
RAPPORT

STOCKHOLM EXERGI AB

Strömningsberäkningar Lövsta, Mälaren

UPPDRAGSNUMMER 1331783

RAPPORT STRÖMNING- OCH SPRIDNINGSBERÄKNINGAR



RAPPORT

2019-06-27

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	12
2.4	Hydrologisk analys	13
2.4.1	Inledning	13
2.4.2	Vattentemperatur	13
2.4.3	Vind	16
2.4.4	Vattenföring	18
2.5	Upprättande av beräkningsmodell	19
2.5.1	Beräkningsprogram	19
2.5.2	Storskalig beräkningsmodell över Östra Mälaren	19
2.5.3	Lokal beräkningsmodell över Lövstafjärden	20
2.5.4	Bottenfriktion och turbulens	23
2.5.5	Vattendensitet och utspädning	24
2.6	Beräkningsfall	25
2.6.1	Inledning	25
2.6.2	Nuvarande förhållanden	25
2.6.3	Framtida förhållanden	25
2.6.4	Redovisning av resultat	26
3	Resultat	27
3.1	Flödesfördelning mellan de olika fjärdarna	27
3.1.1	Fall 1: april-månad med sydostlig vind	27
3.1.2	Fall 2: april-månad med nordvästlig vind	28
3.2	Nuvarande förhållanden	29
3.2.1	Fall 1: april-månad med sydostlig vind	29
3.2.2	Fall 2: april-månad med nordvästlig vind	32
3.3	Framtida förhållanden	35
3.3.1	Fall 2: april-månad med nordvästlig vind	35
3.3.2	Fall 2: april-månad – kontrollsimulering med vattentemperatur 4,0 grader	39

4	Sammanfattning och slutsatser	42
5	Referenser	43

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.

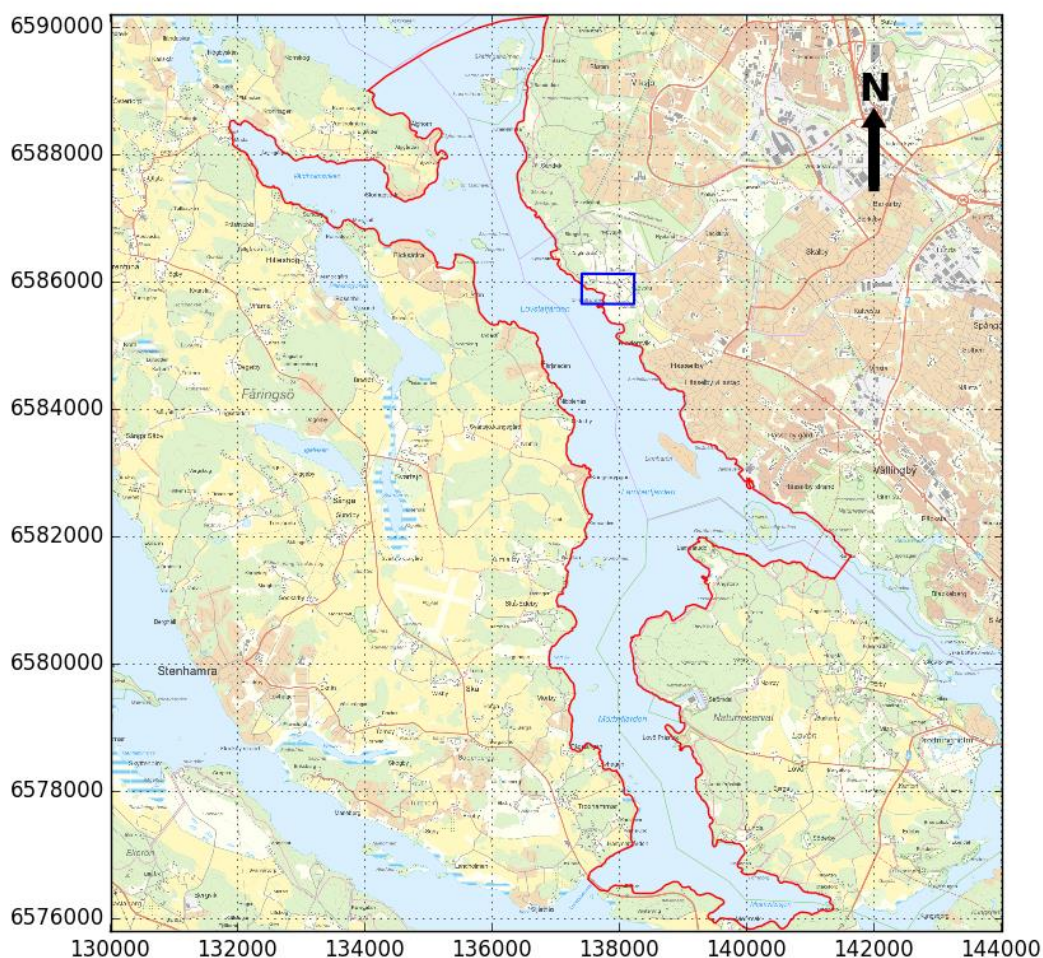
Sweco Energy AB har fått i uppdrag att utreda huruvida vattentemperatur och renat dagvatten sprids i Mälaren. Utredningen grundas på tredimensionella hydrodynamiska beräkningar vid utsläpp av tempererat vatten och dagvatten till Mälaren.

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

2 Metodik

2.1 Studieområde och bottengeometri

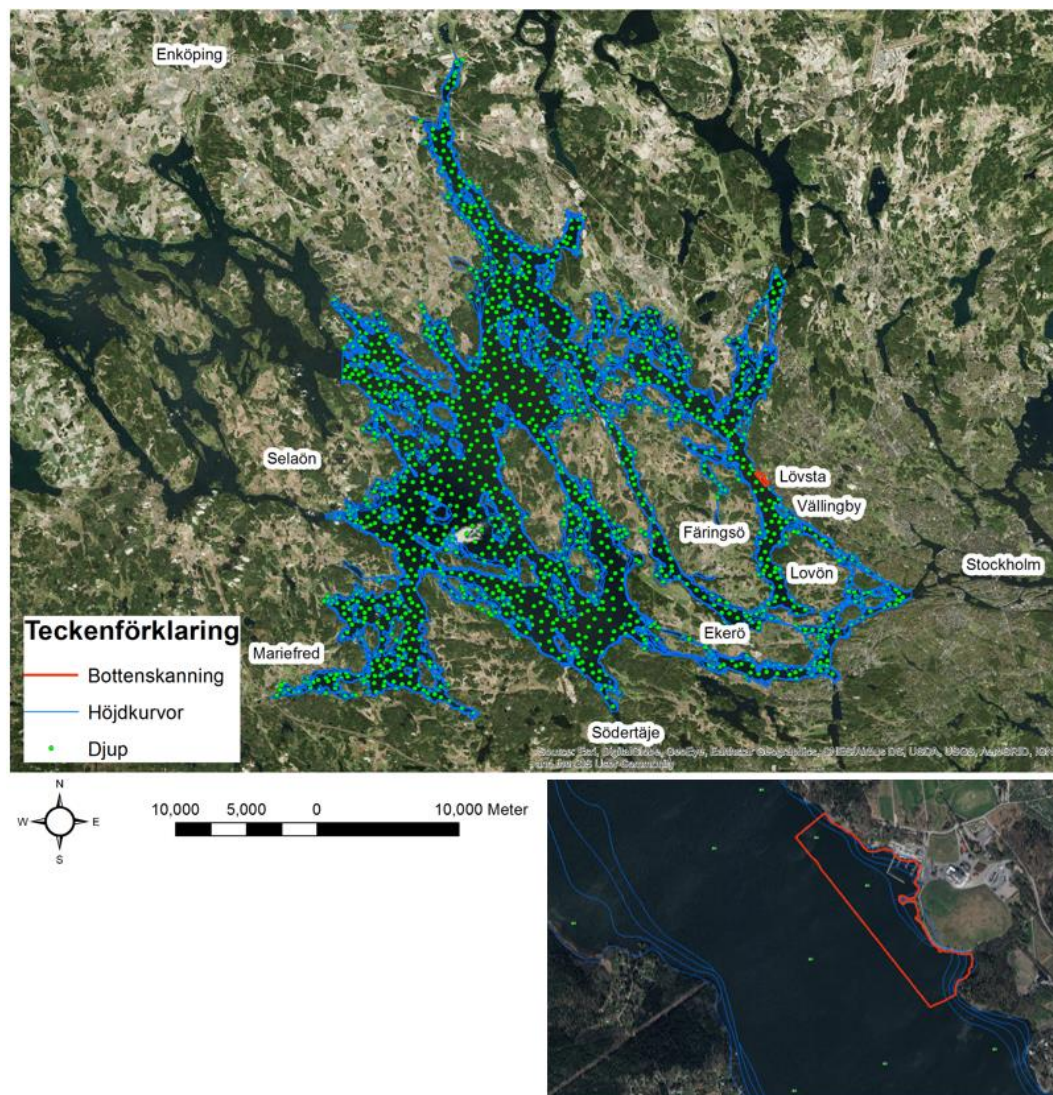
Studieområdet omfattar Lövstafjärden från uppströms Sandudden i norr ner till Hammargården på västra sidan och Blackeberg, nära Drottningholm, i syd och öst (total längd ca 13,9 km). Utbredning av använd beräkningsmodell inom studieområdet redovisas i Figur 2-1. En viktig utgångspunkt för valet av modellområde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



Figur 2-1. Utbredning av modellområden 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).

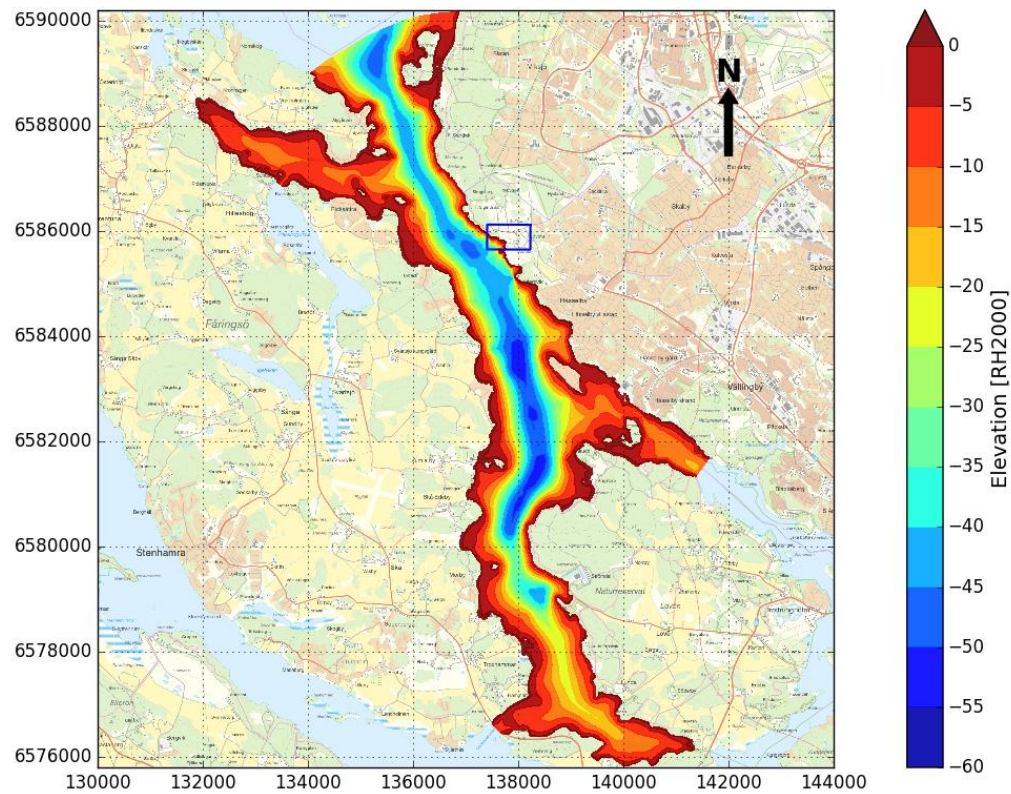
Bottenivåer har erhållits från Sjöfartsverkets sjökort (sjökortnummer 111, 112 samt 113) och bottenkanning utförd av Clinton marine Survey AB i småbåtshamnen vid den planerade anläggningen i 2018. De olika källorna till bottendata illustreras i Figur 2-2.



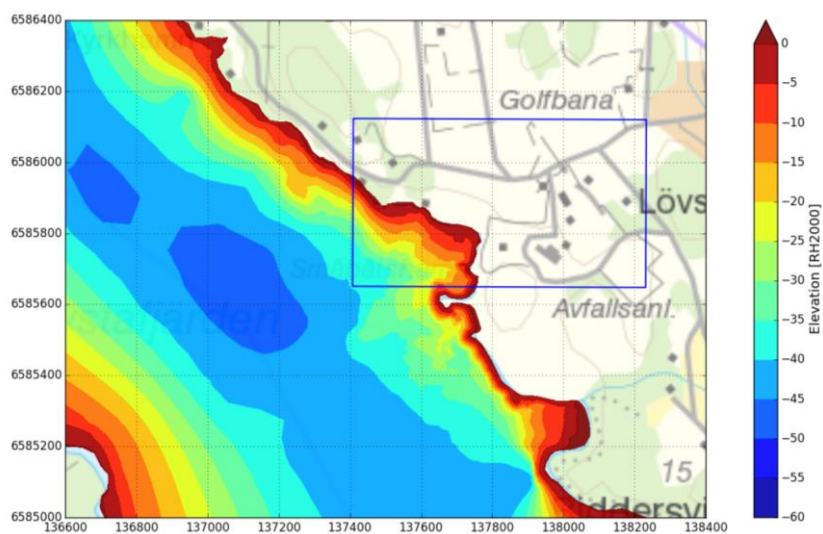
Figur 2-2. Olika källor till bottendata. Nedersta bild visar utbredning av bottenkanning inzoomad vid planerad anläggnings område.

Bottenmodellen har en upplösning av 2 x 2 m i plan. Höjder är angivna i höjdsystem RH2000. Höjdmodellen inom Lovöfjärden är upprätt i koordinatsystemet Sweref99 1800 medan höjdmodellen över Mälaren är upprätt i koordinatsystem och Sweref99TM.

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

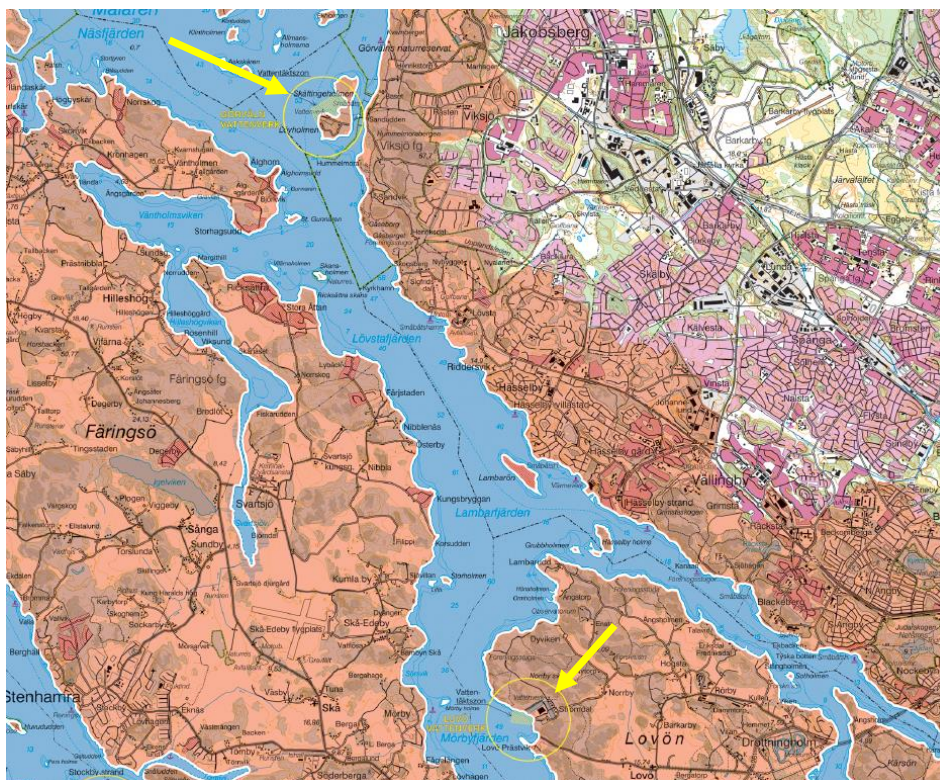


Figur 2-3. Batymetrin inom modelldomänen. Lokalisering av den planerade anläggningen indikeras med en blå ruta.



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 (Görväln 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 Görväln i norr och Lovön i syd). Källa: Länsstyrelsen.

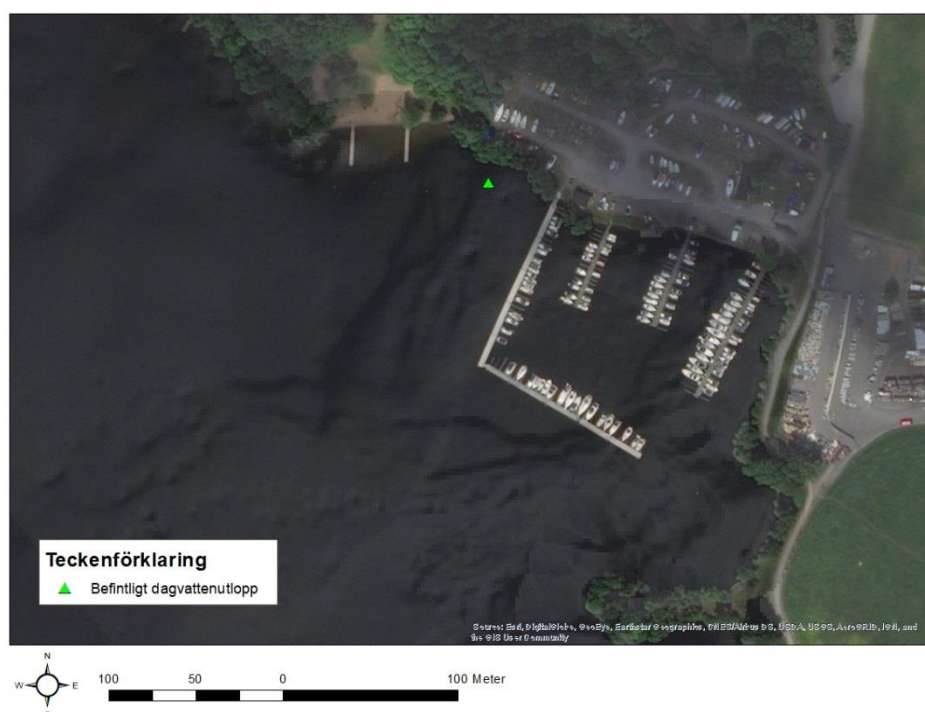
2.2 Nuvarande förhållanden

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). Det dimensionerade utsläppsflödet för dagvatten från området kommer att vara 19,8 l/s vid befintliga förhållanden (Sweco, 2019).



Figur 2-6. Placering av det befintliga dagvattenutsläppet.

I Tabell 2-1 redovisas dagvattenhalter som släpps ut till Mälaren idag.

Tabell 2-1. Dimensionerande ämneskoncentrationer för det befintliga dagvattensutsläppet.

	Ämneskoncentration [µg/l]
P	180
N	1400
Pb	14
Cu	27
Zn	140
Cd	0,49
Cr	8,8
Ni	23
Hg	0,014
SS	63000
Oil	150
PAH16	0,77
BaP	0,085
As	3,6
Fe	5500

2.3 Planerad anläggning

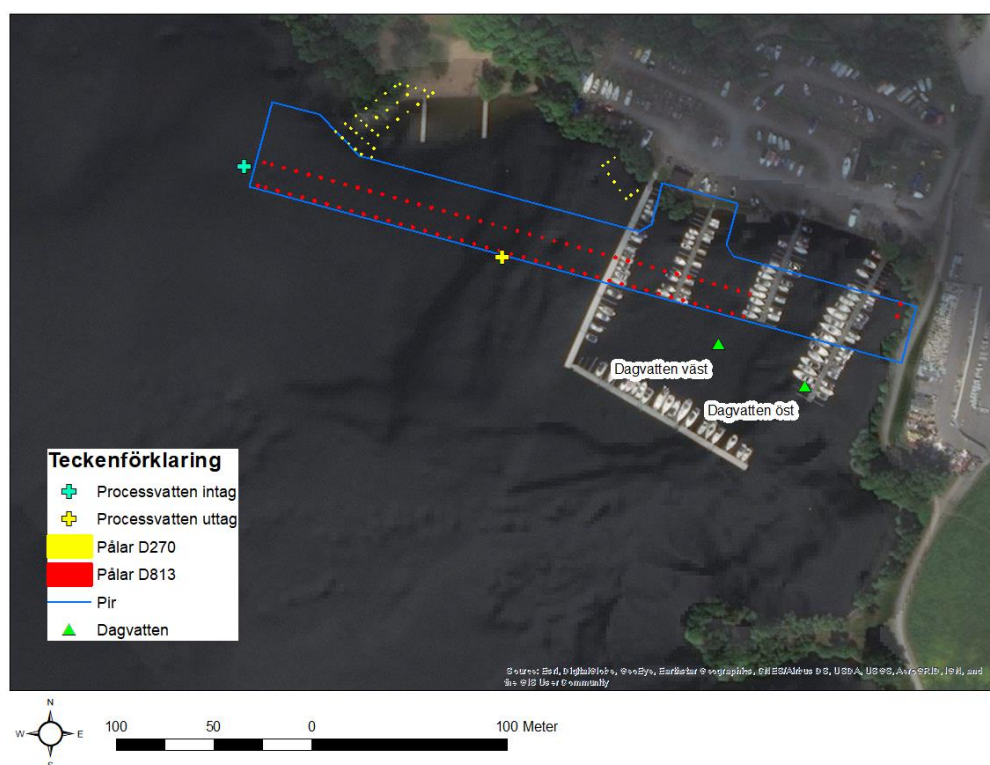
2.3.1 Beskrivning

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.

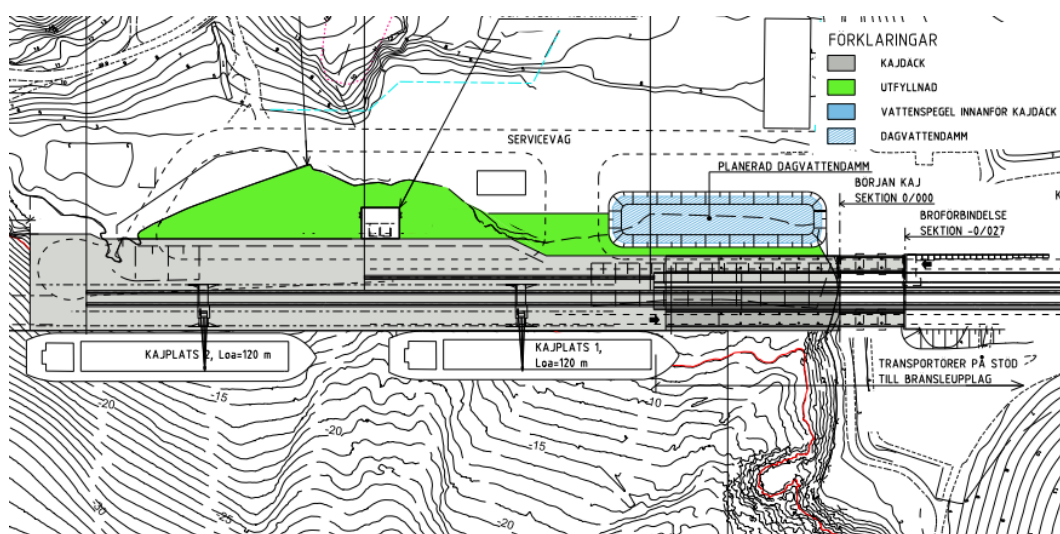
I det här skedet har eventuella förändringar på bottennivåer ej definierats.

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, 2019). Dagvattensutlopp väst släpper vatten från dammsystem väst och har ett dimensionerande utflöde på 11,4 l/s. Dagvattensutlopp öst släpper vatten från grönytan i anläggningsområdet, ÅVC OA samt dammsystem öst vilket motsvarar ett dimensionerande utflöde på 25,9 l/s.

I dagvattensutsläppen finns olika ämnen vars koncentration visas i Tabell 2-2.

Tabell 2-2. Dimensionerande ämneskoncentration för de framtida dagvattensutsläppen (Sweco, 2019).

	Ämneskoncentration (väst) [µg/l]	Ämneskoncentration (öst) [µg/l]
P	33	27
N	850	660
Pb	1,3	0,96
Cu	5	3,3
Zn	12	8,4
Cd	0,16	0,12
Cr	0,68	0,39
Ni	1,7	1,1
Hg	0,016	0,012
SS	6300	3200
Oil	84	64
PAH16	0,052	0,034
BaP	0,0048	0,0041
As	2,3	0,89
Fe	330	340

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 2-3.

Tabell 2-3. 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 [°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

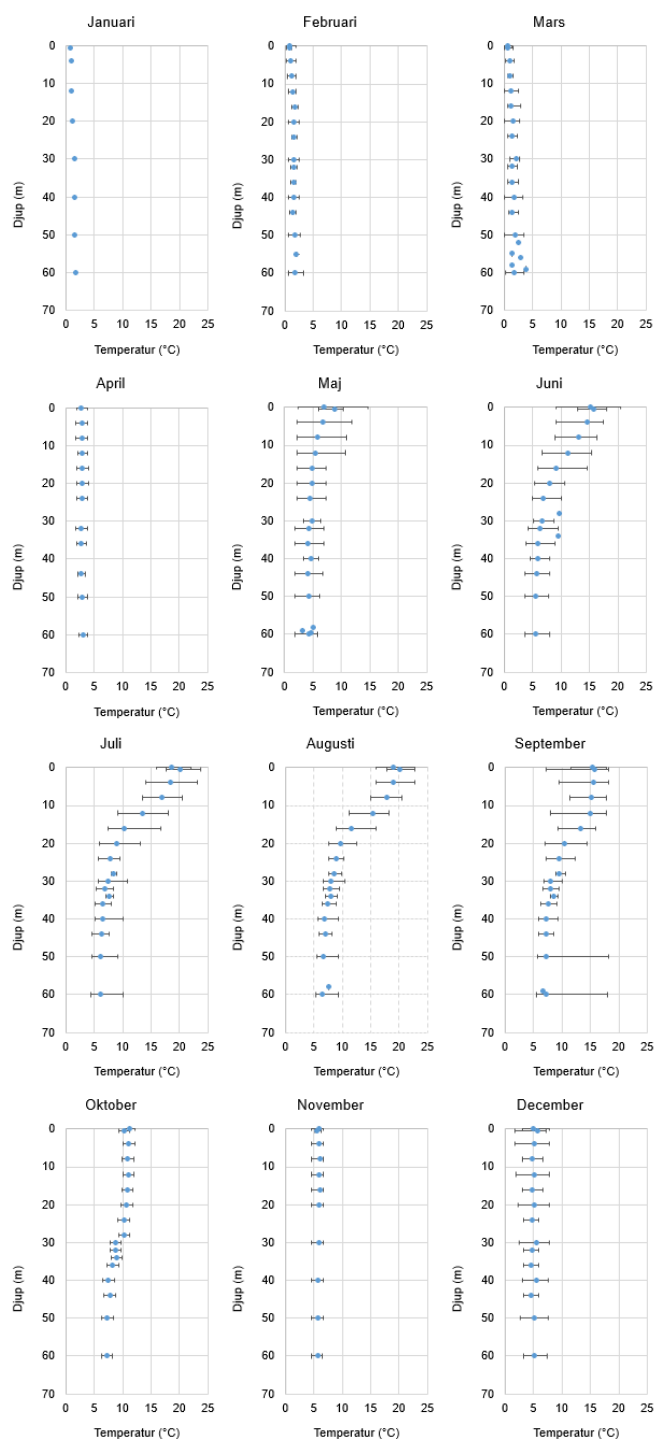
Strömningsförhållandena inom studieområdet påverkas av:

- 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 kylvattnets 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 2-4.

Tabell 2-4. Mälarens månadsmedeltemperatur vid utsläppsdjup och temperaturskillnad relativt till utsläppstemperatur för dimensionerande utsläppsscenario.

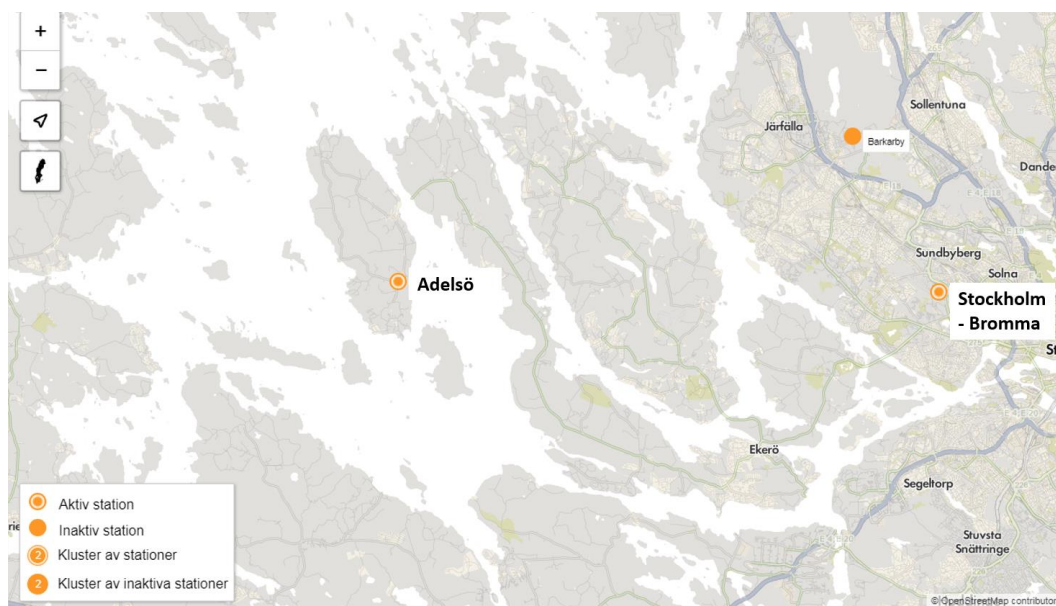
Månad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Mälarens temperatur vid -10 m [°C]	0,9	1,3	1,2	2,9	5,4	11,1	13,5	15,4	15,0	11,1	5,9	5,1
Utsläppstemperatur [°C]	15	14	15	17	18	18	-	-	25	21	18	16
Temperaturskillnad [°C]	+14,1	+12,7	+13,8	+14,0	+12,6	+6,9	-	-	+10,0	+9,9	+12,1	+10,9

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

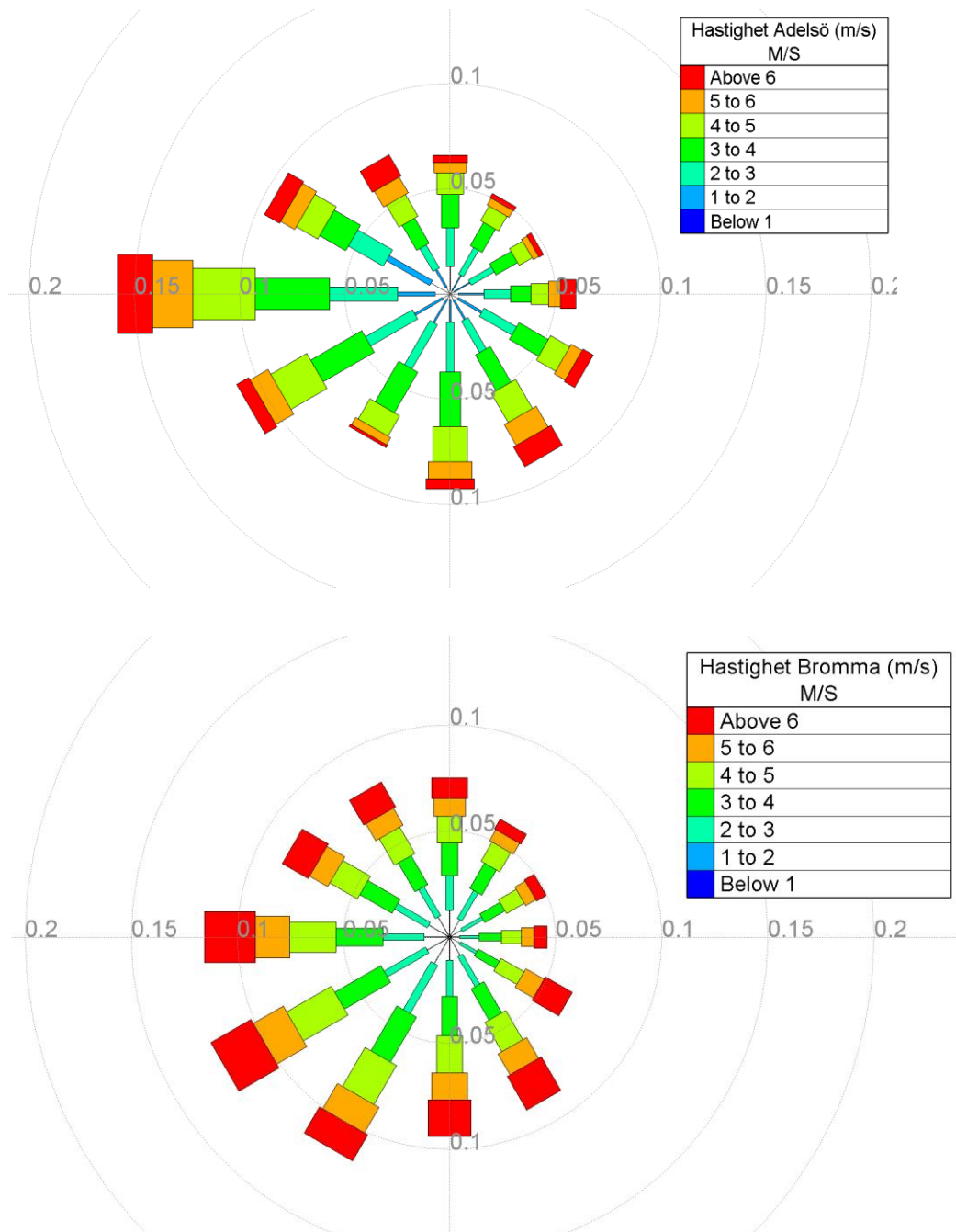
Två av SMHI:s meteorologiska mätstationer som ligger i närheten av modellområdet och har använts för att analysera vilket vindstrycke och -riktning kommer att bli representativt för simuleringarna. Adelsö-stationen som ligger ca 15 km väst om studieområdet och Bromma-Stockholm som ligger ca 10 km östsydost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

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 2-5 (från början på regleringsperioden år 1968 till 2018).

Tabell 2-5. 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.

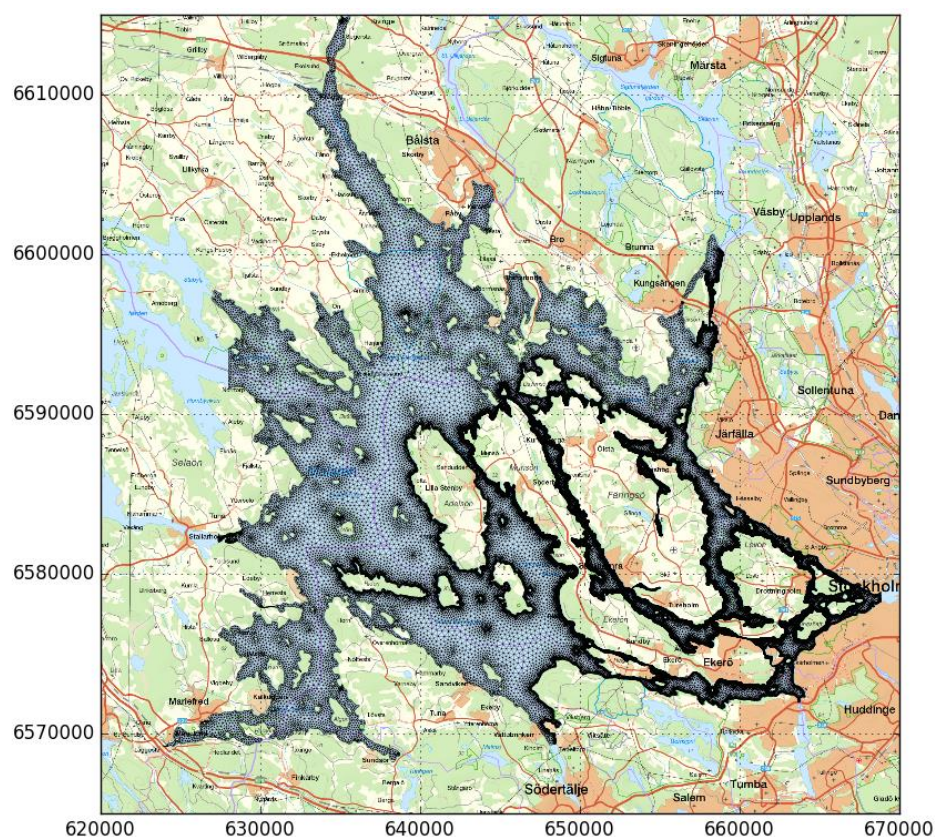
2.5.2 Storskalig beräkningsmodell över Östra Mälaren

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 horisontalldet 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.



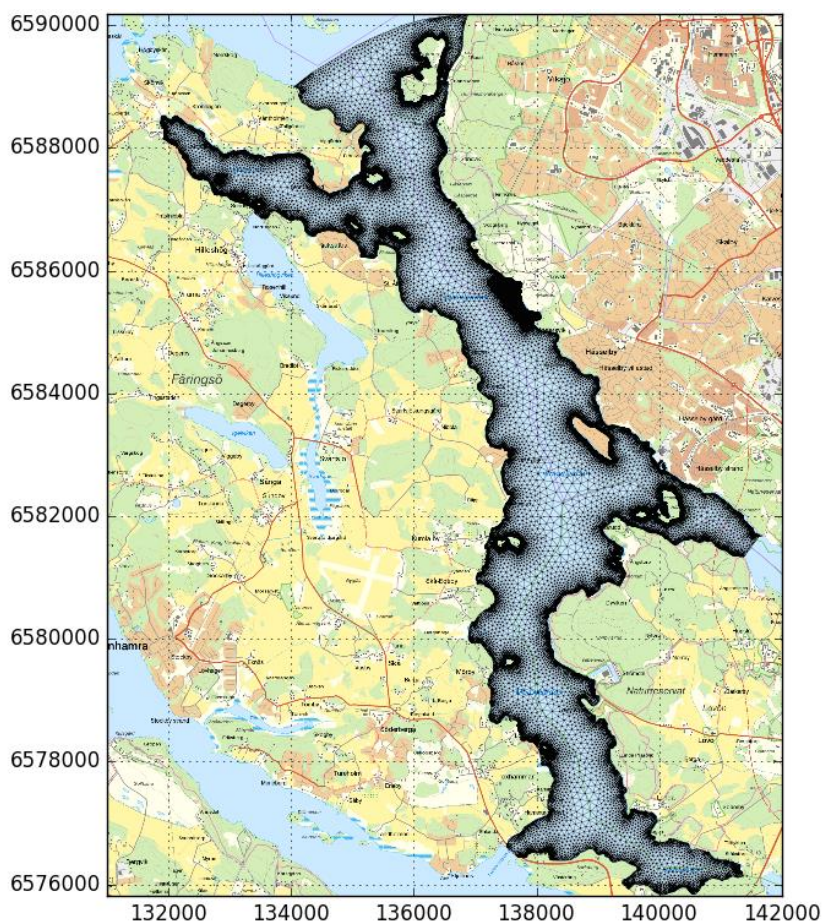
Figur 2-12. Beräkningsnät över Östra Mälaren, storskalig modell.

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.

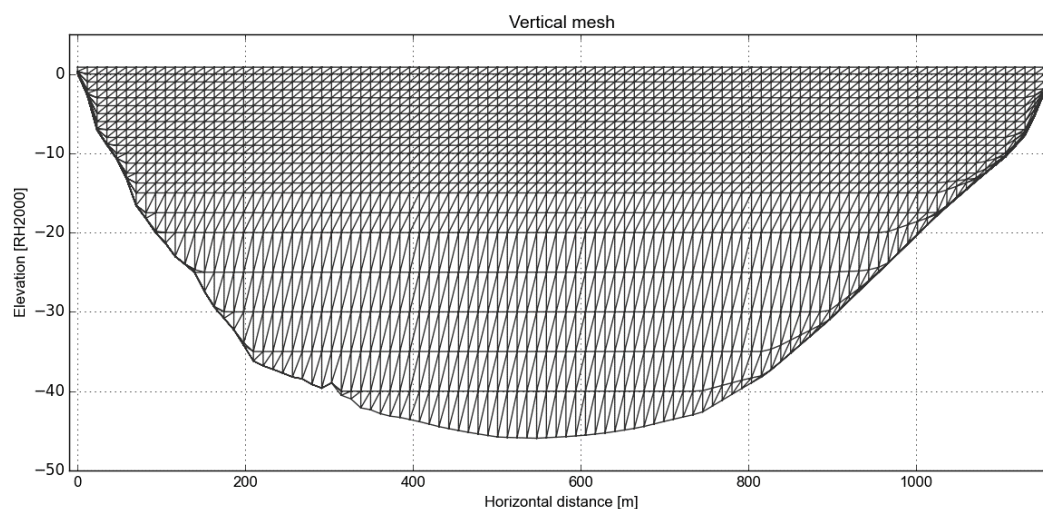
Det tvådimensionella beräkningsnätet för nuvarande geometri består av ca 36 000 beräkningsnoder och ca 66 000 element i ett triangulärt s.k. "flexible mesh".

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



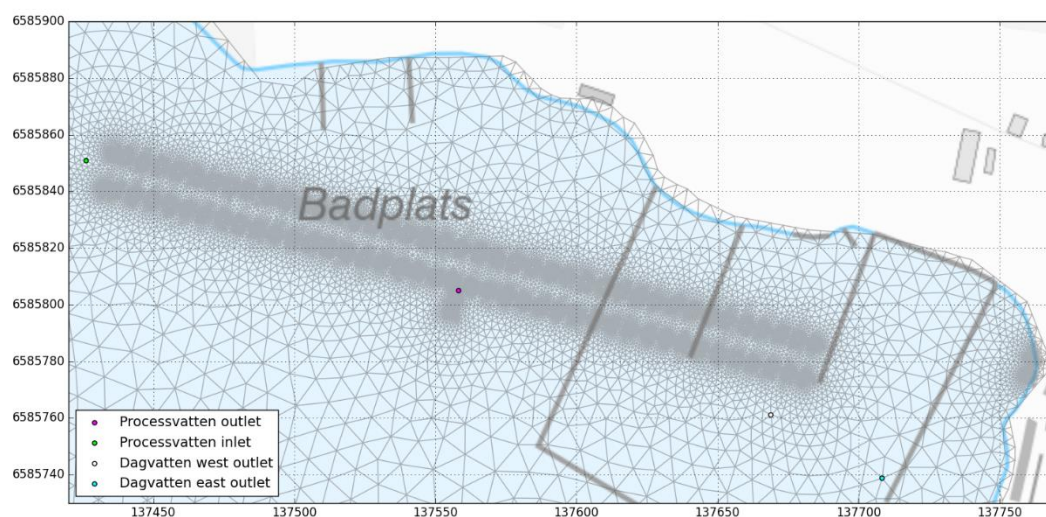
Figur 2-13. Beräkningsnät över Lövstafjärdens lokala modell.

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 tvärsnitt kring planerade anläggning tagit från östra stranden till västra stranden.

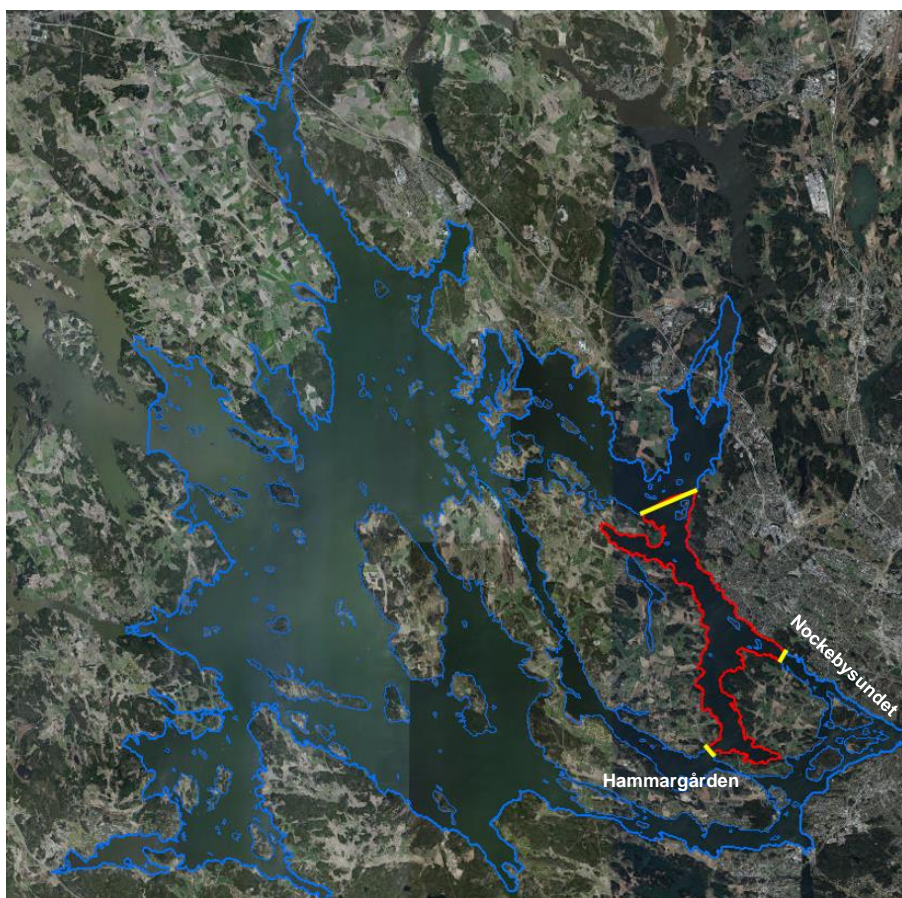
Två olika beräkningsnät har tagits fram för nuvarande respektive framtida förhållanden (anläggning av piren vid småbåtshamnen). Förändringarna i framtida beräkningsnätet inkluderar 87 pålar med diameter 813 mm där piren kommer att finnas. Beräkningsnätet vid planerad anläggning redovisas i Figur 2-15. De minsta pålarna, med diameter 270 mm (se Figur 2-7), har inte inkluderats i beräkningsnätet för att behålla ett rimligt antal element. Deras strömningmotstånd har dock simulerats genom simulering av en lokal formmotståndskraft (*drag force* på engelska) baserat 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

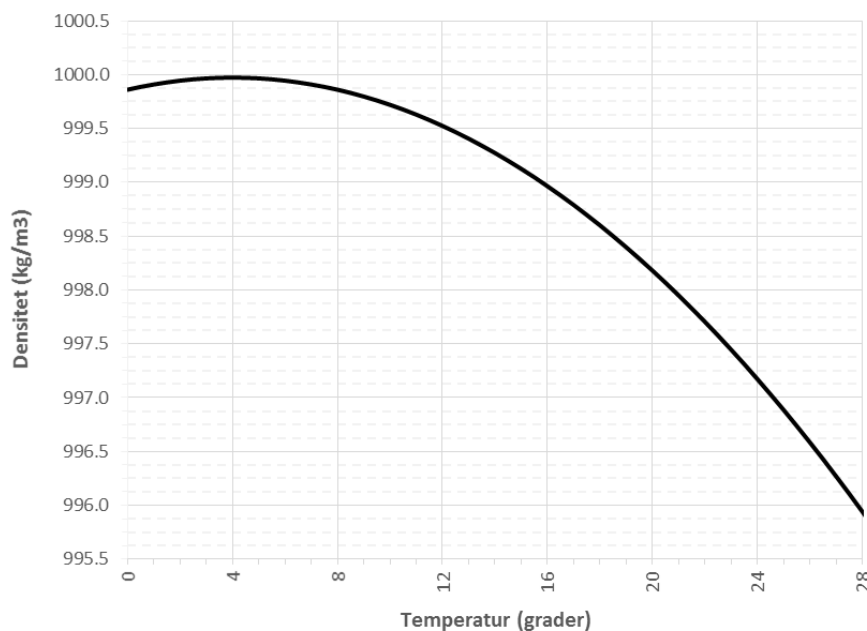
Vattnets densitet varierar med temperatur och beräknas av programmet vid samtliga beräkningsnoder med följande ekvation (EDF R&D, 2018):

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

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. Vattnets densitet 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.

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 19,8 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 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 11,3 l/s respektive 25,9 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.

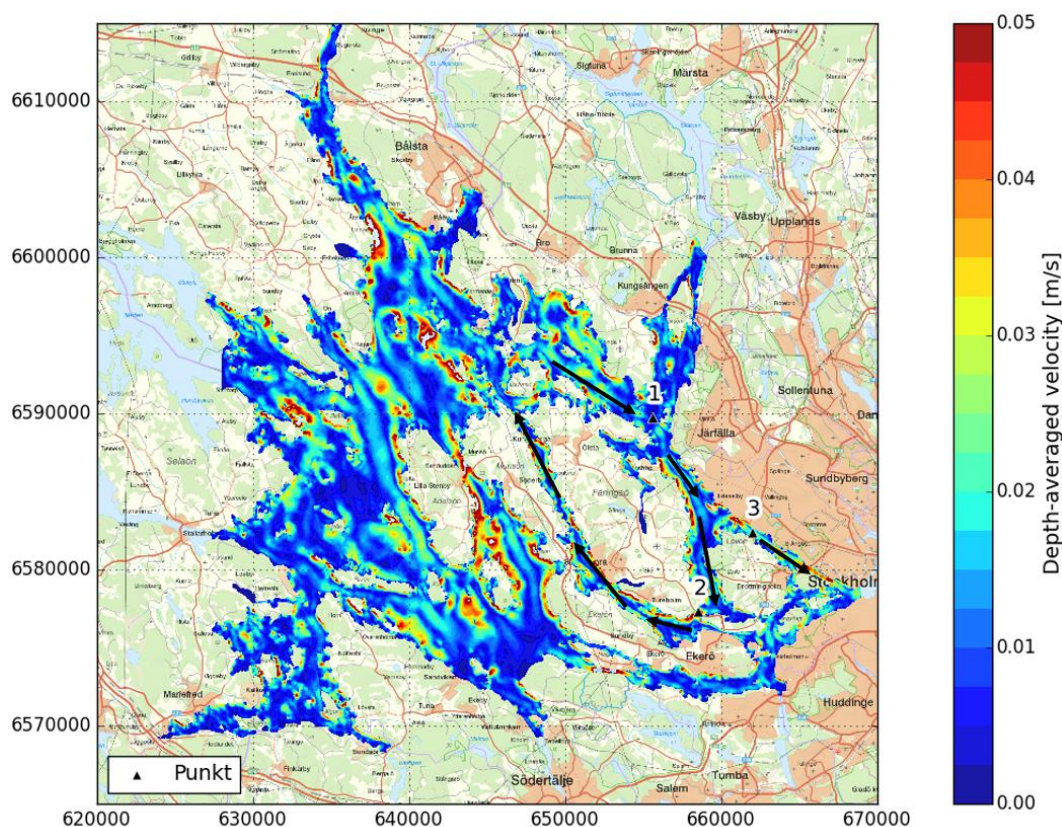
Resultat avseende temperaturspridning redovisas i form av kartor och grafer med temperaturökning relativt till den initiala vattentemperaturen i recipienten.

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.

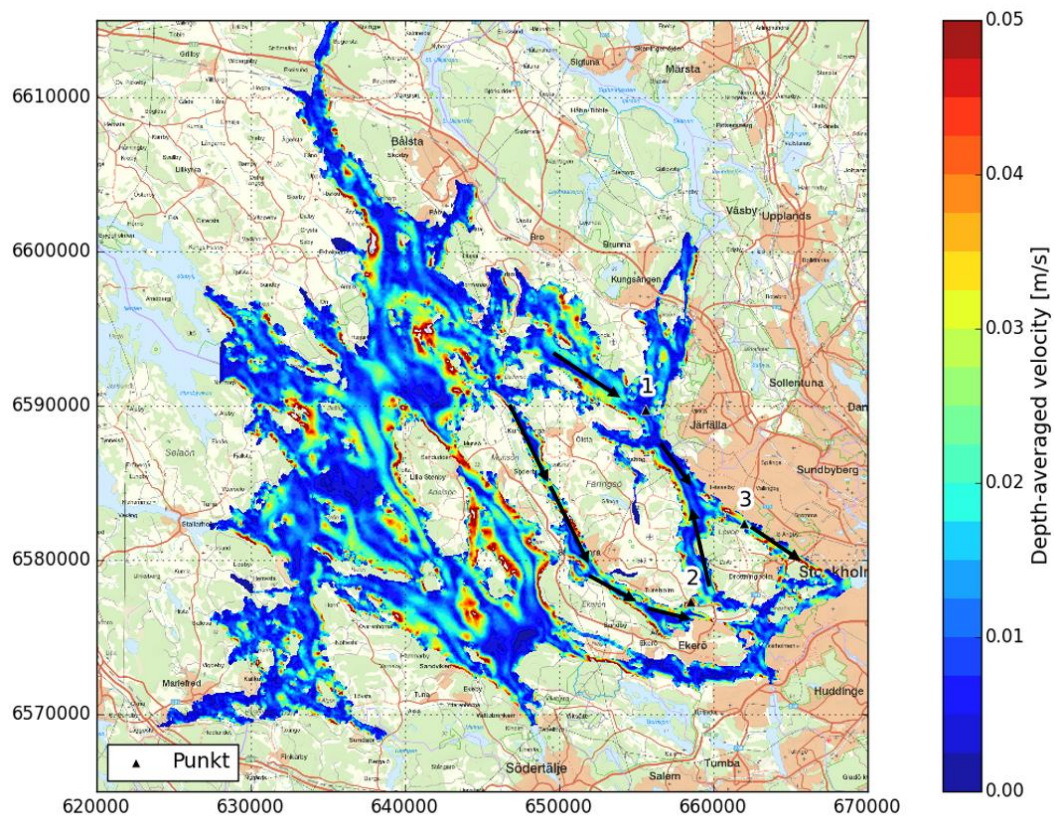


Figur 3-1. Storskalig 3D-modell. Sydostlig vind. Medelhastigheter och strömningsriktningar.

Vid sydostlig vind rinner större delen av flödet söderut genom Lovstafjärden (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 Lovstafjärden 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 $43 \text{ m}^3/\text{s}$ i Lovstafjärdens övre del (punkt 1) och ca $56 \text{ m}^3/\text{s}$ 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 $99 \text{ m}^3/\text{s}$ (punkt 3), d.v.s. ca 63% av den totala tappningen.

3.2 Nuvarande förhållanden

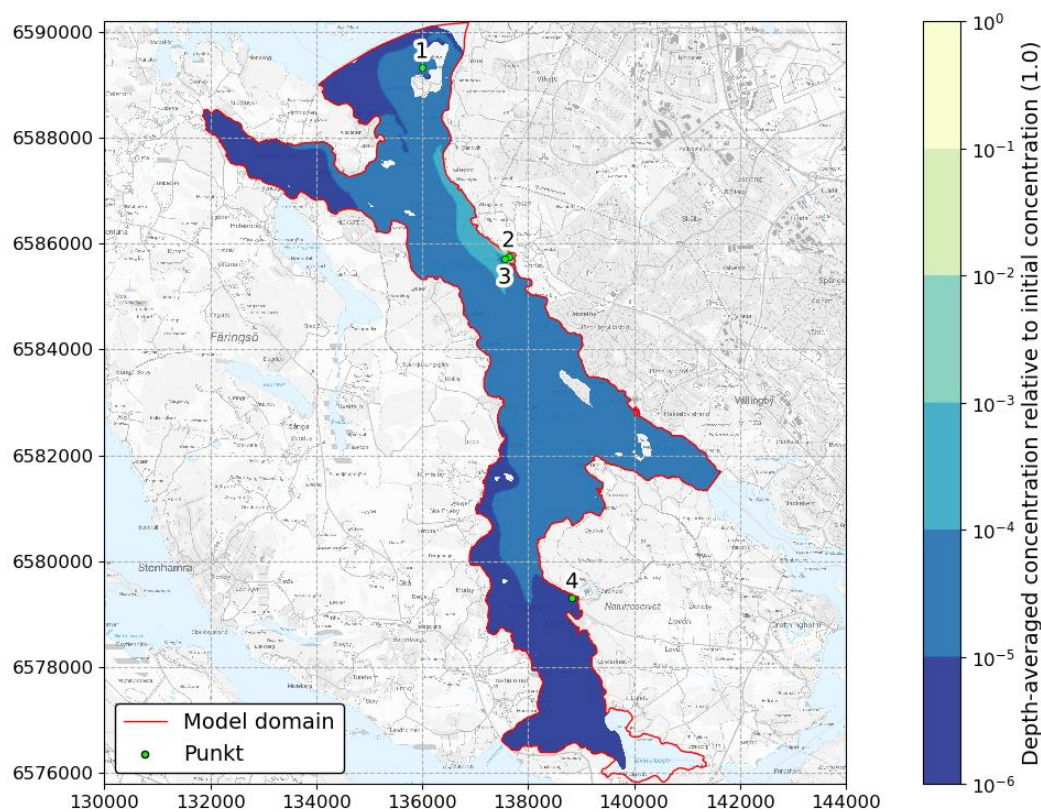
3.2.1 Fall 1: april-månad med sydostlig vind

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.

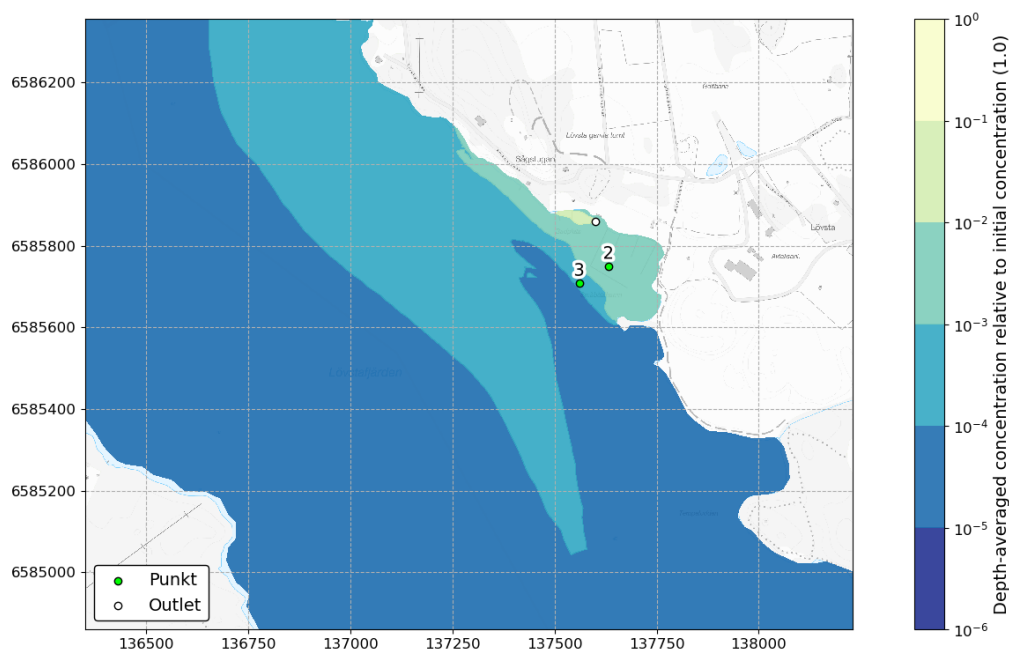
Spridning av dagvattenhalter sker i hela Lövstafjärden främst norrut (samma riktning som vindens) men också söderut (samma riktning som bakgrundsflöden). Koncentrationer minskar snabbt nedströms utloppet:

- Inom småbåtshamnsviken (punkt 2) är den minsta utspädningsgraden ca 1 000 (d.v.s. att koncentrationen är ca 1 000 gånger mindre än utsläppskoncentrationen).
- Utanför viken blir utspädningsgraden ca 1 000 till 10 000 med de högsta koncentrationerna som sprids norrut utmed fjärdens östra strand.

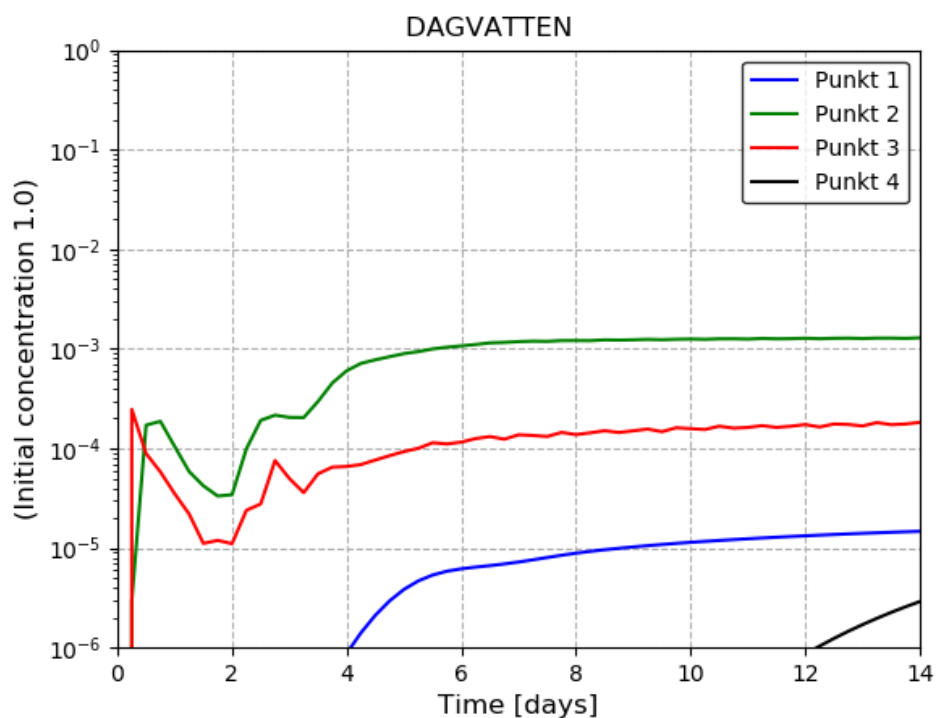
Koncentrationer vid råvattenintagen blir mycket låga (utspädningsgrad på 10 000 till 100 000 vid Görväln och minst 100 000 vid Lovön).



Figur 3-3. Översiktssvy 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 sydostlig vind efter 14 dygn.



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

Halter för olika ämnen redovisas i form av medelvärde och maximala värdet över vattendjupet vid fyra platser (Görväln råvattenintag, Inre småbåtshamn, Yttre småbåtshamn och Lovän råvattenintag, se lokalisering på Figur 3-3) i Tabell 3-1 och Tabell 3-2.

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

Ämne	Medelvärde över vattendjupet ($\mu\text{g/l}$)			
	1 Görväln vattenverk	2 Inre småbåtshamn	3 Yttre småbåtshamn	4 Lovö vattenverk
P	1.23E-03	1.57E-01	2.10E-02	5.97E-05
N	9.58E-03	1.22E+00	1.63E-01	4.64E-04
Pb	9.58E-05	1.22E-02	1.63E-03	4.64E-06
Cu	1.85E-04	2.36E-02	3.14E-03	8.95E-06
Zn	9.58E-04	1.22E-01	1.63E-02	4.64E-05
Cd	3.35E-06	4.27E-04	5.71E-05	1.62E-07
Cr	6.02E-05	7.68E-03	1.02E-03	2.92E-06
Ni	1.57E-04	2.01E-02	2.68E-03	7.62E-06
Hg	9.58E-08	1.22E-05	1.63E-06	4.64E-09
SS	4.31E-01	5.50E+01	7.34E+00	2.09E-02
Oil	1.03E-03	1.31E-01	1.75E-02	4.97E-05
PAH16	5.27E-06	6.72E-04	8.97E-05	2.55E-07
BaP	5.82E-07	7.42E-05	9.90E-06	2.82E-08
As	2.46E-05	3.14E-03	4.19E-04	1.19E-06
Fe	3.76E-02	4.80E+00	6.40E-01	1.82E-03

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

Ämne	Max över djupet ($\mu\text{g/l}$)			
	1 Görväln vattenverk	2 Inre småbåtshamn	3 Yttre småbåtshamn	4 Lovö vattenverk
P	2.82E-03	1.05E-01	2.47E-01	5.34E-04
N	2.20E-02	8.15E-01	1.92E+00	4.15E-03
Pb	2.20E-04	8.15E-03	1.92E-02	4.15E-05
Cu	4.24E-04	1.57E-02	3.71E-02	8.01E-05
Zn	2.20E-03	8.15E-02	1.92E-01	4.15E-04
Cd	7.69E-06	2.85E-04	6.72E-04	1.45E-06
Cr	1.38E-04	5.12E-03	1.21E-02	2.61E-05
Ni	3.61E-04	1.34E-02	3.16E-02	6.83E-05
Hg	2.20E-07	8.15E-06	1.92E-05	4.15E-08
SS	9.89E-01	3.67E+01	8.65E+01	1.87E-01
Oil	2.35E-03	8.73E-02	2.06E-01	4.45E-04
PAH16	1.21E-05	4.48E-04	1.06E-03	2.29E-06
BaP	1.33E-06	4.95E-05	1.17E-04	2.52E-07
As	5.65E-05	2.10E-03	4.94E-03	1.07E-05
Fe	8.63E-02	3.20E+00	7.55E+00	1.63E-02

3.2.2 Fall 2: april-månad med nordvästlig vind

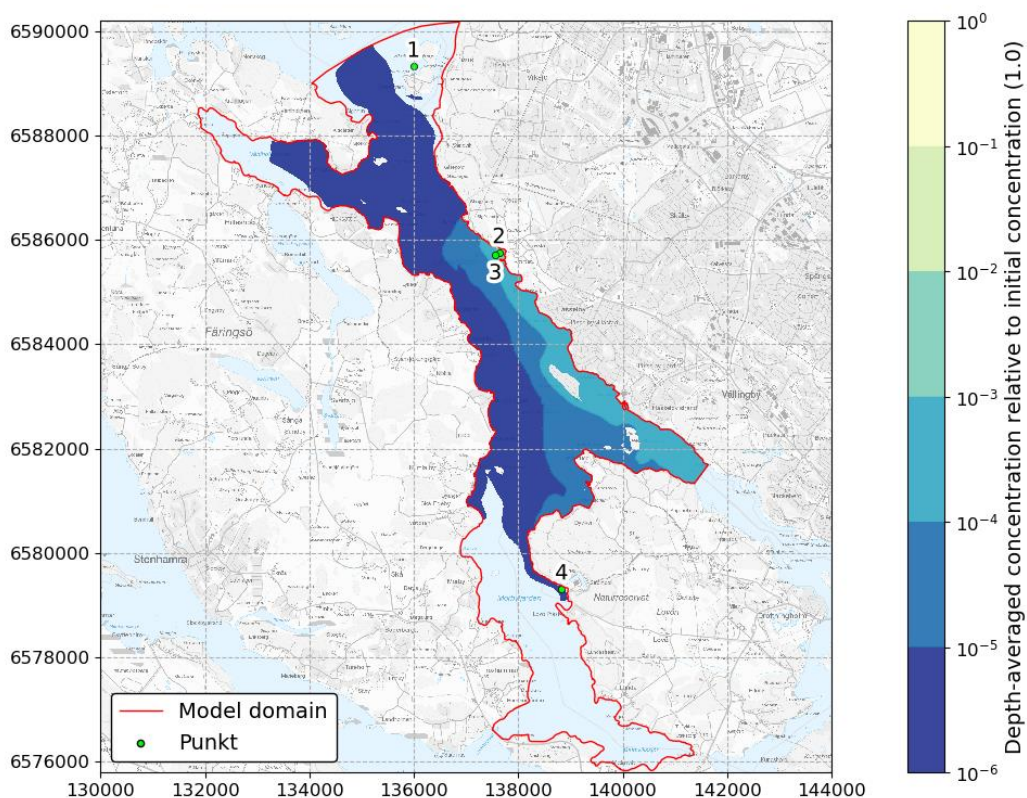
Spridning av utsläppta dagvattenhalter redovisas som medelvärdet över vattendjupet över hela modellen och vid småbåtshamnen i Figur 3-6 till Figur 3-8. Simuleringen omfattar en 14-dygnsperiod.

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

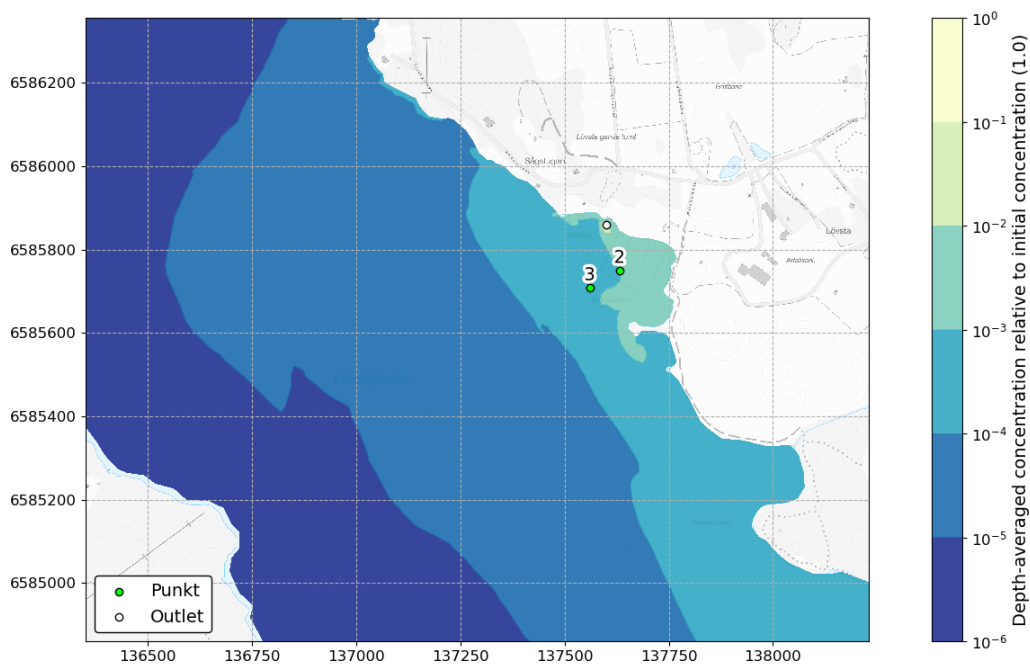
Koncentrationerna i småbåtshamnen är ca 10 gånger större än för Fall 1 (d.v.s. utspädningsgrad på ca 100). Utanför småbåtshamnen är dock koncentrationerna lägre än vid Fall 1 med en ca 10 gånger större utspädningsgrad.

Koncentrationerna vid råvattenintagen blir mycket låga (utspädningsgrad på minst 1 000 000).

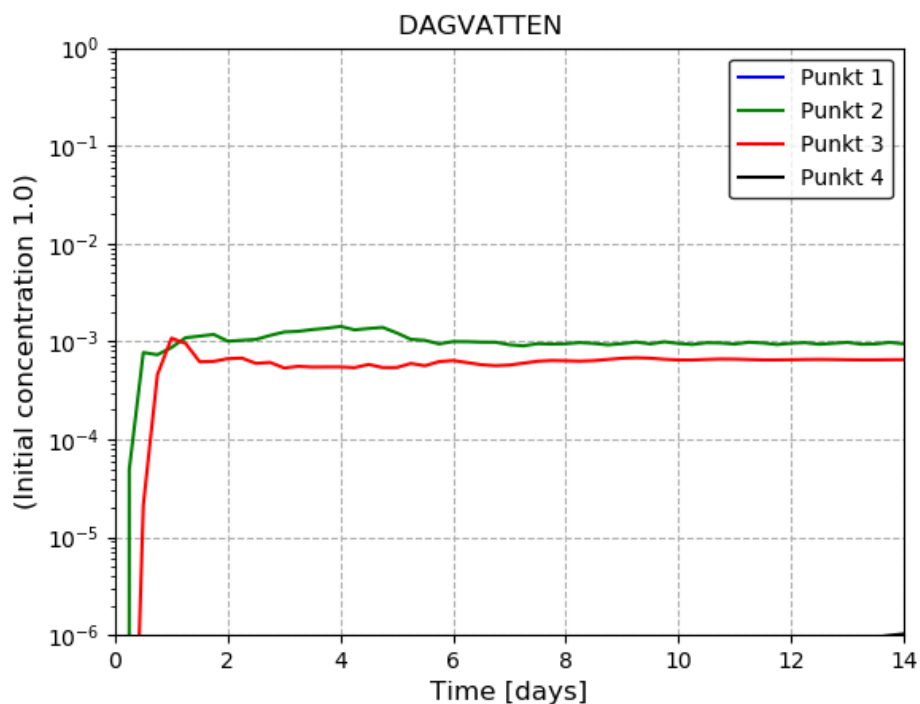
Beräkningsfall 2 har valts för att simulera spridningsförhållanden vid framtida förhållanden med anledningen detta scenario visar de största koncentrationerna inom småbåtshamnen.



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.

Halter för olika ämnen redovisas i form av medelvärde och maximala värdet över vattendjupet vid fyra platser som vid beräkningsfall 1 i Tabell 3-3 och Tabell 3-4.

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	Medelvärde över vattendjupet (µg/l)			
	1 Görvälv vattenverk	2 Inre småbåtshamn	3 Yttre småbåtshamn	4 Lovö vattenverk
P	3.50E-12	1.79E-01	1.08E-01	4.05E-05
N	2.72E-11	1.39E+00	8.41E-01	3.15E-04
Pb	2.72E-13	1.39E-02	8.41E-03	3.15E-06
Cu	5.25E-13	2.68E-02	1.62E-02	6.07E-06
Zn	2.72E-12	1.39E-01	8.41E-02	3.15E-05
Cd	9.52E-15	4.87E-04	2.94E-04	1.10E-07
Cr	1.71E-13	8.74E-03	5.28E-03	1.98E-06
Ni	4.47E-13	2.28E-02	1.38E-02	5.17E-06
Hg	2.72E-16	1.39E-05	8.41E-06	3.15E-09
SS	1.22E-09	6.26E+01	3.78E+01	1.42E-02
Oil	2.91E-12	1.49E-01	9.01E-02	3.37E-05
PAH16	1.50E-14	7.65E-04	4.62E-04	1.73E-07
BaP	1.65E-15	8.44E-05	5.10E-05	1.91E-08
As	7.00E-14	3.58E-03	2.16E-03	8.09E-07
Fe	1.07E-10	5.46E+00	3.30E+00	1.24E-03

Tabell 3-4. 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 3-6.

Ämne	Max över djupet (µg/l)			
	1 Görvälv vattenverk	2 Inre småbåtshamn	3 Yttre småbåtshamn	4 Lovö vattenverk
P	3.31E-11	1.24E+00	5.19E-01	1.87E-04
N	2.57E-10	9.64E+00	4.04E+00	1.45E-03
Pb	2.57E-12	9.64E-02	4.04E-02	1.45E-05
Cu	4.96E-12	1.86E-01	7.79E-02	2.81E-05
Zn	2.57E-11	9.64E-01	4.04E-01	1.45E-04
Cd	9.00E-14	3.37E-03	1.41E-03	5.09E-07
Cr	1.62E-12	6.06E-02	2.54E-02	9.14E-06
Ni	4.22E-12	1.58E-01	6.63E-02	2.39E-05
Hg	2.57E-15	9.64E-05	4.04E-05	1.45E-08
SS	1.16E-08	4.34E+02	1.82E+02	6.55E-02
Oil	2.75E-11	1.03E+00	4.33E-01	1.56E-04
PAH16	1.41E-13	5.30E-03	2.22E-03	8.00E-07
BaP	1.56E-14	5.85E-04	2.45E-04	8.83E-08
As	6.61E-13	2.48E-02	1.04E-02	3.74E-06
Fe	1.01E-09	3.79E+01	1.59E+01	5.72E-03

3.3 Framtida förhållanden

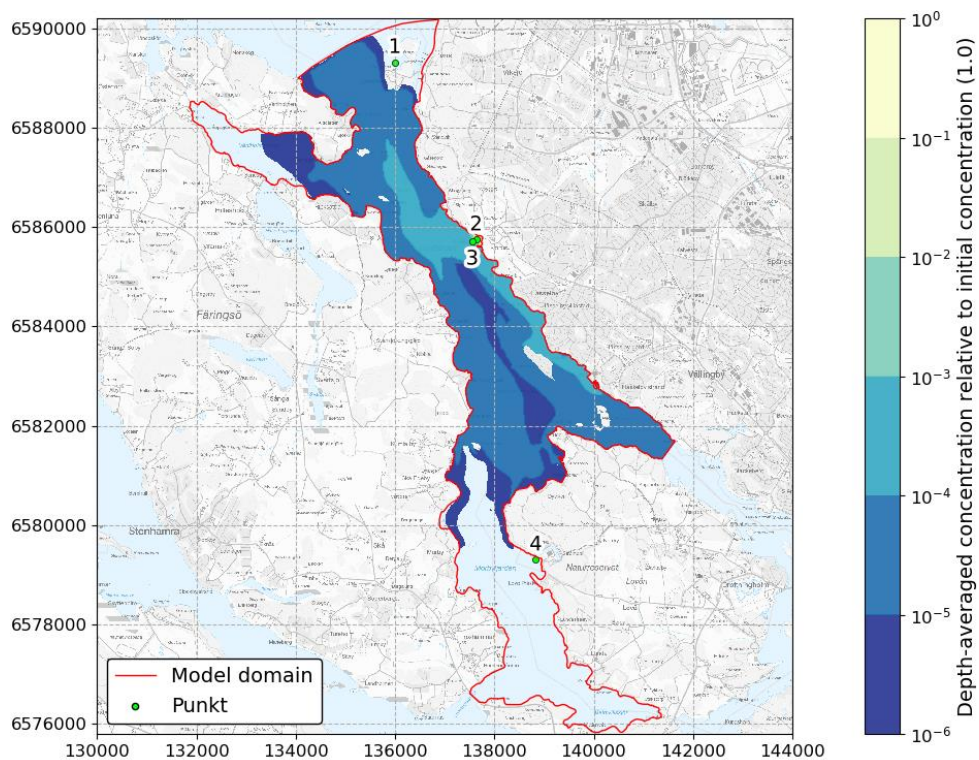
3.3.1 Fall 2: april-månad med nordvästlig vind

3.3.1.1 *Spridning av utsläppta dagvattenhalter*

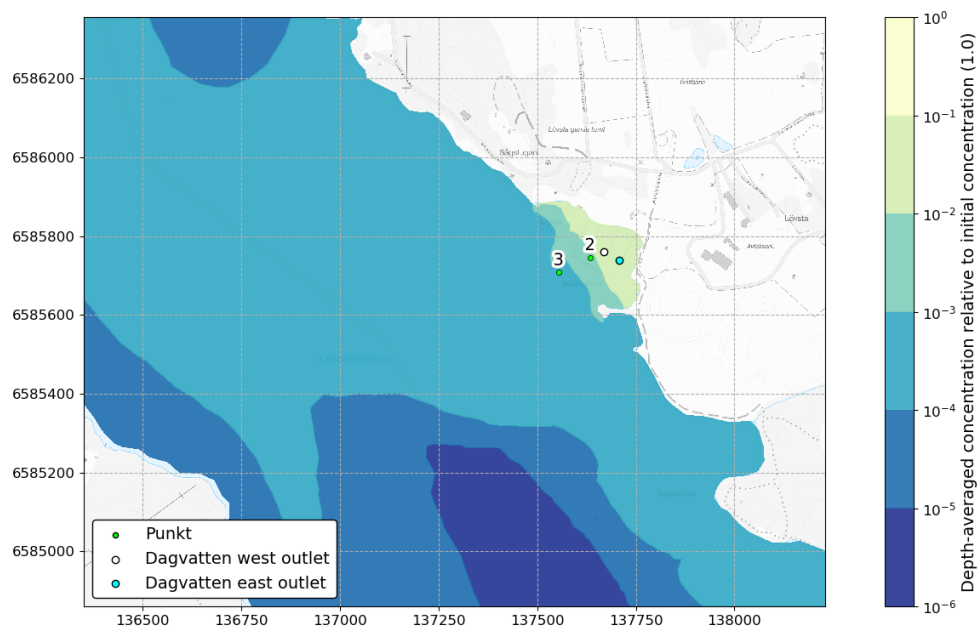
Spridning av utsläppta dagvattenhalter redovisas som medelvärdet över vattendjupet över hela modellen och vid småbåtshamnen i Figur 3-9 och Figur 3-10. Simuleringen omfattar en 9-dygnperiod.

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

Koncentrationerna mot Lövstafjärdens norra del ökar med en faktor ca 10 medan koncentrationer mot fjärdens södra del och Nockebysundet minskar med en faktor ca 10. Koncentrationerna vid råvattenintagen blir också mycket låga (utspädningsgrad på minst 1 000 000).



Figur 3-9. Översikt 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.

Halter för olika ämnen redovisas i form av medelvärde och maximala värdet över vattendjupet vid fyra platser (Görväln råvattenintag, Inre småbåtshamn, Yttre småbåtshamn och Lovän råvattenintag, se lokalisering på Figur 3-9) i Tabell 3-5 och Tabell 3-6.

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)			
	1 Görväln vattenverk	2 Inre småbåtshamn	3 Yttre småbåtshamn	4 Lovö vattenverk
P	1.27E-07	1.59E-01	2.01E-02	1.50E-05
N	3.17E-06	3.97E+00	5.02E-01	3.73E-04
Pb	4.69E-09	5.88E-03	7.43E-04	5.52E-07
Cu	1.68E-08	2.11E-02	2.67E-03	1.98E-06
Zn	4.19E-08	5.24E-02	6.63E-03	4.93E-06
Cd	5.83E-10	7.31E-04	9.24E-05	6.86E-08
Cr	2.11E-09	2.64E-03	3.34E-04	2.49E-07
Ni	5.66E-09	7.08E-03	8.96E-04	6.67E-07
Hg	5.83E-11	7.31E-05	9.24E-06	6.86E-09
SS	1.82E-05	2.28E+01	2.89E+00	2.16E-03
Oil	3.09E-07	3.87E-01	4.90E-02	3.64E-05
PAH16	1.74E-10	2.18E-04	2.76E-05	2.05E-08
BaP	1.91E-11	2.39E-05	3.01E-06	2.24E-09
As	5.80E-09	7.23E-03	9.20E-04	6.89E-07
Fe	1.49E-06	1.87E+00	2.36E-01	1.74E-04

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	Max över djupet (µg/l)			
	1 Görväln vattenverk	2 Inre småbåtshamn	3 Yttre småbåtshamn	4 Lovö vattenverk
P	1.37E-07	3.42E-01	8.91E-02	1.55E-05
N	3.41E-06	8.51E+00	2.22E+00	3.85E-04
Pb	5.05E-09	1.26E-02	3.29E-03	5.71E-07
Cu	1.81E-08	4.52E-02	1.18E-02	2.05E-06
Zn	4.51E-08	1.12E-01	2.93E-02	5.10E-06
Cd	6.28E-10	1.57E-03	4.08E-04	7.09E-08
Cr	2.27E-09	5.65E-03	1.48E-03	2.57E-07
Ni	6.09E-09	1.52E-02	3.96E-03	6.89E-07
Hg	6.28E-11	1.57E-04	4.08E-05	7.09E-09
SS	1.96E-05	4.89E+01	1.28E+01	2.23E-03
Oil	3.33E-07	8.31E-01	2.17E-01	3.76E-05
PAH16	1.87E-10	4.67E-04	1.22E-04	2.12E-08
BaP	2.05E-11	5.12E-05	1.33E-05	2.31E-09
As	6.24E-09	1.55E-02	4.07E-03	7.12E-07
Fe	1.60E-06	4.01E+00	1.04E+00	1.80E-04

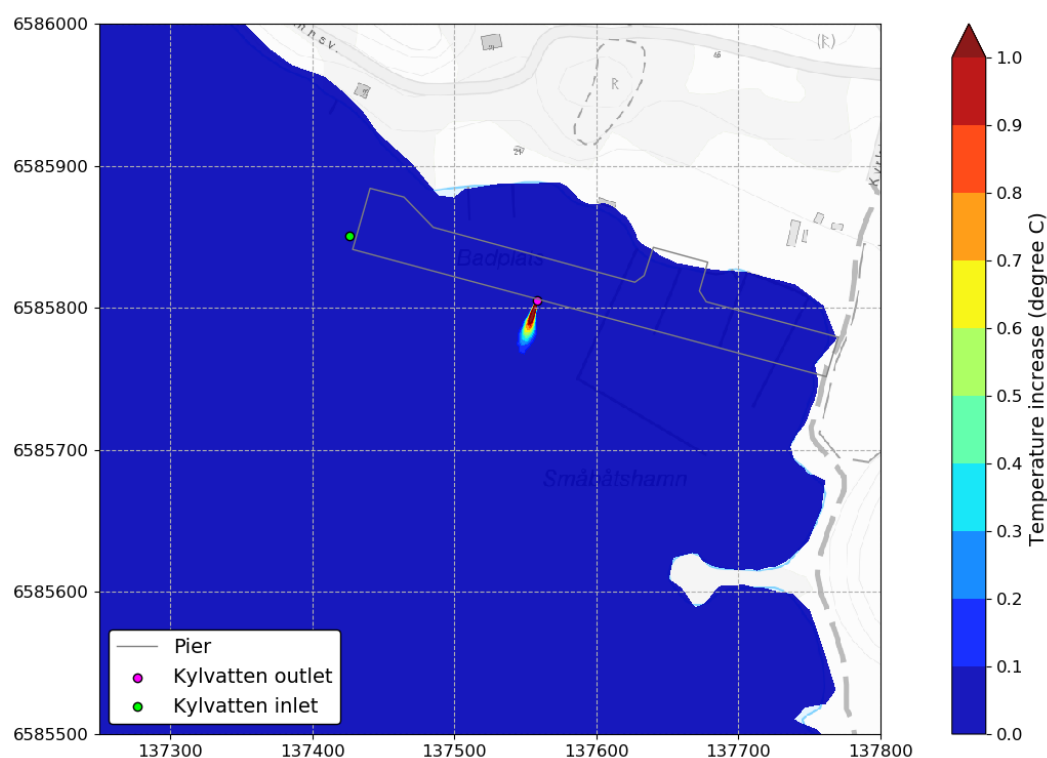
3.3.1.2 Påverkan på vattentemperatur

Påverkan på vattentemperatur redovisas i Figur 3-11 för den undersökta utloppsplaceringen vid samma nivå som utloppsdjupet (-10 m djupt), där temperaturökningen blir som störst.

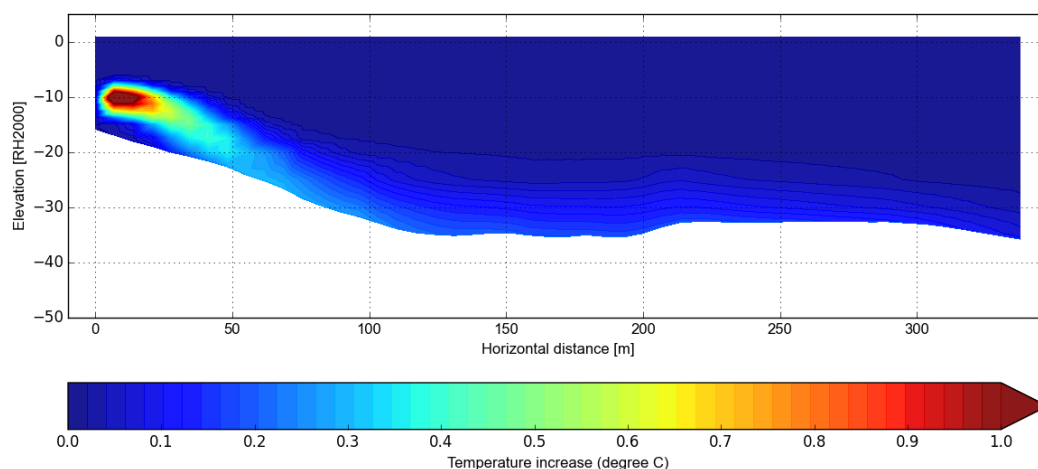
Analys av resultat visar att vattentemperaturen omblandas snabbt med recipientens och att området inom vilket temperaturökningen är större än 1,0 grad är begränsad till ca 10 m nedströms utsläppspunkten. Påverkan vid vattenytan är obefintlig.

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 3-12). 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 3-11. Detaljvy av temperaturspridning vid planerad anläggning vid utloppsdjup (10 m djup) efter 9 dygn.

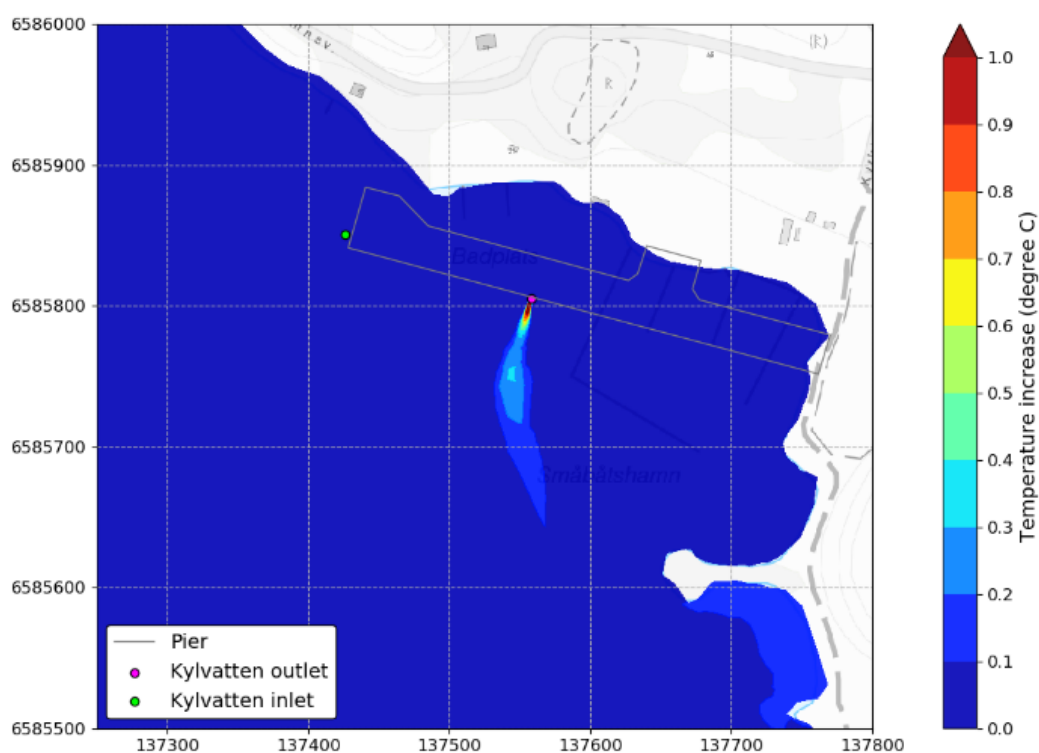


Figur 3-12. Tvärsektionsvy av temperaturökning vid kylvattens utsläppsplym för vattentemperatur 2,9 grader.

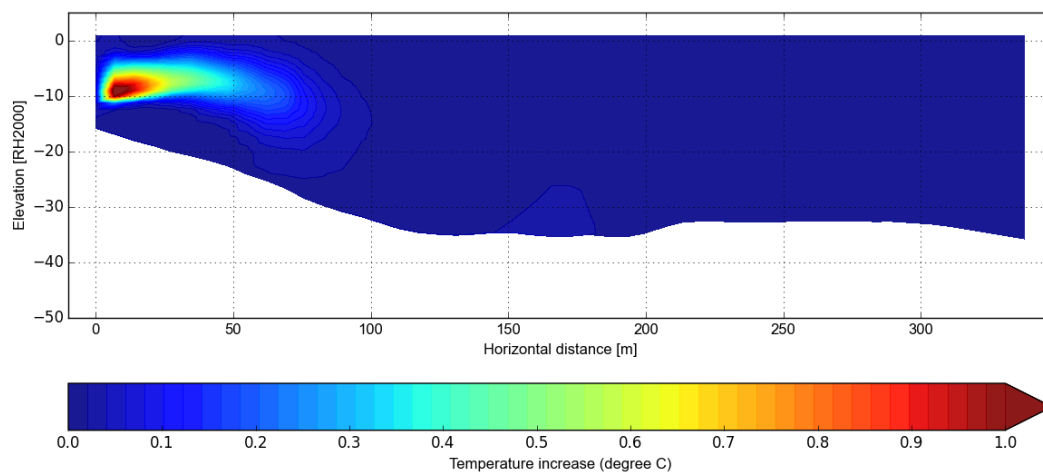
3.3.2 Fall 2: april-månad – kontrollsimulering med vattentemperatur 4,0 grader

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 3-13 samt i form av vertikal tvärsektion i plymens axel i Figur 3-14. Simuleringen omfattar en 5-dygnperiod.

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).



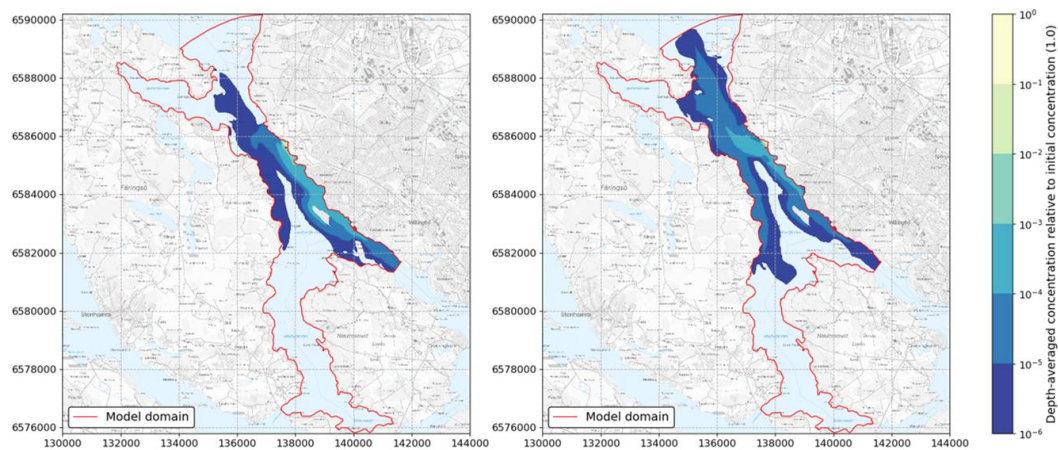
Figur 3-13. Detaljvy av temperaturspridning vid planerad anläggning vid utloppsdyup (10 m djup) efter 5 dygn med vattentemperatur 4 grader.



Figur 3-14. 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 3-15. Dagvattenhalter sprids främst söderut mot

Nockebyundet genom att följa ytströmmen med liknande spridningsmönster jämfört med vid nuvarande förhållanden.



Figur 3-15. Översiktsvy 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.

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 spridningsförhållanden 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. Koncentrationerna vid nuvarande förhållanden minskar snabbt nedströms utsläppspunkter med en utspädningsgrad mellan 100 och 1000 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.

Utförda simuleringar vid framtida förhållanden visar att spridningsriktningen kan påverkas av recipientens bakgrundstemperatur. Vid vattentemperaturer lägre än 4,0 grader, vilket kan förekomma under perioden december till maj, kan densiteten av det utsläppta kylvattnet, efter att en viss omblandningsgrad nåtts, bli större än recipientens. I detta fall sjunker kylvatten ned mot botten och kan dra med sig en viss andel av dagvattenhalter som sprids i samma riktning som bottenströmmens. Utanför denna tidsperiod är vattentemperaturen i Lövstafjärden större än 4,0 grader och kylvattnets densitet blir alltid lägre än recipientens. Dagvattenhalter sprids då huvudsakligen i samma riktning som ytströmmens. 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.

Den planerade anläggningen bedöms dock inte påverka spridningsförhållandena nämnvärt varken vad gäller koncentration av dagvattenhalter eller vattentemperatur tack vare stor utspädning utanför småbåtshamnen samt kraftig temperaturomblandning nedströms kylvattens utlopp.

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.

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

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, 2019. Lövsta mark & VA. Stormtac-beräkning daterad den 17 januari 2019.