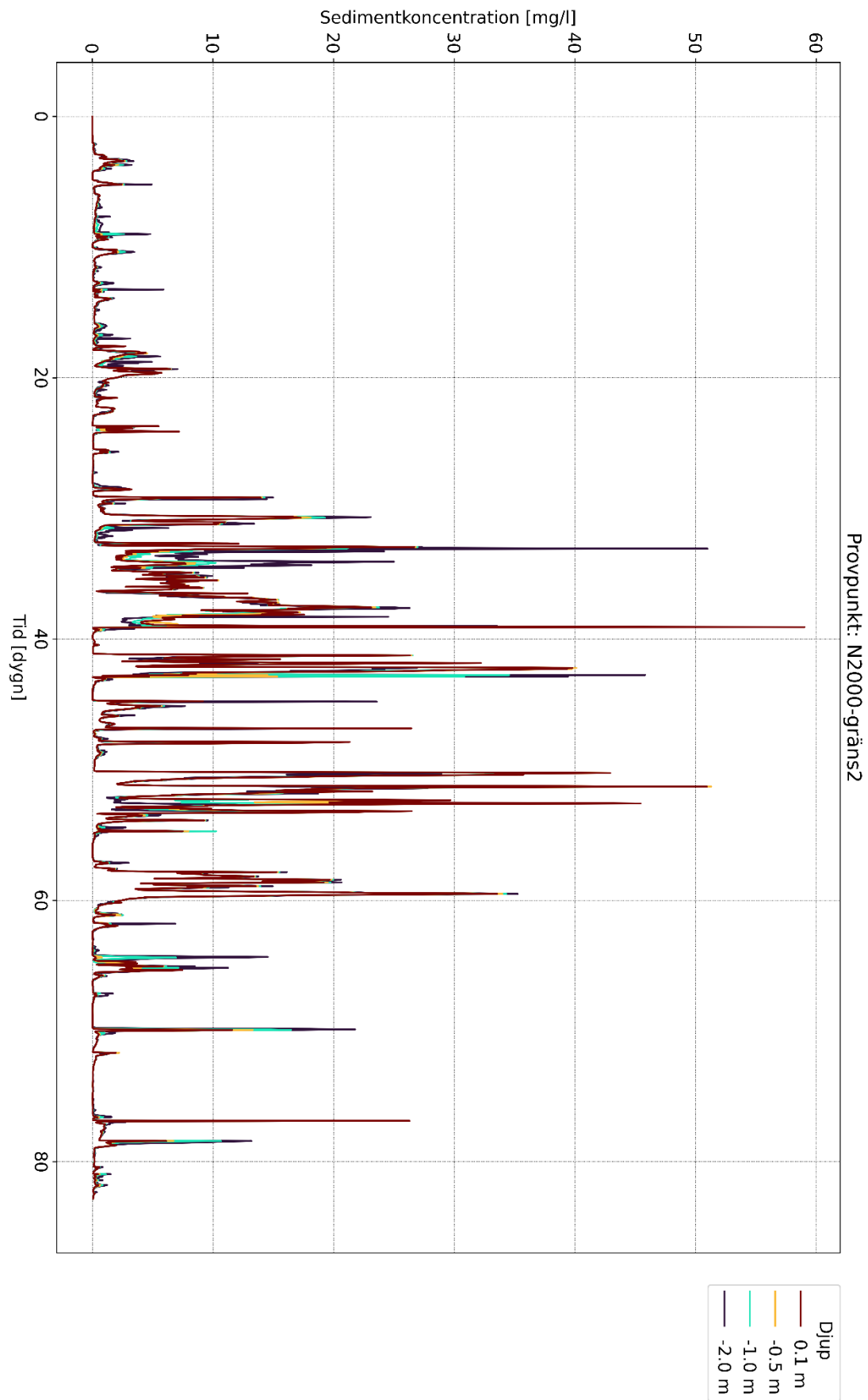


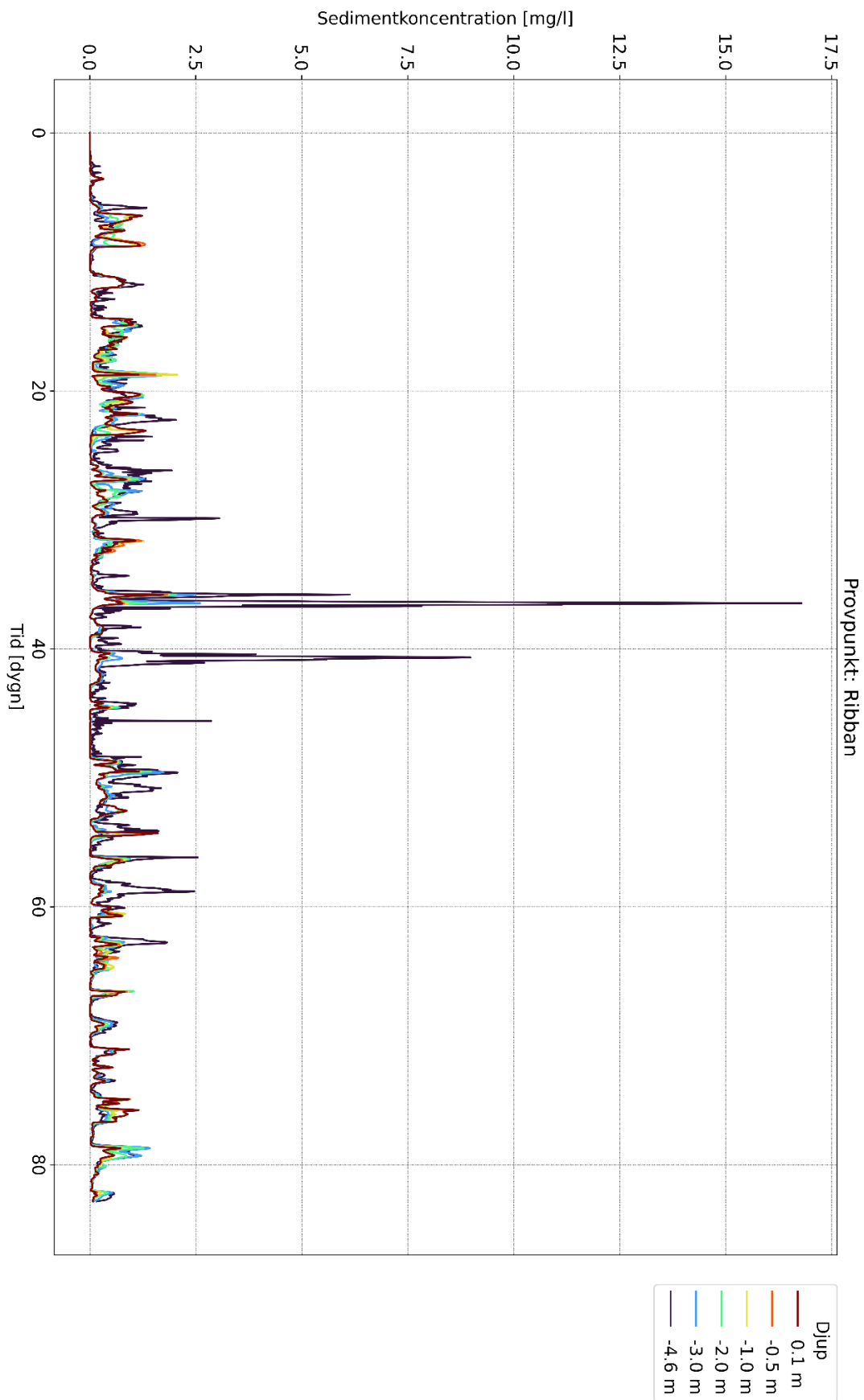


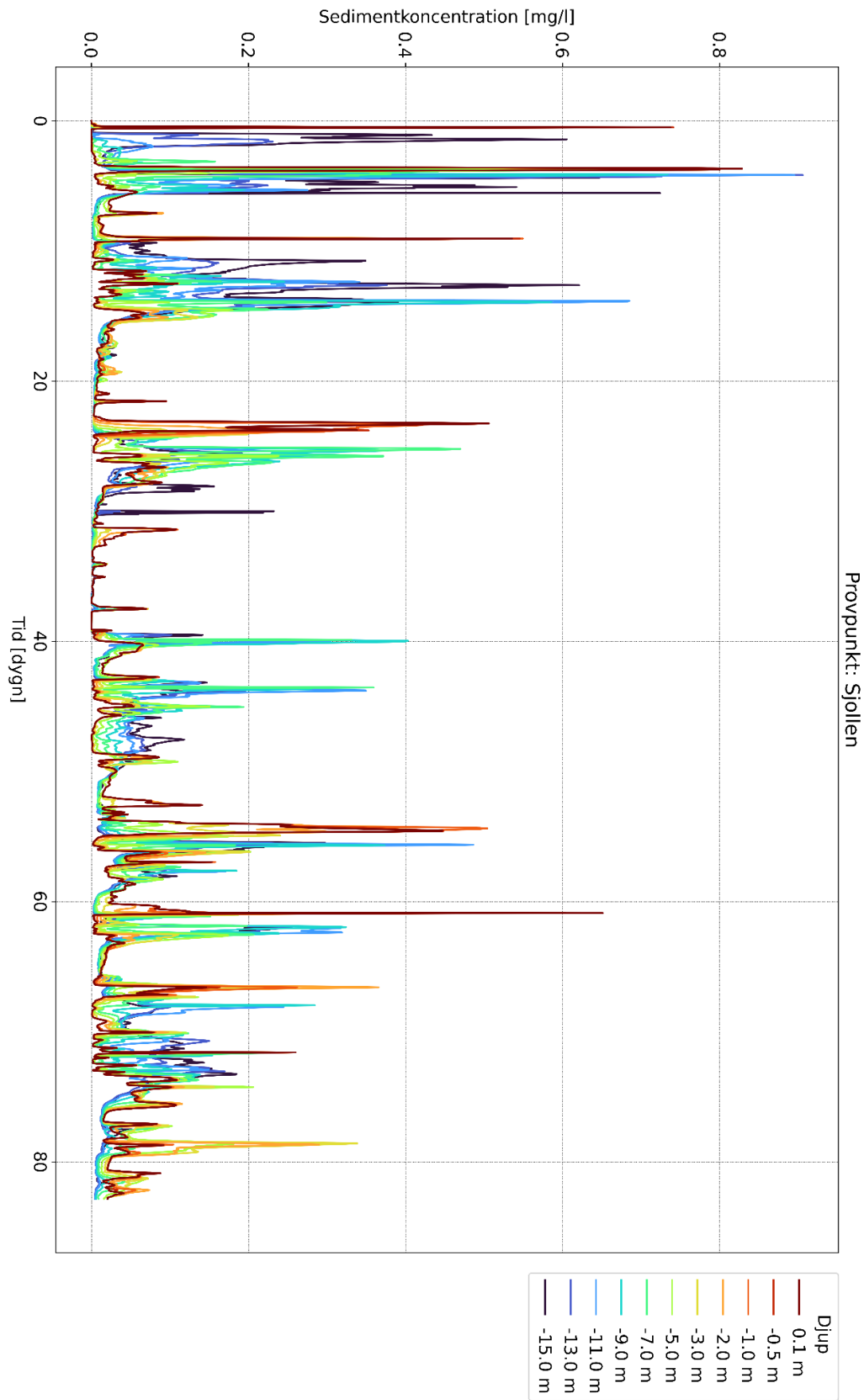
## 12 Bilaga 2 - Sommarförhållanden











VASYD

