
RAPPORT

SYDVATTEN AB

Vombsjön transportmodell

UPPDRAGSNUMMER 1220226000

UNDERLAG FÖR UTFORMNING AV VATTENSKYDDSOMRÅDE



SLUTVERSION

2016-01-20

MALMÖ KUST OCH VATTENDRAG

CHARLOTTA BORELL LÖVSTEDT

JOANNA THELAND

GRANSKARE: PIERRE-LOUIS LIGIER

Sammanfattning

Vombsjön har nyttjats som vattentäkt sedan 1948. Som en del i Sydvattnens arbete med utformning av Vombsjöns vattenskyddsområde har Sweco beräknat transporttider i sjön samt i inflödande vattendrag med hjälp av en tredimensionell beräkningsmodell utifrån Naturvårdsverkets riktlinjer för utformning av vattenskyddsområden. Transporttiderna har använts för att ta fram en avgränsning för den del av sjön samt tillrinnande vattendrag varifrån en vattenlöslig förorening kan ta sig till råvattenintaget inom 12 respektive 24 timmar.

Till den hydrodynamiska 3D-modellen användes mjukvaran TELEMAC. TELEMAC är en så kallad open-source mjukvara för modellering av ytvatten. Modellen är baserad på djupdata bestående av inmätta punkter, inflöden och utflöden till/ur sjön, samt på 10-års vinddata framtagen av SMHI.

I modellen har strömhastigheter och riktningar beräknats utifrån vindpåverkan, sjöns in- och utflöden samt coriolis-effekten. För att representera varierande strömningsmönster i sjön analyseras 8 olika vindriktningsscenarioer, östlig, nordlig, sydlig, västlig, nordöstlig, nordvästlig, sydöstlig samt sydvästlig vind.

Resultaten visar att transport inom större delen av sjön, med undantag från det nordvästra hörnet, når råvattenintaget inom 12 timmar. Transport från hela sjön når råvattenintaget inom 24 timmar.

En känslighetsanalys av transporttiderna i sjön utfördes med avseende på ökad vindhastighet (+1 m/s) samt temperaturskiktning. Resultaten från känslighetsanalysen visar att ökad vindhastighet har större effekt på transporttiden i jämförelse med temperaturskiktning.

Beräkningarna för transporttider i inflödande vattendrag är baserade på en, av Sweco, tidigare framtagen MIKE11-modell. Utifrån MIKE11-modellen har transporttid och hastighet använts för att beräkna hur långt en förorening teoretiskt kan transporteras inom tidsintervallet 12 respektive 24 timmar. Transporttiderna i sjön är inkluderade i den totala transporttiden i vattendragen.

Resultaten gällande transporttider i vattendragen visar att transport i Björkaån samt i Torpbäcken kan nå råvattenintaget inom 12 timmar, för Borstabäcken överstiger redan transporttiden i sjön 12 timmar. För Torpbäcken kan vattenlösliga föroreningar nå råvattenintaget från ett avstånd av 6,6 km uppströms inflödet till Vombsjön. Motsvarande avstånd för Björkaån beräknades till 4,4 km. För transport inom 24 timmar omfattas nästintill samtliga vattendrag i dess helhet.

Innehållsförteckning

1	Inledning	1
2	Bakgrund	2
3	Metod	3
3.1	Allmänt	3
3.2	Underlag	3
3.3	Modellbeskrivning	4
3.3.1	Transporttid i Vombsjön	4
3.3.2	Transporttid i vattendrag	5
3.4	Scenarier	6
3.5	Känslighetsanalys	6
4	Resultat	7
4.1	Allmänt strömningsmönster	7
4.2	Transporttider i Vombsjön	7
4.3	Transporttider i vattendrag	9
4.4	Känslighetsanalys	11
5	Slutsatser och diskussion	13
6	Referenser	14

Bilagor

Bilaga 1 Återkomsttider av vind för Hörby

Bilaga 2 Översiktlig översvämningskartering av de större vattendragen i Sjöbo kommun


1 Inledning

Vombsjön har nyttjats som vattentäkt sedan 1948. Större delen av Malmö, Staffanstorps, Vellinge, Harlösa, Veberöd, Dalby, Bara och Burlöv får sitt dricksvatten från Vombsjön via Vombverket. Som en del i Sydsvattens arbete med utformning av Vombsjöns vattenskyddsområde har Sweco beräknat transporttider i sjön med hjälp av en tredimensionell beräkningsmodell. Transporttider i inflödande vattendrag har också beräknats. Transporttiderna har använts för att ta fram en avgränsning för den del av sjön samt tillrinnande vattendrag varifrån en vattenlöslig förorening kan ta sig till råvattenintaget inom 12 respektive 24 timmar.

Projektet har utförts av Sweco under hösten 2015. Uppdragsledare samt ansvarig för beräkningarna har Charlotta Borell Lövestedt varit. Joanna Theland har varit handläggare och Björn Almström har bidragit med kompetens kring strömhastigheterna i vattendragen. Pierre-Louis Ligier har varit ansvarig för kvalitetsgranskning.

Utöver denna rapport har video-filer från simuleringarna som visar transporten i sjön levererats.

Malmö, januari 2016



Charlotta Borell Lövestedt

Uppdragsledare

2 Bakgrund

Vombsjön ligger på gränsen mellan Eslöv, Lund och Sjöbo kommuner och ingår i Kävlingeåns avrinningsområde. Den huvudsakliga markanvändningen inom avrinningsområdet är jordbruksmark (72 %) och skogsmark (23 %), övrig markanvändning är urbant område (3 %) samt sjö (2 %).

Vombsjön är 12 km² stor (cirka 4 km lång och 3 km bred) och ungefär 15 meter djup som djupast. Huvudsakliga inlopp till sjön är Borstabäcken, Torpbäcken och Björkaån. Sjön avvattnas reglerat via Kävlingeån.

Det finns sedan tidigare en 3D-modell över Vombsjön. Modellen, som upprättats av DHI, beskriver transporttider och strömningsmönster utifrån en rad scenarier (DHI, 2013). Från den tidigare modellen framkommer det att uppehållstiden i Vombsjön är lång, cirka 200 dygn vid normal vattenföring i inflöden och utlopp. Vinden bedöms vara den viktigaste faktorn för transporttiden i sjön. Temperaturskiktning i sjön bedöms påverka transporttiderna i mindre grad i jämförelse med varierande vindförhållanden (DHI, 2013).

Den tidigare modellen är dock inte anpassad efter de riktlinjer som finns för transporttidsberäkningar som underlag för utformning av vattenskyddsområde (se nedan).

3 Metod

3.1 Allmänt

Beräkningarna har utförts i linje med *Naturvårdsverkets allmänna råd och handbok för vattenskyddsområde 2010:5* (Naturvårdsverket, 2011).

För att representera varierande strömningsmönster i sjön analyseras 8 olika vindriktningsscenarioer baserat på att vinden visat sig vara den viktigaste faktorn för strömmönstret i sjön (DHI, 2013). Vindriktningarna valdes utifrån att resultaten i så stor utsträckning som möjligt skulle representera de tänkbara strömmönster som kan uppstå i sjön.

För varje scenario beräknades den yta varifrån transporttiden är kortare eller lika med 12 respektive 24 timmar till råvattenintaget. Beräkningen inkluderade både transporttiden till en punkt i ytan ovanför råvattenintaget samt till en punkt belägen på det djup där råvattenintaget är placerat.

Till den hydrodynamiska 3D-modellen användes mjukvaran TELEMAC. Programmet är utvecklat av "OpenTelemac Consortium" (Frankrike: EDFs Laboratoire National d'Hydraulique, CETMEF, ARTELIA – Storbritannien: Daresbury Laboratory, HR Wallingford – Tyskland: Bundesanstalt für Wasserbau). TELEMAC 3D beräknar strömmar, temperatur, salthalt och koncentrationer grundat på Navier-Stokes ekvationer. Dessa beskriver vattenrörelser i tre dimensioner och utvecklades av C. L. M. H. Navier och Sir G. Stokes i slutet av 1800-talet. Ekvationerna beräknar vattnets rörelse som en funktion av gravitations-, friktions- och tryckkrafter. Beräkningarna använder ett ostrukturerat nät av finita element. Tillämpningsområdena är ytvattenmodellering i hav, sjöar och vattendrag.

3.2 Underlag

Modellen har baserats på djupdata levererat av Sydsvatten. Djupdatan består av inmätta punkter. Koordinaterna anges i SWEREF99 1330 och höjdsystemet är RH 2000.

Vid utformning av vattenskyddsområden ska transporttidsberäkningar baseras på en vind med 10-års återkomsttid (Naturvårdsverket, 2011). SMHI har, på uppdrag av Sweco, tagit fram 10-årsvind för området kring Vombsjön baserat på den närliggande mätstationen i Hörby, se bilaga 1. Enligt SMHI motsvarar en 10-årsvind med varaktigheten sex timmar en vindstyrka på 11,6 m/s. Vindstyrkan är inte kopplad till någon specifik vindriktning. Framtagen vindstyrka har använts i simuleringarna.

Transporttidsberäkningar i vattendragen har baserats på en, av Sweco, tidigare framtagen MIKE11-modell över Sjöbo kommun, se bilaga 2.

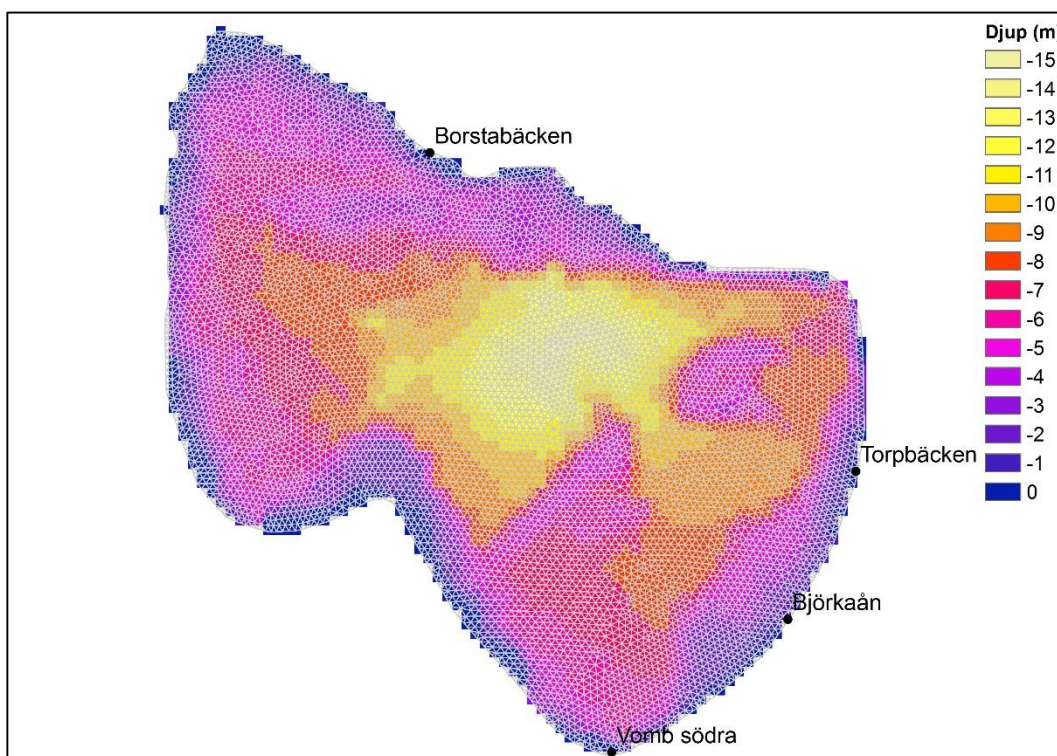
Den tidigare upprättade 3D-modellen över Vombsjön (DHI, 2013) har använts som utgångspunkt för beräkningarna i sjön samt i jämförande syfte.

3.3 Modellbeskrivning

3.3.1 Transporttid i Vombsjön

En 3D-modell av Vombsjön har upprättats och simulerats med hjälp av programmet TELEMAC. I modellen har strömhastigheter och riktningar beräknats utifrån vindpåverkan, sjöns in- och utflöden samt Coriolis-effekten. Horisontellt har beräkningarna utförts baserat på ett triangulärt beräkningsnät med en upplösning på cirka 30 m, se figur 3.1. I figuren visas även batymetri för Vombsjön.

Vindstyrkan sattes till 11,6 m/s (se ovan). In- och utflöden ur sjön är desamma som beskrivs under kommande avsnitt (*Transporttid i Vombsjön*). Dessutom är råvattenintaget beskrivet i modellen med ett utflöde på 0,85 m³/s, vilket motsvarar medelintaget 2011-2012 (DHI, 2013).



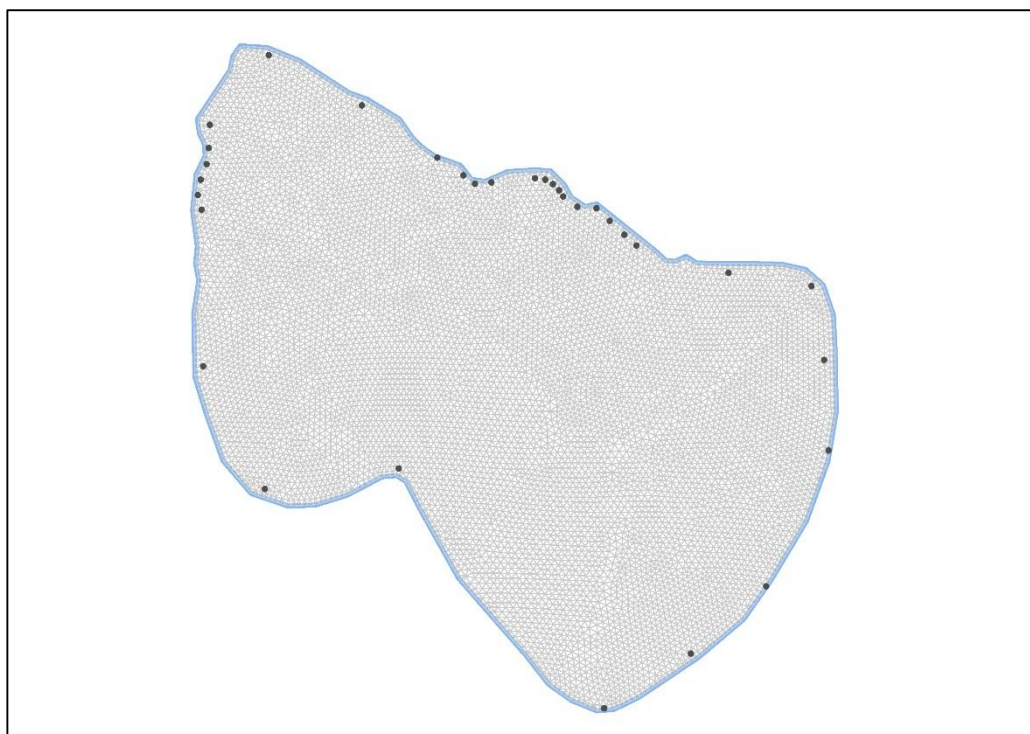
Figur 3.1 Visualisering av horisontellt beräkningsnät, batymetri samt simulerade inlopp.

Vertikalt delades sjön in i 11 lager, de översta 6 lagren har en tjocklek på cirka 1 m medan efterföljande lager är cirka 2 meter tjocka. För att lättare kunna utläsa resultaten placerades ett lager på samma djup som råvattenintaget. Av säkerhetsskäl kan den exakta placeringen av råvattenintaget inte visas, intagsdjupet ligger på cirka 4,7 meters djup.

Transporttider från olika delar av sjön till råvattenintaget beräknades genom att tillsätta fiktiva föroreningar i ett flertal punkter fördelade längs med sjöns ytterkanter, tätare punktfördelning återfinns i för avgränsningen relevant område. Även de fyra inloppen till sjön

förseddes med fiktiva föroreningsutsläpp, se figur 3.2. Observera att inloppet beläget längst söderut är ett mindre dike som i denna studie benämns Vomb södra.

Transporttiderna för föroreningarna beräknades både till en punkt på ytan ovanför råvattenintaget samt till en punkt på djupet för råvattenintaget. I de fall dessa värden skiljde sig från varandra noterades den snabbaste transporttiden. Värdena är avrundade till närmaste halvtimma. Tidpunkten för när föroreningen bedömdes nå råvattenintaget baserades på när koncentrationen steg markant, vilket oftast inträffade kring en spädning på 10 miljoner gånger.



Figur 3.2 Visualisering av fiktiva utsläppspunkter.

3.3.2 Transporttid i vattendrag

Beräkningarna för transporttider i ingående vattendrag är baserade på en, av Sweco, tidigare framtagen MIKE11-modell, se bilaga 2.

I MIKE11-modellen har vattendragen delats in i segment mellan ett antal tvärsnitt. För varje segment finns en maximal flödes hastighet beräknad. Tid och maximal hastighet inom varje segment användes för att beräkna hur långt en förorening teoretiskt kan transporteras inom tidsintervallet 12 respektive 24 timmar. Transporttiderna i sjön är inkluderade i den totala transporttiden i vattendragen.

MIKE11-modellen justerades efter flöden med en återkomsttid på 10 år, se tabell 3-1. Dessa data är hämtade från SMHI:s Vattenwebb (SMHI, 2015).

Tabell 3-1 10-årsflöden i inflödande vattendrag (SMHI, 2015).

	Borstabäcken	Torpbäcken	Björkaån	Vomb södra
10-årsflöde (m³/s)	2,89	4,25	51,7	Ingen information

3.4 Scenarier

I samråd med Sydsvatten har 8 olika scenarier gällande vindriktning simulerats. De simulerade vindriktningarna är östlig, nordlig, sydlig, västlig, nordöstlig, nordvästlig, sydöstlig samt sydvästlig vind.

3.5 Känslighetsanalys

Utifrån tidigare upprättad modell över Vombsjön visade sig vindhastighet och temperaturskiktning ha störst påverkan på transporttiderna (DHI, 2013). En känslighetsanalys för dessa två utfördes därför.

Med avseende på vindhastighet simulerades ett fall med en vindhastighet motsvarande +1 m/s från ursprungligt värde, det vill säga 12,6 m/s istället för 11,6 m/s. Detta utfördes för tre vindriktningar, östlig, nordöstlig samt för sydvästlig vind. Vindriktningarna valdes utifrån vilka scenarier som genererade transporttider närmast överstigande 12 timmar för de punkter som inte nådde fram till råvattenintaget.

För att simulera en mycket skarp temperaturgradient justerades modellen så att all vattenvolym under 6 m exkluderades genom att förlägga "ny" bottennivå på - 6 m. Modellen efterliknar därmed en så skarp temperaturskiktning att inget utbyte sker mellan det övre och det undre temperaturlagret. Skiktningens placering valdes dels utifrån typiska skiktningförhållanden i liknande sjöar (Goldman & Horne, 1994) samt utifrån att en skiktning strax under råvattenintagets djup förväntades ha störst inverkan på transporttiderna. Simuleringarna utfördes för samma vindriktningar som tidigare känslighetsanalys, det vill säga för östlig, nordöstlig samt för sydvästlig vind. Enligt Sydsvatten finns dock mätningar som visar att sjön normalt inte är skiktad. Även om sjön inte är stabilt skiktad under sommaren finns troligtvis kortare perioder vid soligt, lugnt och varmt väder då en skiktning kan uppstå.

De parametrar som testades i tidigare utredning av DHI (2013) som inte visade någon väsentlig påverkan på transporttiderna i sjön var ökat råvattenintag till maximalt tillståndsgivet (1,2 m³/s), dubblade inflöden och utflöde ur sjön, samt ett högt vattenstånd på +1 m över det normala. Därmed har inte dessa parametrar testats i känslighetsanalysen i föreliggande utredning.

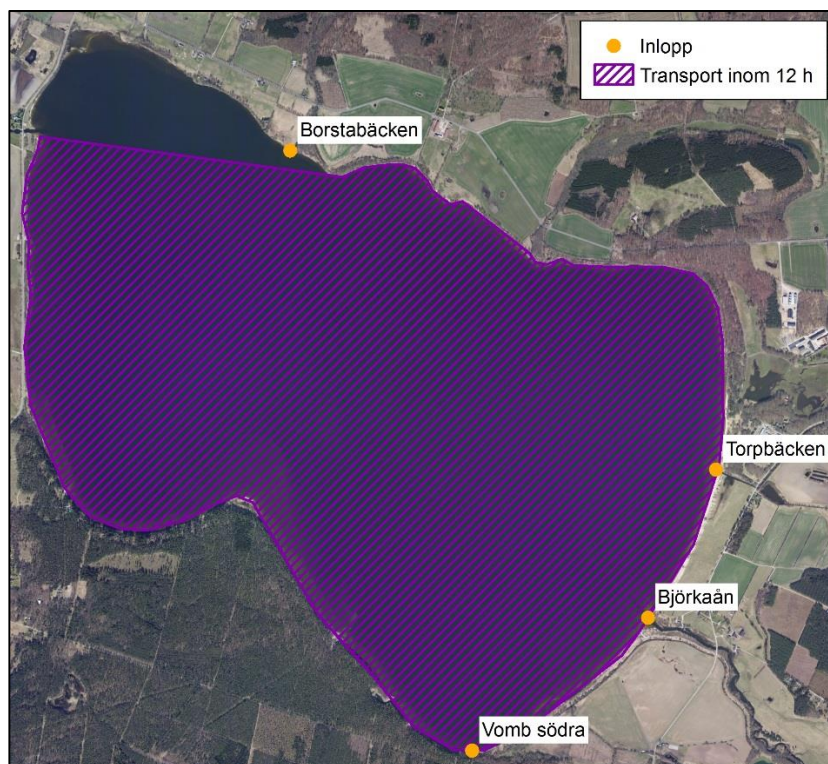
4 Resultat

4.1 Allmänt strömningsmönster

Strömmarna som beräknats överensstämmer med förväntade mönster i en sjö som Vombsjön. På ytan sker strömriktningen i huvudsak i vindens riktning men med högre hastigheter nära sjöns stränder och lägre hastigheter mitt på sjön. Strömhastigheten i ytan är ca 0,5 – 2,5 % av vindens hastighet. Returströmmen i riktning mot vinden går på olika djup beroende på vindriktningsscenario och botten djup. Det är returströmmen som bromsar ytströmmen i mitten av sjön och ger därmed de karaktäristiska huvudstråken längs sjöns stränder. Eftersom inflödena till sjön är små påverkar de bara vattenhastigheten lokalt kring mynningarna. Samma strömmönster återgavs även av den tidigare upprättade beräkningsmodellen (DHI, 2013).

4.2 Transporttider i Vombsjön

I figur 4.4 visas det område i sjön varifrån transport till råvattenintaget sker inom 12 timmar. Det lila streckade området visar en sammanslagning av samtliga vindriktningar och motsvarar således den kortaste transporttiden för någon av de simulerade vindriktningarna. Inom 24 timmar når transport från alla delar av sjön råvattenintaget.



Figur 4.1 Lila område visar de delar av Vombsjön varifrån transport till råvattenintaget sker inom 12 timmar. Inom 24 timmar når transport från alla delar av sjön råvattenintaget.

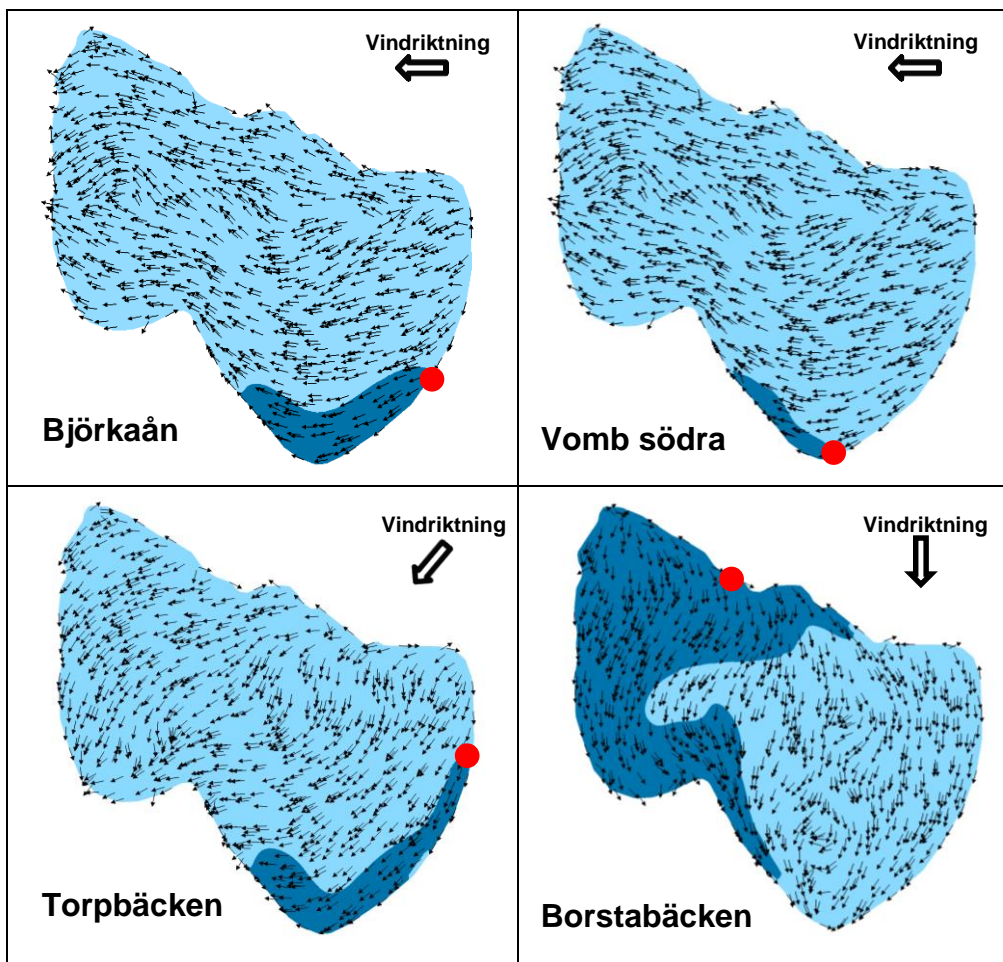
Resultaten från 3D-modellen kan jämföras med enklare transporttidsberäkningar beskrivna i Naturvårdsverkets handbok för vattenskyddsområden (Naturvårdsverket, 2011). Enligt handboken kan spridningshastigheten för oljeföreningar som transporteras som oljefilm på vattenytan uppskattas till cirka 3 % av vindhastigheten. Om omblandning sker (vattenlöslig förening) kan hastigheten istället uppskattas till cirka 1,5 % av vindhastigheten. I tabell 4-1 visas en jämförelse mellan transporttidsberäkningar baserade på 3D-modellen och transporttider beräknade utifrån Naturvårdsverkets metod beskriven ovan.

Tabell 4-1 Jämförelse mellan transporttider från inflöden till råvattenintag beräknade utifrån 3D-modellen samt utifrån Naturvårdsverkets översiktliga metod. Transporttiderna är angivna i timmar.

Beräkningsmetod	Borstabäcken	Torpbäcken	Björkaån	Vomb södra
3D-modell	13,5	6	4,5	2
1,5 % av vindhastigheten	5	4	3	2
3 % av vindhastigheten	2,5	2	1,5	1

Från figur 4.2 framgår det att transporttiderna beräknade med 3D-modellen är längre i jämförelse med de som beräknats schablonmässigt utifrån vindhastigheten. Om transporttiden beräknas utifrån konstant hastighet och kortast möjliga väg tas inte hänsyn till varierande strömriktningar och skillnader i strömhastighet. I figur 4.2 på nästa sida visas strömriktningar samt spridningsplymer för samtliga inflödande vattendrag. Det syns tydligt att transporten inte sker med kortast möjliga väg, vilket förklarar varför transporttiderna baserade på 3D-modellen är längre och således mer rättvisande i jämförelse med de schablonmässiga beräkningarna.

För fallet med Björkaån och Vomb södra är den simulerade vindriktningen östlig, för Torpbäcken nordöstlig och för Borstabäcken nordlig. Dessa vindriktningar motsvarar de scenarier som teoretiskt borde ge kortast transporttider enligt naturvårdsverkets förenklade beräkningsmetod.



Figur 4.2 Inflöden från Björkaån, Vomb södra, Torpbäcken och Borstabäcken visas med röda punkter. Mörkblå områden visar spridningsplymen medan svarta pilar visar strömriktningen vid ytan. För Björkaån och Vomb södra visas simulering av östlig vindriktning, för Torpbäcken nordöstlig och för Borstabäcken nordlig.

4.3 Transporttider i vattendrag

Transporttiderna i vattendragen är indelade utifrån transport inom 12 respektive 24 timmar. I dessa 12 respektive 24 timmar ingår även transporttiden i sjön från respektive inflöde. I figur 4.3 visas vilka delar av vattendragen som når råvattenintaget inom 12 (mörklila linjer) samt 24 timmar (ljuslila linjer). Ljuslila streckade linjer motsvarar vattendrag som inte ingick i den MIKE11-modell som beräkningarna är baserade på. En uppskattning utifrån karaktär avseende bredd och topografi för närliggande, beräknade vattendrag har i dessa fall gjorts.



Figur 4.3 Mörklila linjer visar vilka delar av vattendragen där transport till råvattenintaget kan ske inom 12 timmar. Ljuslila heldragna linjer visar vilka delar av vattendragen där transport till råvattenintaget kan ske inom 24 timmar. Ljuslila streckade linjer visar delar av vattendrag som uppskattas nå råvattenintaget inom 24 timmar.

Från figur 4.3 framgår det att endast transport i Björkaån samt i Torpbäcken kan nå råvattenintaget inom 12 timmar. För Torpbäcken kan vattenlösliga föroreningar nå råvattenintaget inom 12 timmar från ett avstånd av 6,6 km uppströms inflödet till Vombsjön. Motsvarande avstånd för Björkaån beräknades till 4,4 km.

För transport inom 24 timmar omfattas nästintill samtliga vattendrag i dess helhet. Det är endast Vollsjoån som avgränsas och avgränsningen ligger då cirka 5 km norr om Vollsjo.

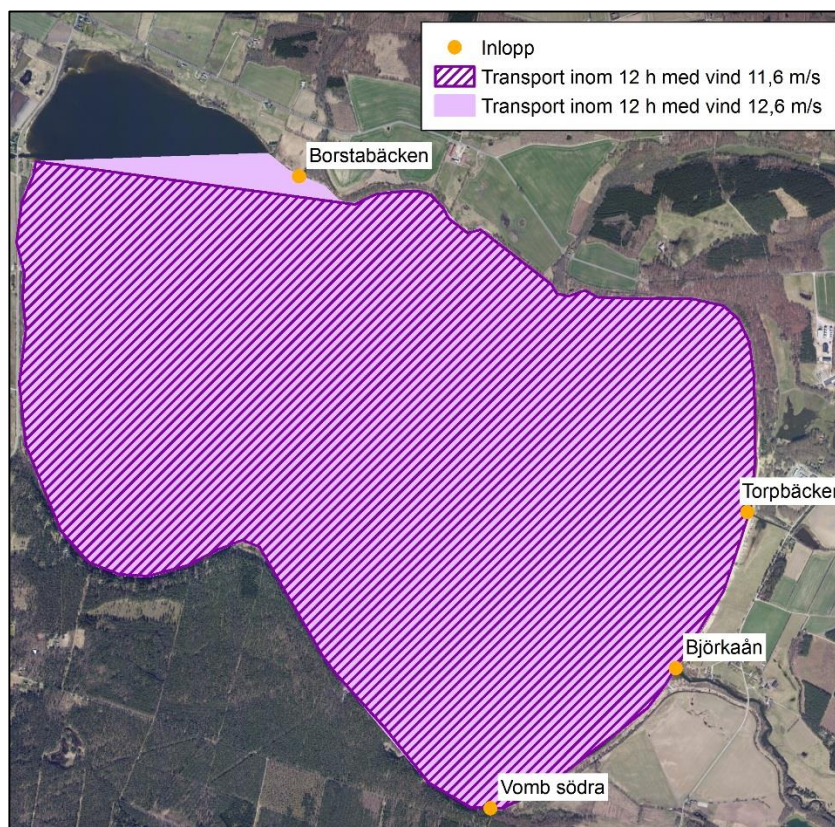
Flödes hastigheten får stor inverkan på transporttiderna i vattendragen. I tabell 4-2 visas lägsta, medel- samt högsta noterade hastigheten utifrån samtliga tvärsnitt för varje vattendrag, dessa värden är baserade på MIKE11-modellen.

Variationerna i flödes hastighet beror huvudsakligen på tvärsnittets utformning, en bred tvärsektion med flack lutning ger låg hastighet. I andra delar av vattendragen där tvärsektionen är smalare och/eller lutningen större blir hastigheten högre.

Tabell 4-2 Lägsta, medel- och högsta hastigheten noterad bland de olika segmenten i de olika vattendragen.

Vattendrag	Lägst hastighet (m/s)	Medelhastighet (m/s)	Högst hastighet (m/s)
Borstabäcken	0,27	0,92	1,47
Torpbäcken	0,05	0,86	3,07
Björkaån	0,02	0,94	3,42
Grimstoftabäcken	0,02	0,73	2,78
Tolångaån	0,04	0,93	3,35
Eggelstadsbäcken	0,06	0,87	2,00
Vollsjöån	0,01	0,95	3,00

4.4 Känslighetsanalys



Figur 4.4 Lila streckat område visar de delar av Vombsjön varifrån transport till råvattenintaget sker inom 12 timmar med en vindhastighet på 11,6 m/s. Ljust lila område visar de delar av Vombsjön som når råvattenintaget inom 12 timmar med en vindhastighet på 12,6 m/s.

Som nämnts i bakgrundsavsnittet har vattnet i Vombsjön lång uppehållstid, cirka 200 dygn. Detta är en konsekvens av att in- och utflöden är av mindre storlek i förhållande till sjöns volym. Strömningmönster i Vombsjön definieras därför huvudsakligen av vindens påverkan, det vill säga utifrån dess riktning och hastighet. I figur 4.4 visas känslighetsanalysen motsvarande +1 m/s i vindhastighet jämfört med den ursprungliga vindhastigheten. Med en vindhastighet på 12,6 m/s blir området som når råvattenintaget inom 12 timmar marginellt större i området kring Borstabäcken, se ljust lila område jämfört med lila streckat område i figur 4.4.

Känslighetsanalysen för temperaturskiktning visade att skiktningen inte påverkar vilken yta av sjön som bidrar till råvattenintaget inom 12 timmar.

I tabell 4-3 jämförs transporttiden från inloppet vid Björkaån till råvattenintaget för det huvudsakliga scenariot samt för de scenarier som ingick i känslighetsanalysen. En ökad vindhastighet ger snabbare transport från Björkaåns inlopp till råvattenintaget. Temperaturskiktning ger en något långsammare transport från inloppet till råvattenintaget men har ingen betydande påverkan på transporttiderna.

Tabell 4-3 Jämförelse av transporttider från inloppet vid Björkaån till råvattenintaget för det huvudsakliga scenariot samt för de scenarier som ingick i känslighetsanalysen.

Scenario	Transporttid från Björkaån till råvattenintaget (h)
Vindhastighet 11,6 m/s, utan skiktning (huvudsakligt scenario)	4,5
Vindhastighet 12,6 m/s, utan skiktning (känslighetsanalys vind)	4
Vindhastighet 11,6 m/s, med skiktning (känslighetsanalys skiktning)	5,5

Tappningen till Kävlingeån bedöms inte ha någon signifikant påverkan på transporttiderna till råvattenintaget. Tappningen påverkar i stort sett bara uppehållstiden. Den maximala tappningen som skett vid några enstaka tillfällen de senaste åren, med en varaktighet överstigande en vecka, har uppgått till ca 20 m³/s. En sådan tappning minskar uppehållstiden till kring 50 dagar. Uppehållstiden är ändå betydligt längre än transporttiderna till råvattenintagen och någon signifikant påverkan på transporttiderna kan endast uppstå lokalt kring utflödet till Kävlingeån. Utloppet ligger vid gränsen till 12-timmars området och en ökad tappning skulle kunna medföra att gränsen för 12-timmarsområdet flyttas marginellt söderut från den beräknade avgränsningen.

5 Slutsatser och diskussion

Utifrån de förutsättningar som beskrivits tidigare i rapporten kan följande slutsatser dras:

- Transport från nästintill hela Vombsjön, med undantag för det nordvästra hörnet, kan nå råvattenintaget inom 12 timmar.
- Transport från hela Vombsjön kan nå råvattenintaget inom 24 timmar.
- Inom 12 timmar kan transport från 6,6 km uppströms inloppet till Torpbäcken samt 4,4 km uppströms inloppet till Björkaån nå råvattenintaget.
- Inom 24 timmar kan transport från samtliga vattendrag, undantaget delar av Vollsjöån, nå råvattenintaget.
- Känslighetsanalysen visar att ökad vindhastighet har större effekt på transporttiden i jämförelse med temperaturskiktning. En skiktning gav generellt en längre transporttid.
- Beräkningar baserade på 3D-modellen ger längre transporttider i jämförelse med Naturvårdsverkets generella metod. Detta beror på att transporten sällan sker kortaste vägen och att varierande strömningsmönster och strömningshastigheter har stor inverkan på transporttiderna. Transporttiderna beräknade utifrån 3D-modellen bedöms beskriva verkligheten på ett mer korrekt sätt i jämförelse med naturvårdsverkets generella metod.

De strömningsmönster som simuleringarna visar på överensstämmer med generella strömningsmönster i liknande sjöar. Strömningsmönstren stämmer även väl överens med resultat från tidigare upprättad modell över Vombsjön (DHI, 2013).

Det bör noteras att modellen inte tar hänsyn till koncentrationen hos den eventuella föroreningen eller dess spädning fram till råvattenintaget. Detta ingår heller inte i Naturvårdsverkets riktlinjer men denna förenkling bör ändå nämnas. Om exempelvis ett mycket stort utsläpp med hög koncentration sker i ett vattendrag med lågt flöde kommer spädningsgraden vara låg. Om det istället sker ett mindre utsläpp i ett vattendrag med högt flöde eller i en sjö vid blåsiga förhållanden blir utspädningen stor. Om utsläppet sker nära råvattenintaget med plymen riktad mot intaget fås en tydlig koncentrationstopp vid råvattenintaget. Om föroreningen istället transporteras lång sträcka innan den når råvattenintaget blir koncentrationstoppen inte lika tydlig då omblandning i sjön har skett.

En möjlig förbättring av Naturvårdsverkets riktlinjer skulle därmed kunna vara att transporttiden tillsammans med en angiven spädningsgrad för ett typutsläpp ska utgöra underlag för utformning av vattenskyddsområden.

6 Referenser

DHI. (2013). *Transporttid Vombsjön, Uppdragsnummer 1201977*. Lund.

Goldman, C. R., & Horne, A. J. (1994). *Limnology*. US: McGraw-Hill.

Naturvårdsverket. (2011). *Handbok om vattenskyddsområde, Handbok 2010:5, Utgåva 1*.

SMHI. (2015). *Vattenwebb*. Hämtat från <http://vattenwebb.smhi.se/modelarea/>