

RAPPORT

STOCKHOLM EXERGI AB

Strömningsberäkningar Lövsta, Mälaren

UPPDRAGSNUMMER 1331783

RAPPORT STRÖMNING- OCH SPRIDNINGSBERÄKNINGAR



RAPPORT

2020-11-02

SWECO ENERY AB

STRÖMNINGSTEKNIK OCH DAMMAR

PIERRE-LOUIS LIGIER, NON OKUMURA, ADÉLE WALLIN

GRANSKNING : ANDERS SÖDERSTRÖM

Innehållsförteckning

1	Inledning	3
2	Metodik	4
2.1	Studieområde och bottengeometri	4
2.2	Nuvarande förhållanden	8
2.2.1	Nuvarande verksamhet	8
2.2.2	Dagvattensutsläpp	8
2.3	Planerad anläggning	10
2.3.1	Beskrivning	10
2.3.2	Dagvattensutsläpp	11
2.3.3	Kylvattensutsläpp	13
2.4	Hydrologisk analys	14
2.4.1	Inledning	14
2.4.2	Vattentemperatur	14
2.4.3	Vind	17
2.4.4	Vattenföring	19
2.5	Upprättande av beräkningsmodell	20
2.5.1	Beräkningsprogram	20
2.5.2	Storskalig beräkningsmodell över Östra Mälaren	20
2.5.3	Lokal beräkningsmodell över Lövstafjärden	21
2.5.4	Bottenfriktion och turbulens	24
2.5.5	Vattendensitet och utspädning	25
2.6	Beräkningsfall	26
2.6.1	Inledning	26
2.6.2	Nuvarande förhållanden	26
2.6.3	Framtida förhållanden	26
2.6.4	Redovisning av resultat	27
3	Resultat	28
3.1	Flödesfördelning mellan de olika fjärdarna	28
3.1.1	Fall 1: april-månad med sydostlig vind	28
3.1.2	Fall 2: april-månad med nordvästlig vind	29
3.2	Nuvarande förhållanden	30
3.2.1	Fall 1: april-månad med sydostlig vind	30
3.2.2	Fall 2: april-månad med nordvästlig vind	35
3.3	Framtida förhållanden	40
3.3.1	Fall 2: april-månad med nordvästlig vind	40
3.3.2	Fall 2: april-månad – kontrollsimulering med vattentemperatur 4,0 grader	48

4	Sammanfattning och slutsatser	51
5	Referenser	52

1 Inledning

Stockholm Exergi planerar att upprätta ett kraftvärmeverk i Lövsta, Vällingby. Vid drift kommer verket att ta in kylvatten och släppa ut temperaturpåverkat vatten till Mälaren (Lövstafjärden). Utsläpp uppgår till maximalt 594 m³/h med en maximal temperaturdifferens (uppvärmning) på 14,1 grader. Därutöver kommer dagvatten, efter erforderlig rening, att släppas till Mälaren.

Sweco Energy AB har fått i uppdrag att utreda huruvida vattentemperatur samt vattenkvalité i Mälaren påverkas av utsläpp från den nya anläggningen.

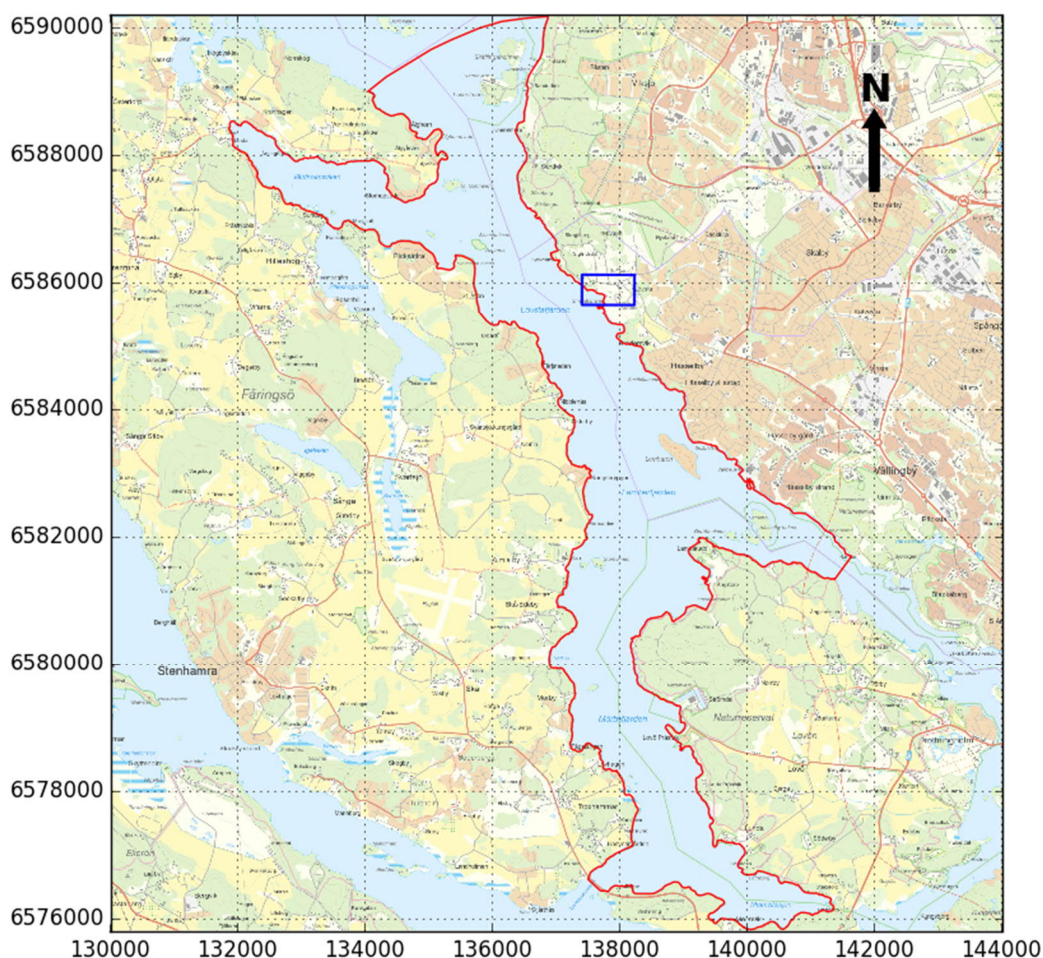
Utredningen grundas på tredimensionella hydrodynamiska beräkningar vid utsläpp av tempererat vatten och dagvatten till Mälaren.

Använt koordinat- och höjdsystem är Sweref99 1800 respektive RH2000 om inte annat anges.

2 Metodik

2.1 Studieområde och bottengeometri

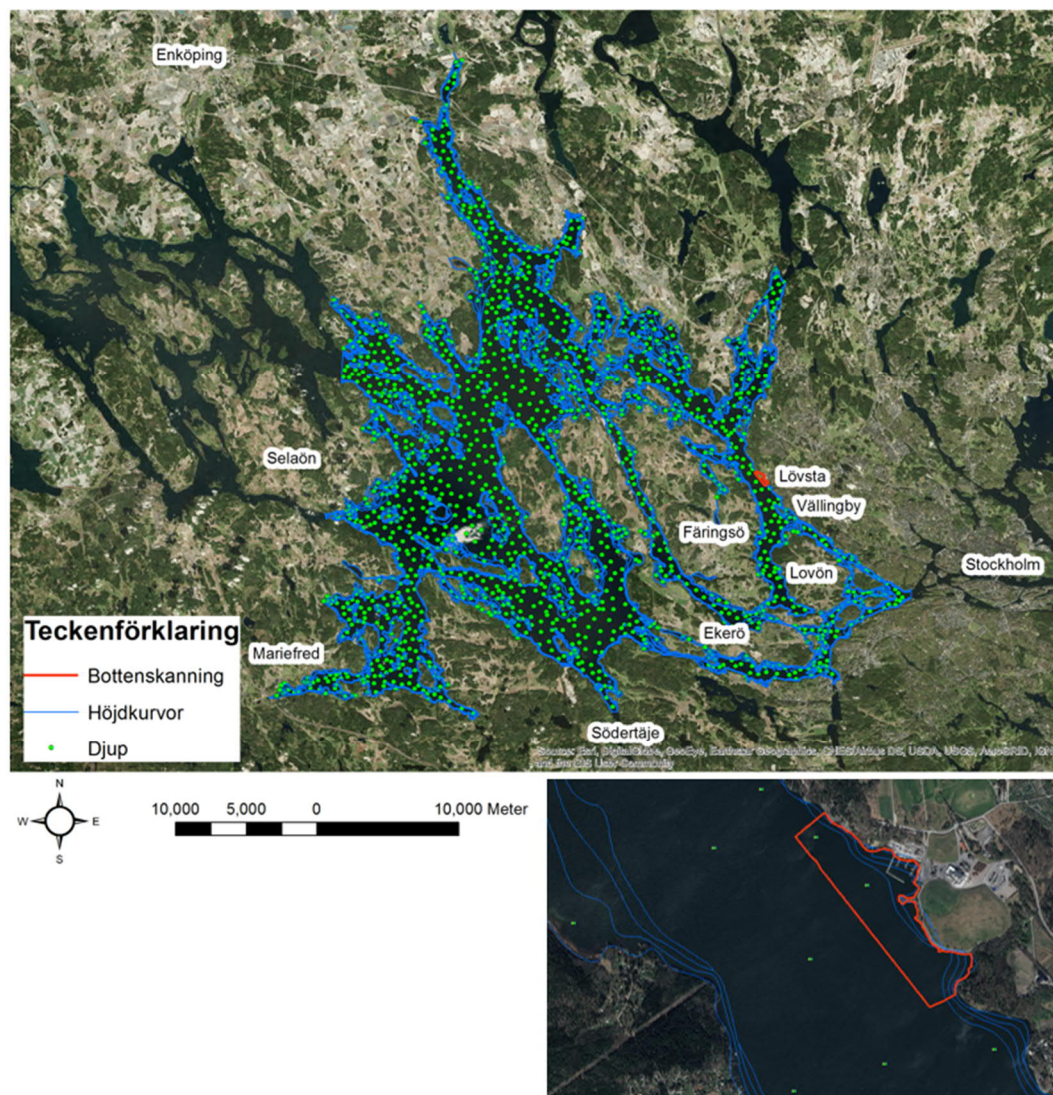
Studieområdet omfattar Lövstafjärden från uppströms Sandudden i norr ner till Hammargården på västra sidan och Blackeberg, nära Drottningholm, i syd och öst (total längd ca 13,9 km). Utbredning av använd beräkningsmodell inom studieområdet redovisas i Figur 2-1. En viktig utgångspunkt för valet av modellområde har varit att modellområdet inkluderar råvattenintagen vid Görvälén och Lovön (se Figur 2-5).



Figur 2-1. Utbredning av modelldomänen över Lövstafjärden. Blåa rutan indikerar planerat anläggningsområde.

Det bör noteras att en annan beräkningsmodell, som täcker Östra Mälaren, har använts för att etablera randvillkor till den lokala modellen (se avsnitt 2.5.2).

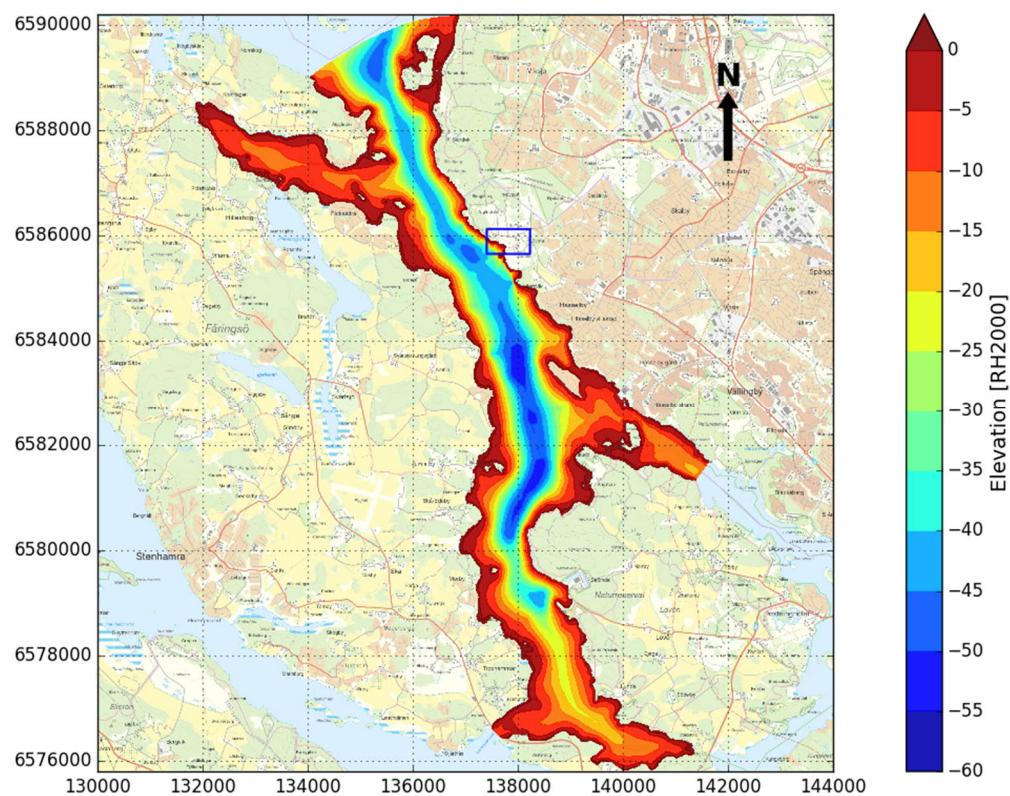
Bottennivåer har erhållits från Sjöfartsverkets sjökort (sjökortnummer 111, 112 samt 113) och bottenskanning utförd av Clinton marine Survey AB i småbåtshamnen vid den planerade anläggningen i 2018. De olika källorna till bottendata illustreras i Figur 2-2.



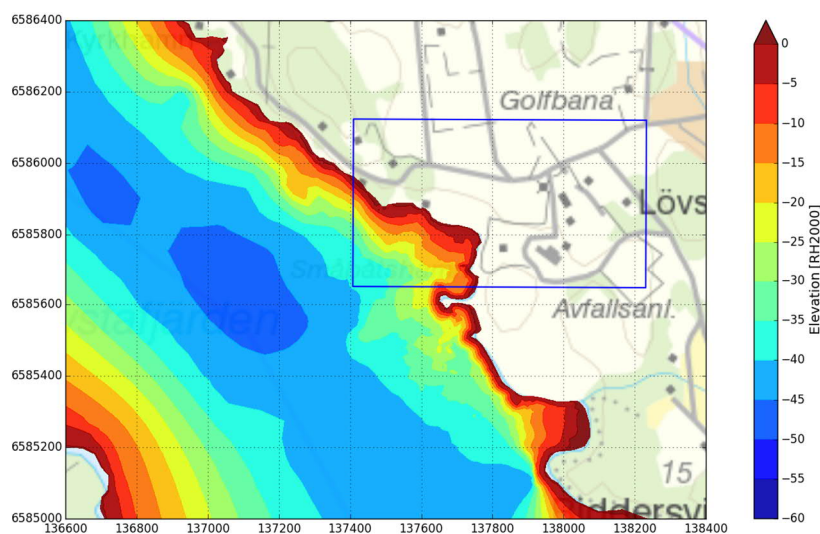
Figur 2-2. Olika källor till bottendata. Nedersta bild visar utbredning av bottenskanning inzoomad vid planerad anläggnings område.

Bottenmodellen har en upplösning av 2 x 2 m i plan. Höjder är angivna i höjdsystem RH2000. Höjdmodellen inom Lövstafjärden är upprätt i koordinatsystemet Sweref99 1800 medan höjdmodellen över Mälaren är upprätt i koordinatsystem och Sweref99 TM.

Bottenmodellen inom studieområdet redovisas i Figur 2-3 och Figur 2-4. Mälarens medelvattennivå är +0,86 (RH2000).

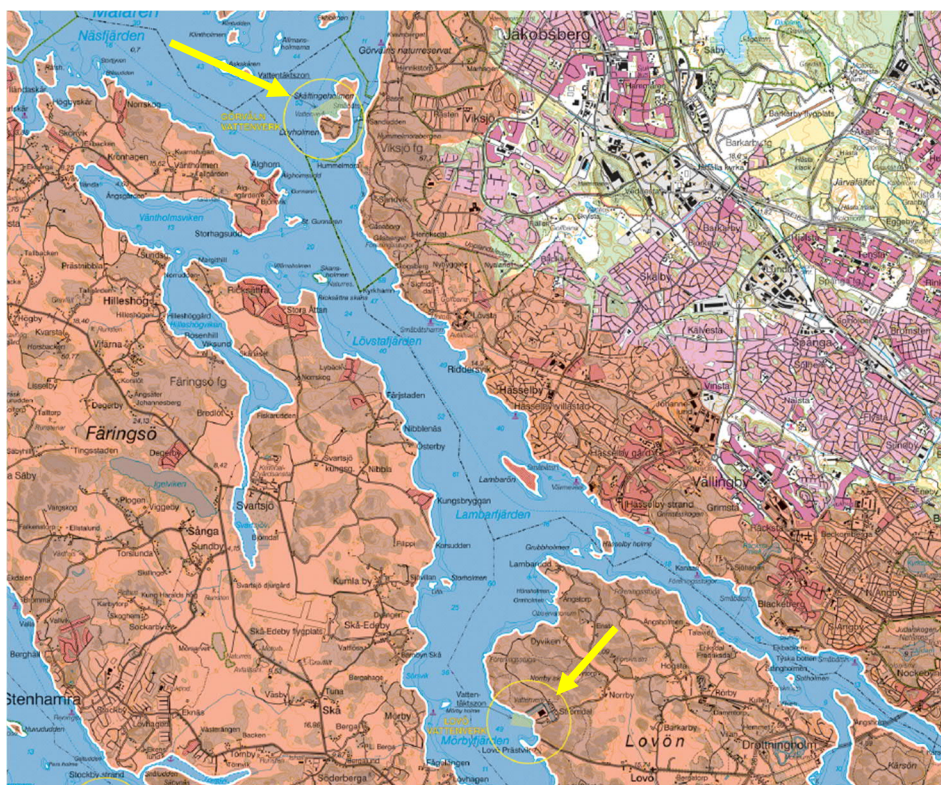


Figur 2-3. Batymetrin inom modelldomänen. Lokalisering av den planerade anläggningen indikeras med en blå ruta.



Figur 2-4. Batymetri vid småbåtshamnen i närheten av den planerade anläggningen (indikeras med en blå ruta).

I närheten av studieområdet finns två råvattenintag som ligger inom modellområdet (Görvåln vid Sandudden och Lovö vid Strömdal på Lovön), se Figur 2-5.



Figur 2-5. Lokalisering för de två råvattenintag (vattenskyddsområden redovisas i gult med Görvåln i norr och Lovön i syd). Källa: Länsstyrelsen.

2.2 Nuvarande förhållanden

2.2.1 Nuvarande verksamhet

I området där den planerade anläggningen kommer att anläggas finns i dagsläget en avfallsanläggning och en småbåtshamn. Från dessa områden sker utsläpp av dagvatten till Lövstafjärden.

2.2.2 Dagvattensutsläpp

Placering av det befintliga dagvattensutsläppet redovisas i Figur 2-6 och ligger vid -1 m RH2000 (ca 1,8 m djup).



Figur 2-6. Placering av det befintliga dagvattenutsläppet.

Det dimensionerade utsläppsflödet har tagits fram utifrån följande formel:

$$Q = \frac{A_{reducerad} \cdot P_{max\ 30\ dagar}}{t}$$

Med:

- Q : dimensionerande dagvattenutsläpp [l/s].
- $A_{reducerad}$: avrinningsområdet, reducerat för avrinningskoefficient [m²].
- $P_{max\ 30\ dagar}$: medelhögs månadsnederbörd [mm].
- t : varaktighet för använd månadsnederbördsmängd [s], d.v.s. 30 dagar = 2 592 000 s.

Enligt (Sweco, 2020) är det reducerade avrinningsområdet vid nuvarande förhållanden 5,92 ha, d.v.s. 59 200 m². Medelhögs månadsnederbörden (medelvärde av alla års största månadsnederbörd) vid SMHI:s nederbördsstation vid Bromma flygplats (1949-1997) är 103 mm. Utifrån dessa parametrar erhålls ett dimensionerande utsläppsflöde för dagvatten, motsvarande förväntad avrinning under en månad med ovanligt hög nederbördsmängd, på ca 2,3 l/s.

I Tabell 2-1 redovisas framtagna dagvattenhalter för nuvarande förhållanden. I analysen har ingen utspädning tillämpats i det dimensionerande dagvattenutsläppet.

Tabell 2-1. Dimensionerande ämneskoncentrationer för det befintliga dagvattenutsläppet (Sweco, 2020).

	Ämneskoncentration [µg/l]
P	290
N	2000
Pb	16
Cu	54
Zn	190
Cd	0.6
Cr	8.4
Ni	7.1
Hg	0.038
SS	71000
Oil	35
PAH16	0.91
BaP	0.085
As	3.3
Fe	6500

2.3 Planerad anläggning

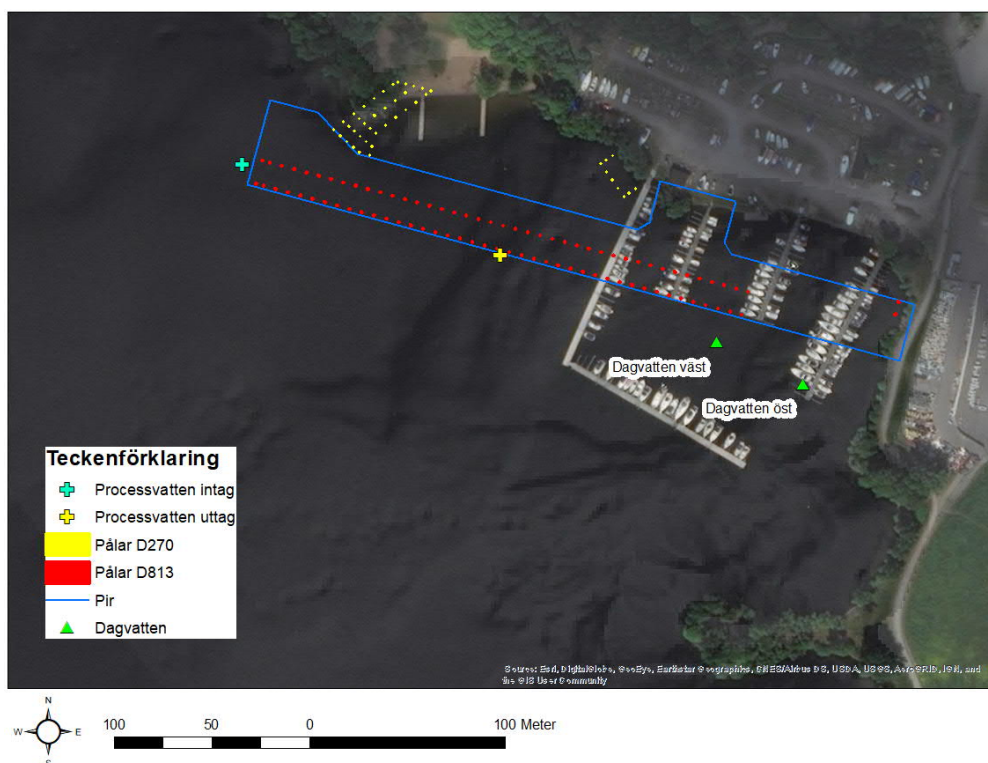
2.3.1 Beskrivning

Den planerade anläggningen kommer att påverka vattenförhållandena i Lövstafjärden. Den befintliga småbåtshamnen kommer att tas bort för att kunna bygga en pir som kommer att användas av fartyg. Piren sträcker sig utmed norra stranden och är ca 345 m lång och 30 m bredd. Piren kommer att bestå av ett påldäck vars underkant planeras ligga ovanför Mälarens medelvattennivå. Påldäcket kommer att grundläggas med hjälp av pålar med diameter 813 mm och 270 mm.

I den planerade verksamheten ingår två nya dagvattensutsläpp, ett kylvattensintag och -utlopp.

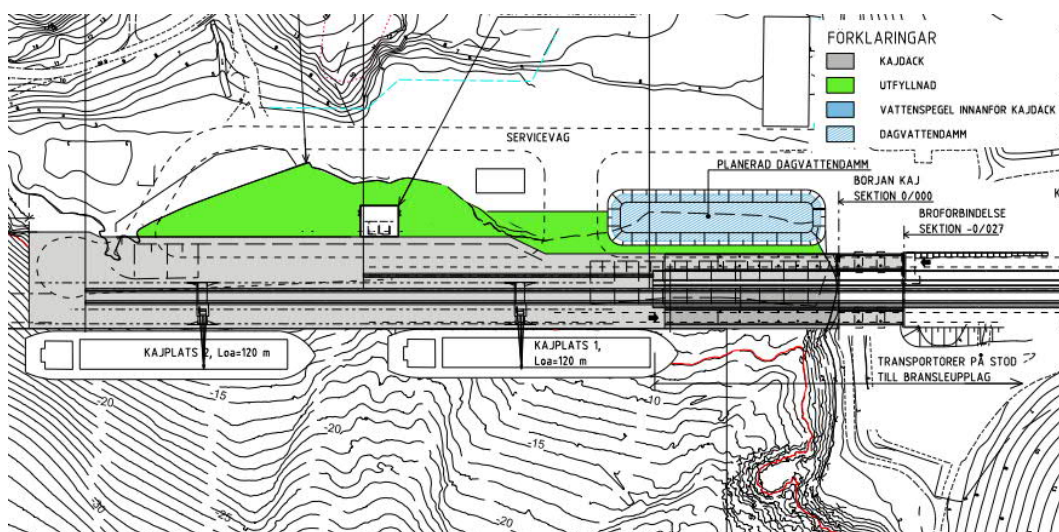
I det här skedet har eventuella förändringar på bottennivåer ej definierats.

Ett tidigt förslag på utformning av den planerade anläggningen som använts i beräkningen redovisas i Figur 2-7.



Figur 2-7. Framtida anläggning med kylvattensintag och -utsläpp samt två dagvattensutsläpp.

Utformning av den planerade anläggningen uppdaterades senare med bland annat ett utfyllnadsområde mellan kajen och stranden på norra sidan som täcker en yta av ca 6 000 m², se Figur 2-8.



Figur 2-8. Utformning av den planerade anläggningen mottaget 2019-04-29 från KFS.

Utfyllnadsområdets storlek motsvarar knappt 10% av hamnområdets storlek. Utförda strömningssimuleringar visar att vattenhastigheter kring kajen är låga och ligger i storleksordning 0,5 – 1,0 cm/s vilket innebär att de senaste ändringarna i hamnens utformning bedöms inte orsaka någon betydande skillnad på strömnings- och spridningsförhållandena jämfört med hamnens ursprungliga utformning.

Spridningsberäkningarna har utförts med beräkningsnätet motsvarande hamnens ursprungliga utformning vilket, enligt resonemanget ovan, anses som ett rimligt antagande. Modellens resultat kan användas för att bedöma miljökonsekvenser inom vattenskyddsområden.

2.3.2 Dagvattensutsläpp

Preliminär placering av de två framtida dagvattensutsläppen redovisas i Figur 2-7 och båda utsläpp ligger vid -1 m RH2000 (ca 1,8 m djup) (Sweco, 2020). De dimensionerande utsläppsflödena för respektive utlopp har beräknats enligt samma metodik och antaganden som vid nuvarande förhållanden, se avsnitt 2.2.2.

Enligt (Sweco, 2020) är de reducerade avrinningsområden för väst- och öst-utlopp av 2,624 ha, d.v.s. 26 240 m² respektive 7,44 ha, d.v.s. 74 400 m². Dimensionerande utsläppsflöden, motsvarande förväntad avrinning under en månad med ovanligt hög nederbörds mängd, blir därmed:

- Väst: 1,0 l/s.
- Öst: 2,9 l/s.

I Tabell 2-2 redovisas framtagna dagvattenhalter för framtida förhållanden. I analysen har ingen utspädning tillämpats i de dimensionerande dagvattensutsläppen.

Tabell 2-2. Dimensionerande ämneskoncentration för de framtida dagvattensutsläppen (Sweco, 2020).

	Ämneskoncentration (väst) [µg/l]	Ämneskoncentration (öst) [µg/l]
P	65	57
N	1100	820
Pb	3.6	2.5
Cu	10	6.6
Zn	34	23
Cd	0.32	0.26
Cr	1.6	1.1
Ni	4	2.2
Hg	0.023	0.015
SS	14000	8500
Oil	87	61
PAH16	0.12	0.064
BaP	0.011	0.0068
As	3.8	1.2
Fe	650	670

För att utvärdera hur belastningen kommer att förändras mellan nuvarande och framtida förhållanden har mängdflöden för varje ämne och konfiguration tagits fram, se Tabell 2-3. Mängdflöde räknas genom att multiplicera utsläppsflödet med respektive ämneskoncentration och uttrycks därmed i enhet µg/s. Enligt analys av Tabell 2-3 framgår det att belastningen vid framtida förhållanden kommer att vara mindre jämfört med nuvarande förhållanden för alla ämnen utom Oil, som själv kommer att öka med 229%.

Tabell 2-3. Jämförelse mellan mängdflöden vid nuvarande och framtida förhållanden.

	Mängdflöde [$\mu\text{g/s}$]		Förändring
	Nuvarande	Framtid (väst + öst)	
P	679	235	-65%
N	4686	3557	-24%
Pb	37.5	11.1	-70%
Cu	127	30	-76%
Zn	445	103	-77%
Cd	1.4	1.1	-22%
Cr	19.7	4.9	-75%
Ni	16.6	10.6	-36%
Hg	0.1	0.1	-24%
SS	166347	39567	-76%
Oil	82.0	270	229%
PAH16	2.1	0.3	-85%
BaP	0.2	0.0	-84%
As	7.7	7.5	-3%
Fe	15229	2648	-83%

2.3.3 Kylvattensutsläpp

Preliminär placering av kylvattensintag och -utlopp redovisas i Figur 2-7. Den preliminära utformningen för kylvattensutlopp består av ett rör med diameter 300 mm. Kylvattensintag och -utlopp ligger vid -20 m respektive -10 m RH2000.

Utsläppsscenario har bestämts utifrån planerad produktion vid Lövstas kraftvärme av Stockholm Exergi (driftscenario "1A"). Planerade värmen under åren redovisas i Tabell 2-4.

Tabell 2-4. Utsläppsscenario under året från det planerade värmeverket.

Månad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Flöde [m^3/h]	594	594	594	594	594	594	0	0	594	594	594	594
Temperatur [$^{\circ}\text{C}$]	15	14	15	17	18	18	-	-	25	21	18	16

Utsläppsvattnet kommer att vara varmare än den naturliga vattentemperaturen i Lövstafjärden (uppvärmning).

2.4 Hydrologisk analys

2.4.1 Inledning

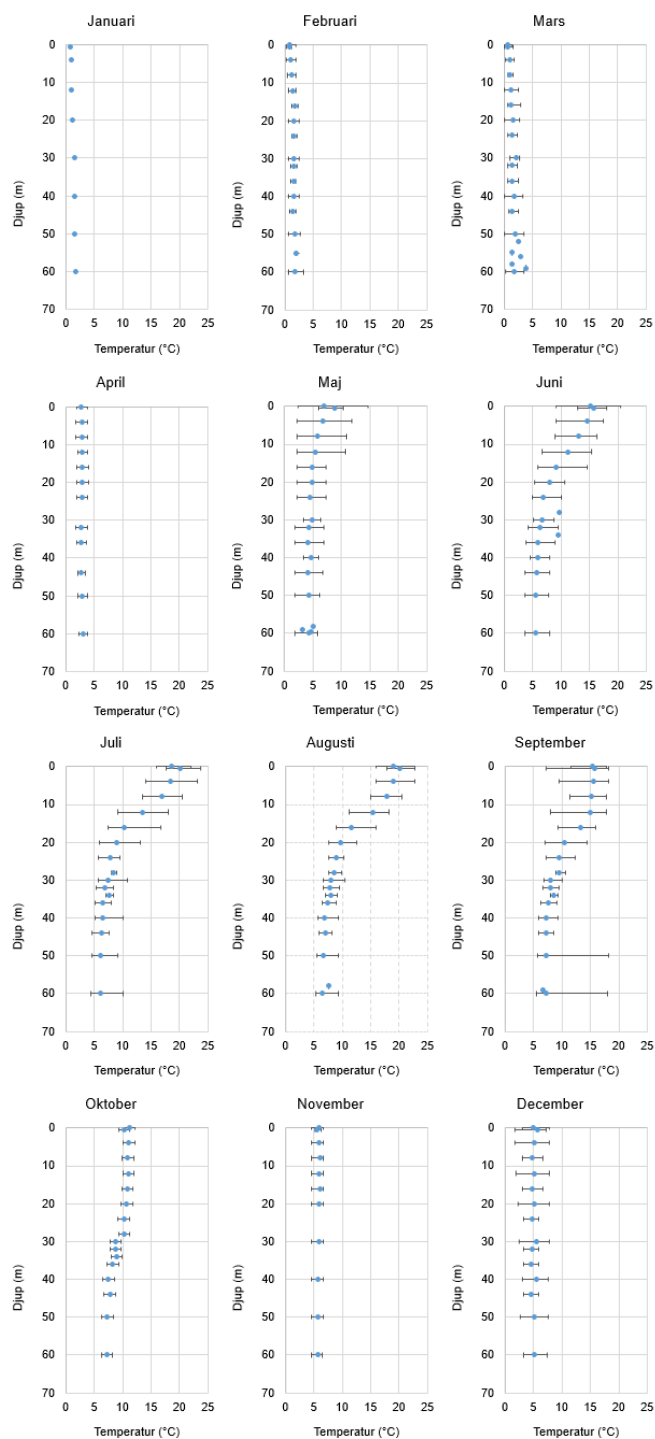
Strömningsförhållandena inom studieområdet påverkas av:

- Naturliga strömmar och tappning vid Slussen, slussar vid Södertälje och Hammarby.
- Vind.
- Vattentemperatur (skiktning).

Av dessa tre faktorer bedöms naturliga strömmar och vind ha störst inverkan på strömningsförhållandena.

2.4.2 Vattentemperatur

Mälarens vattentemperatur har erhållits från Stockholm Vatten och Avfall med temperaturdata från "Lambarfjärden"-mätstationen som ligger utanför Lambarön ca 2,5 km sydost om den planerade anläggningen. Mätserien är tillgänglig från 1967 till 2018 och temperaturproverna har tagits 7–8 gånger per år. Mätningar har bearbetats för att erhålla månadsmedelvärden av vattentemperatur vid olika djup, se Figur 2-9. Ur denna analys framgår att en temperaturskiktning finns under sommarhalvåret, främst från maj till oktober. Från november till april är dock skiktningen mycket svag (januari till mars) eller obefintlig (november, december, april) med i princip konstant vattentemperatur över vattendjupet.



Figur 2-9. Månadsmedelvattentemperatur samt min- och maxvärden vid Lambarfjärdens mätstation.
Källa: Stockholm vatten och avfall.

Månadsmedelvärden av vattentemperatur har jämförts med processvattnets temperatur vid utsläppsdjupet. Utsläppet ligger vid -10 m och månadsmedeltemperatur från provtagningar vid det närmaste djupet till utsläppet ligger vid -12 m. Temperatur i Mälaren vid -10 m samt skillnaden mellan utsläppstemperatur och recipientens temperatur redovisas i Tabell 2-5.

Tabell 2-5. Mälarens månadsmedeltemperatur vid utsläppsdjup och temperaturskillnad relativt till utsläppstemperatur för dimensionerande utsläppsscenario.

Månad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Mälarens temperatur vid -10 m [°C]	0,9	1,3	1,2	2,9	5,4	11,1	13,5	15,4	15,0	11,1	5,9	5,1
Utsläpps-temperatur [°C]	15	14	15	17	18	18	-	-	25	21	18	16
Temperatur-skillnad [°C]	+14,1	+12,7	+13,8	+14,0	+12,6	+6,9	-	-	+10,0	+9,9	+12,1	+10,9

Den största temperaturskillnaden förekommer i januari (+14,1 grader). Under resten av året varierar temperaturskillnaden mellan ca 13-14 grader under våren och 10-12 grader under hösten. Temperaturskillnaden är som lägst i juni strax innan juli-augusti då inget utsläpp sker.

Spridningsberäkningar har utförts för förhållandena motsvarande en april-månad för att kunna ta hänsyn till den största temperaturskillnaden (+14,0 grader) som inträffas under perioden då eventuell påverkan på fiskar förekommer (vinter-perioden är ej aktuell).

2.4.3 Vind

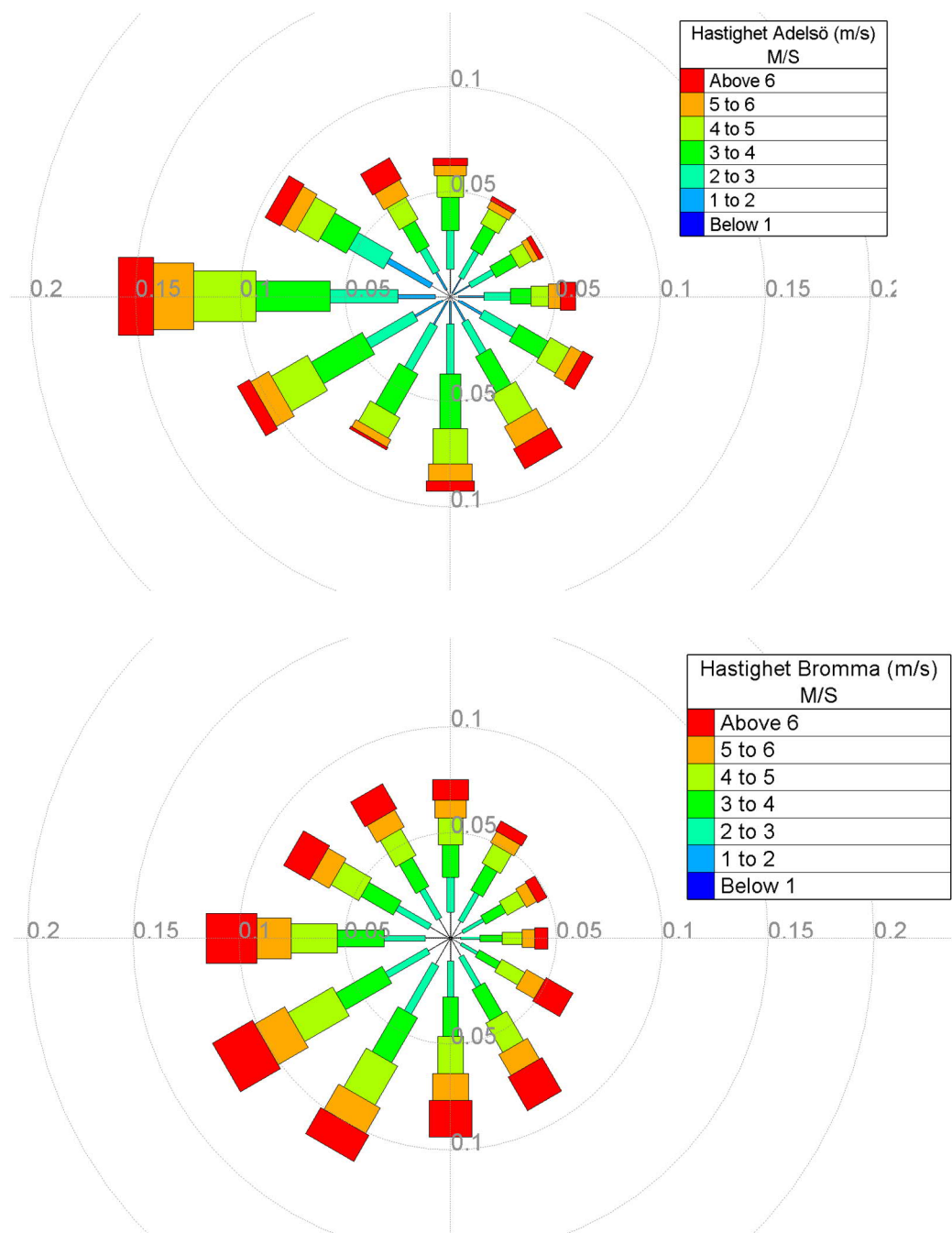
Två av SMHI:s meteorologiska mätstationer som ligger i närheten av modellområdet och har använts för att analysera vilket vindstrycke och -riktning kommer att bli representativt för simuleringarna. Adelsö-stationen som ligger ca 15 km väst om studieområdet och Bromma-Stockholm som ligger ca 10 km östsydost om studieområdet har valts för analysen. Stationernas läge redovisas i Figur 2-10.



Figur 2-10. Läge av SMHI:s meteorologiska stationer (SMHI, 2019).

Adelsö har en mätserie över perioden 1995–2018 (24 år) och Bromma-Stockholm har en mätserie över perioden 1939–2018 (80 år). Vindros för respektive stationer redovisas i Figur 2-11.

Dominerande vindriktningar är nordväst till sydost och medelvindhastighet är ca 3,5 m/s.



Figur 2-11. Vindros för SMHI:s stationer vid Adelsö (övre bild) och Bromma-Stockholm (nedre bild)

2.4.4 Vattenförling

Vattenflöde inom studieområdet (Lövstafjärden) beror på den naturliga tillrinningen till Mälaren, tappning från Slussen och slussar vid Södertälje samt Hammarby och även på vindförhållanden som kan ha stor påverkan på cirkulationsmönstren i sjön.

Tappning från Mälaren har analyserats med hjälp av månadsmedelflöden från SMHI:s station 20040, se Tabell 2-6 (från början på regleringsperioden år 1968 till 2018).

Tabell 2-6. Månadsmedelvärden av tappning från Mälaren (1968-2018).

Månad	Medelflöde [m ³ /s]
1	207
2	203
3	218
4	291
5	251
6	100
7	69
8	60
9	65
10	78
11	151
12	225

För att kunna uppskatta hur fördelas flödet mellan de olika fjärdarna har strömningsberäkningar utförts i Östra Mälaren med hjälp av en storskalig 3D-modell (se avsnitt 2.5.2).

2.5 Upprättande av beräkningsmodell

2.5.1 Beräkningsprogram

I uppdraget har beräkningsprogrammet TELEMAC-3D version 7.3 använts. Programmet är utvecklat av "Open Telemac Consortium" (Frankrike: EDFs Laboratoire National d'Hydraulique, CEREMA, ARTELIA – Storbritannien: Daresbury Laboratory, HR Wallingford – Tyskland: Bundesanstalt für Wasserbau) och är tillgänglig som öppen källkod. TELEMAC-3D löser Navier-Stokes ekvationer samt transport-diffusionsekvationer för lösta ämnen och egenskaper (temperatur, salthalt) i tre dimensioner. Tillämpningsområdena är ytvattenmodellering i hav, sjöar och vattendrag.

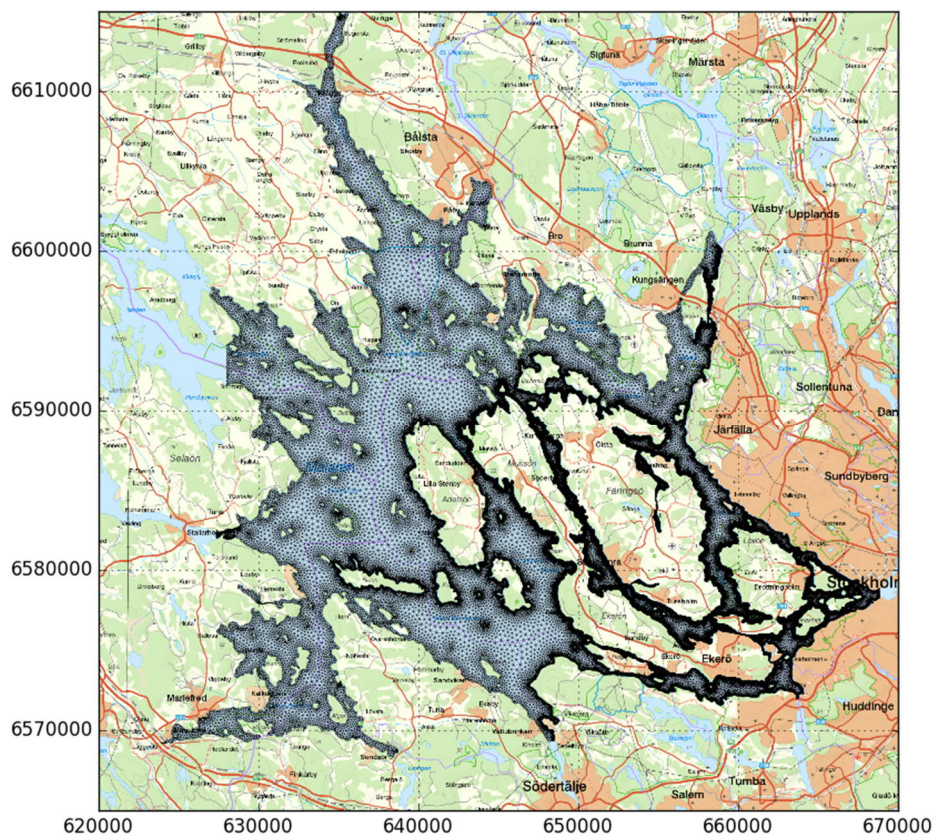
2.5.2 Storskalig beräkningsmodell över Östra Mälaren

En storskalig tredimensionell beräkningsmodell som täcker Östra Mälaren har skapats med ett tvådimensionellt beräkningsnät som omfattar hela modelldomänen och duplicerats flera gånger i vertikalled för att erhålla ett tredimensionellt beräkningsnät. Syftet av denna modell är att kunna uppskatta strömningsförhållandena och flödesfördelningen mellan de olika fjärdarna vid olika tappnings- och vindförhållanden.

Modellen är framtagen av Sweco och ägs av Sweco. Arbetet utfördes 2011 och har bekostats med egna medel. Syftet var att etablera en storskalig modell som kan bidra till att ta fram randvillkor i olika projekt Sweco är involverad i.

Det tvådimensionella beräkningsnätet består av ca 71 500 beräkningsnoder och ca 125 000 element i ett triangulärt s.k. "flexible mesh".

Beräkningscellernas sidlängd i horisontalled varierar mellan ca 5–400 m beroende på storleken av vattenvägar, se Figur 2-12. Det tredimensionella beräkningsnätet har skapats genom att dela upp det två-dimensionella beräkningsnätet fem gånger i vertikalled och består av ca 625 000 element.



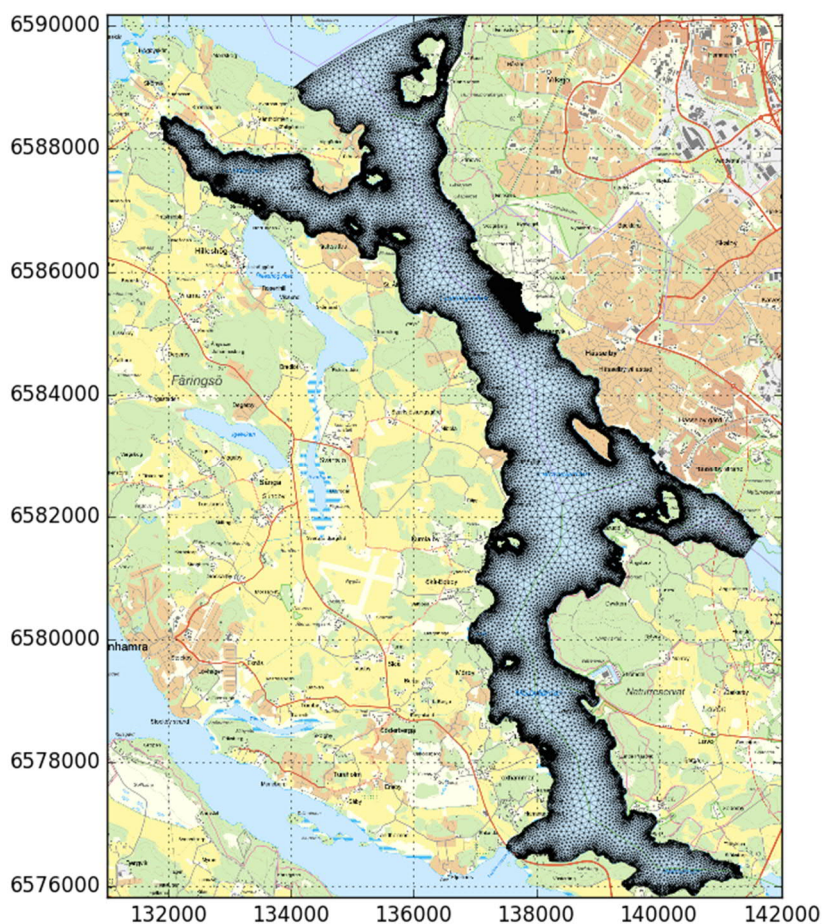
Figur 2-12. Beräkningsnät över Östra Mälaren, storskalig modell.

2.5.3 Lokal beräkningsmodell över Lövstafjärden

En lokal beräkningsmodell över Lövstafjärden har skapats med ett tvådimensionellt beräkningsnät som omfattar hela modelldomänen och duplicerats flera gånger i vertikalled för att erhålla ett tredimensionellt beräkningsnät.

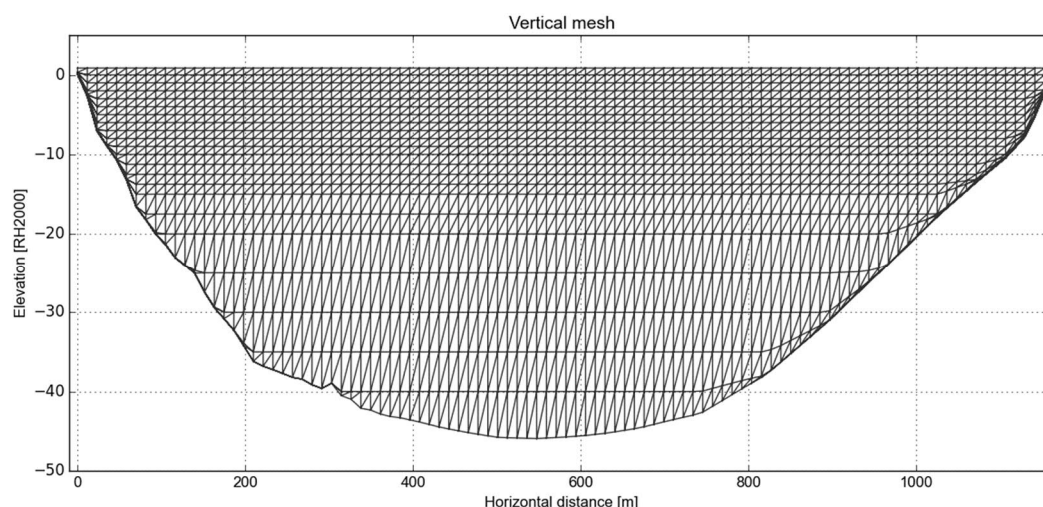
Det tvådimensionella beräkningsnätet för nuvarande geometri består av ca 36 000 beräkningsnoder och ca 66 000 element i ett triangulärt s.k. "flexible mesh".

Beräkningscellernas sidlängd i horisontalled är varierar mellan ca 10 m vid strandlinjen till ca 300 m i mitten av fjärden, se Figur 2-13.



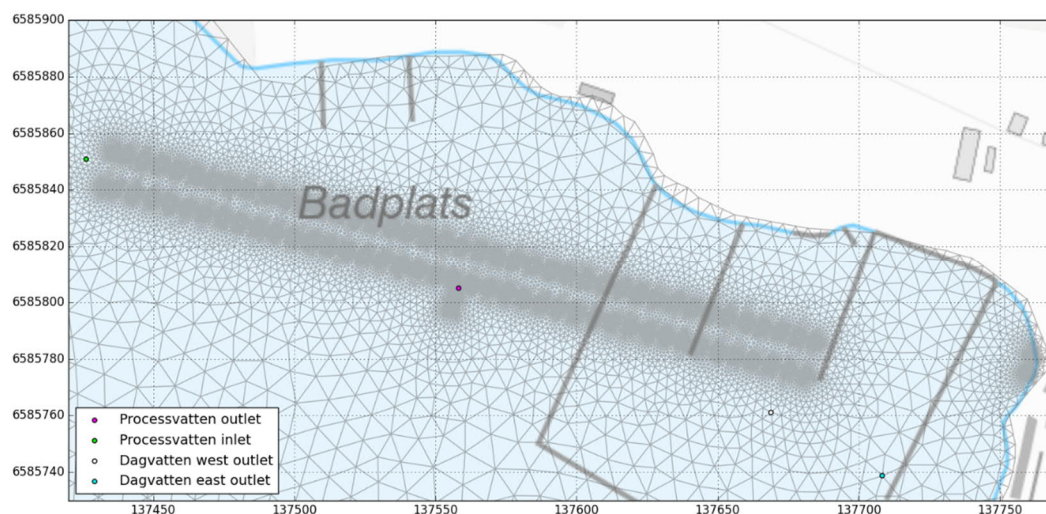
Figur 2-13. Beräkningsnät över Lövstafjärdens lokala modell.

Det tredimensionella beräkningsnätet har skapats genom att dela upp det tvådimensionella beräkningsnätet 23 gånger i vertikalled (Figur 2-14) och består av ca 1 452 000 element. Det nedersta planet (nr 1) motsvarar botten och det översta planet (nr 23) motsvarar vattenytan.



Figur 2-14. Beräkningsnät i vertikalled genom en tvärsektion kring planerade anläggning tagit från östra stranden till västra stranden.

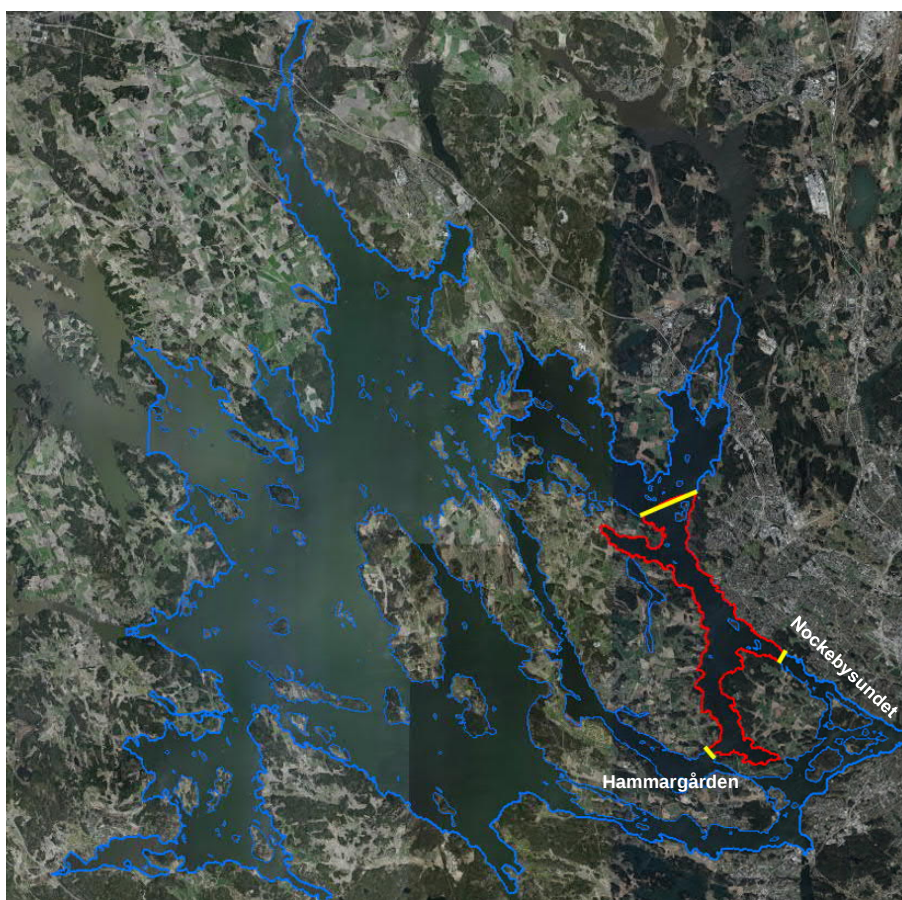
Två olika beräkningsnät har tagits fram för nuvarande respektive framtida förhållanden (anläggning av piren vid småbåtshamnen). Förändringarna i framtida beräkningsnätet inkluderar 87 pålar med diameter 813 mm där piren kommer att finnas. Beräkningsnätet vid planerad anläggning redovisas i Figur 2-15. De minsta pålarna, med diameter 270 mm (se Figur 2-7), har inte inkluderats i beräkningsnätet för att behålla ett rimligt antal element. Deras strömningsmotstånd har dock simulerats genom simulering av en lokal formmotståndskraft (*drag force* på engelska) baserats på en s.k. formmotståndskoefficient (*drag coefficient* på engelska, värde 1,2 för cirkulära pålar) och antal pålar inom aktuellt område (Hervouet, 2007).



Figur 2-15. Beräkningsnät vid framtida planerad anläggning och indikerat utsläpp samt intag.

Det tvådimensionella beräkningsnätet för framtida geometri består av ca 53 000 beräkningsnoder och ca 99 000 element. Det tredimensionella beräkningsnätet för framtida geometrin har också delats upp 23 gånger och består av ca 2 178 000 element.

Modellen består av tre öppna ränder, en i norr och två i syd i Nockebysundet samt vid Hammargården (Figur 2-16). Randvillkor definieras som vattennivå vid norra randen (Mälarens medelvattennivå +0,86 RH2000) samt flöden vid de två andra ränderna vars värde hämtas från den storskaliga 3D-modellen (se resultat i avsnitt 3.1).



Figur 2-16. Lokalisering av de två beräkningsmodeller. Lägen för ränder indikeras i gul för den lokala modellen (röd) relativt till storskaliga modell (blå).

2.5.4 Bottenfriktion och turbulens

Friktion på botten har simulerats med hjälp av så kallad Nikuradses råhet som baseras på en ekvivalent sandråhet på 0,02 m vilket anses vara ett typiskt värde för sjöbottnar.

Turbulens i horisontal- och vertikalplan har simulerats med k-ε-turbulensmodellen.

2.5.5 Vattendensitet och utspädning

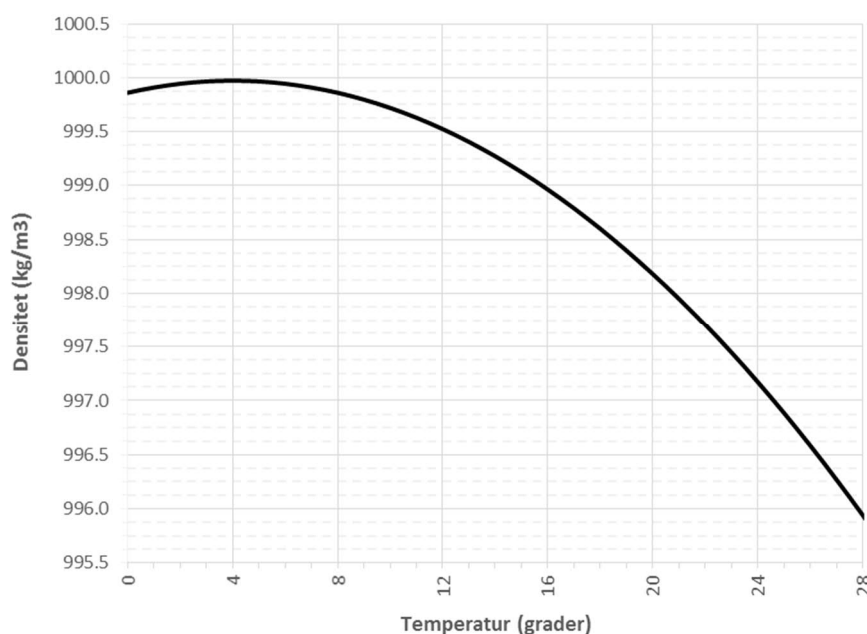
Vattnets densitet varierar med temperatur och beräknas av programmet vid samtliga beräkningsnoder med följande ekvation (EDF R&D, 2018):

$$\rho = \rho_{ref} \cdot \{1 - [7 \cdot (T - T_0)^2] \cdot 10^{-6}\}$$

Med:

- ρ = lokal vattendensitet [kg/m³]
- ρ_{ref} = vattnets referensdensitet vid $T_0 = 999,972$ kg/m³
- T = lokal temperatur [grader]
- T_0 = referenstemperatur = 4,0 grader

Vattendensiteten är som störst vid $T = T_0 = 4,0$ grader, se Figur 2-17.



Figur 2-17. Vattendensitet beroende på vattentemperatur för en salthaltkoncentration av 0 kg/m³.

Viktlösa ämnen (så kallad *tracer*) har inkluderats i de simulerade utsläppen för att kunna undersöka koncentrationsutspädningen i recipienten.

2.6 Beräkningsfall

2.6.1 Inledning

Strömnings- och spridningssimuleringar har utförts för flödes- och temperaturförhållanden motsvarande en april-månad, se motivering i avsnitt 2.4.2. Vidare har simuleringarna utförts för två olika vindriktningar, nordväst och sydost. De simulerade vindriktningarna har definierats utifrån en känslighetsanalys med andra vindriktningar (väst) som visade att dimensionerande spridningsförhållanden fås vid nordvästliga och sydostliga vindar.

De definierade vindsscenarierna baseras på konstant vindriktning och vindhastighet under simuleringsperioder på minst 9 dagar. Sådana förhållanden förekommer sällan i verkligheten. Syftet med simulerade scenarierna var dock att identifiera typiska stationära förhållanden, särskilt i närheten av Lövsta där påverkan från utsläpp är som störst. Analys av påverkan längre bort från Lövsta bör dock göras med viss försiktighet då strömningsförhållandena i dessa områden kan variera från de stationära spridningsförhållandena som har studerats i föreliggande utredning. Risken för höga halter i dessa områden är dock försumbar tack vare en mycket stor utspädning från källan (se resultat i kapitel 3).

Analys av månadsmedelflöden visar att medeltappningen ur Mälaren är som störst i april med ca 291 m³/s. Strömningsberäkningar har dock utförts vid ett tappningsflöde på 158 m³/s vilket motsvarar medellågvattenföringen för april-månaden i syfte att inte överskatta spridningspotentialen med bakgrundsflöden jämfört med andra perioder på året.

Flödesfördelning genom de olika ränderna har definierats utifrån resultat från den storskaliga 3D-modellen (se avsnitt 3.1). Samtliga simuleringar har utförts vid Mälarens medelvattennivå (+0,86 RH2000).

2.6.2 Nuvarande förhållanden

Utförda beräkningsfall redovisas nedan:

- Fall 1: april-månad med medelsommarvind på 3,5 m/s från riktning 150 grader (sydost) med motsvarande flödesfördelning i Lövstafjärden.
- Fall 2: april-månad med medelsommarvind på 3,5 m/s från riktning 330 grader (nordväst) med motsvarande flödesfördelning i Lövstafjärden.

Flödet vid dagvattensutlopp definieras som ett tillskott (källa) med ett flöde på 2,3 l/s.

Enligt analys av vattentemperatursmätningar inom studieområdet förekommer ingen temperaturskiktning under april-månaden (se avsnitt 2.4.2). Simuleringarna har därmed utförts med en initial konstant vattentemperatur över vattendjupet med ett medelvärde på 2,9 grader.

2.6.3 Framtida förhållanden

Resultat från simuleringar vid nuvarande förhållanden har visat att ämneskoncentrationerna i småbåtshamnen är ca 10 gånger större i beräkningsfall 2 jämfört

26(52)

med beräkningsfall 1 (se avsnitt 3.2). Simuleringar vid framtida förhållanden har därmed utförts för beräkningsfall 2 enbart (nordvästlig vind).

Vid det framtida scenariot finns det två dagvattensutlopp, väst och öst. Utloppen definieras som två tillskott med flöde på 1,0 l/s respektive 2,9 l/s.

Flödet vid kylvattenintag samt -utlopp har definierats som ett uttag (pump) respektive ett tillskott (källa), med ett flöde på 594 m³/h (d.v.s. 0,165 m³/s) och en utsläppstemperatur på 17 grader, se även avsnitt 2.3.

Simuleringar har utförts med en initial konstant vattentemperatur på 2,9 grader. En kompletterande simulering har också utförts med en konstant vattentemperatur på 4,0 grader då resultat från simuleringen med 2,9 grader visar att spridningsriktning i vertikalled kan påverkas av den initiala temperaturen (se avsnitt 3.3.1). Temperaturen 4,0 grader motsvarar vattnets största densitet och är ett rimligt antagande för vinter-vår förhållanden (se även analys av temperaturdata i avsnitt 2.4.2).

2.6.4 Redovisning av resultat

Resultat avseende spridning av halter redovisas i form av kartor och grafer med utspädningsgrad uttryckt i förhållande till den initiala koncentrationen. Utspädningsgraden redovisas i logskala och motsvarar medelvärdet av halten över vattendjupet. Aktuell medelkoncentration kan då räknas fram genom att multiplicera den lokala utspädningsgraden med haltens utsläppskoncentration. Lokala halter vid framtida förhållanden redovisas vid ett antal geografiska punkter i form av tabeller där både medel- och maximal koncentration över vattendjupet anges. Dessa värden jämförs sedan med aktuella bedömningsgrunder och gränsvärden (Miljökvalitetsnormer för fisk- och musselvatten (Regeringskansliet, 2001) årsmedelvärden samt maximala tillåtna halter för kemisk ytvattenstatus (HaV, 2019).

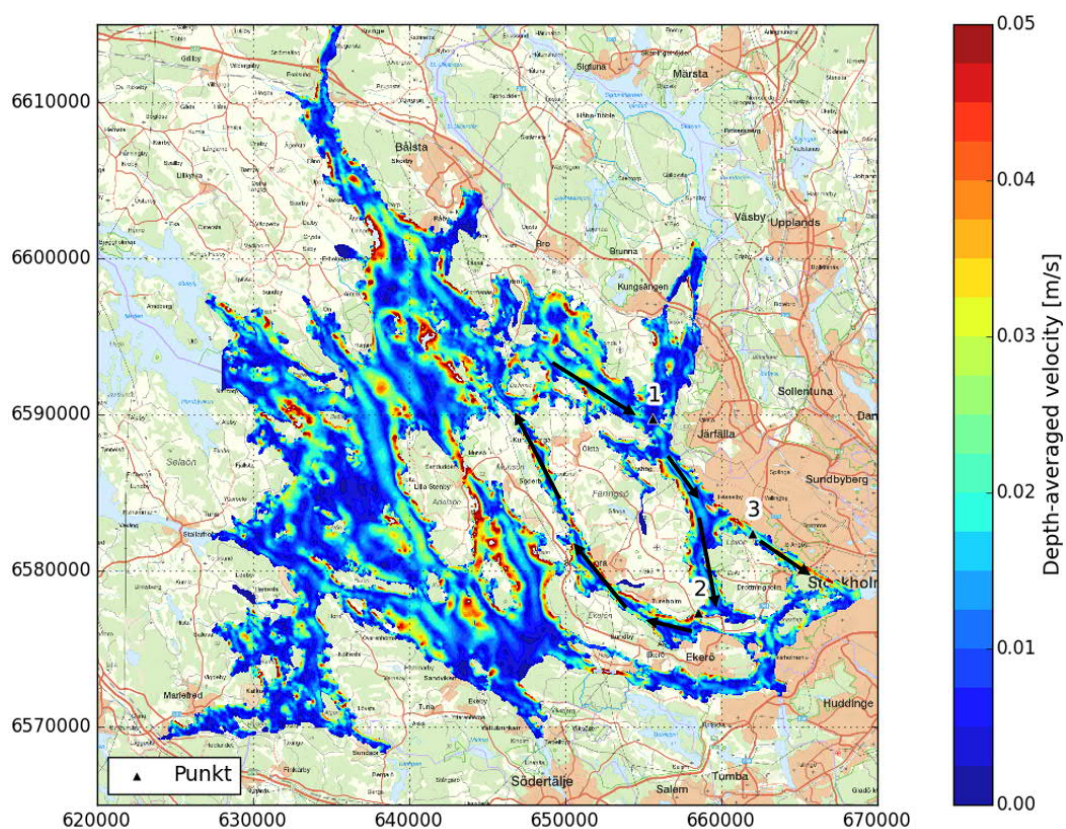
Resultat avseende temperaturspridning redovisas i form av kartor och grafer med temperaturökning relativt till den initiala vattentemperaturen i recipienten.

3 Resultat

3.1 Flödesfördelning mellan de olika fjärdarna

3.1.1 Fall 1: april-månad med sydostlig vind

Resultat från den storskaliga 3D-modellen redovisas i form av medelhastigheter (medelvärde över vattendjupet) och strömningsriktning, se Figur 3-1.

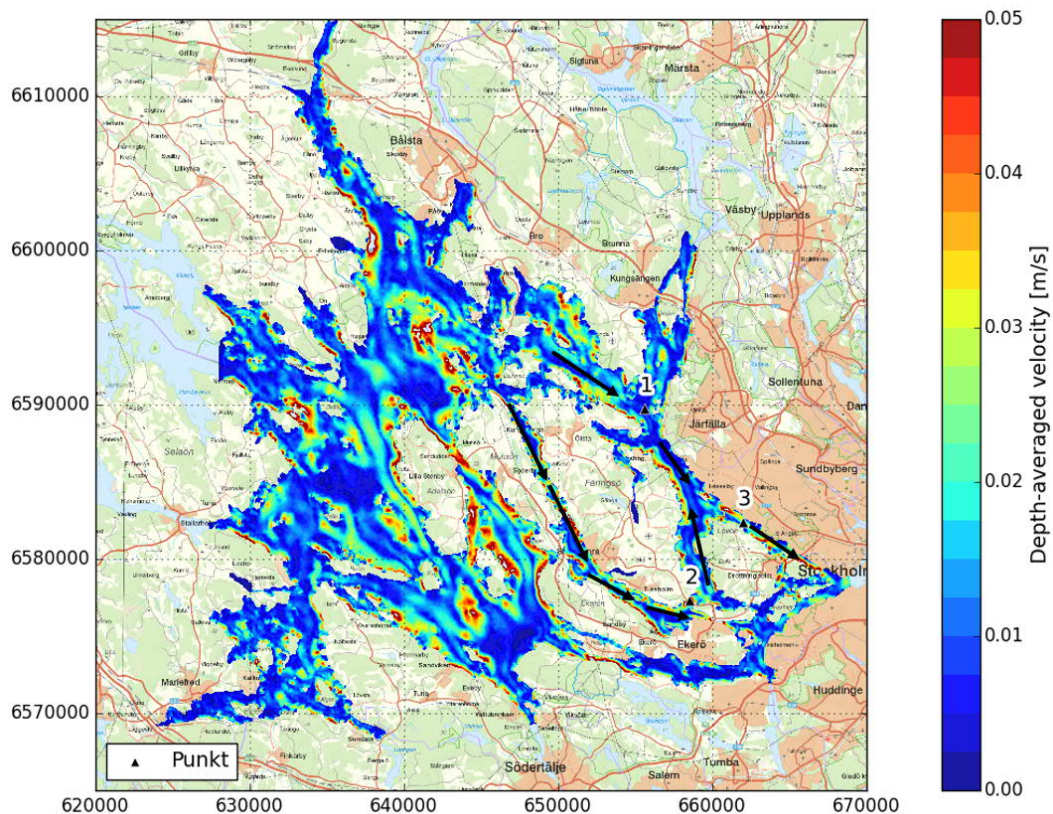


Figur 3-1. Storskalig 3D-modell. Sydostlig vind. Medelhastigheter och strömningsriktningar.

Vid sydostlig vind rinner större delen av flödet söderut genom Lövstafjärden (totalt ca 133 m³/s vid punkt 1 d.v.s. ca 84% av den totala tappningen). Flödet rinner dessutom i medurs riktning runt Färingsö. I Lövstafjärden är fördelas flödet på bägge sidor av Lovön med ca 89 m³/s som rinner väst om ön i Nockebysundet (punkt 3) och ca 44 m³/s som rinner öst om ön söderut mot Ekerö (punkt 2).

3.1.2 Fall 2: april-månad med nordvästlig vind

Resultat från den storskaliga 3D-modellen redovisas i form av medelhastigheter (medelvärde över vattendjupet) och strömningsriktning, se Figur 3-2.



Figur 3-2. Storskalig 3D-modell. Nordvästlig vind. Medelhastigheter och strömningsriktningar.

Vid nordvästlig vind rinner flödet mot sydost runt om Färingsö med ca 43 m³/s i Lovstafjärdens övre del (punkt 1) och ca 56 m³/s som rinner runt Färingsö i moturs riktning (punkt 2) som mynnar i Lovstafjärden norr om Lovön. Vatten koncentreras sedan i Nockebysundet där flödet blir ca 99 m³/s (punkt 3), d.v.s. ca 63% av den totala tappningen.

3.2 Nuvarande förhållanden

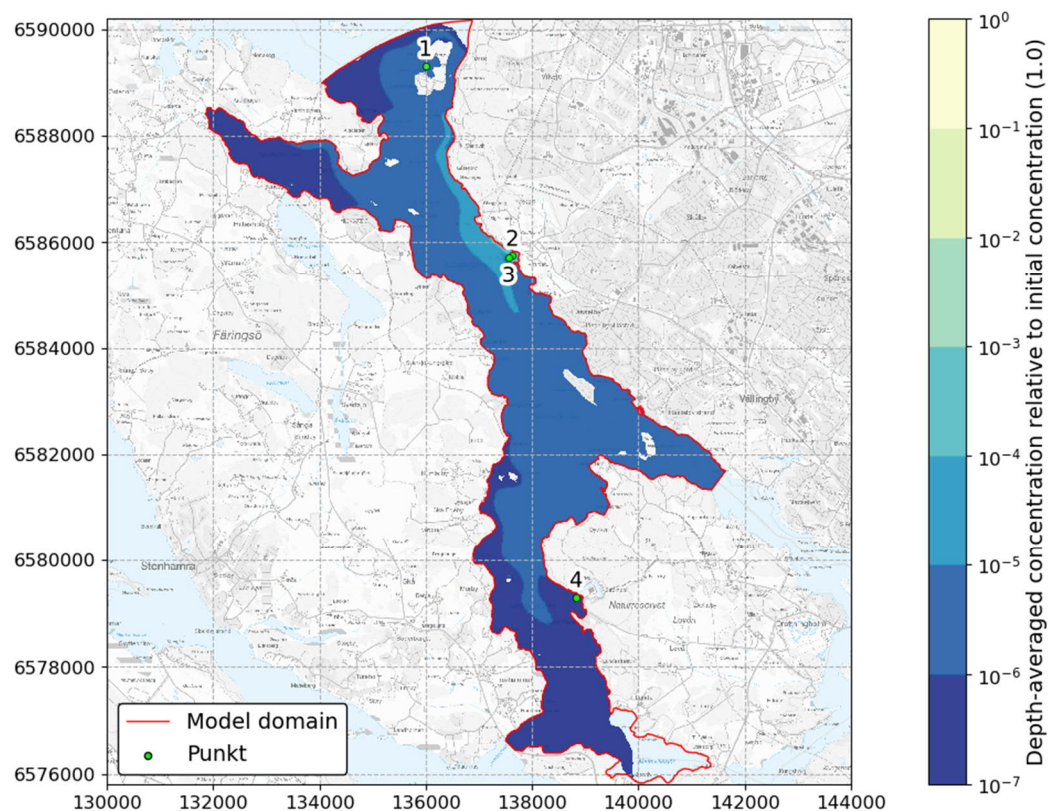
3.2.1 Fall 1: april-månad med sydostlig vind

Spridning av utsläppta dagvattenhalter redovisas som medelvärdet över vattendjupet över hela modellen och vid småbåtshamnen i Figur 3-3 till Figur 3-5. Simuleringen omfattar en 14-dygnsperiod.

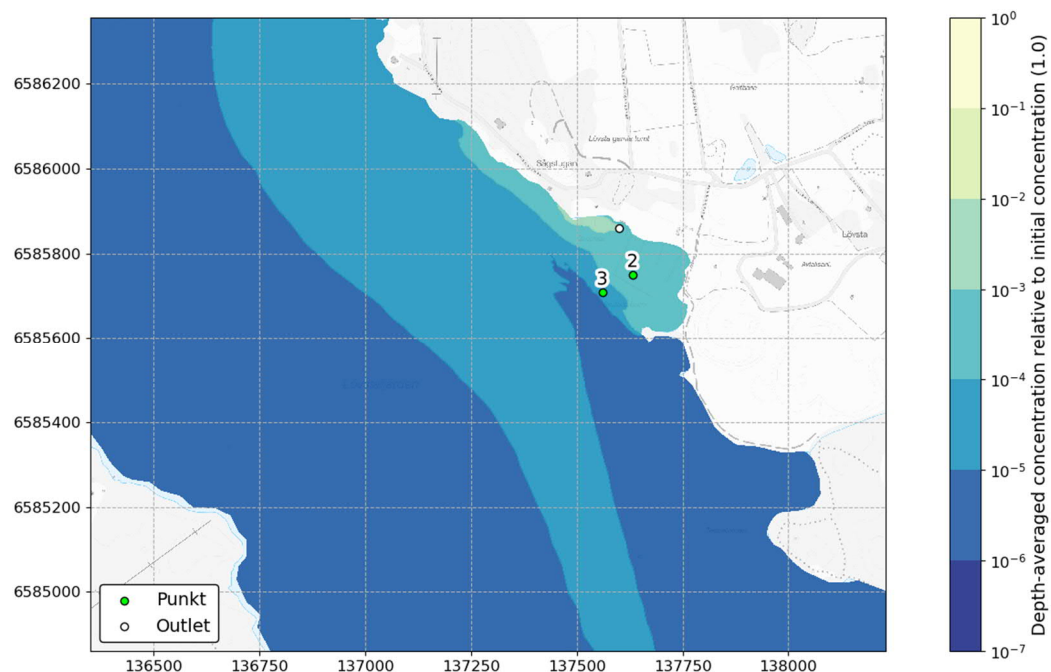
Spridning av dagvattenhalter sker i hela Lövstafjärden främst norrut (samma riktning som vindens) men också söderut (samma riktning som bakgrundsflöden). Koncentrationer minskar snabbt nedströms utloppet:

- Inom småbåtshamnsviken (punkt 2) är den minsta utspädningsgraden ca 10 000 (d.v.s. att koncentrationen är ca 10 000 gånger mindre än utsläppskoncentrationen).
- Utanför viken blir utspädningsgraden ca 10 000 till 100 000 med de högsta koncentrationerna som sprids norrut utmed fjärdens östra strand.

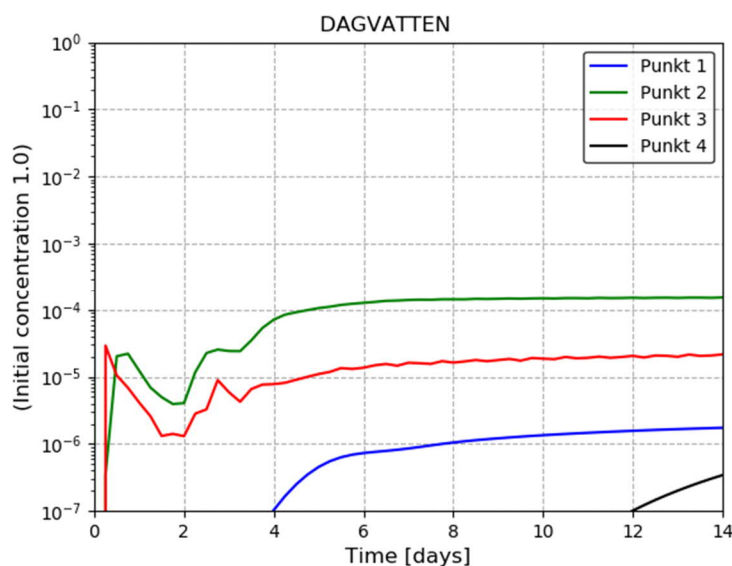
Koncentrationer vid råvattenintagen blir mycket låga (utspädningsgrad mellan 100 000 till 1 000 000 vid Görvaln och mellan 1 000 000 och 10 000 000 vid Lovön).



Figur 3-3. Översiktsvy av utspädning av dagvattenhalter för nuvarande scenario vid april-månad med sydostlig vind efter 14 dygn.



Figur 3-4. Detaljvy vid småbåtshamnen med utspädning av dagvattenhalter för nuvarande scenario vid april-månad med sydöstlig vind efter 14 dygn.



Figur 3-5. Utspädning av dagvattenhalter för nuvarande scenario vid april-månad med sydöstlig vind. Punkternas lokalisering indikeras i Figur 3-3.

Halter för olika ämnen redovisas i form av medelvärde och maximala värde över vattendjupet vid fyra platser (Görvaln råvattenintag, Inre småbåtshamn, Yttre

småbåtshamn och Lovön råvattenintag, se lokalisering på Figur 3-3) i Tabell 3-1 och Tabell 3-2 och jämförs med aktuella bedömningsgrunder och gränsvärden (Miljökvalitetsnormer för fisk- och musselvatten (Regeringskansliet, 2001) årsmedelvärden samt maximala tillåtna halter för kemisk ytvattenstatus (HaV, 2019).

Redovisade halter har räknats fram utifrån den simulerade utspädningsgraden vid simuleringens slut, d.v.s. efter 14 dagar. Vid den inre och yttre hamnen kan dessa halter antas motsvarar stationära värden. Vid råvattenintag har dock koncentrationerna inte hunnits etablera sig på stationära värden efter 14 dagar, särskilt vid Lovön. Risken för höga halter från dagvattenutsläpp vid dessa punkter är dock försumbar tack vare den store utspädningen mellan källan och respektive intag, se även texten i nästa stycke.

Analys av dessa tabeller indikerar på att för de flesta ämnen är de framräknade ämneskoncentrationerna i storleksordning minst ca 1000 gånger mindre jämfört med aktuella gränsvärden, oavsett vattendjup samt kontrollpunkt. Den lägsta marginalen erhålls vid punkt 2 Inre hamn för ämnet BaP där beräknad halt är ca 10 gånger mindre än rekommenderat årsmedelvärde. Det bör dock noteras att detta resultat antas vara konservativt då utsläppsflödet motsvarar medelflödet som genereras av den medelhögmådnadsnederbörden, se avsnitt 2.2.2.

Tabell 3-1. Halter för olika ämnen (medelvärde övre vattendjupet) angivna i µg/l. Nuvarande scenario vid april-månad med sydostlig vind. Utsläppshalter redovisas i Tabell 2-1. Lokalisering enligt Figur 3-3.

Ämne	Medelvärdet över vattendjupet (µg/l)				MKN för fisk- och musselvatten (µg/l) Riktvärde/gränsvärde	Årsmedelvärde (µg/l) Bedömningsgrunder / Gränsvärden	Max tillåtna halter (µg/l) Bedömningsgrunder / Gränsvärden
	1 Görväln vattenverk	2 Inre småbåtshamn	3 Yttre småbåtshamn	4 Lovö vattenverk			
P	5.05E-04	4.42E-02	6.27E-03	9.95E-05			
N	3.48E-03	3.05E-01	4.32E-02	6.87E-04			
Pb	2.79E-05	2.44E-03	3.46E-04	5.49E-06			14.0
Cu	9.41E-05	8.24E-03	1.17E-03	1.85E-05	40**/-		
Zn	3.31E-04	2.90E-02	4.11E-03	6.52E-05	-/1000		
Cd	1.05E-06	9.15E-05	1.30E-05	2.06E-07		0.15*	0.9*
Cr	1.46E-05	1.28E-03	1.82E-04	2.88E-06		3.4	
Ni	1.24E-05	1.08E-03	1.53E-04	2.44E-06			34.0
Hg	6.62E-08	5.80E-06	8.21E-07	1.30E-08		-	0.07
SS	1.24E-01	1.08E+01	1.53E+00	2.44E-02	-/25000	-	-
Oil	6.10E-05	5.34E-03	7.56E-04	1.20E-05			
PAH16	1.59E-06	1.39E-04	1.97E-05	3.12E-07			
BaP	1.48E-07	1.30E-05	1.84E-06	2.92E-08		0.00017	0.27
As	5.75E-06	5.03E-04	7.13E-05	1.13E-06		0.5	7.9
Fe	1.13E-02	9.92E-01	1.40E-01	2.23E-03			

*Hårdhetsklass 4

**Vattenhårdhet 100 CaCO₃ /l vatten.

Tabell 3-2. Halter för olika ämnen (maximala värden övre vattendjupet) angivna i µg/l. Nuvarande scenario vid april-månad med sydostlig vind. Utsläppshalter redovisas i Tabell 2-1. Lokalisering enligt Figur 3-3.

Ämne	Maximalt värdet över vattendjupet (µg/l)				MKN för fisk- och musselvatten (µg/l) Riktvärde/gränsvärde	Årsmedelvärde (µg/l) Bedömningsgrunder / Gränsvärden	Max tillåtna halter (µg/l) Bedömningsgrunder / Gränsvärden
	1 Görvåln vattenverk	2 Inre småbåtshamn	3 Yttre småbåtshamn	4 Lovö vattenverk			
P	5.17E-04	4.60E-02	1.01E-02	1.02E-04			
N	3.57E-03	3.17E-01	6.95E-02	7.02E-04			
Pb	2.85E-05	2.54E-03	5.56E-04	5.62E-06			14.0
Cu	9.63E-05	8.56E-03	1.88E-03	1.90E-05	40**/-		
Zn	3.39E-04	3.01E-02	6.60E-03	6.67E-05	-/1000		
Cd	1.07E-06	9.51E-05	2.08E-05	2.11E-07		0.15*	0.9*
Cr	1.50E-05	1.33E-03	2.92E-04	2.95E-06		3.4	
Ni	1.27E-05	1.13E-03	2.47E-04	2.49E-06			34.0
Hg	6.78E-08	6.02E-06	1.32E-06	1.33E-08		-	0.07
SS	1.27E-01	1.13E+01	2.47E+00	2.49E-02	-/25000	-	-
Oil	6.24E-05	5.55E-03	1.22E-03	1.23E-05			
PAH16	1.62E-06	1.44E-04	3.16E-05	3.20E-07			
BaP	1.52E-07	1.35E-05	2.95E-06	2.98E-08		0.00017	0.27
As	5.88E-06	5.23E-04	1.15E-04	1.16E-06		0.5	7.9
Fe	1.16E-02	1.03E+00	2.26E-01	2.28E-03			

*Hårdhetsklass 4

**Vattenhårdhet 100 CaCO₃ /l vatten.

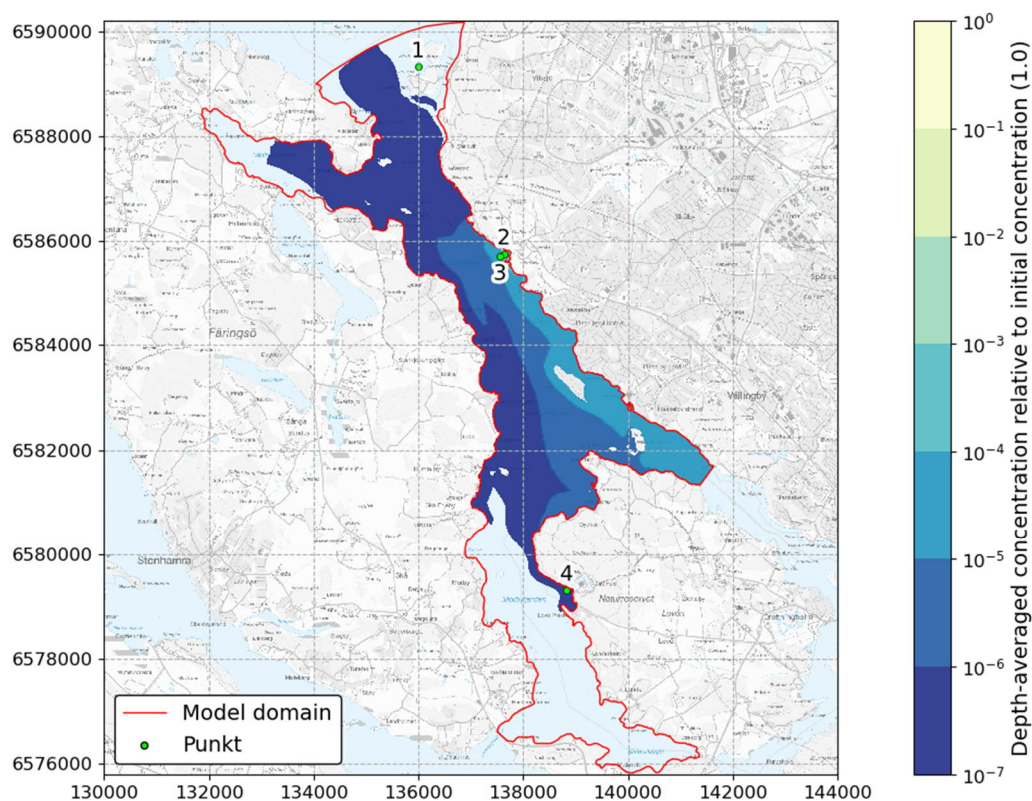
3.2.2 Fall 2: april-månad med nordvästlig vind

Spridning av utsläppta dagvattenhalter redovisas som medelvärdet över vattendjupet över hela modellen och vid småbåtshamnen i Figur 3-6 till Figur 3-8. Simuleringen omfattar en 14-dygnperiod.

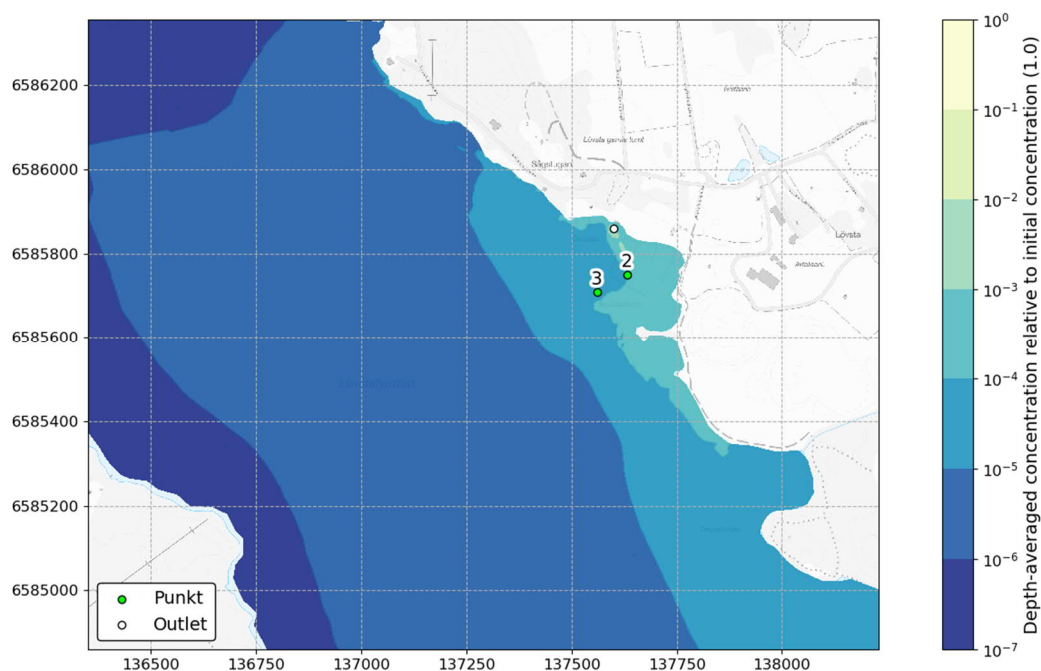
Spridning av dagvattenhalter är begränsad till Lövstafjärdens nordöstra strand ner till Nockebysundet, d.v.s. i samma riktning som bakgrundsströmmarnas och vindens.

Koncentrationerna i småbåtshamnen är ca 10 gånger större än för Fall 1 (d.v.s. utspädningsgrad på ca 1 000). Utanför småbåtshamnen är dock koncentrationerna lägre än vid Fall 1 med en ca 10 gånger större utspädningsgrad.

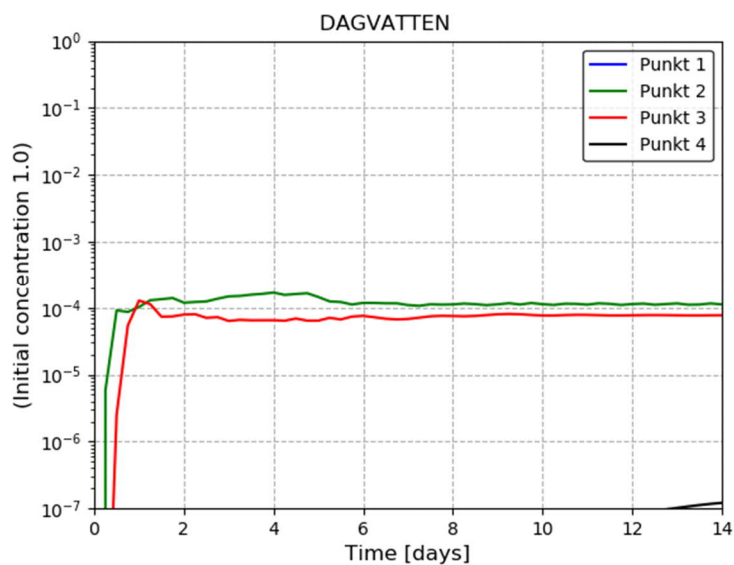
Koncentrationerna vid råvattenintagen blir mycket låga (utspädningsgrad på minst ca 10 000 000).



Figur 3-6. Översiktsvy av utspädning av dagvattenhalter för nuvarande scenario vid april-månad med nordvästlig vind efter 14 dygn.



Figur 3-7. Detaljvy vid småbåtshamnen med utspädning av dagvattenhalter för nuvarande scenario vid april-månad med nordvästlig vind efter 14 dygn.



Figur 3-8. Utspädning av dagvattenhalter för nuvarande scenario vid april-månad med nordvästlig vind. Punkternas lokalisering indikeras i Figur 3-6. Utspädningsgraden vid punkter 3 och 4 är större än 10^{-7} .

Halter för olika ämnen redovisas i form av medelvärde och maximala värde över vattendjupet vid fyra platser som vid beräkningsfall 1 i Tabell 3-3 och Tabell 3-4 och jämförs med aktuella bedömningsgrunder och gränsvärden (Miljökvalitetsnormer för fisk- och musselvatten (Regeringskansliet, 2001) årsmedelvärden samt maximala tillåtna halter för kemisk ytvattenstatus (HaV, 2019).

Redovisade halter har räknats fram utifrån den simulerade utspädningsgraden vid simuleringens slut, d.v.s. efter 14 dagar. Vid den inre och yttre hamnen kan dessa halter antas motsvara stationära värden. Vid råvattenintag har dock koncentrationerna inte hunnit etablera sig på stationära värden efter 14 dagar, särskilt vid Lovön. Risken för höga halter från dagvattenutsläpp vid dessa punkter är dock försumbar tack vare den stora utspädningen mellan källan och respektive intag, se även texten i nästa stycke.

Analys av dessa tabeller indikerar på att för de flesta ämnen är de framräknade ämneskoncentrationerna i storleksordning minst ca 430 gånger mindre jämfört med aktuella gränsvärden, oavsett vattendjup samt kontrollpunkt. Den lägsta marginalen erhålls vid punkt 2 Inre hamn för ämnet BaP där beräknad halt är ca 3,4 gånger mindre än rekommenderat årsmedelvärde. Det bör dock noteras att detta resultat antas vara konservativt då utsläppsflödet motsvarar medelflödet som genereras av en den medelhögmånadsnederbörden, se avsnitt 2.2.2.

Beräkningsfall 2 har valts för att simulera spridningsförhållanden vid framtida förhållanden med anledningen detta scenario visar de största koncentrationerna inom småbåtshamnen, där risken för att gränsvärden överskrids är störst (risken vid råvattenintagen är försumbar oavsett beräkningsfall).

Tabell 3-3. Halter för olika ämnen (medelvärde övre vattendjupet) angivna i µg/l. Nuvarande scenario vid april-månad med sydostlig vind. Utsläppshalter redovisas i Tabell 2-1. Lokalisering enligt Figur 3-6.

Ämne	Medelvärdet över vattendjupet (µg/l)				MKN för fisk- och musselvatten (µg/l) Riktvärde/gränsvärde	Årsmedelvärde (µg/l) Bedömningsgrunder / Gränsvärden	Max tillåtna halter (µg/l) Bedömningsgrunder / Gränsvärden
	1 Görvälén vattenverk	2 Inre småbåtshamn	3 Yttre småbåtshamn	4 Lovö vattenverk			
P	5.66E-12	3.25E-02	2.24E-02	3.53E-05			
N	3.90E-11	2.24E-01	1.55E-01	2.43E-04			
Pb	3.12E-13	1.79E-03	1.24E-03	1.95E-06			14.0
Cu	1.05E-12	6.05E-03	4.17E-03	6.57E-06	40**/-		
Zn	3.71E-12	2.13E-02	1.47E-02	2.31E-05	-/1000		
Cd	1.17E-14	6.72E-05	4.64E-05	7.29E-08		0.15*	0.9*
Cr	1.64E-13	9.41E-04	6.49E-04	1.02E-06		3.4	
Ni	1.39E-13	7.95E-04	5.49E-04	8.63E-07			34.0
Hg	7.42E-16	4.26E-06	2.94E-06	4.62E-09		-	0.07
SS	1.39E-09	7.95E+00	5.49E+00	8.63E-03	-/25000	-	-
Oil	6.83E-13	3.92E-03	2.70E-03	4.26E-06			
PAH16	1.78E-14	1.02E-04	7.03E-05	1.11E-07			
BaP	1.66E-15	9.52E-06	6.57E-06	1.03E-08		0.00017	0.27
As	6.44E-14	3.70E-04	2.55E-04	4.01E-07		0.5	7.9
Fe	1.27E-10	7.28E-01	5.02E-01	7.90E-04			

*Hårdhetsklass 4

**Vattenhårdhet 100 CaCO₃ /l vatten.

Tabell 3-4. Halter för olika ämnen (maximala värden övre vattendjupet) angivna i µg/l. Nuvarande scenario vid april-månad med sydöstlig vind. Utsläppshalter redovisas i Tabell 2-1. Lokalisering enligt Figur 3-6.

Ämne	Maximalt värdet över vattendjupet (µg/l)				MKN för fisk- och musselvatten (µg/l) Riktvärde/gränsvärde	Årsmedelvärde (µg/l) Bedömningsgrunder / Gränsvärden	Max tillåtna halter (µg/l) Bedömningsgrunder / Gränsvärden
	1 Görväln vattenverk	2 Inre småbåtshamn	3 Yttre småbåtshamn	4 Lovö vattenverk			
P	6.30E-12	1.69E-01	9.90E-02	3.57E-05			
N	4.35E-11	1.17E+00	6.82E-01	2.46E-04			
Pb	3.48E-13	9.33E-03	5.46E-03	1.97E-06			14.0
Cu	1.17E-12	3.15E-02	1.84E-02	6.64E-06	40**/-		
Zn	4.13E-12	1.11E-01	6.48E-02	2.34E-05	-/1000		
Cd	1.30E-14	3.50E-04	2.05E-04	7.38E-08		0.15*	0.9*
Cr	1.83E-13	4.90E-03	2.87E-03	1.03E-06		3.4	
Ni	1.54E-13	4.14E-03	2.42E-03	8.73E-07			34.0
Hg	8.26E-16	2.22E-05	1.30E-05	4.67E-09		-	0.07
SS	1.54E-09	4.14E+01	2.42E+01	8.73E-03	-/25000	-	-
Oil	7.60E-13	2.04E-02	1.19E-02	4.30E-06			
PAH16	1.98E-14	5.31E-04	3.11E-04	1.12E-07			
BaP	1.85E-15	4.96E-05	2.90E-05	1.05E-08		0.00017	0.27
As	7.17E-14	1.92E-03	1.13E-03	4.06E-07		0.5	7.9
Fe	1.41E-10	3.79E+00	2.22E+00	7.99E-04			

*Hårdhetsklass 4

**Vattenhårdhet 100 CaCO₃ /l vatten.

3.3 Framtida förhållanden

3.3.1 Fall 2: april-månad med nordvästlig vind

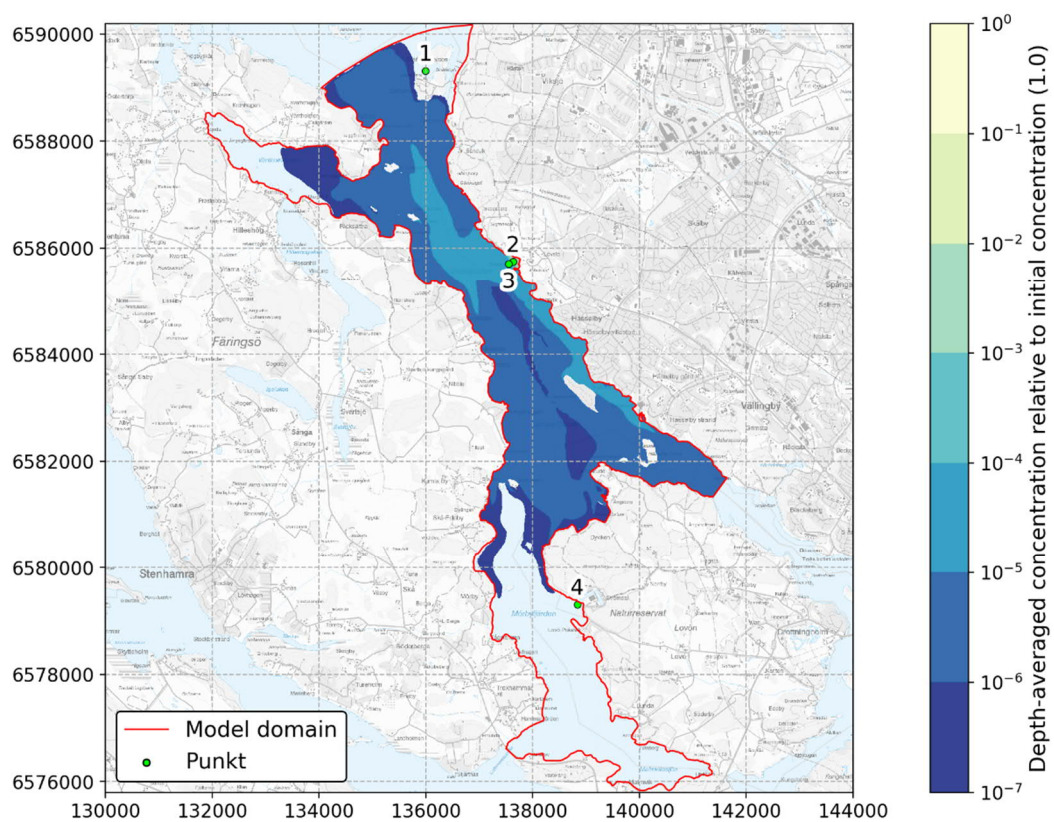
3.3.1.1 *Spridning av utsläppta dagvattenhalter*

Spridning av utsläppta dagvattenhalter redovisas som medelvärde över vattendjupet över hela modellen och vid småbåtshamnen i Figur 3-9 till Figur 3-11. Simuleringen omfattar en 9-dygnsperiod. Anledningen till att simuleringsperioden är kortare än vid nuvarande förhållanden är att simuleringarna vid framtida förhållanden, som baseras på ett beräkningsnät med högre upplösning vid hamnen, är mer tidskrävande. Analys av resultat visar dock att en sådan simuleringsperiod är tillräckligt lång för att analysera påverkan av utsläppet där risken för att ämneskoncentrationerna överskrider gränsvärden är som störst, se kommentar längre ner i detta avsnitt.

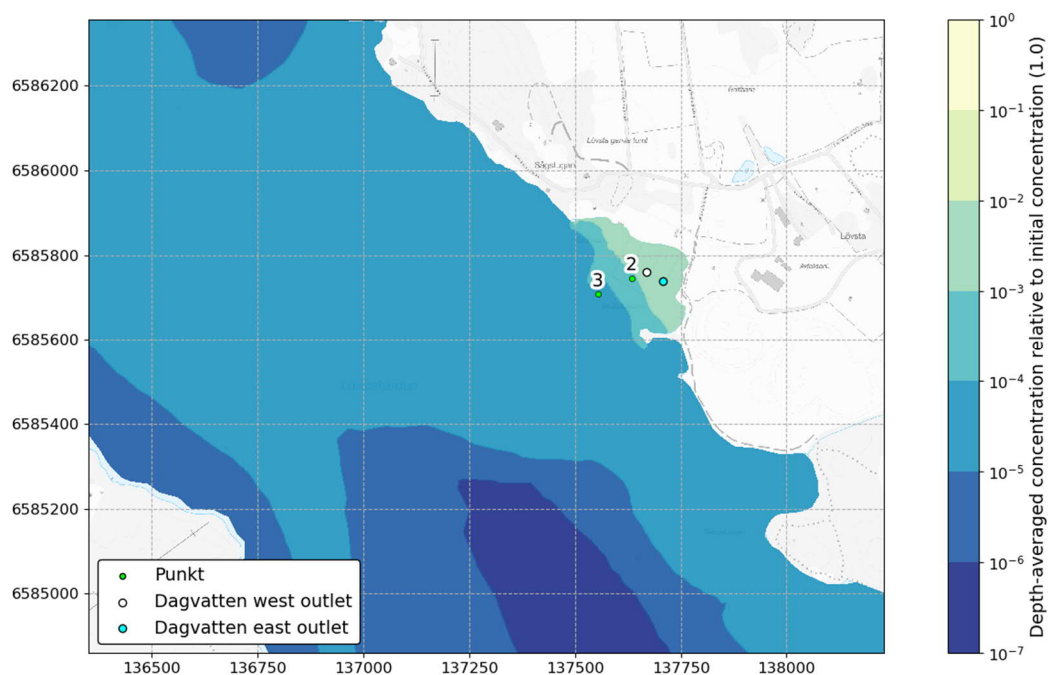
Jämfört med samma simulering vid nuvarande förhållanden sprids dagvattenhalter över ett större område bland annat norrut. Detta beror på en förändring av strömmarna i lå av den planerade piren vid framtida förhållanden vilket orsakas främst av relativt höga strömningshastigheter i processvattnets utflöde som sjunker i djupet, se nästa avsnitt. Det bör noteras att utförda simuleringar baseras på att utloppsriöret har en diameter på 300 mm utan diffusor.

De redovisade ämneskoncentrationerna i vattnet motsvarar summan av koncentrationerna från båda utlopp (väst och öst).

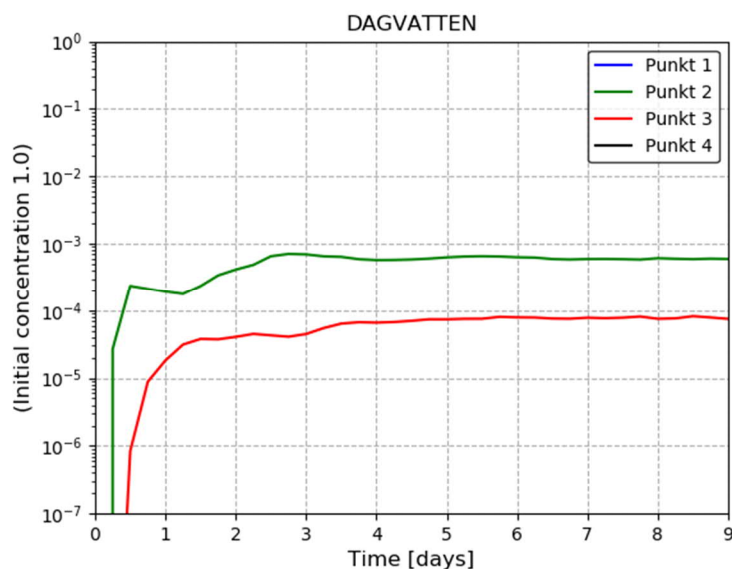
Jämfört med resultat från samma beräkningsfall vid nuvarande förhållanden ökar koncentrationerna mot Lövstafjärdens norra del med en faktor ca 10 medan koncentrationerna mot fjärdens södra del och Nockebysundet minskar med en faktor ca 10. Koncentrationerna vid råvattenintagen blir också mycket låga (utspädningsgrad på minst 10 000 000).



Figur 3-9. Översiktssvy av utspädning av dagvattenhalter för framtida scenario vid april-månad med sydöstlig vind efter 9 dygn.



Figur 3-10. Detaljvy vid småbåtshamnen med utspädning av dagvattenhalter för framtida scenario vid april-månad med nordvästlig vind efter 9 dygn.



Figur 3-11. Utspädning av dagvattenhalter för framtida scenario vid april-månad med nordvästlig vind. Punkternas lokalisering indikeras i Figur 3-6. Utspädningsgraden vid punkter 3 och 4 är större än 10^{-7} .

Halter för olika ämnen redovisas i form av medelvärde och maximala värde över vattendjupet vid fyra platser (Görväln råvattenintag, Inre småbåtshamn, Yttre småbåtshamn och Lovön råvattenintag, se lokalisering på Figur 3-9) i Tabell 3-5 och Tabell 3-6 och jämförs med aktuella bedömningsgrunder och gränsvärden (Miljökvalitetsnormer för fisk- och musselvatten (Regeringskansliet, 2001) årsmedelvärden samt maximala tillåtna halter för kemisk ytvattenstatus (HaV, 2019).

Redovisade halter har räknats fram utifrån den simulerade utspädningsgraden vid simuleringens slut, d.v.s. efter 9 dagar. Vid den inre och yttre hamnen kan dessa halter antas motsvara stationära värden, se Figur 3-11. Vid råvattenintag har dock koncentrationerna inte hunnit etablera sig på stationära värden efter 9 dagar, särskilt vid Lovön. Risken för höga halter från dagvattenutsläpp vid dessa punkter är dock försumbar tack vare den stora utspädningen mellan källan och respektive intag, se även texten i nästa stycke.

Analys av dessa tabeller indikerar att de framräknade ämneskoncentrationerna vid punkt 2 Inre småbåtshamn är högst ca 6 gånger större jämfört med nuvarande förhållanden. Att koncentrationerna ökar i detta område trots att den totala belastningen minskar (se avsnitt 2.3.2) beror på att utspädningen inom småbåtshamnen blir mindre vid framtida förhållanden. De framräknade ämneskoncentrationerna i storleksordning minst ca 110 gånger mindre jämfört med aktuella gränsvärden, oavsett vattendjup samt kontrollpunkt. Den lägsta marginalen erhålls vid punkt 2 Inre hamn för ämnet BaP där beräknad halt är ca 4,4 gånger mindre än rekommenderat årsmedelvärde. Det bör dock noteras att detta resultat antas vara konservativt då utsläppsflödet motsvarar medelflödet som genereras av en den medelhögmådnadsnederbörden, se avsnitt 2.2.2

Tabell 3-5. Halter för olika ämnen (medelvärde övre vattendjupet) angivna i µg/l. Framtida scenario vid april-månad med nordvästlig vind. Utsläppshalter redovisas i Tabell 2-2. Lokalisering enligt Figur 3-9.

Ämne	Medelvärdet över vattendjupet (µg/l)				MKN för fisk- och musselvatten (µg/l) Riktvärde/gränsvärde	Årsmedelvärde (µg/l) Bedömningsgrunder / Gränsvärden	Max tillåtna halter (µg/l) Bedömningsgrunder / Gränsvärden
	1 Görväln vattenverk	2 Inre småbåtshamn	3 Yttre småbåtshamn	4 Lovö vattenverk			
P	2.79E-08	3.51E-02	4.42E-03	3.26E-06			
N	4.22E-07	5.30E-01	6.67E-02	4.93E-05			
Pb	1.32E-09	1.65E-03	2.08E-04	1.54E-07			14.0
Cu	3.54E-09	4.44E-03	5.60E-04	4.14E-07	40**/-		
Zn	1.22E-08	1.54E-02	1.93E-03	1.43E-06	-/1000		
Cd	1.30E-10	1.64E-04	2.06E-05	1.52E-08		0.15*	0.9*
Cr	5.82E-10	7.30E-04	9.20E-05	6.80E-08		3.4	
Ni	1.26E-09	1.58E-03	2.00E-04	1.47E-07			34.0
Hg	8.08E-12	1.01E-05	1.28E-06	9.44E-10		-	0.07
SS	4.70E-06	5.90E+00	7.42E-01	5.49E-04	-/25000	-	-
Oil	3.21E-08	4.02E-02	5.07E-03	3.74E-06			
PAH16	3.72E-11	4.67E-05	5.87E-06	4.34E-09			
BaP	3.73E-12	4.69E-06	5.90E-07	4.36E-10		0.00017	0.27
As	8.88E-10	1.11E-03	1.40E-04	1.04E-07		0.5	7.9
Fe	3.14E-07	3.95E-01	4.97E-02	3.67E-05			

*Hårdhetsklass 4

**Vattenhårdhet 100 CaCO₃ /l vatten.

Tabell 3-6. Halter för olika ämnen (maximala värden övre vattendjupet) angivna i µg/l. Framtida scenario vid april-månad med nordvästlig vind. Utsläppshalter redovisas i Tabell 2-2. Lokalisering enligt Figur 3-9.

Ämne	Maximalt värdet över vattendjupet (µg/l)				MKN för fisk- och musselvatten (µg/l) Riktvärde/gränsvärde	Årsmedelvärde (µg/l) Bedömningsgrunder / Gränsvärden	Max tillåtna halter (µg/l) Bedömningsgrunder / Gränsvärden
	1 Görväln vattenverk	2 Inre småbåtshamn	3 Yttre småbåtshamn	4 Lovö vattenverk			
P	3.01E-08	2.89E-01	3.44E-02	3.37E-06			
N	4.54E-07	4.36E+00	5.19E-01	5.10E-05			
Pb	1.42E-09	1.36E-02	1.62E-03	1.59E-07			14.0
Cu	3.81E-09	3.66E-02	4.35E-03	4.27E-07	40**/-		
Zn	1.32E-08	1.26E-01	1.50E-02	1.48E-06	-/1000		
Cd	1.40E-10	1.35E-03	1.60E-04	1.57E-08		0.15*	0.9*
Cr	6.26E-10	6.01E-03	7.15E-04	7.02E-08		3.4	
Ni	1.36E-09	1.30E-02	1.55E-03	1.52E-07			34.0
Hg	8.70E-12	8.35E-05	9.93E-06	9.76E-10		-	0.07
SS	5.06E-06	4.85E+01	5.78E+00	5.67E-04	-/25000	-	-
Oil	3.45E-08	3.31E-01	3.94E-02	3.87E-06			
PAH16	4.00E-11	3.84E-04	4.57E-05	4.49E-09			
BaP	4.02E-12	3.86E-05	4.59E-06	4.51E-10		0.00017	0.27
As	9.56E-10	9.18E-03	1.09E-03	1.07E-07		0.5	7.9
Fe	3.38E-07	3.25E+00	3.87E-01	3.80E-05			

*Hårdhetsklass 4

**Vattenhårdhet 100 CaCO₃ / l vatten.

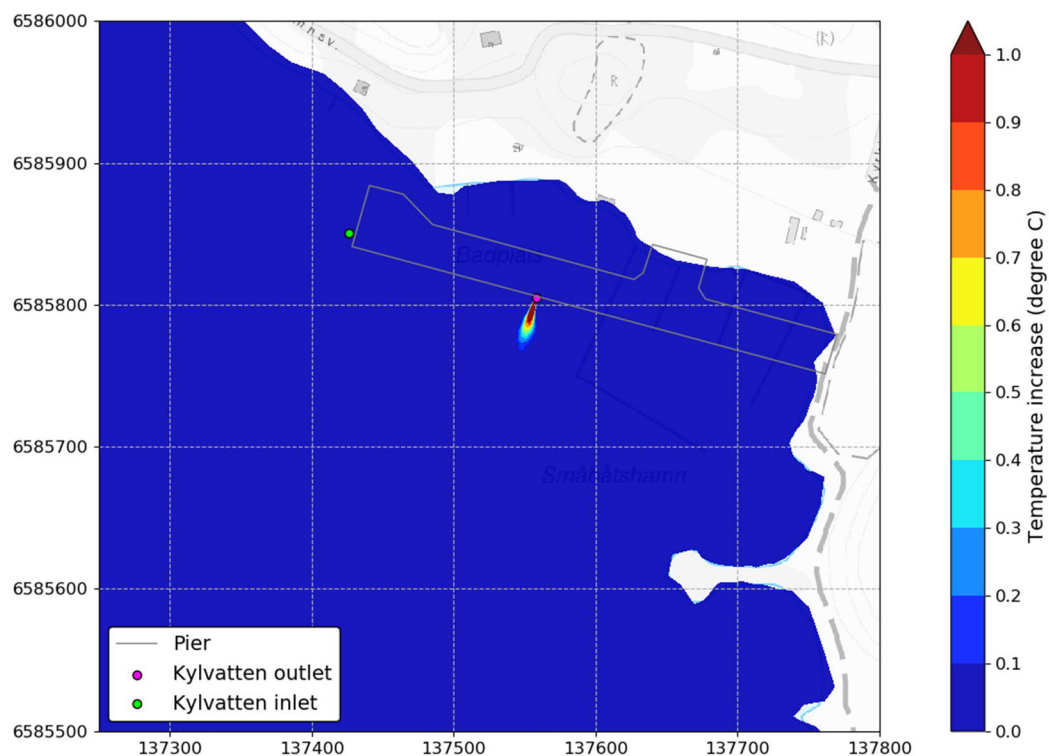
3.3.1.2 *Påverkan på vattentemperatur*

Påverkan på vattentemperatur redovisas i Figur 3-12 för den undersökta utloppsplaceringen vid samma nivå som utloppsdjupet (-10 m djupt), där temperaturökningen blir som störst.

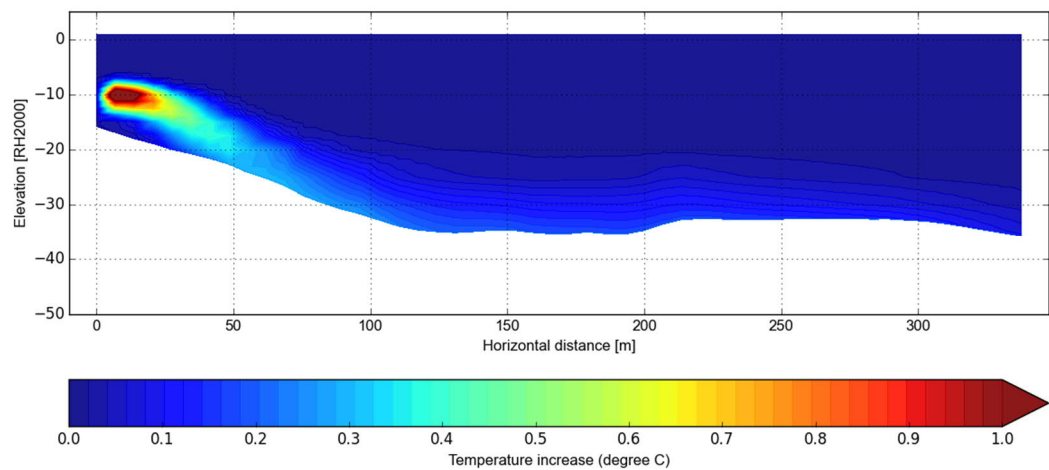
Analys av resultat visar att vattentemperaturen omblandas snabbt med recipientens och att området inom vilket temperaturökningen är större än 1,0 grad är begränsad till ca 10 m nedströms utsläppspunkten. Påverkan vid vattenytan är obefintlig.

Analys av den vertikala fördelningen av vattentemperaturen utmed en sektion i samma axel som utloppet visar att det utsläppta vattnet sjunker ner mot botten (Figur 3-13). Detta resultat beror på att temperaturen av det utsläppta vattnet snabbt blir lägre än ca 5,1 grader p.g.a. omblandning vilket innebär att vattnets densitet blir större än recipientens (se hur vattnets densitet varierar med temperaturen på Figur 2-17). En viss andel av dagvattenhalter dras med kylvatten mot sjöbotten och sprids norrut i samma riktning som bottenströmmens (d.v.s. i motsatsriktning än ytströmmens) vilket förklarar varför halterna sprids i denna riktning (se Figur 3-9).

En kontrollsimulering har utförts med en naturlig vattentemperatur på 4,0 grader. I detta fall kommer densiteten av det utsläppta vattnet bli lägre än recipientens och temperaturplymen kommer därmed att förflytta sig uppåt.



Figur 3-12. Detaljvy av temperaturspridning vid planerad anläggning vid utloppsdyb (10 m djup) efter 9 dygn.

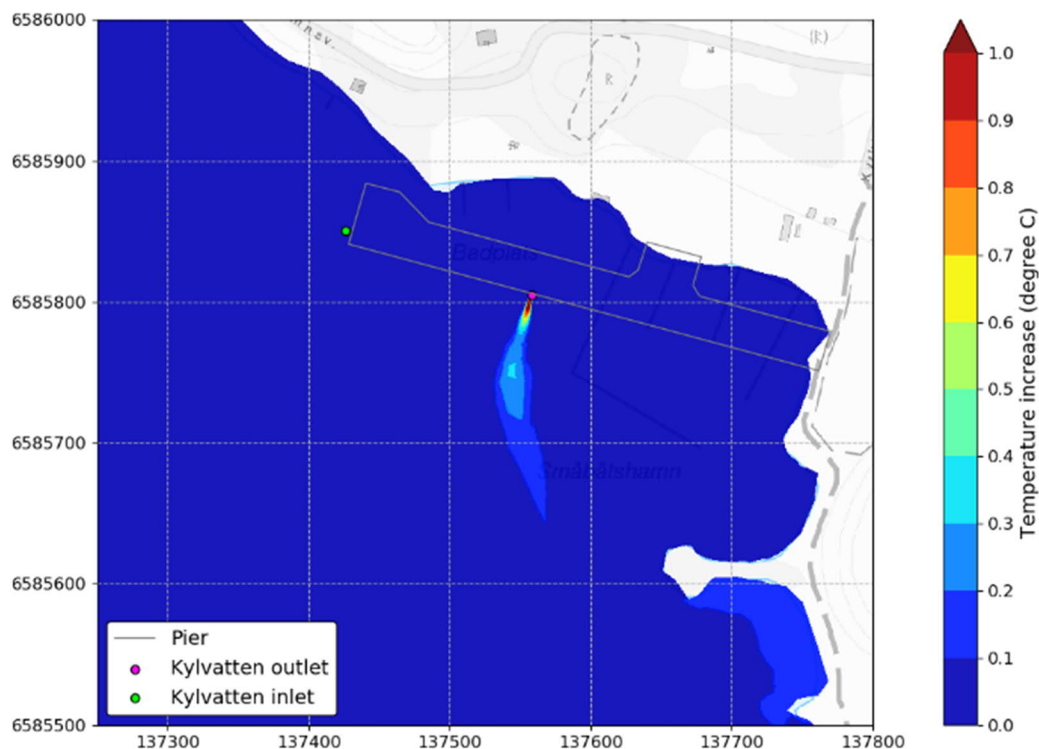


Figur 3-13. Tvärsektionsvy av temperaturökning vid kylvattens utsläppsplym för vattentemperatur 2,9 grader.

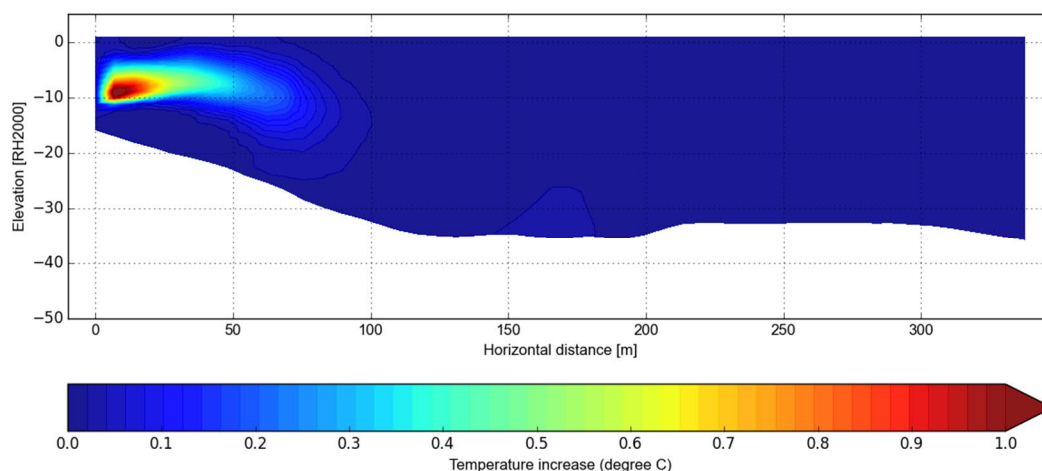
3.3.2 Fall 2: april-månad – kontrollsimulering med vattentemperatur 4,0 grader

Påverkan på vattentemperatur med vattentemperatur 4,0 grader i recipienten redovisas för den undersökta utloppsplaceringen vid samma nivå som utloppsdjupet (-10 m djupt) i Figur 3-14 samt i form av vertikal tvärsektion i plymens axel i Figur 3-15. Simuleringen omfattar en 5-dygsperiod.

Resultat visar att det utsläppta vattnet börjar förflytta sig mot vattenytan direkt nedströms utloppet och att det progressivt stannar av då det utsläppta vattnets temperatur blandas om med recipienten. Detta innebär att dagvattenhalter stannar främst i det övre skiktet istället för att en viss andel sjunker i djupet p.g.a. kylvattens inverkan. Påverkan vid vattenytan är begränsad (uppvärmning på maximalt 0,1 grad).

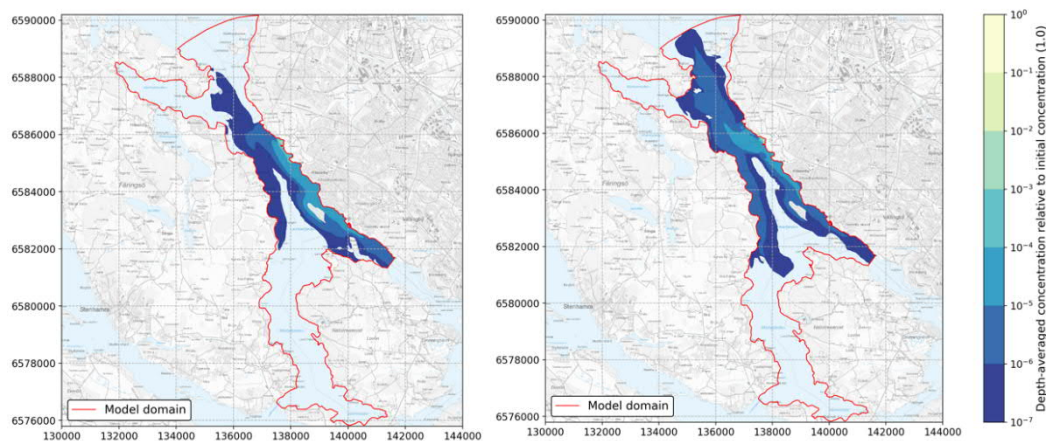


Figur 3-14. Detaljvy av temperaturspridning vid planerad anläggning vid utloppsdjup (10 m djup) efter 5 dygn med vattentemperatur 4 grader.



Figur 3-15. Tvärsektionsvy av temperaturökning vid kylvattens utsläppsplym för kontrollsimulering med vattentemperatur 4,0 grader.

En jämförelse mellan spridningsmönstren vid framtida förhållanden med vattentemperatur 4,0 och 2,9 grader redovisas i Figur 3-16. I denna figur redovisas djupmedelvärdet av den lokala koncentrationen vilket ger en kvalitativ indikation kring den genomsnittliga spridningsriktningen. En fördjupad analys av aktuella koncentrationer i den nedre och övre skiktet är inte motiverad då ämneskoncentrationer är mycket låga utanför hamnområdet (se avsnitt 3.3.1.1). Dagvattenhalter sprids främst söderut mot Nockebysundet genom att följa ytströmmen med liknande spridningsmönster jämfört med vid nuvarande förhållanden.



Figur 3-16. Översiktssvy av utspädning av dagvattenhalter för framtida scenario vid april-månad för temperatur 4 grader (vänster) och 2,9 grader (höger) efter 5 dygn.

Spridningsmönstren vid en vattentemperatur på 2,9 grader kan därmed anses vara konservativa vad gäller ämneskoncentrationer vid de två råvattenintag som finns inom studieområdet medan högre ämneskoncentrationer kan förväntas inom fjärden utanför småbåtshamnen vid spridningsmönstren motsvarande en vattentemperatur på 4,0 grader

eller större. Påverkan på vattenkvalité bedöms dock vara obefintlig då ämneskoncentrationerna utanför hamnområdet är mycket låga (se avsnitt 3.3.1.1).

4 Sammanfattning och slutsatser

Stockholm Exergi planerar att upprätta ett kraftvärmeverk i Lövsta, Vällingby. Vid drift kommer verket att pumpa in och släppa ut uppvärmt vatten samt renat dagvatten till Mälaren (Lövstafjärden). Utsläpp planeras till maximalt 594 m³/h med en maximal temperaturdifferens (uppvärmning) på 14,1 grader.

Syfte med denna rapport är att utreda huruvida vattentemperatur samt vattenkvalité i Mälaren påverkas av utsläpp från den nya anläggningen. Utredningen grundas på tredimensionella hydrodynamiska simuleringar vid utsläpp av tempererat vatten med olika halter i Mälaren.

Simuleringar har utförts vid den maximala temperaturdifferensen mellan kylvatten och recipienten under aktuell period vad gäller påverkan på fisk (ej under vinter).

Resultat av utförda simuleringar visar att spridningsmönster varierar med vindriktningen. Ämneskoncentrationerna vid nuvarande förhållanden minskar snabbt nedströms utsläppspunkten med en utspädningsgrad mellan 1 000 och 10 000 i småbåtshamnens område. Koncentrationerna utanför småbåtshamnen minskar ytterligare med en faktor 10 till minst 100 i resten av fjärden. Simulerade koncentrationer vid de två råvattenintag som finns inom studieområdet är mycket låga. Resultat visar att aktuella gränsvärden inte överskrider av de framräknade halterna, varken vid nuvarande eller framtida förhållanden, detta både inom småbåtshamnområdet samt längre ut i Lövstafjärden.

Utförda simuleringar vid framtida förhållanden visar att temperaturökningen inom ca 10 m från kylvattnets utlopp kan överstiga 1,0 grad medan påverkan längre bort blir mindre. Påverkan vid vattenytan är obefintlig. Simuleringarna visar också att spridningsriktningen kan påverkas av recipientens bakgrundstemperatur (se avsnitt 3.3.2). Det bör noteras att simuleringar vid framtida förhållanden baseras på ett utloppsrör med diameter 300 mm (kylvatten) utan diffusor. Resultat har visat att strömningsriktningen bedöms påverkas av ändrade strömningsmönster inom småbåtshamnen vilket innebär att resultat från denna studie bör kontrolleras om utloppets utformning ändras.

Denna studie tar inte hänsyn till påverkan av fartygstrafiken på varken strömnings- eller spridningsförhållanden. Det bör noteras att en ökning av fartygstrafik generellt sett bedöms kunna orsaka bottenerosion med risk för skador i närheten av hamnsstrukturer med risk för spridning av ev. förorenade sediment.

5 Referenser

EDF R&D, 2018. TELEMAC-3D User manual. Version 7.3. March 2018.

www.opentelemac.org.

HaV, 2019. Havs- och vattenmyndighetens föreskrifter om klassificering och miljökvalitetsnormer avseende ytvatten. HVMFS 2019:25.

Hervouet J-M., 2007. Hydrodynamics of free surface flows. Modelling with the finite element method. John Wiley & Sons, 2007.

Regeringskansliet, 2001. Förordning (2001:554) om miljökvalitetsnormer för fisk- och musselvatten.

SMHI, 2018. Meteorologiska mätdata. Hämtat från

<https://www.smhi.se/klimatdata/meteorologi/>. 2018-12-05.

SMHI, 2018. Vattenförings mätdata. Hämtat från <https://vattenwebb.smhi.se/station/>. 2018-12-05.

Sweco, 2020. PM Dagvatten Lövsta mark & VA. Stormtac-beräkning daterad den 2 november 2020.