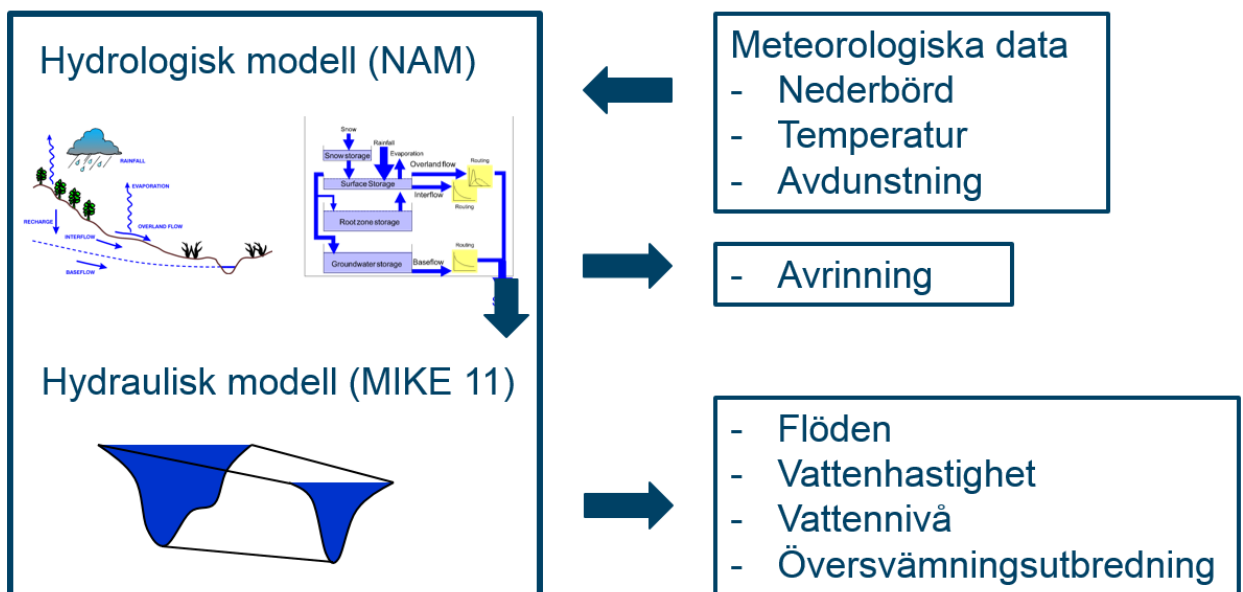


Vattendragsmodell för Emån

Modelluppbyggnad och inledande simuleringar



Länsstyrelsen i Kalmar län

Rapport

september 2016

Denna rapport har tagits fram inom DHI:s ledningssystem
för kvalitet certifierat enligt ISO 9001 (kvalitetsledning) av Bureau Veritas

ISO 9001
Management System Certification

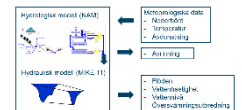
BUREAU VERITAS
Certification Denmark A/S



Vattendragsmodell för Emån

Modelluppbyggnad och inledande simuleringar

Framtagen för Länsstyrelsen i Kalmar län
Kontaktperson Erika Nilsson



Projektledare	Ola Nordblom
Kvalitetsansvarig	Lars-Göran Gustafsson
Handläggare	Mona Sassner, Paul Widenberg, Ola Nordblom

Uppdragsnummer	12802459
Godkänd datum	2016-09-29
Version	slutlig, reviderad 160929
Klassificering	Öppen



INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1	Bakgrund och syfte	1
2	Inledning	3
2.1	Generell beskrivning av modellsystemet	3
2.2	Användningsområden för vattendragsmodellen	5
3	Modelluppbyggnad	6
3.1	Uppbyggnad av hydrologisk modell (NAM)	6
3.1.1	Delavrinningsområden	6
3.1.2	Meteorologiska data.....	7
3.1.3	Hydrologiska data	7
3.1.4	Kalibrering av NAM-modell	8
3.2	Uppbyggnad av hydraulisk modell i MIKE 11 HD	10
3.2.1	Modellområde	10
3.2.2	Underlagsdata till MIKE 11 HD-modellen	10
3.2.3	Fysisk beskrivning av vattendraget.....	11
3.2.4	Reglering av magasin	13
3.2.5	Flödesbelastning på MIKE 11 HD.....	14
3.2.6	Kontroll av beräknade flöden i kopplad modell	14
3.2.7	Kalibrering av friktionsförluster i MIKE 11 HD.....	14
3.3	Uppbyggnad av hydraulisk kopplad 1D/2D-modell.....	15
3.3.1	Modellområde	15
3.3.2	MIKE 11 och MIKE 21.....	16
3.3.3	Flödesbelastning.....	17
3.3.4	Kalibrering av kopplad 1D/2D-modell	18
4	Resultat från inledande simuleringar och utvärderingar	20
4.1	Syfte och avgränsning	20
4.2	Scenarier.....	20
4.3	Area- och volymsberäkningar	21
4.4	Scenario A1-A2. Översiktlig översvämningskartering för Q10 och Q100.....	22
4.5	Scenario A3-A4. Högflöde med fokus på Mörlundaområdet	22
4.6	Scenario A5-A6. Lågflöde med fokus på Emsfors	27
4.7	Scenario B1-B3. Mörlundaområdet.....	30
5	Informationssystem	34
6	Översiktlig kartering av riskområden för erosion	35
6.1	Syfte och avgränsning	35
6.2	Antaganden vid klassificering av erosionsrisk	35
6.3	Klassificering och redovisning av erosionsrisk	37

7	Summering och slutsatser	38
8	Förslag till fortsatt arbete.....	38
9	Referenser.....	39

BILAGOR

BILAGA A – Flöden

BILAGA B – Erosionsriskkartor

BILAGA C – GIS-leverans

BILAGA D – Beskrivning NAM-parametrar

BILAGA E – Area- och volymsberäkningar

1 Bakgrund och syfte

DHI Sverige har på uppdrag av Länsstyrelsen i Kalmar län byggt upp en hydrologisk och hydraulisk modell för Emåns huvudfåra och några av de större biflödena, samt gjort inledande simuleringar med modellen. Uppdraget ingår som en del i projektet "Emån – en långsiktigt hållbar resurs för samhälle och miljö" som Länsstyrelserna i Kalmar och Jönköping driver tillsammans med Emåförbundet.

Syftet med DHIs uppdrag är att ta fram ett modellverktyg som kan användas för att öka kunskapen om de processer som styr Emåns flöden och nivåer, samt analysera effekter av förändringar i t.ex. reglering eller klimat på flöden och nivåer i vattendraget. Resultaten från modellen ska kunna utgöra underlag vid tillsyn och prövning, kommunal fysisk planering, utbildning, samt åtgärdsplanering. Exempel på frågor som ska kunna utredas med hjälp av modellen är:

- Vilka områden är särskilt känsliga för översvämningar?
- Hur länge går det att upprätthålla fastställda minimiflöden i olika delar av vattendraget under långa torrperioder?
- Vilken betydelse har regleringen av magasinen på flöden och nivåer i Emån under perioder med höga flöden, respektive under torrperioder?
- Hur påverkas flöden och nivåer i vattendraget av fysiska åtgärder, t.ex. invallningar längs översvämningsdrabbade sträckor?

I DHIs uppdrag ingår även att göra en översiktlig kartering av riskområden för erosion, samt bygga upp ett enkelt webbaserat informationssystem för presentation av modellresultat.

I föreliggande rapport redovisas uppbyggnaden av vattendragsmodellen och resultaten från inledande simuleringar med modellen. Samtliga modellresultat som redovisas i rapporten är preliminära och avser i första hand att illustrera modellens användning för analys av hydrologiska och hydrauliska frågeställningar.

Modellresultat i form av översvämningsutbredning och vattendjup redovisas dels som GIS-skikt, dels genom informationssystemet. Informationssystemet nås via den publika webbsidan: <http://eman.dhigroup.com/>

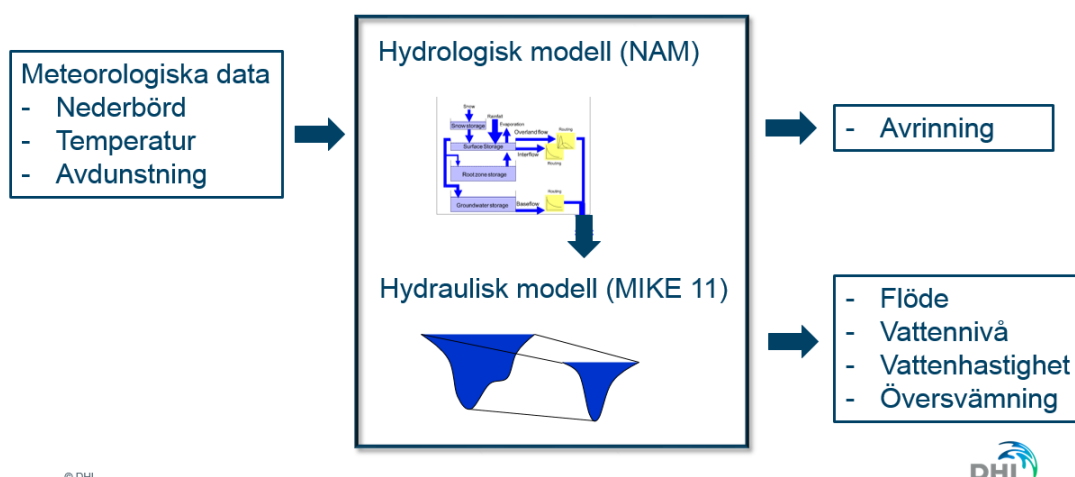


2 Inledning

2.1 Generell beskrivning av modellsystemet

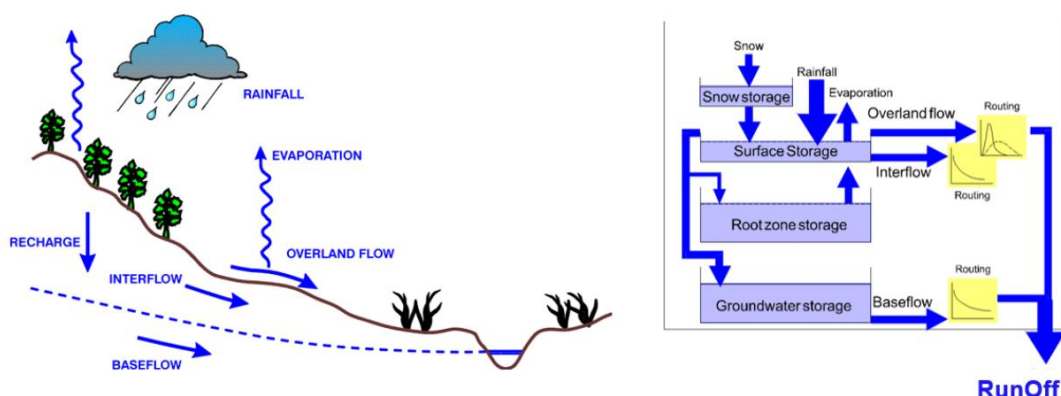
Vattendragsmodellen för Emån har byggts upp i det endimensionella modellsystemet MIKE 11 (MIKE by DHI, 2016a). Modellen består av en hydrologisk del (MIKE 11 NAM) som beskriver avrinningen från olika delområden, samt en hydraulisk del (MIKE 11 HD) som beskriver hydrauliken, d.v.s. flöde, vattenstånd och vattenhastighet längs vattendraget. Modellerna är integrerade genom att beräknad avrinning med NAM-modellen kopplas som lateralt tillskott till MIKE 11 HD så att hydrologin och hydrauliken simuleras parallellt. NAM-modellen kan dock även köras som en fristående modell.

Figur 2-1 visar en principskiss över vattendragsmodellen, samt in- och utdata. NAM-modellen drivs med meteorologiska indata i form av nederbörd, temperatur och potentiell avdunstning. Resultatet är beräknad avrinning från olika delområden baserat på områdenas storlek och egenskaper. Avrinningen går vidare till MIKE 11 HD för beräkning av flöden, vattennivåer, vattenhastigheter och översvämningsutbredning.



Figur 2-1. Principskiss för vattendragsmodellen med en hydrologisk del (NAM) och en hydraulisk del (MIKE 11 HD).

NAM-modellen är en s.k. konceptuell (begreppsmässig) hydrologisk modell, vilket innebär att den bygger på en förenklad logisk beskrivning av de viktigaste processerna i den hydrologiska cykeln. Modellstrukturen beskrivs med fyra magasin: snömagasin, ytmagasin, rotzonsmagasin och grundvattenmagasin. Storleken på magasinen, kopplingen mellan dem och fördröjningen i avrinningen beskrivs med ett antal modellparametrar, huvudsakligen 9 olika parametrar för varje delområde i modellen. Beräknad avrinning är uppdelad på ytavrinning (overland flow), ytlig transport i det översta marklagret (interflow), samt grundvattenflöde (baseflow). I Figur 2-2 illustreras modellstrukturen och analogin mellan de hydrologiska processerna och flödeskomponenterna i NAM-modellen. En förklaring av beteckningarna i figuren ges i Tabell 2-1.



Figur 2-2. Analogi mellan processerna i den hydrologiska cykeln (vänster) och flödeskomponenterna i NAM-modellen (höger).

Tabell 2-1. Förklaring till beteckningarna i Figur 2-2.

Beteckning	Förklaring
Transportprocess	
Rainfall / Snow	Nederbörd som regn eller snö
Evaporation	Avdunstning
Recharge	Påfyllning av rotzons- och grundvattenmagasin
Overland flow	Ytavrinning
Interflow	Transport i det översta marklagret
Baseflow	Grundvattenströmning
Routing	Transport av flödespuls för resp. flödeskomponent
Magasin	
Snow storage	Snömagasin
Surface storage	Ytmagasin
Root zone storage	Rotzonsmagasin
Groundwater storage	Grundvattenmagasin

De hydrologiska modellparametrarna varierar beroende på delområdenas hydrogeologiska och topografiska förhållanden, men påverkas även av mänskliga ingrepp via dränering, dikning etc. Till viss del kan parametrarna uppskattas baserat på information om jordart och markanvändning, men NAM-modellen bör även kalibreras in mot samhörande meteorologiska tids-serier och flödesmätningar. Modelluppbyggnad och kalibrering av NAM-modellen för Emån beskrivs närmare i Avsnitt 3.1.

MIKE 11 HD är en endimensionell (1D) hydraulisk modell, vilket betyder att modellen beräknar flöde och vattennivå i en riktning (längs vattendraget). Vattendragets bottengeometri och det omgivande flodplanets topografi beskrivs sektionvis. Därutöver beskrivs geometrin för broar och dammar som kan orsaka dämningseffekter. Vattendragets och flodplanets råhet kan uppskattas grovt från en beskrivning av bottenmaterial, vegetation mm. Kalibrering mot kända flöden och nivåer behöver sedan göras för att säkerställa att modellen ger en korrekt beskrivning av kapaciteten, speciellt vid höga flöden. Detta är särskilt viktigt i översvämning-känsliga (låglänta) områden där små skillnader i nivå kan ge stora skillnader i utbredning och konsekvenser. Underlaget till modellen och modelluppbyggnaden beskrivs i Avsnitt 3.2.

MIKE 11-modellen kan hantera översvämning av åfåran, men förutsätter att flödet på flodplanet sker i en riktning och parallellt med åfåran. Ett exempel där förutsättningarna för endimensionell

modellering inte uppfylls är områden med vallar (eller naturliga leveer) som överströmmas vid höga flöden/nivåer och ger upphov till nya flödesvägar som är mer eller mindre frikopplade från huvudflödet i åfåran. I dessa fall kan man försöka beskriva kommunikationen mellan åfåran och området utanför med fördefinierade flödesvägar (grenar) i MIKE 11. I komplicerade fall är det dock bättre att modellera flödet på flodplanet med en tvådimensionell (2D) hydraulisk modell i MIKE 21 (MIKE by DHI, 2016b) som kopplas till en MIKE 11-modell av åfåran. I Emån har denna teknik använts för att simulera översvämningsförloppet längs Mörlundaplatån. Modell och resultat från denna modellering beskrivs i Avsnitt 3.3.

2.2 Användningsområden för vattendragsmodellen

Modellsystemet MIKE 11 NAM/HD har kapacitet att beskriva de viktigaste hydrologiska och hydrauliska processerna med rimliga krav på indata för modelluppbyggnad och kalibrering, och med rimliga beräkningstider. Systemet är därmed väl anpassat till modellering av stora avrinningsområden som Emåns avrinningsområde i en och samma modell, och tidsperioder som sträcker sig över flera månader eller år.

Modellkonceptet med kombinerad hydrologisk och hydraulisk modellering gör det möjligt att dynamiskt beskriva flöden och nivåer i vattendrag och magasin och simulera både verkliga historiska regnhändelser och scenarier.

Exempel på användningsområden för vattendragsmodellen är modellering av flöden och nivåer som underlag till riskbedömningar både för översvämnings- och låga flöden/nivåer under torrperioder. Genom att göra förändringar i den hydrauliska modellen kan effekter av fysiska åtgärder, t.ex. invallningar eller förändringar i regleringen, simuleras under olika hydrologiska förhållanden. För att illustrera modellens användning ges i denna rapport exempel på följande tillämpningar:

- Översvämningskartering för 10- och 100-årsflöde.
- Simulering av effekterna av en ändrad reglering av magasinen på maxflöden och maxnivåer i Mörlundområdet för 10-årsflödet.
- Simulering av effekterna av en ändrad reglering av magasinen på minflöden vid Emsfors under en lång torrperiod.
- Detaljerad modellering av översvämningsförloppet i Mörlundaområdet före/efter åtgärder (invallning) med kopplad 1D/2D-modell.

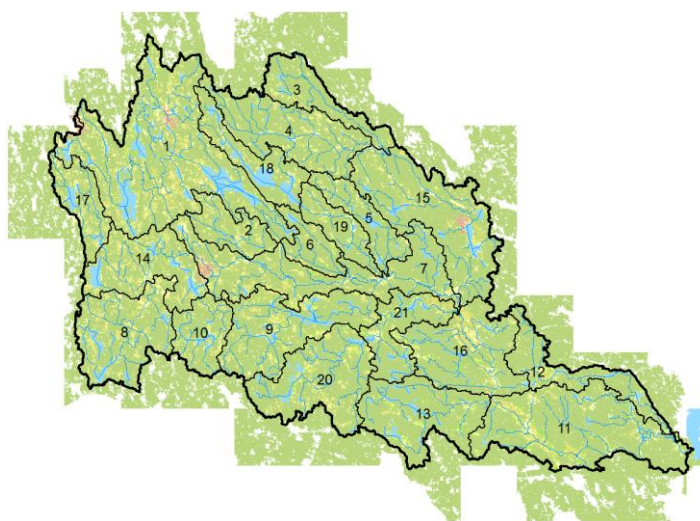
Vattendragsmodellen utgör också en grund för modellering av t.ex. erosions- och sedimentationsprocesser, spridningsberäkningar och vattenkvalitetsberäkningar. Modellen går även att koppla till scenarieverktyg och prognosystem för flöden och nivåer om detta skulle bli aktuellt för Emån i framtiden.

3 Modelluppbyggnad

3.1 Uppbyggnad av hydrologisk modell (NAM)

3.1.1 Delavrinningsområden

Emåns avrinningsområde har delats in i 21 mindre delavrinningsområden som väsentligen följer samma indelning som används i Emåns delavrinningsrapporter (Emåförbundet, 1996). En viss anpassning har dock gjorts till den hydrauliska modellen. Figur 3-1 och Tabell 3-1 visar geografisk indelning, namn och storlek på delavrinningsområdena. Den totala arean för hela Emåns avrinningsområde är 4468 km².



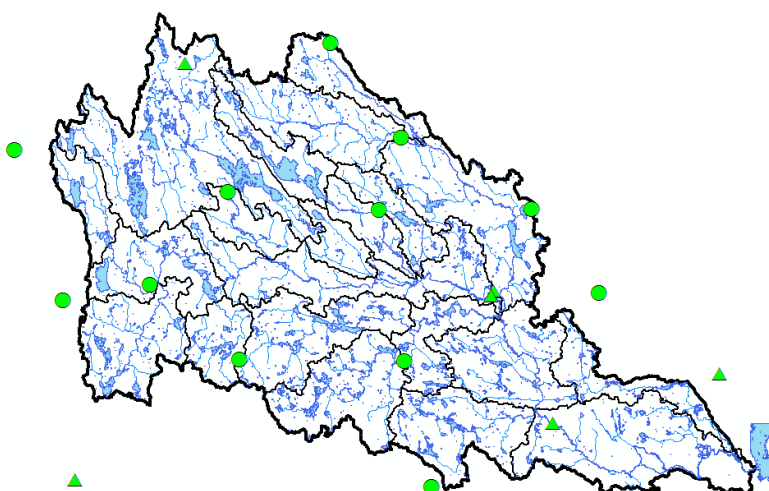
Figur 3-1. Indelning av Emåns avrinningsområde i 21 delavrinningsområden.

Tabell 3-1. Namn och storlek på delavrinningsområden.

Nr	Namn	Yta (km ²)
1	Solgenån ovan utlopp Solgen	619
2	Solgenån nedan utlopp Solgen	98
3	Silverån ovan Mariannelund	122
4	Bruzaån ovan Mariannelund	240
5	Sällevadsån	102
6	Gnyltån	74
7	Stensåkra till Emmenäs	332
8	Linneån ovan utlopp i Emån	241
9	Skärveteån	263
10	Hjärtån	110
11	Blankaström till mynningen i Östersjön	392
12	Lillån	140
13	Nötån	228
14	Emån Prinsasjön - Stensåkra	203
15	Silverån nedan sammanflödet	339
16	Emån Gårdveda till Blankaström	251
17	Emån ovan Prinsasjön	103
18	Pauliströmsån ovan utlopp St Bellen	131
19	Pauliströmsån nedan utlopp St Bellen	89
20	Gårdvedaån ovan utlopp Hjortesjön	257
21	Gårdvedaån nedan utlopp Hjortesjön exkl Skärveteån	134

3.1.2 Meteorologiska data

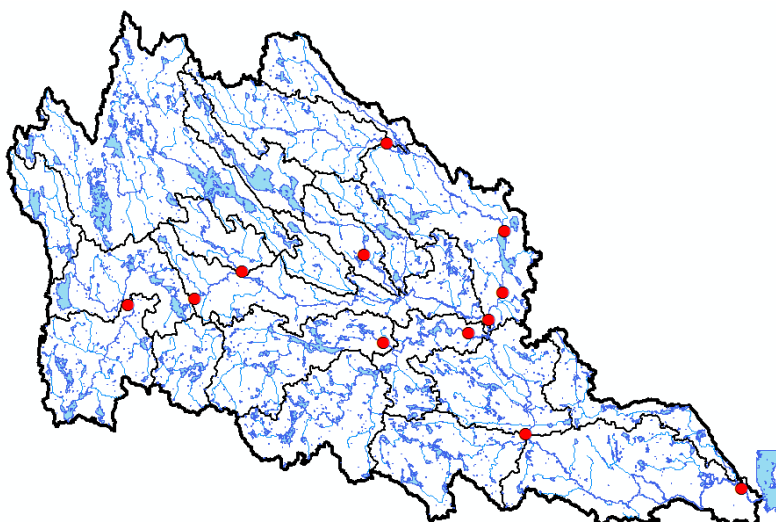
Meteorologiska data med dygnsupplösning har inhämtats från SMHI Öppna data för perioden 2002 till 2014 (vald period för kalibrering av NAM-modellen). Figur 3-2 visar stationernas lägen och i vilka stationer det finns både nederbördsdata och temperaturdata, respektive enbart nederbördsdata. Data för uppskattning av potentiell avdunstning (månadsvärden) har hämtats från Ericsson (1981).



Figur 3-2. Positioner för väderstationer i SMHI Öppna data. Stationer med både nederbörd och temperatur markeras med triangel. Övriga stationer redovisar enbart nederbörd.

3.1.3 Hydrologiska data

Flödesdata med dygnsupplösning har erhållits från Emåförbundet från 2002 och framåt, samt från SMHI via Vattenwebben (SMHI, 2015a). Figur 3-3 visar stationernas lägen. I första hand har data från följande stationer använts vid kalibreringen av NAM-modellen: Linneån, Solgenån, Pauliström, Bäckeby (Gårdvedaån), Hagelsrum (Silverån), Stensåkra, Mariannelund, Blankaström och Emsfors.



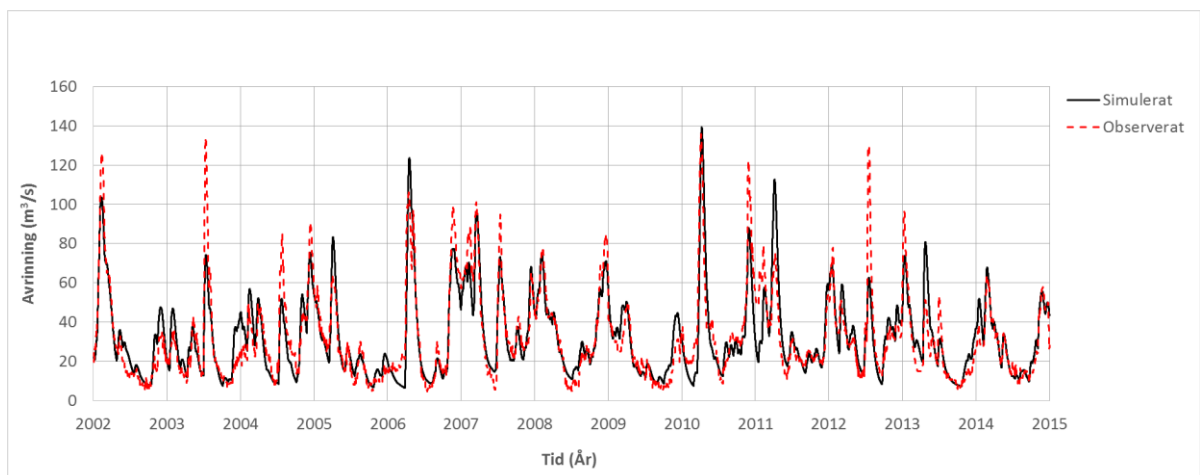
Figur 3-3. Positioner för flödesstationer.

3.1.4 Kalibrering av NAM-modell

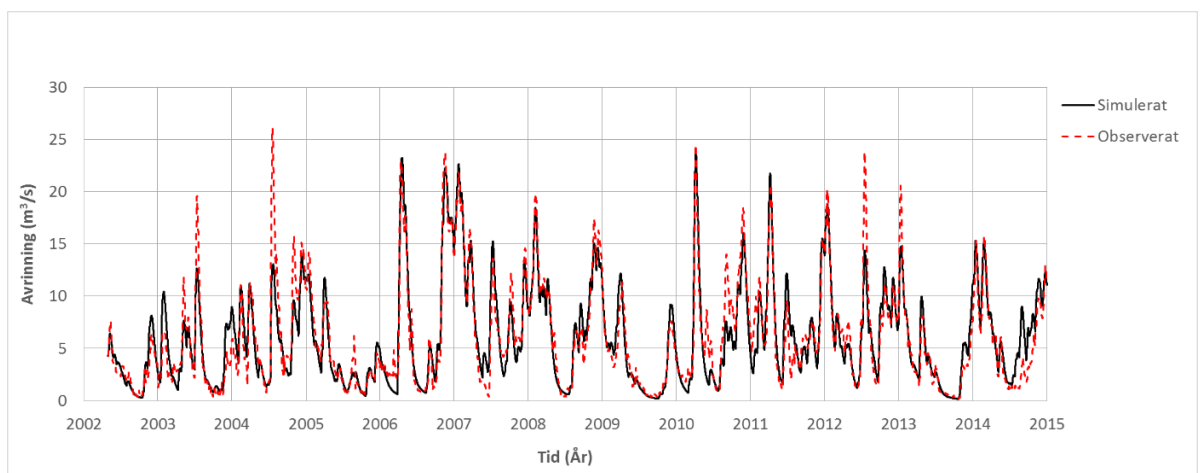
Parametrarna i NAM-modellen har kalibrerats in mot observerade flöden för stationerna Stensåkra, Emsfors, Mariannelund och Hagelsrum. Dessa stationer anses vara mest tillförlitliga, särskilt vid höga flöden (Emåförbundet, 2015). Kontroller har även gjorts mot Linneån, Solgenån, Pauliström och Blankaström. Vid kalibreringen har en automatisk kalibreringsrutin i MIKE 11-NAM använts. Rutinen gör en optimering av 9 modellparametrar mot den observerade flödesserien. Optimeringen har gjorts med avseende på volymsfel, hydrografens form, samt min- och maxvärden.

Resultaten från kalibreringen redovisas i Figur 3-4, Figur 3-5, Figur 3-6 och Figur 3-7. Längden på kalibreringsperioden i figurerna varierar mellan 9 och 13 år beroende på dataseriens längd. Modellens förklaringsgrad uttrycks med R^2 -värdet (Nash-Sutcliffe koefficienten). R^2 -värdet hamnar i intervallet [0.70; 0.87] för de utvalda stationerna. R^2 -värden över 0.7 anses allmänt vara ett bra resultat och tyder på att modellen överlag klarar att beskriva variationerna i avrinningen, både vid låga och höga flöden. Parametervärdena i den kalibrerade NAM-modellen redovisas i Tabell 3-2. En beskrivning och tolkning av de olika parametrarna ges i Bilaga D.

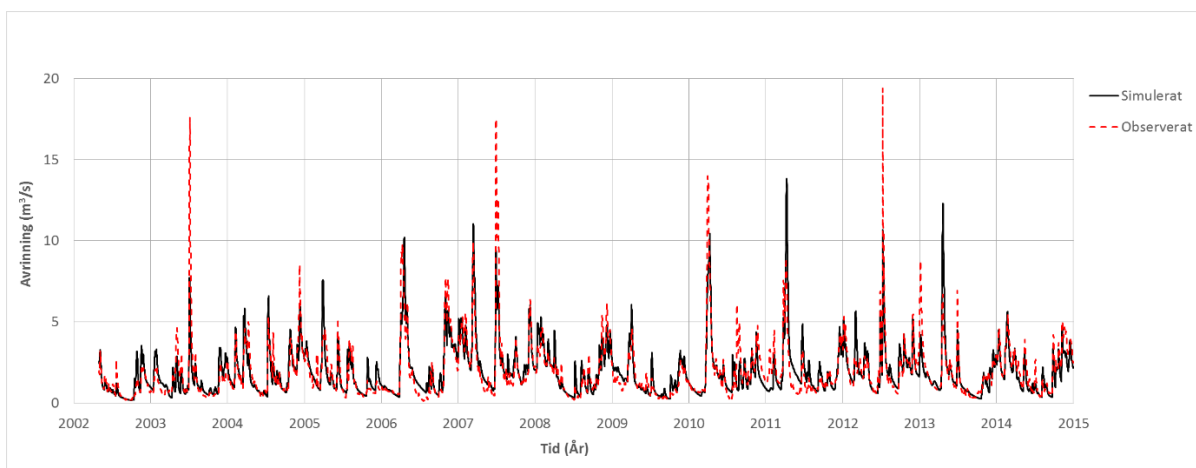
En förbättringspotential som har identifierats under kalibreringen av NAM-modellen gäller intensiva sommarregn. Avvikelser mellan modellerad och observerad avrinning gäller speciellt sommaren 2003, 2004 och 2012. Det är oklart om avvikelserna beror på inställningen av NAM-parametrarna, eller om en väsentlig del av regnvolymer inte har registrerats i de aktuella nederbördsstationerna. Det kan också handla om en kombination av dessa faktorer.



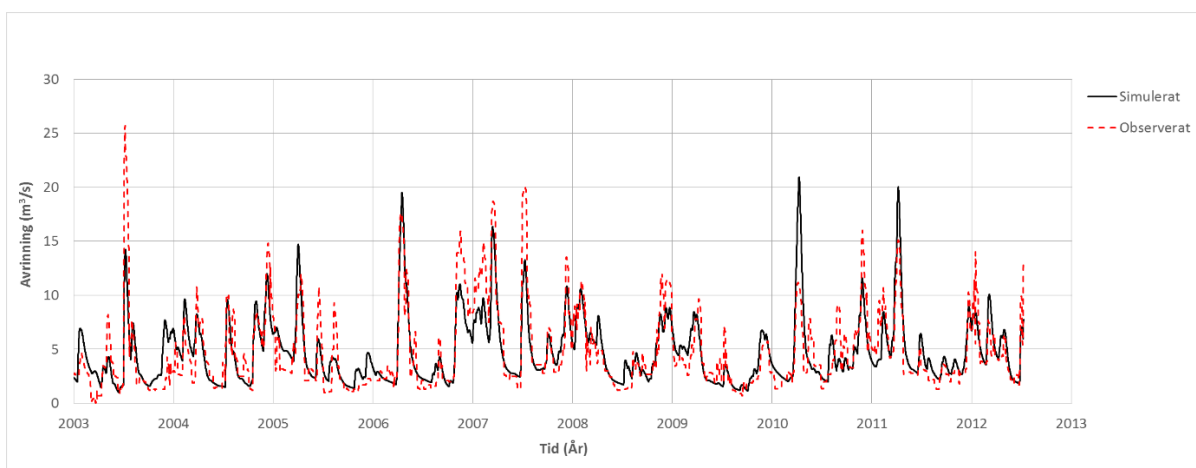
Figur 3-4. Resultat från kalibrering av NAM-modell mot flödesdata från Emsfors, $R^2 = 0.81$.



Figur 3-5. Resultat från kalibrering av NAM-modell mot flödesdata från Stensåkra, $R^2 = 0.87$.



Figur 3-6. Resultat från kalibrering av NAM-modell mot flödesdata från Mariannelund, $R^2 = 0.72$.



Figur 3-7. Resultat från kalibrering av NAM-modell mot flödesdata från Hagelsrum, $R^2 = 0.70$.

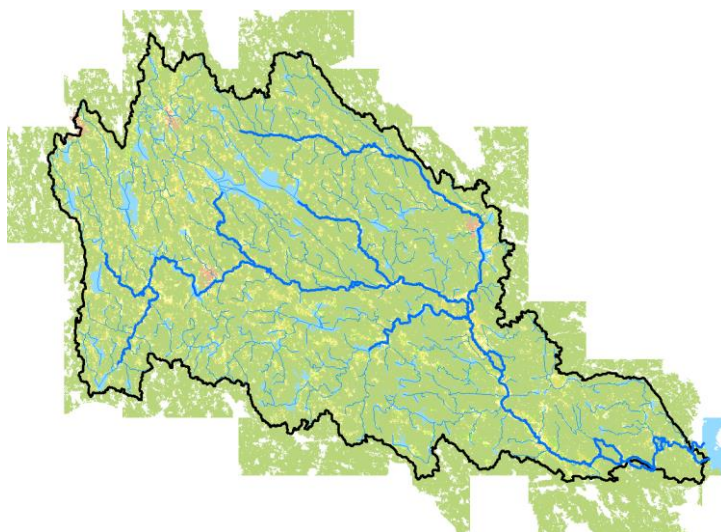
Tabell 3-2. Sammanställning av parametervärden från kalibreringen av NAM-modellen.

Parameter	Förklaring	Emsfors	Stensåkra	Mariannelund	Hagelsrum
U_{max}	Max vatteninnehåll i ytmagasin (mm)	6.54	5.49	11.1	19.6
L_{max}	Max vatteninnehåll i rotzonsmagasin (mm)	331	198	326	341
$CQOF$	Avrinningskoefficient för overland flow (-)	0.52	0.885	0.331	0.359
$CKIF$	Tidskonstant för interflow (tim)	670	211	297	778
CK_{12}	Tidskonstant för interflow och overland flow (tim)	263	245	66	152
TOF	Tröskelvärde för overland flow (-)	0.511	0.385	0.076	0.003
TIF	Tröskelvärde för interflow (-)	0.696	0.696	0.551	0.561
TG	Tröskelvärde för påfyllning av grundvattenmag. (-)	0.854	0.589	0.401	0.52
CK_{BF}	Tidskonstant för grundvattenflöde (tim)	5642	1878	1574	4995

3.2 Uppbyggnad av hydraulisk modell i MIKE 11 HD

3.2.1 Modellområde

Den hydrauliska modellen omfattar Emåns huvudfåra från Prinsasjön till utloppet i Östersjön, samt delar av biflödena Linneån/Kroppån, Solgenån, Pauliströmsån, Brusaån/Silverån och Gårdvedaån. Den totala längden på delsträckorna i den hydrauliska modellen är ca 370 km. Figur 3-8 visar en översikt över modellområdet och Tabell 3-3 visar en sammanställning av vattendragsdelarna. Alla vattendragsdelar är kopplade till varandra och utgör en sammanhängande modell.



Figur 3-8. Översikt över hydraulisk modell. Sträckor markerade med fet blå linje ingår i den hydrauliska modellen.

Tabell 3-3. Vattendragsdelar som ingår i den hydrauliska modellen.

Vattendrag/biflöde	Längd (km)
Emåns huvudfåran från Prinsasjön till utloppet i Östersjön	189
Linneån/Kroppån från Kallsjön	21
Solgenån från utloppet av Solgen	20
Pauliströmsån från utloppet av Stora Bellen	28
Gårdvedaån från utloppet av Hjortesjön	35
Brusaån/Silverån från Bruzaholm	79

3.2.2 Underlagsdata till MIKE 11 HD-modellen

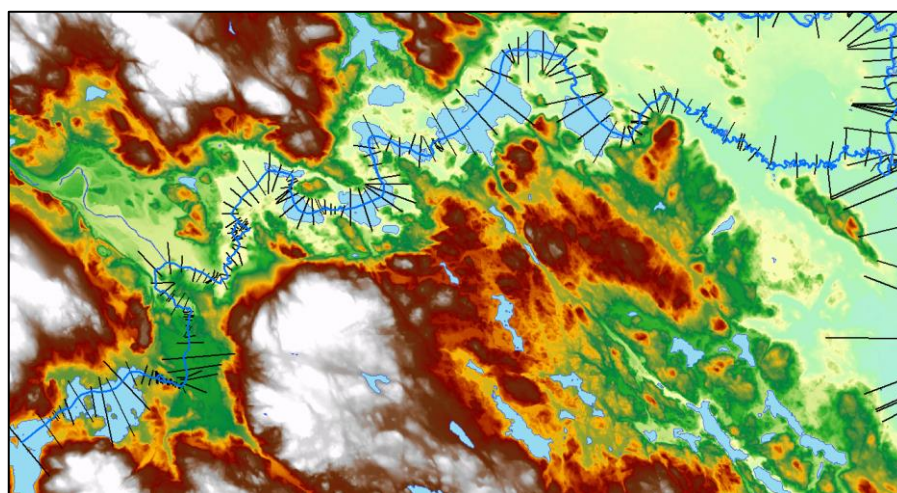
Underlagsdata till MIKE 11 HD-modellen har erhållits från Länsstyrelsen (allmänt kartunderlag), MSB (befintliga hydrauliska modeller) och Emåförbundet (nivå och flödesdata), se sammanställningen i Tabell 3-4.

Tabell 3-4 Underlagsdata till uppbyggnad av hydraulisk modell.

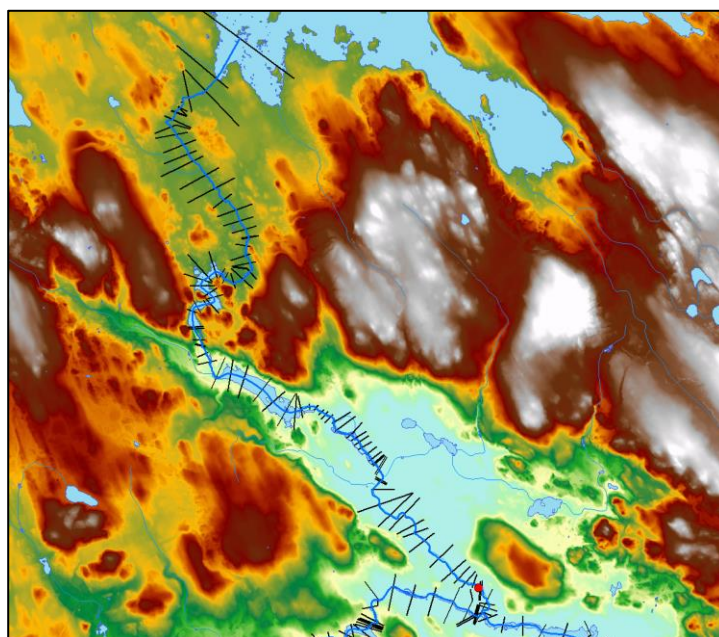
Underlag	Källa / Referens
Befintlig MIKE 11-modell, Grumlan - Östersjön	MSB (2013)
Äldre MIKE 11-modell för Brusa/Silverån	MSB (2009)
Nationella höjdmodellen (NH, grid 2+)	Lantmäteriet via Länsstyrelsen
Gamla ritningar från dikningsföretag	Länsstyrelsen
Brodata	Trafikverkets databas (BaTMan)
Data för dammar, dammprotokoll	Länsstyrelsen
Kartunderlag (fastighetskartan, jordartskartan)	Länsstyrelsen
Nivå- och flödesdata	Emåförbundet
Data från biotopkartering i Emån	Länsstyrelsen

3.2.3 Fysisk beskrivning av vattendraget

Vattendragets kapacitet att avleda och magasinera vatten beskrivs med tvärsektioner som läggs vinkelrätt mot strömriktningen. Avståndet mellan tvärsektionerna anpassas till terrängen så att modellen beskriver både förändringar i transportkapacitet, t.ex. förändringar i vattendragets bredd och lutning, och magasineringskapacitet. Tvärsektionernas placering anpassas även till strukturer (broar och dammar) så att en sektion läggs precis uppströms och en sektion precis nedströms varje struktur. Genomsnittligt avstånd mellan tvärsektionerna varierar från 3 till 5 sektioner per km för vattendragsdelarna i Tabell 3-3. Exempel på sektionsindelning ges för Gårdvedaån i Figur 3-9 och för Solgenån i Figur 3-10.

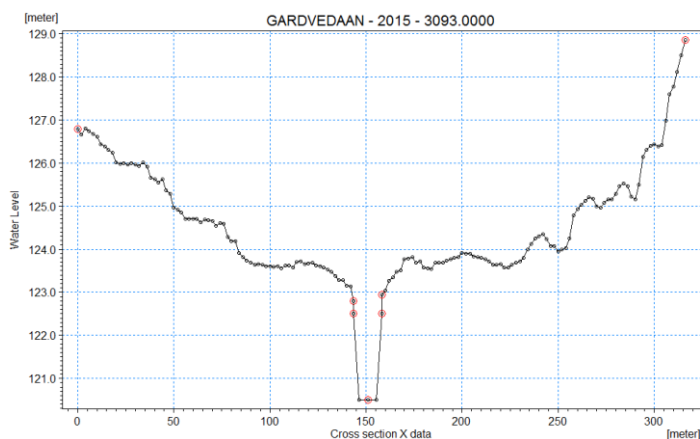


Figur 3-9. Gårdvedaån med stomlinje (blå linje) och tvärsektioner (svarta linjer). Bakgrunden visar höjdmodellen där ljusblå och ljusgröna områden markerar lågpunkter medan gula, bruna och vita områden ligger högt.



Figur 3-10. Solgenån med stomlinje (blå linje) och tvärsektioner (svarta linjer). Bakgrunden visar höjdmodellen där ljusblå och ljusgröna områden markerar lågpunkter medan gula, bruna och vita områden ligger högt.

Tvärsektionerna har höjdsatts med data från höjdmodellen i den delen av tvärsektionen som ligger utanför åfåran. Data från inmätningar av botten saknas generellt. Diverse äldre uppgifter om bottenprofiler från markavvattningsföretag har inte bedömts som tillförlitliga eller svåra att relatera till allmänna höjdsystem. I åfåran har därför en bottenprofil konstruerats från höjdmodellens fallprofil längs stomlinjen, samt uppgifter om medeldjup enligt biotopkarteringen. Ett exempel på tvärprofil från modellen av Gårdvedaån visas i Figur 3-11.



Figur 3-11. Tvärprofil från modellen av Gårdvedaån. Bottenprofilen under nivån +122.7 m är uppskattad.

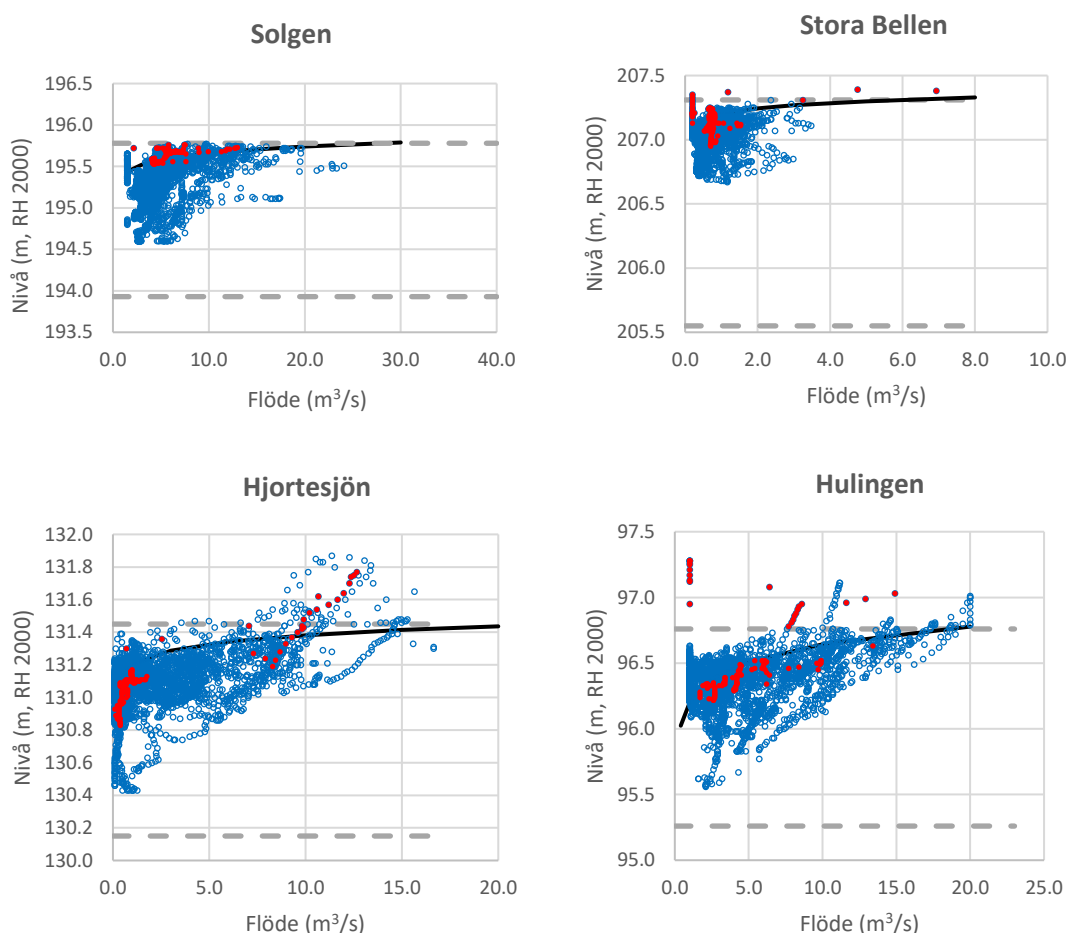
Utloppen från sjöarna Solgen, Hjortesjön och Stora Bellen utgör startpunkter för MIKE 11-modellen av Solgenån, Gårdvedaån respektive Pauliströmsån. Hela magasineringkapaciteten för dessa sjöar finns dock med i modellen genom att sjöarnas nivå-area-förhållande har lagts in i den första tvärsektionen på respektive delsträcka. Därmed kommer modellen att kunna beräkna responsen (nivån) i sjöarna vid förändringar i tillrinning och avtappning. Magasineringkapaciteten för övriga magasin längs vattendragen, t.ex. Hulingen i Silverån, är inkluderad i tvärsektionerna på samma sätt som för vattendraget i övrigt.

3.2.4 Reglering av magasin

Tappningen från magasinerna Solgen, Hjortesjön, Stora Bellen och Hulingen kontrolleras i modellen med hjälp av dammstrukturer med tillhörande avbördningstabeller (Q-H-samband). Avbördningstabellerna baseras på data från Emåförbundets mätningar av magasinshöjder, samt viktade flöden från flödesstationer nedströms magasinerna. Figur 3-12 visar data för de fyra magasinerna för perioden 2005-2014 tillsammans med sänkings- och dämningssgränser. Av figuren framgår att fyllnadsgraden generellt ligger mellan 50 och 100 %. I beräkningarna antas att fyllnadsgraden ökar linjärt med vattennivån från 0 till 100 % mellan sänkings- och dämningssgränsen i samtliga magasin.

I datamängden finns punkter som representerar olika tappningsstrategier beroende på nivå i magasin och tidpunkt på året, vilket bidrar till spridningen i diagrammen. Det har inte gjorts något försök att formalisera tappningsstrategin i de olika magasinerna. Vid simulering av höga flöden används istället Q-H-samband (heldragna svarta linjer) anpassade till data från högflödet i juli 2012 (rödmarkerade punkter).

Vid simulering av torrperioder används en konstant tappning motsvarande mintappningen från magasinerna. Antagen mintappning är 1.5 m³/s för Solgen, 0.7 m³/s för Stora Bellen, 0.5 m³/s för Hjortesjön och 0.7 m³/s för Hulingen. Uppgifterna om mintappningar kommer från vattenhushållningsplanen för Emån (SMHI, 2004).



Figur 3-12. Samhörande värden på nivå och uppskattad tappning för magasinerna Solgen, Stora Bellen, Hjortesjön och Hulingen (blå punkter) med sänkings- och dämningssgränser (streckade grå linjer). Rödmarkerade punkter härrör från perioden 2012-04-01 till 2012-08-01. Svarta heldragna linjer är antagna Q-H-samband som används vid simulering av högflöden.

3.2.5 Flödesbelastning på MIKE 11 HD

MIKE 11 HD-modellen belastas genom att koppla beräknad avrinning från NAM-modellens samtliga delområden, d.v.s. hela Emåns avrinningsområde, till de olika delsträckorna (grenarna) i MIKE 11 HD. Belastningen läggs in som en punktbelastning i modellens startpunkter och i anslutande större biflöden, och i övrigt som en lateralt fördelad belastning. Kopplingen mellan NAM-modellen och HD-modellen är en s.k. envägs-koppling, vilket innebär att NAM-modellen ger input i form av beräknade flöden till MIKE 11 HD, men att ingen information går tillbaka till NAM-modellen.

Några av scenarierna (A1-A2) körs med stationära flöden utan koppling till NAM-modellen. Detta beskrivs närmare i Avsnitt 4.4.

3.2.6 Kontroll av beräknade flöden i kopplad modell

Efter koppling av NAM-modellen till MIKE 11 HD har tidskonstanterna för overland flow (CK_{12}) justerats för att kompensera för den fördröjning av flödet som sker vid transporten genom den hydrauliska modellen. Kontroll mot observerade flöden för en längre period har gjorts i flera punkter inom modellområdet.

3.2.7 Kalibrering av friktionsförluster i MIKE 11 HD

Data för kalibrering och kontroll av beräknade nivåer saknas generellt för de nya vattendragsdelarna. Enstaka mätpunkter med nivådata från Emåförbundets mätstationer finns, men ger inte underlag för kalibrering av friktionsförluster. Friktionsparametern i modellen (Mannings tal) har därför uppskattats från referensvärden för vattendrag av liknande karaktär.

För MSB:s modell av huvudfåran mellan Grumlan och Östersjön har en grov kalibrering gjorts tidigare genom visuella jämförelser med satellitbilder av vattentäckta markområden under översvämningarna i juli 2012. Det gäller delsträckor av huvudfåran vid Målilla, Blankaström, Högsby och Ruda, samt Silverån nedströms Hulingen (MSB, 2013). Denna typ av jämförelse ska betraktas som en kontroll av att modellen inte överskattar eller underskattar nivåerna generellt.

Kontroll av modellen har även rapporterats från jämförelser med maxnivåer i 9 punkter från 1951 års högflöde, vilket ungefär motsvarar ett 200-årsflöde. Avvikelsen mot observerade nivåer uppges ligga i intervallet ± 0.5 m, vilket ger en indikation på osäkerheten i beräknade nivåer (MSB, 2013).

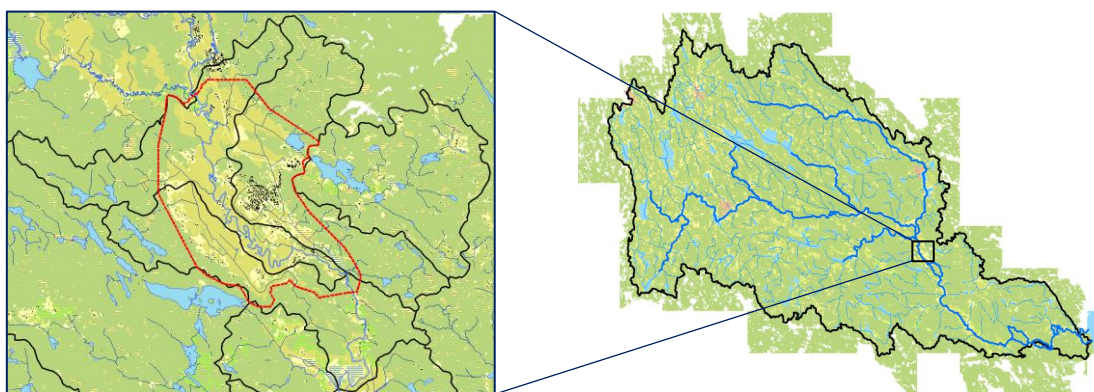
För huvudfåran mellan Grumlan och Östersjön har sättningen av friktionsparametern i MSB:s modell inte ändrats.

3.3 Uppbyggnad av hydraulisk kopplad 1D/2D-modell

3.3.1 Modellområde

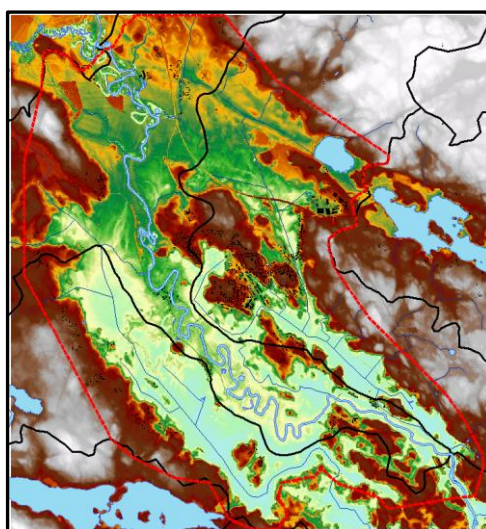
Längs Mörlundaplatån, söder om Målilla, har en mer avancerad hydraulisk modellering gjorts genom att koppla en tvådimensionell modell (MIKE 21) av översvämningssplanet till en MIKE 11-modell av huvudfåran. Detta modellkoncept kallas MIKE Flood (MIKE by DHI, 2016c) och gör det möjligt att beskriva komplicerade översvämningförlopp i flacka och låglänta områden på ett mer korrekt sätt jämfört med vanlig endimensionell modellering. I Mörlundaområdet handlar det om att beskriva var vatten från huvudfåran överströmmar befintliga vallar och leveer, och vad som händer när vattnet rinner vidare ner till omgivande låglänta markområden och diken. Därtill ska modellen kunna beskriva den lokala flödesbelastningen på dikessystemet från delavrinningsområden väster och öster om Emån, samt kommunikationen mellan huvudfåran och dikessystemet.

Det valda modellområdet sträcker sig från Aby bro, strax nedströms Gårdvedaåns utlopp, och ner till en punkt ca 3 km nedströms Tigerstad bro, se rödmarkerad avgränsning i Figur 3-13. Området omfattar ca 17 km av huvudfåran och täcker ca 40 km² markyta.



Figur 3-13. Mörlundaområdet (vänster) med delavrinningsområden (svarta linjer) och modellområde (röd linje), samt översiktskarta (höger).

De topografiska förhållandena längs Mörlundaplatån illustreras i Figur 3-14 tillsammans med huvudfåra och dikessystem. Emåns huvudfåra går på en höjdrygg (platå) i förhållande till omgivande åkermark. Konstgjorda vallar och naturliga leveer bildar ett mer eller mindre sammanhängande vallsystem på båda sidor av åfåran. Höjdskillnaden mellan vallkrön och lågpunkter utanför huvudfåran varierar mellan 1 och 2 m. Dikessystemet avvattnar delområden väster och öster om Emån, men i vissa fall kan vatten från Emåns huvudfåra tryckas upp i dikessystemet genom bakåtdämning vid höga nivåer i Emån.



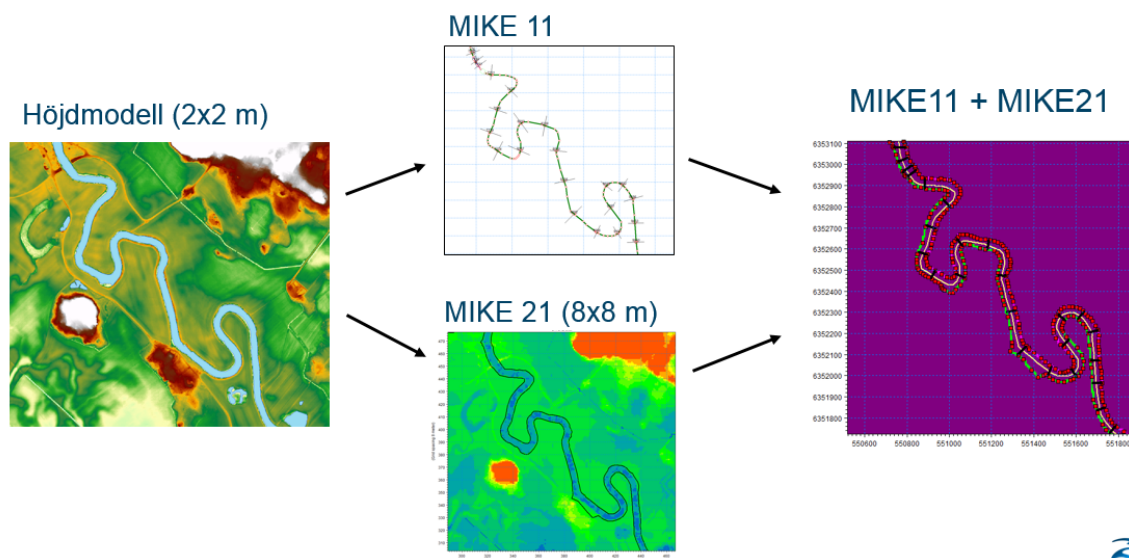
Figur 3-14. Höjdmodell över Mörlundaplatån med huvudfåra och dikessystem. Ljusblå och ljusgröna områden markerar lågpunkter medan gula, bruna och vita områden ligger högt. Röd linje markerar avgränsningen för den hydrauliska modellen.

3.3.2 MIKE 11 och MIKE 21

Uppbyggnaden av den kopplade modellen illustreras i Figur 3-15. Med utgångspunkt från höjdmodellen skapas först en detaljerad MIKE 11-modell med högupplöst stomlinje och tätare sektionindelning jämfört med ursprunglig MIKE 11-modell (bottenprofilen i åfåran är dock densamma som tidigare).

Därefter skapas en tvådimensionell modell av området genom att överföra höjdmodellens information med 2x2 m upplösning till ett grövre höjdraster, i detta fall med 8x8 m upplösning, i MIKE 21. Slutligen kopplas modellerna till varandra i sidled längs vallkrön och leveer på vardera sidan av huvudfåran. I längsled kopplas den högupplösta MIKE 11-modellen till upp/nedströms grenar i ursprunglig MIKE 11-modell.

Den kopplade modellen beräknar dynamiskt flödet mellan modellerna, både från MIKE 11 till MIKE 21 vid översvämning av åfåran, och i motsatt riktning, från MIKE 21 tillbaka till MIKE 11.

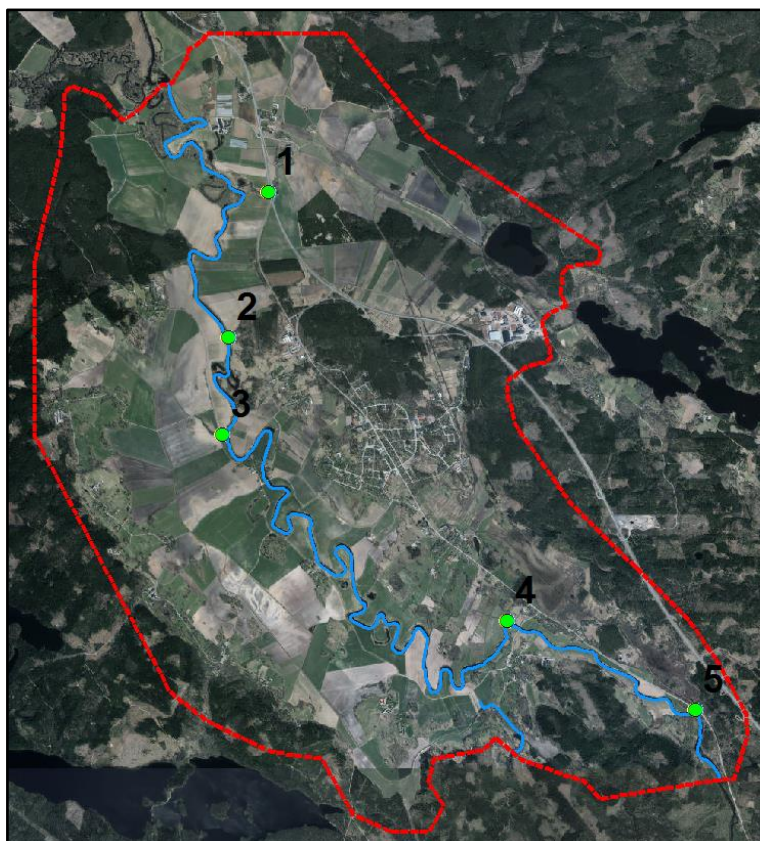


© DHI

Figur 3-15. Illustration av uppbyggnaden av den kopplade 1D/2D-modellen av Mörlundaplatån.

I de punkter där dikessystemet ansluter till huvudfåran har kompletterande underlag mätts in av Länsstyrelsen under våren 2016. De aktuella punkterna (5 st) markeras i Figur 3-16. I punkterna 3 och 4 är diket avstängt med höga dammtrösklar som förhindrar bakåtdämning vid höga nivåer i huvudfåran. I punkterna 1 och 2 ligger det kulvertar med $\varnothing 120$ cm, respektive $\varnothing 90$ cm, och i punkten 5 går det en bred kulvert under vägen. I normala fall leder kulvertarna ut vatten från dikena till Emån, men vid höga nivåer i Emån kan vatten tryckas upp i dikessystemet.

Kulvertarna beskrivs med strukturer i MIKE 11 som kopplas till MIKE 21. Dammtrösklarna beskrivs direkt i MIKE 21 genom att justera nivån i enstaka celler i modellens höjdraster.

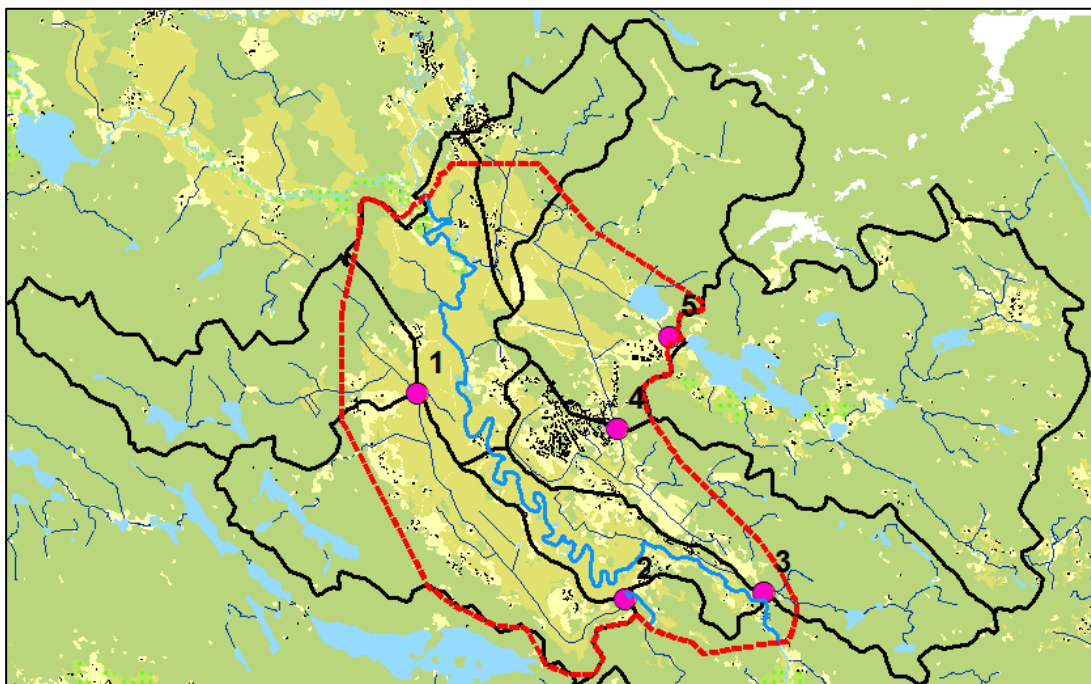


Figur 3-16. Viktiga kopplingspunkter mellan huvudfåran och dikessystemet utanför.

3.3.3 Flödesbelastning

Flödesbelastningen på den kopplade 1D/2D-modellen beräknas med NAM-modellen. En uppdelning har gjorts i mindre delavrinningsområden som belastar huvudfåran, samt dikessystemet utanför, se Figur 3-17. De mindre delavrinningsområdena utgår från Svenskt Vattenarkiv (SMHI 2015b), men har i några fall delats upp ytterligare.

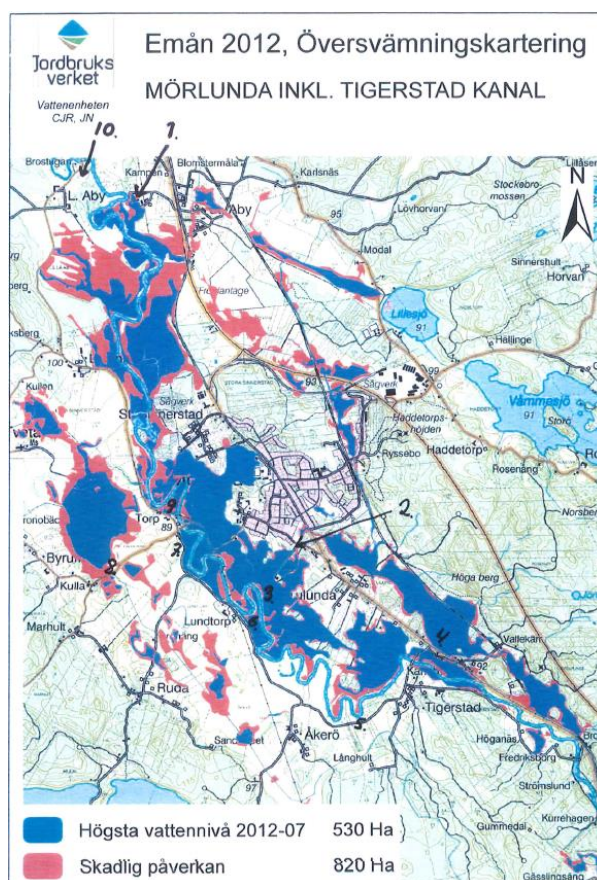
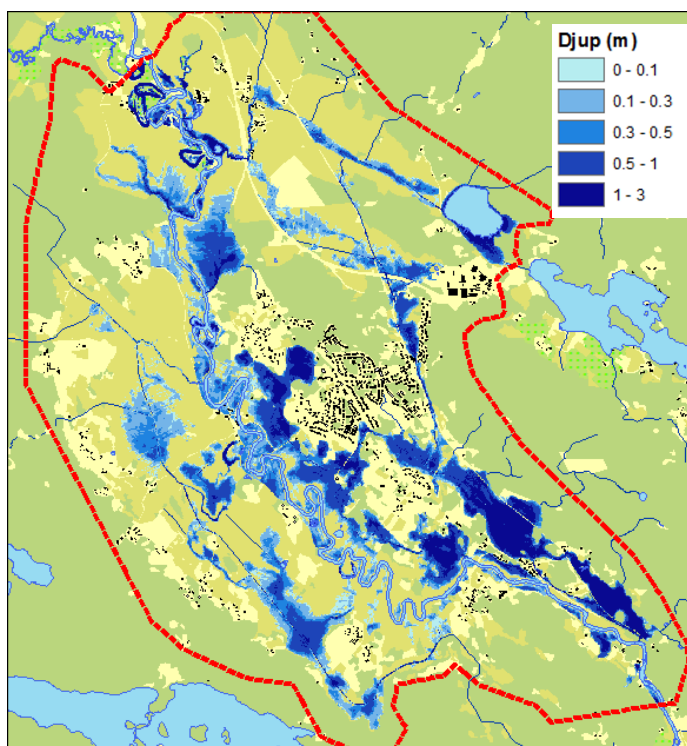
Tillflödet till huvudfåran påförs som ett lateralt inflöde i MIKE 11, medan tillflödet till områdena utanför påförs i MIKE 21 i 5 punkter som ligger längst ner i respektive mindre delavrinningsområde, se Figur 3-17. Den totala arean för delområdena som belastar den kopplade modellen är 97 km^2 . Den största delen av inflödet till modellen kommer dock via huvudfåran från avrinningsområdena uppströms (3460 km^2).



Figur 3-17. Indelning i mindre delavrinningsområden (svarta linjer) för fördelning av flödesbelastningen i den kopplade modellen. I markerade punkter (1-5) läggs flödet direkt på MIKE 21.

3.3.4 Kalibrering av kopplad 1D/2D-modell

Under arbetet med 2D-modelleringen fick DHI tillgång till en översvämningskarta som tagits fram av Jordbruksverket efter översvämningarna i juli 2012 (Jordbruksverket, 2012). Detta möjliggjorde en grov kalibrering genom justering av friktionsmotståndet tills modellen visade en liknande översvämningsutbredning i anslutning till huvudfåran. Speciellt justerades friktionsmotståndet tills beräknade vattennivåer hamnade precis under vägbankens nivå vid L. Sinnerstad för att undvika överströmning av vägbanken, i enlighet med Jordbruksverkets karta. Modellresultatet efter kalibrering stämmer överlag med översvämningskartan (Figur 3-18). Simulerat maxflöde i Emåns huvudfåra uppgår till 110 m³/s, vilket motsvarar 10-årsflödet.



Figur 3-18. Jämförelse mellan modellerad (överst) och verklig översvämningsskartering (underst) för översvämningen i Mörlundaområdet i juli 2012.

4 Resultat från inledande simuleringar och utvärderingar

4.1 Syfte och avgränsning

Syftet med de inledande simuleringarna är att visa exempel på vad vattendragsmodellen kan användas till och utveckla förståelsen för hur vattendraget fungerar under olika hydrologiska förhållanden. Följande modelltillämpningar har valts i dialog med Länsstyrelsen:

- Översvämningskartering för 10- och 100-årsflödet
- Analys av regleringens betydelse vid höga och låga flöden
- Effekter av invallningar i Mörlundaområdet

Samtliga resultat som redovisas i detta avsnitt är preliminära och avser i första hand att illustrera modellens användning för analys av hydrologiska och hydrauliska frågeställningar.

4.2 Scenarier

Tabell 4-1 visar en sammanställning över simulerade scenarier med 1D-modellen (A1-A6), samt den kopplade 1D/2D-modellen (B1-B3). Scenarierna beskrivs kortfattat nedan:

- Scenario A1-A2 ger underlag till översvämningskartering för 10-årsflödet (Q10) och 100-årsflödet (Q100). Karteringen görs för konstanta flöden, omfattar hela modellområdet och syftar till att visa vilka områden som är särskilt känsliga för översvämningar.
- Scenario A3-A4 är exempel på kombinerad hydrologisk och hydraulisk modellering med MIKE 11 NAM/HD för en situation motsvarande 10-årsflödet vid Mörlunda. Simuleringarna utgår från den hydrologiska situationen i juli 2012 och görs med två olika initiala fyllnadsgrader (50 och 90 %) i magasinen Solgen, Stora Bellen, Hjortesjön och Hulingen. Scenariot med 50 % fyllnadsgrad är ett extremscenario, medan 90 % fyllnadsgrad är mer normalt. Resultaten visar exempel på regleringens betydelse för flöden och nivåer nedströms magasinen, med särskilt fokus på Mörlundaområdet.
- Scenario A5-A6 är exempel på kombinerad hydrologisk och hydraulisk modellering med MIKE 11 NAM/HD för en lång torrperiod. Simuleringarna utgår från den hydrologiska situationen i början på torrperioden sommaren/hösten 2013 och görs med två olika initiala fyllnadsgrader (50 och 90 %) i magasinen Solgen, Stora Bellen, Hjortesjön och Hulingen. Resultaten visar exempel på regleringens betydelse för att upprätthålla minflöden i vattendraget nedströms magasinen, med särskilt fokus på Emsfors.
- Scenario B1-B2 är exempel på detaljerad modellering i Mörlunda-området med den kopplade 1D/2D-modellen. Flödebelastningen motsvarar Scenario A3 (10-årsflöde), med lokal fördelning av belastningen inom 2D-området. Simuleringarna ger flöden och nivåer för dagens förhållanden (B1), respektive efter invallning av huvudfåran längs hela 2D-området (B2). Vallarna i modellen är tillräckligt höga för att förhindra översvämningar längs med huvudfåran. Beräknad nivåprofil med vallar (B2) visar därmed vilken vallhöjd som krävs för att förhindra översvämningar från Emån.
- Scenario B3 liknar B1 (dagens förhållanden utan vallar), men med en belastning motsvarande 100-årsflödet i Emån.

Tabell 4-1. Sammanställning över körda scenarier.

Scenario	Modell	Beskrivning	Redovisning
A1	MIKE 11 HD	Q10. Nuläge – Stationärt Beräkning och kartering för hela modellområdet, dagens reglering	GIS-skikt för nivå, utbredning och djup
A2	MIKE 11 HD	Q100. Nuläge – Stationärt Beräkning och kartering för hela modellområdet, dagens reglering	GIS-skikt för nivå, utbredning och djup
A3	MIKE 11 NAM/HD	Q10. "Beredskap för torka" Dynamisk flödesbelastning beräknad med NAM-modellen, dagens reglering, men initialt 90 % fyllnadsgrad	Nivåer i magasinen, flöde/nivå upp/nedströms
A4	MIKE 11 NAM/HD	Q10. "Beredskap för översvämning" Dynamisk flödesbelastning beräknad med NAM-modellen, dagens reglering, men initialt 50 % fyllnadsgrad	Nivåer i magasinen, flöde/nivå upp/nedströms
A5	MIKE 11 NAM/HD	Lågflöde. "Beredskap för torka" Hydrologisk situation motsvarande sommaren 2013, men förlängd torrperiod, dagens reglering, men initialt 90 % fyllnadsgrad	Nivåer i magasinen, flöde/nivå nedströms
A6	MIKE 11 NAM/HD	Lågflöde. "Beredskap för översvämning" Hydrologisk situation motsvarande sommaren 2013, men förlängd torrperiod, dagens reglering, men initialt 50 % fyllnadsgrad	Nivåer i magasinen, flöde/nivå nedströms
B1	MIKE 11 NAM, MIKE 11/21 HD	Q10. Nuläge – Mörlundaområdet Hydrologisk situation och reglering enligt Scenario A3	GIS-skikt för nivå, utbredning och djup inom Mörlundaområdet
B2	MIKE 11 NAM, MIKE 11/21 HD	Q10. Invallning – Mörlundaområdet Hydrologisk situation och reglering enligt Scenario A3	GIS-skikt för nivå, utbredning och djup inom Mörlundaområdet
B3	MIKE 11 NAM, MIKE 11/21 HD	Q100. Nuläge – Mörlundaområdet Hydrologisk situation och reglering enligt Scenario A3, men belastningen uppskalad till Q100-flöde i vattendraget	GIS-skikt för nivå, utbredning och djup inom Mörlundaområdet

4.3 Area- och volymsberäkningar

Beräkning av översvämmad markarea och vattenvolym har gjorts för 10- och 100-årsflödet (Scenario A1-A2, samt B1 och B3) och redovisas i Bilaga E.

4.4 Scenario A1-A2. Översiktlig översvämningsskartering för Q10 och Q100

Beräkningarna i Scenario A1-A2 är gjorda med konstanta flöden (stationära beräkningar) som ansätts direkt i MIKE 11 HD. Belastningen på modellen anpassas så att beräknade flöden i vattendraget motsvarar 10-årsflödet, respektive 100-årsflödet, i ett antal kontrollpunkter längs huvudfåran och biflödena.

100-årsflödet i dagens klimat har hämtats från tidigare översvämningsskarteringar (MSB, 2003, 2009) där flödesuppgifter finns angivna. I övriga punkter har 100-årsflödet uppskattats genom viktning mot avrinningsområdesarea mm. 10-årsflödet har därefter schablonmässigt satts till 60 % av 100-årsflödet i samma punkter. Detta förhållande mellan 10- och 100-årsflödet har beräknats genom frekvensanalys med data från mätstationerna Stensåkra, Blankaström, Emsfors och Brusafors. I Bilaga A redovisas antagna värden på 10-årsflödet (Q10) och 100-årsflödet (Q100).

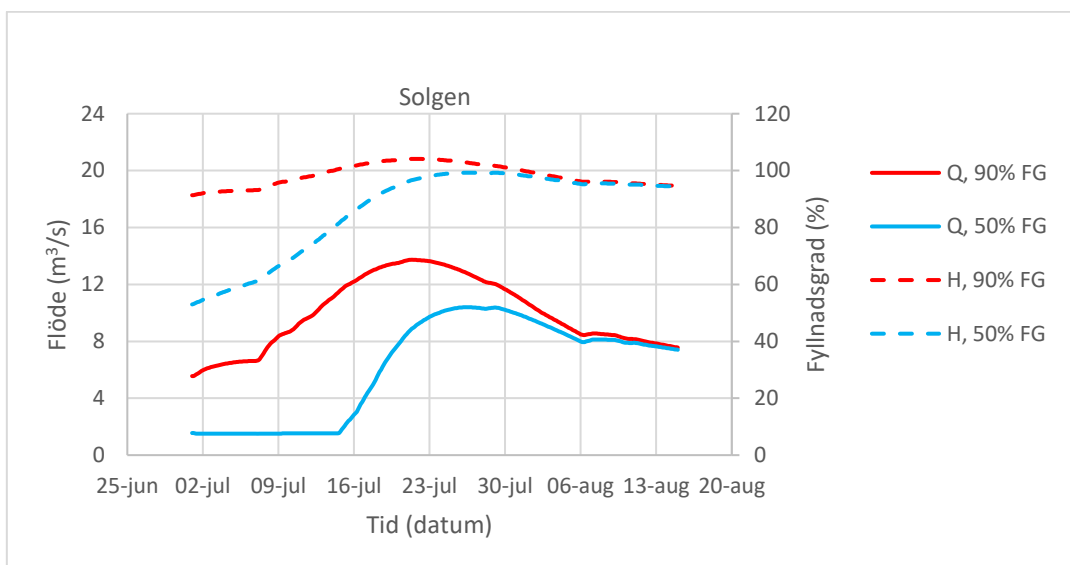
Resultaten från Scenario A1 och A2 redovisas som GIS-skikt med utbredning, nivå och djup enligt förteckningen i Bilaga C. Scenarierna A1 och A2 ingår även i informationssystemet, se Avsnitt 5.

4.5 Scenario A3-A4. Höglöde med fokus på Mörlundaområdet

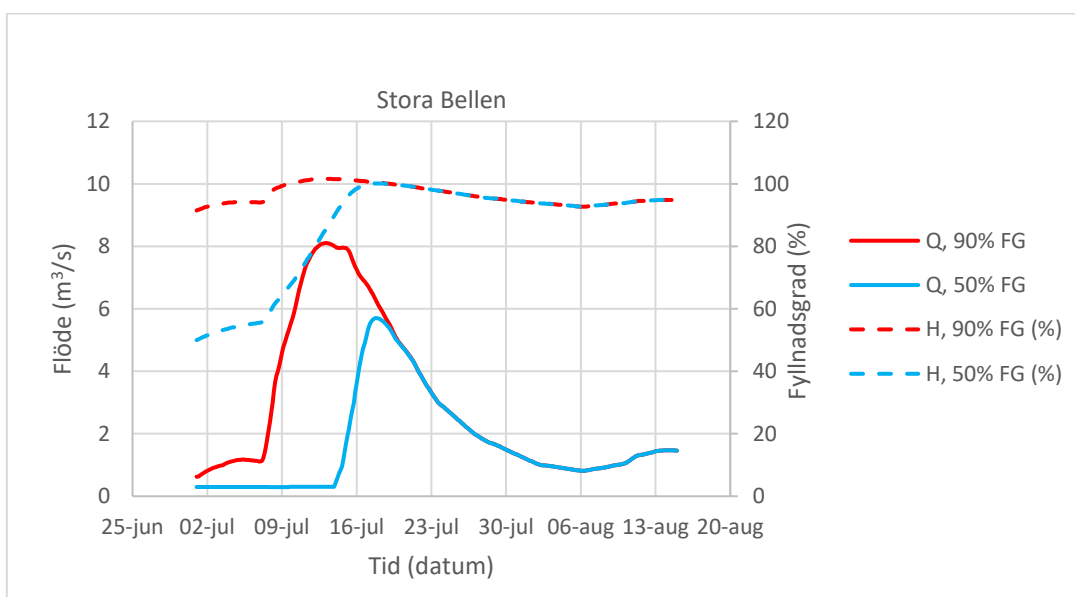
I Scenario A3-A4 används den kopplade hydrologiska och hydrauliska modellen. Modellerad avrinning utgår från den hydrologiska situationen före översvämningarna i juli 2012. Nederbörden har skalats upp med en konstant faktor över hela avrinningsområdet så att beräknat flöde vid Blankaström motsvarar 10-årsflödet. Fokus ligger därför på Mörlundaområdet och effekterna av magasineringen. Tappningen från magasinerna Solgen, Stora Bellen, Hjortesjön och Hulingen kontrolleras med Q-H-samband som baseras på data från sommaren 2012 enligt beskrivningen i Avsnitt 3.2.4.

Beräknad tappning och fyllnadsgrad för Solgen, Stora Bellen, Hjortesjön och Hulingen visas i Figur 4-1, Figur 4-2, Figur 4-3 och Figur 4-4 för 90 % (Scenario A3) och 50 % (Scenario A4) initial fyllnadsgrad i magasinerna.

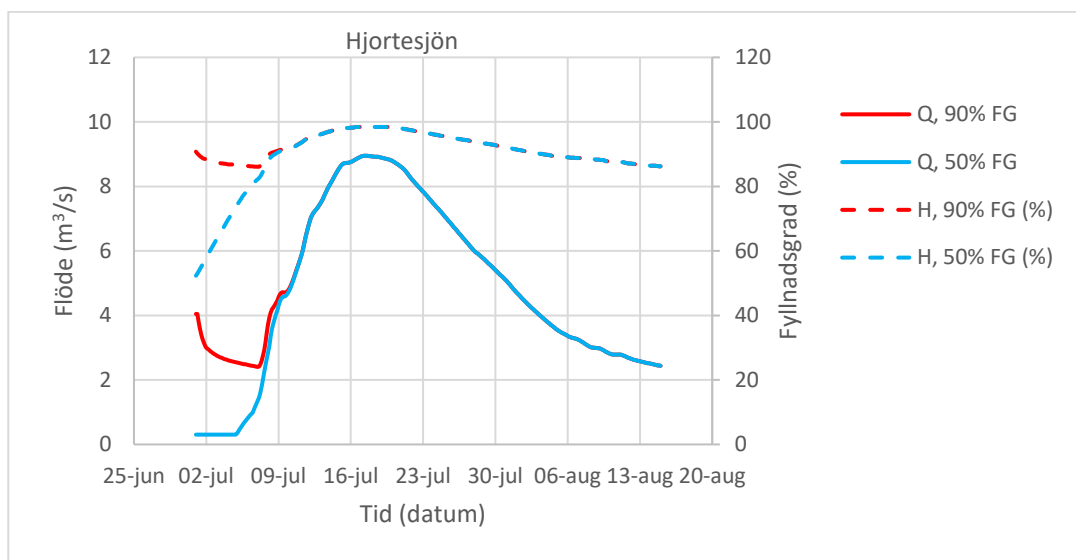
För Solgen och Stora Bellen sker det en dämpning i magasinerna när fyllnadsgraden stiger från 50 till 100 %, vilket gör att maxflödet reduceras nedströms Solgen och Stora Bellen i Scenario A4. I Hjortesjön och Hulingen är tillrinningen så stor i förhållande till magasinens volymen att magasinerna fylls upp innan tillrinningen kulminerar. Det sker därför ingen dämpning av maxflödet i Gårdvedaån nedströms Hjortesjön och i Silverån nedströms Hulingen i Scenario A4.



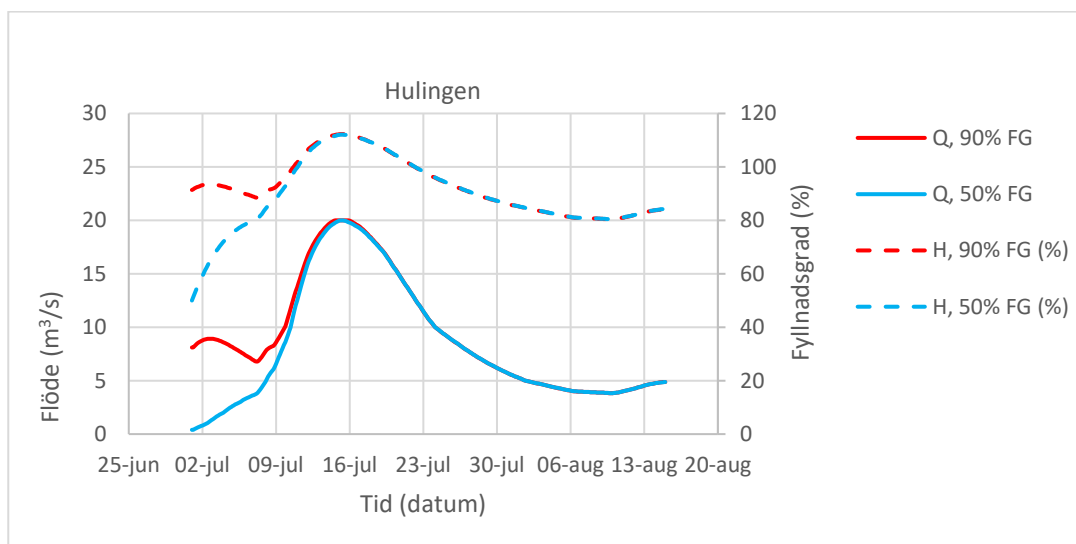
Figur 4-1. Tappning (m³/s) från Solgen vid 90 och 50 % initial fyllnadsgrad visas med heldragna linjer (vänster y-axel), fyllnadsgrad (%) visas med streckade linjer (höger y-axel).



Figur 4-2. Tappning (m³/s) från Stora Bellen vid 90 och 50 % initial fyllnadsgrad visas med heldragna linjer (vänster y-axel), fyllnadsgrad (%) visas med streckade linjer (höger y-axel).



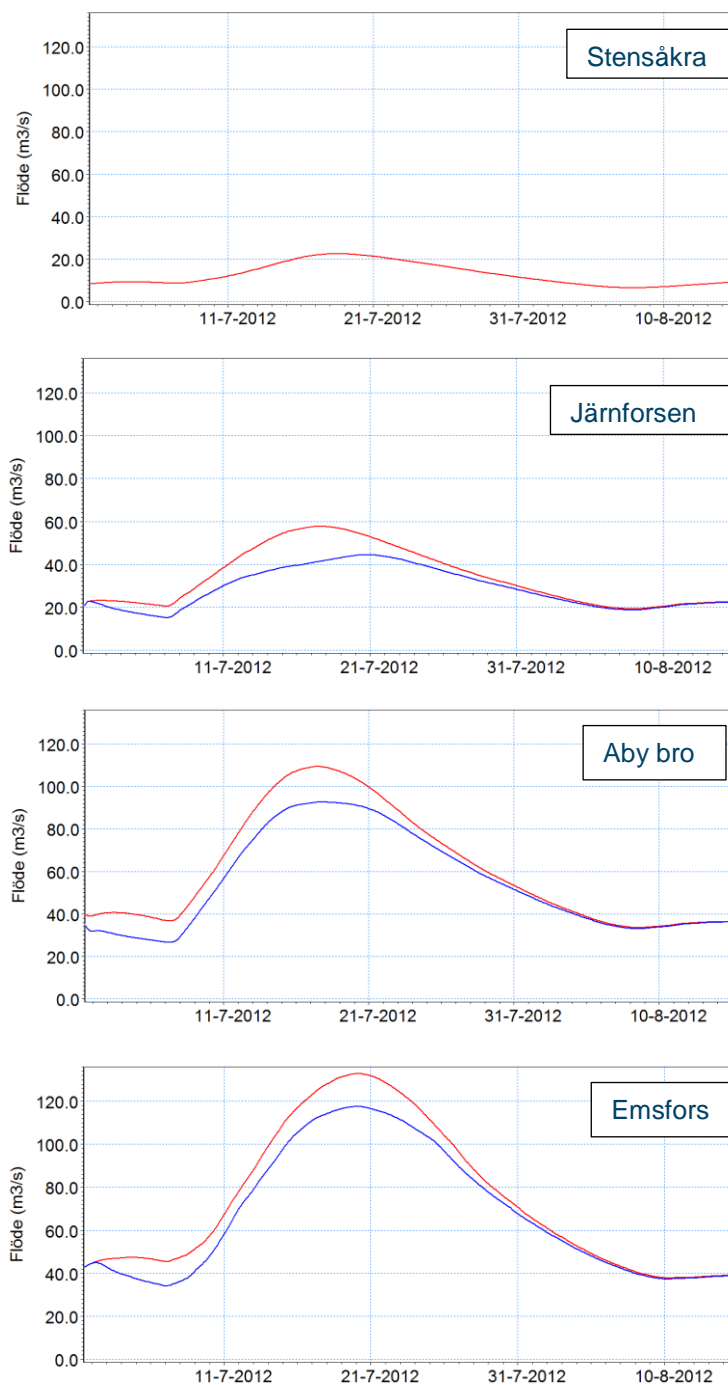
Figur 4-3. Tappning (m³/s) från Hjortesjön vid 90 och 50 % initial fyllnadsgrad visas med heldragna linjer (vänster y-axel), fyllnadsgrad (%) visas med streckade linjer (höger y-axel).



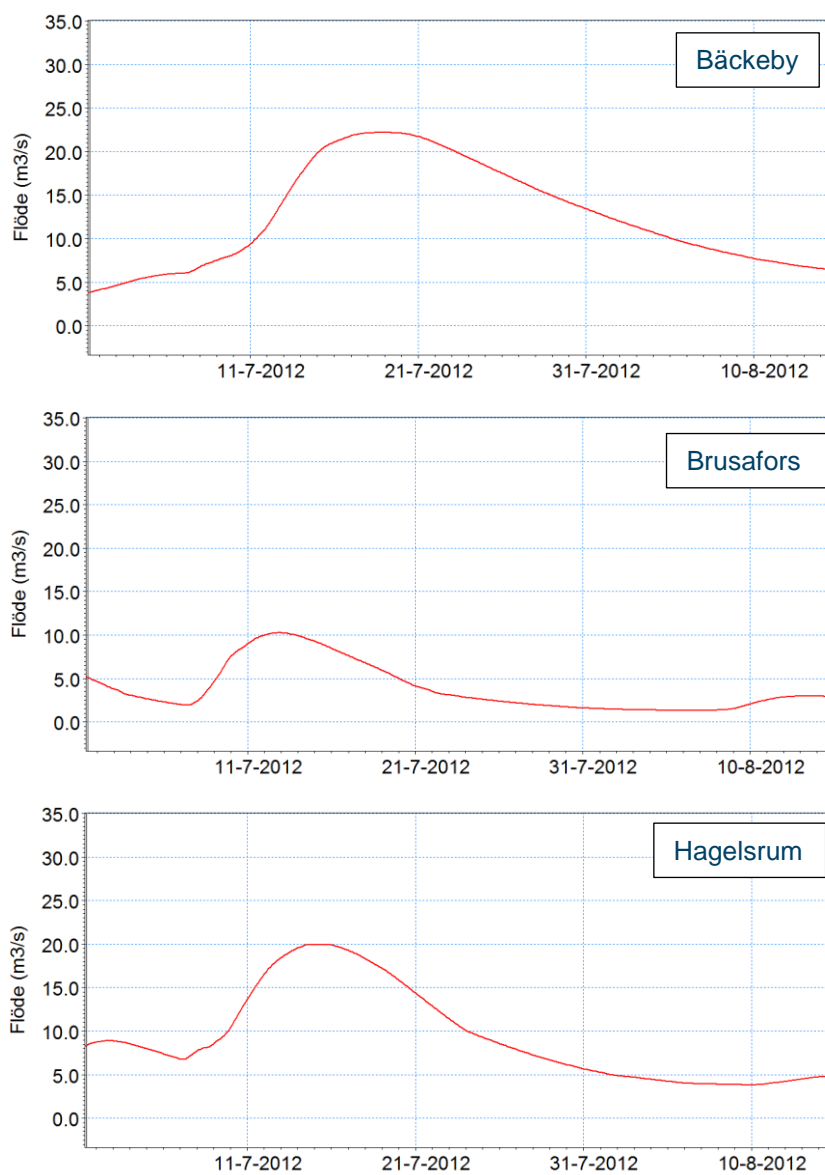
Figur 4-4. Tappning (m³/s) från Hulingen vid 90 och 50 % initial fyllnadsgrad visas med heldragna linjer (vänster y-axel), fyllnadsgrad (%) visas med streckade linjer (höger y-axel).

Modellresultat i form av beräknade flöden i huvudfåran visas i Figur 4-5 vid Stensåkra, Järnforsen, Aby bro och Emsfors, samt i Figur 4-6 för Gårdvedaån vid Bäckeby och för Silverån vid Brusafors och Hagelsrum. Endast i huvudfåran nedströms Solgenån ser man någon effekt av magasineringen i Scenario A4 enligt förklaringen ovan.

Figur 4-5 visar att maxflödet vid Järnforsen minskar med 22 % (från 58 till 45 m³/s), maxflödet vid Aby bro minskar med 14 % (från 108 till 93 m³/s) och maxflödet vid Emsfors minskar med 12 % (från 133 till 117 m³/s). Flödesdämpningen i Scenario A4 gör att maxnivån i Mörlundaområdet sjunker med ca 5 cm jämfört med Scenario A3. Motsvarand effekter på maxnivåerna kan man se även nedströms Mörlundaområdet.



Figur 4-5. Beräknat flöde i huvudfåran vid Stensåkra, Järnforsen, Aby bro och Emsfors i Scenario A3 (röd) och A4 (blå).



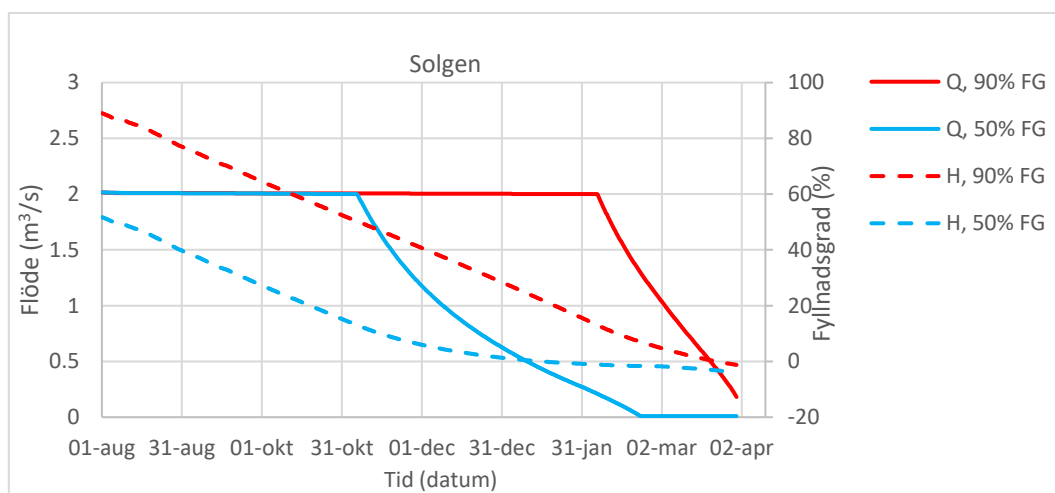
Figur 4-6. Beräknat flöde i Gårdvedaån vid Bäckeby, samt i Brusa/Silverån vid Brusafors och Hagelsrum för Scenario A3 (A4 visar nästan exakt samma resultat).

4.6 Scenario A5-A6. Lågflöde med fokus på Emsfors

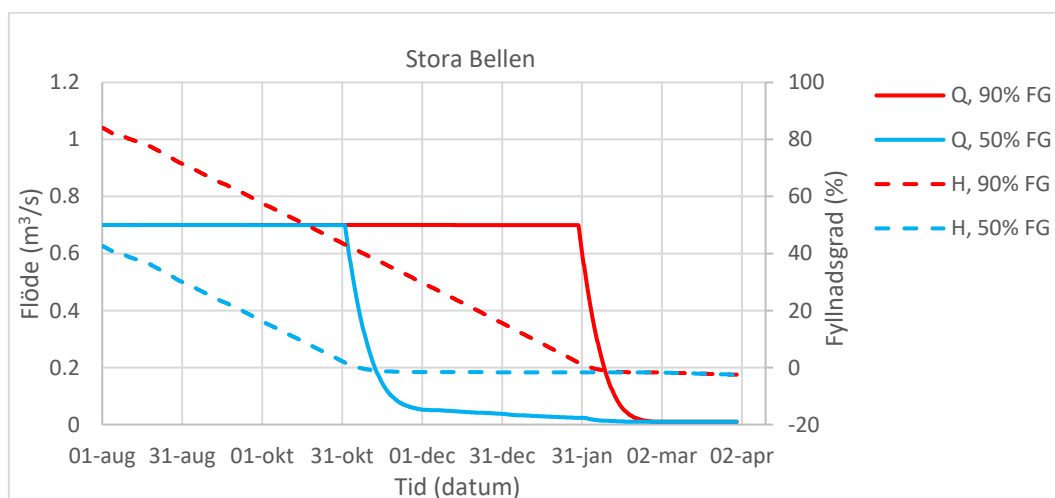
I Scenario A5-A6 används den kopplade hydrologiska och hydrauliska modellen. Modellerad avrinning utgår från den hydrologiska situationen inför torrperioden sommaren/hösten 2013. Nederbörden har dock satts till noll efter den 1:a oktober i hela avrinningsområdet för att se hur lång tid det tar att tömma grund- och ytvattenmagasinen. Tappningen från magasinen sätts till vald mintappning enligt beskrivningen i Avsnitt 3.2.4.

Beräknad tappning och fyllnadsgrad för Solgen, Stora Bellen, Hjortesjön och Hulingen visas i Figur 4-7, Figur 4-8, Figur 4-9 och Figur 4-10 för 90 % (Scenario A5) och 50 % (Scenario A6) initial fyllnadsgrad. För Hulingen är tillrinningen under hela perioden fram till april 2014 större än antagen mintappning (0.7 m³/s), vilket innebär att tappningen sätts lika med tillrinningen och att nivån (och fyllnadsgraden) är konstant, d.v.s. det sker ingen avsänkning av magasinet under perioden.

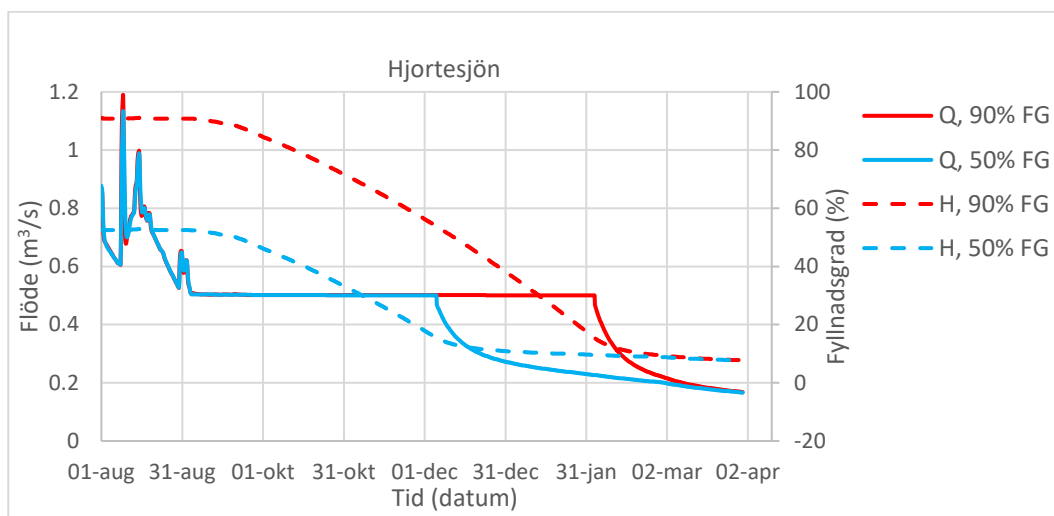
I detta scenario tar det ca 6 månader att gå från 90 till 0 % fyllnadsgrad i Solgen och ca 3 månader att gå från 50 till 0 % fyllnadsgrad vid en mintappning på 2 m³/s. Ungefär lika länge räcker Stora Bellen, medan Hjortesjön tömms snabbare för antagen mintappning.



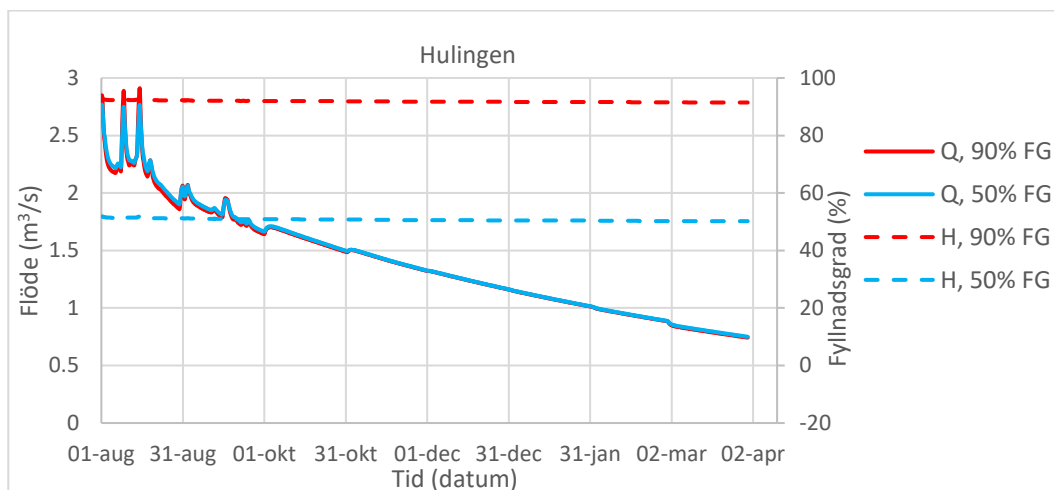
Figur 4-7. Tappning (m³/s) från Solgen vid 90 och 50 % initial fyllnadsgrad visas med heldragna linjer (vänster y-axel), fyllnadsgrad (%) visas med streckade linjer (höger y-axel).



Figur 4-8. Tappning (m³/s) från Stora Bellen vid 90 och 50 % initial fyllnadsgrad visas med heldragna linjer (vänster y-axel), fyllnadsgrad (%) visas med streckade linjer (höger y-axel).



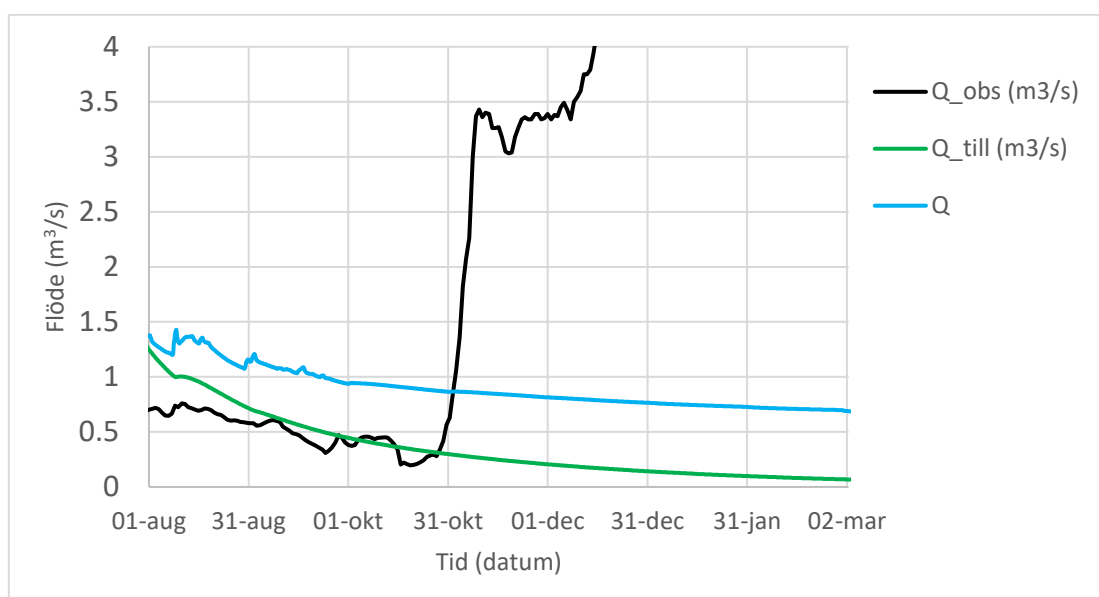
Figur 4-9. Tappning (m^3/s) från Hjortesjön vid 90 och 50 % initial fyllnadsgrad visas med heldragna linjer (vänster y-axel), fyllnadsgrad (%) visas med streckade linjer (höger y-axel).



Figur 4-10. Tappning (m^3/s) från Hulingen vid 90 och 50 % initial fyllnadsgrad visas med heldragna linjer (vänster y-axel), fyllnadsgrad (%) visas med streckade linjer (höger y-axel).

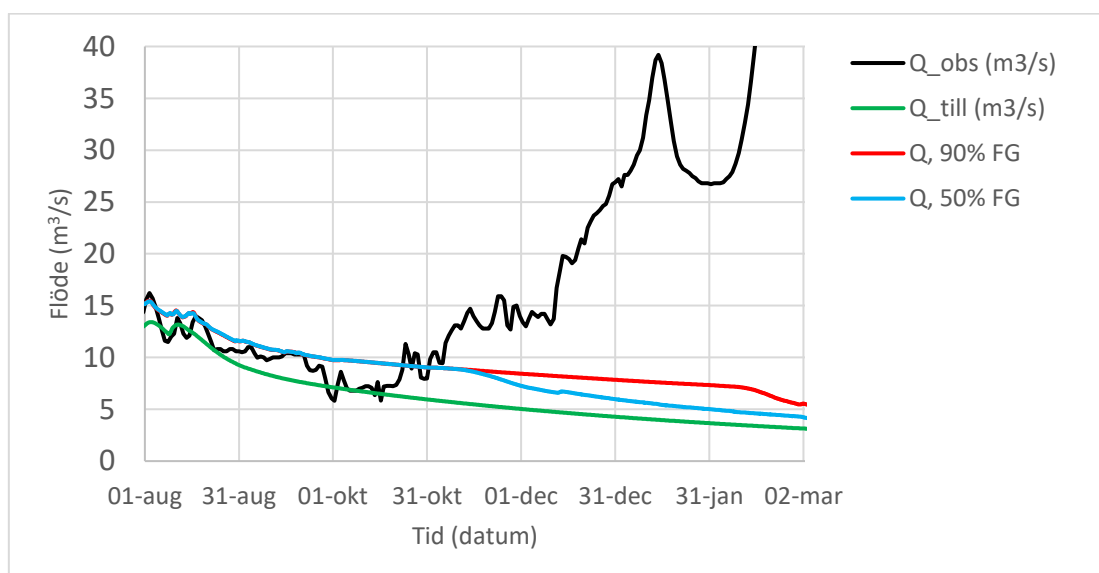
Modellresultat i form av beräknad grundvattentillrinning och beräknat flöde i vattendraget från 1:a augusti och framåt har tagits fram för Stensåkra och Emsfors, se Figur 4-11 och Figur 4-12. I simuleringarna sätts nederbörden till noll efter 1:a oktober.

Vid Stensåkra är effekter av regleringen (framförallt av Grumlan) på vattenföringen indirekt beskriven i NAM-modellen. Ingen aktiv styrning av tappningen sker i MIKE 11. I exemplet är det beräknade flödet vid Stensåkra högre än den föreslagna mintappningen $0.5 \text{ m}^3/\text{s}$ (SMHI, 2004) under hela perioden, trots att grundvattentillrinningen fram till Stensåkra understiger $0.5 \text{ m}^3/\text{s}$ efter 1:a oktober. I detta fall finns alltså en relativt stor vattenvolym lagrad i uppströms magasin (sjösystem) som beskrivs i den hydrauliska modellen, vilket påverkar beräknade flöden under hela torrperioden. I ett annat fall skulle situationen kunna bli kritisk tidigare.



Figur 4-11. Beräknat flöde vid Stensåkra (blå linje), beräknad grundvattentillrinning fram till Stensåkra (grön linje), och observerat flöde vid Stensåkra (svart linje). I simuleringarna kommer ingen nederbörd efter den 1:a oktober.

Vid Emsfors avtar på liknande sätt grundvattentillrinningen under torrperioden och närmar sig det kritiska värdet för vattenföringen vid Emsfors (ca 5 m³/s), medan det beräknade flödet i vattendraget visar att det finns en marginal kvar. I mitten av november är tillrinningen 6 m³/s och bidragen från magasinen 3 m³/s, vilket ger ett totalflöde på 9 m³/s. Därefter minskar bidraget från magasinen snabbt i fallet med 50 % initial fyllnadsgrad. Vid 90 % initial fyllnadsgrad räcker magasinen ytterligare ca 3 månader.



Figur 4-12. Beräknat flöde vid Emsfors vid 90 % (röd linje) och 50 % (blå linje) initial fyllnadsgrad i inledningen av torrperioden, beräknad grundvattentillrinning fram till Emsfors (grön linje), och observerat flöde vid Emsfors (svart linje). I simuleringarna kommer ingen nederbörd efter den 1:a oktober.

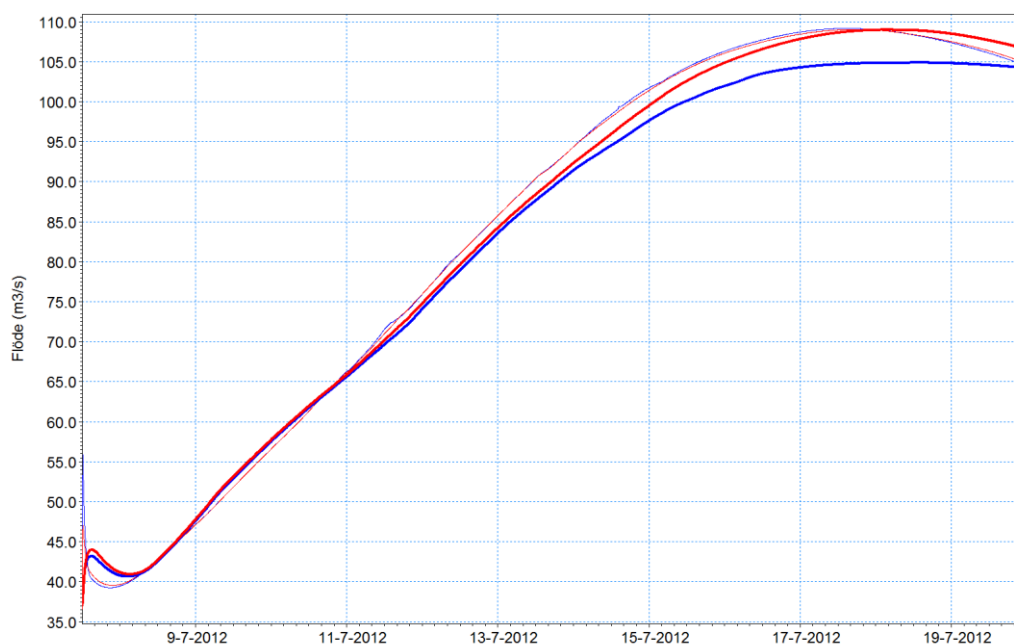
4.7 Scenario B1-B3. Mörlundaområdet

I Scenario B1-B2 används samma flödesbelastning som i Scenario A3, men med lokal fördelning av tillrinningen inom Mörlundaområdet enligt beskrivningen i Avsnitt 3.3.3. I Scenario B3 har flödesbelastningen justerats så att beräknat flöde vid Blankaström motsvarar 100-årsflödet (Q100), ca 200 m³/s. I Scenario B2 höjs befintliga vallar eller naturliga leveer upp tillräckligt mycket för att förhindra översvämningar längs huvudfåran på hela sträckan i den kopplade modellen.

Resultaten från Scenario B1-B3 redovisas som GIS-skikt med utbredning, nivå och djup enligt förteckningen i Bilaga C. Scenarierna B1 och B3 ingår även i informationssystemet, se Avsnitt 5.

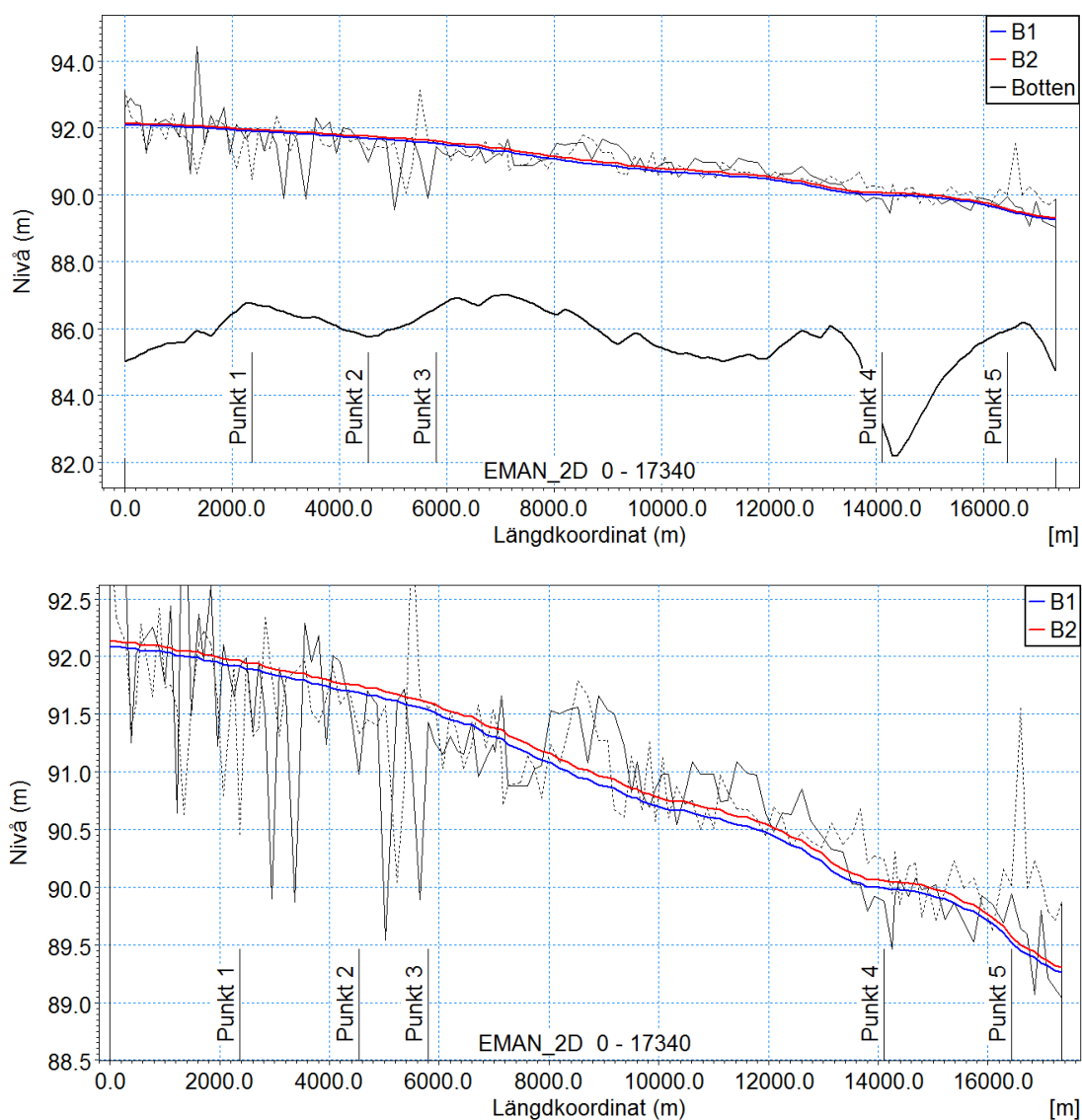
Figur 4-13 visar beräknat flöde i Emån precis uppströms modellområdet (Aby), samt en bit nedströms modellområdet efter anslutningen för Tigerstad kanal. Simuleringarna täcker en period fram till flödestoppen med lite marginal. I Scenario B1 sker en dämpning av maxflödet med ca 4 % från 109 till 105 m³/s p.g.a. översvämningarna som uppstår i Mörlundaområdet. I Scenario B2 sker inte motsvarande dämpning eftersom vattnet hålls kvar i huvudfåran. Den lokala tillrinningen inom Mörlundaområdet påverkar främst översvämningen av dikessystemet och har liten eller ingen påverkan på flödet i huvudfåran.

Skillnaden mellan maxflödet i B1 och B2 kvarstår nedströms Mörlundaområdet, men blir relativt sett mindre med ökande flöde i Emån längre nedströms. Vid Blankaström är maxflödet 108 m³/s i B1 och 112 m³/s i B2. Vid Emsfors är maxflödet 124 m³/s i B1 och 128 m³/s i B2. Maxflödet uppströms Mörlundaområdet påverkas inte av invallningarna, däremot vattennivån p.g.a. dämningseffekten, se nedan.



Figur 4-13. Flöde vid Aby och vid nedströms anslutning från Tigerstad kanal för Scenario B1 (blå) och B2 (röd). Resultaten i uppströmsänden markeras med tunna linjer och i nedströmsänden med feta linjer.

Figur 4-14 visar beräknad maximal vattennivå för Scenario B1 och B2 i en längsgående profil genom åfåran mellan Aby och modellens nedströmsrand (3 km nedströms Tigerstad bro). Nivåprofilen visar hur högt vattnet stiger med och utan vallar. Figuren visar även marknivå för befintliga vallar och leveer på respektive sida om huvudfåran i Scenario B1 (före åtgärder). På många ställen ligger den beräknade vattennivån över marknivån, vilket visar att huvudfåran svämmer över i Scenario B1.

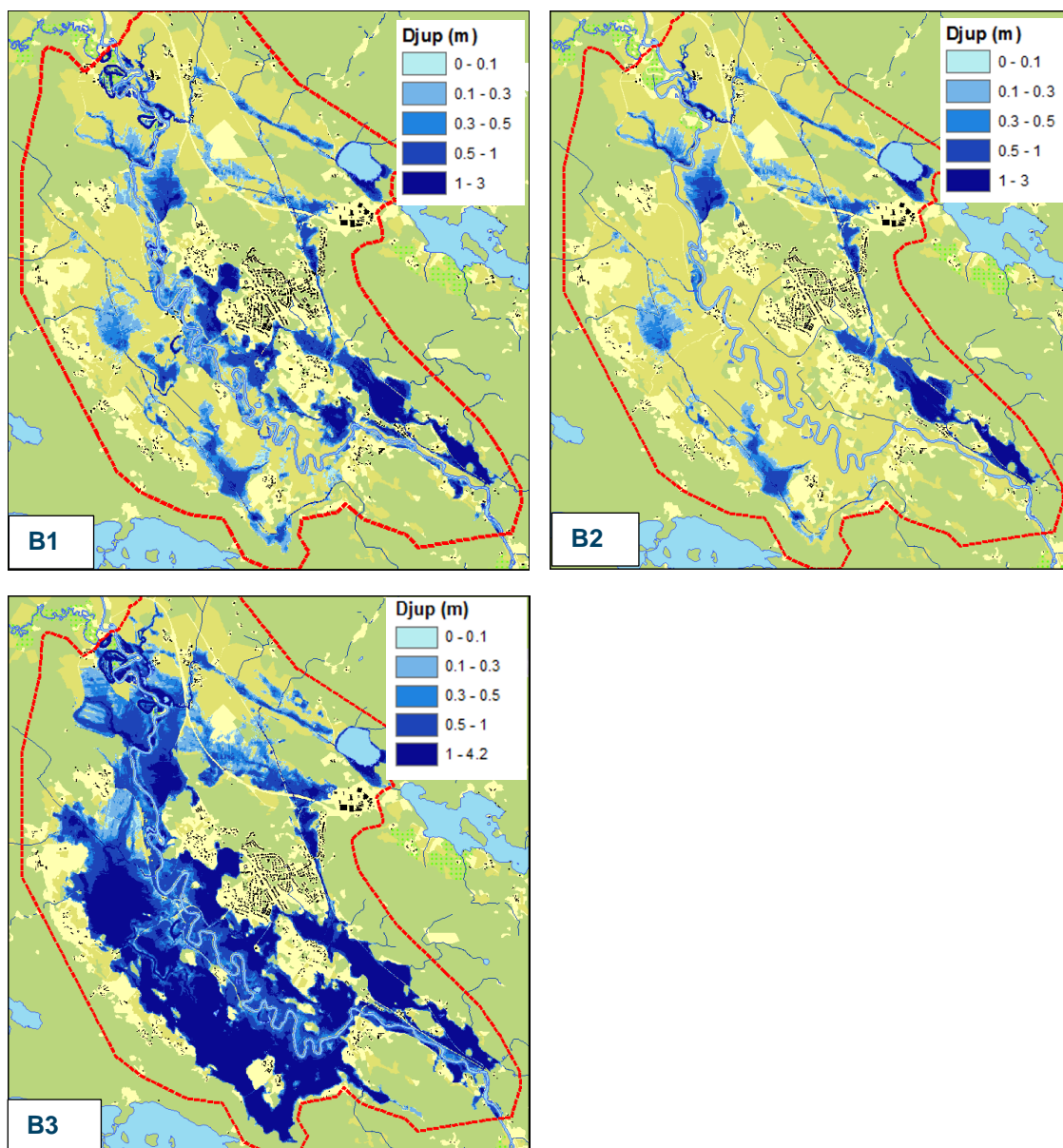


Figur 4-14. Den övre bilden visar beräknad nivåprofil längs åfåran inom 2D-området för Scenario B1 (blå) och B2 (röd). Fet svart linje visar bottenprofilen och tunn heldragen, respektive streckad, svart linje visar marknivån på vardera sidan av åfåran. Punkterna 1-5 refererar till punkterna i Figur 3-16. Undre bilden visar samma nivåprofil i en större vertikal skala.

Maxnivåprofilen i Scenario B2 ligger ca 5 cm högre än i B1, se Figur 4-14. Denna nivåskillnad mellan B1 och B2 fortplantas uppströms Mörlundaområdet, men minskar successivt och försvinner efter några kilometer. Nedströms Mörlundaområdet kvarstår en skillnad på några cm mellan maxnivån i B1 och B2 p.g.a. skillnaden i maxflödet.

Nivåprofilen i Scenario B2 ger information om hur högt vattnet stiger p.g.a. invallningen, och därmed även hur höga vallar som krävs för att helt förhindra översvämningar längs huvudfåran inom Mörlundaområdet.

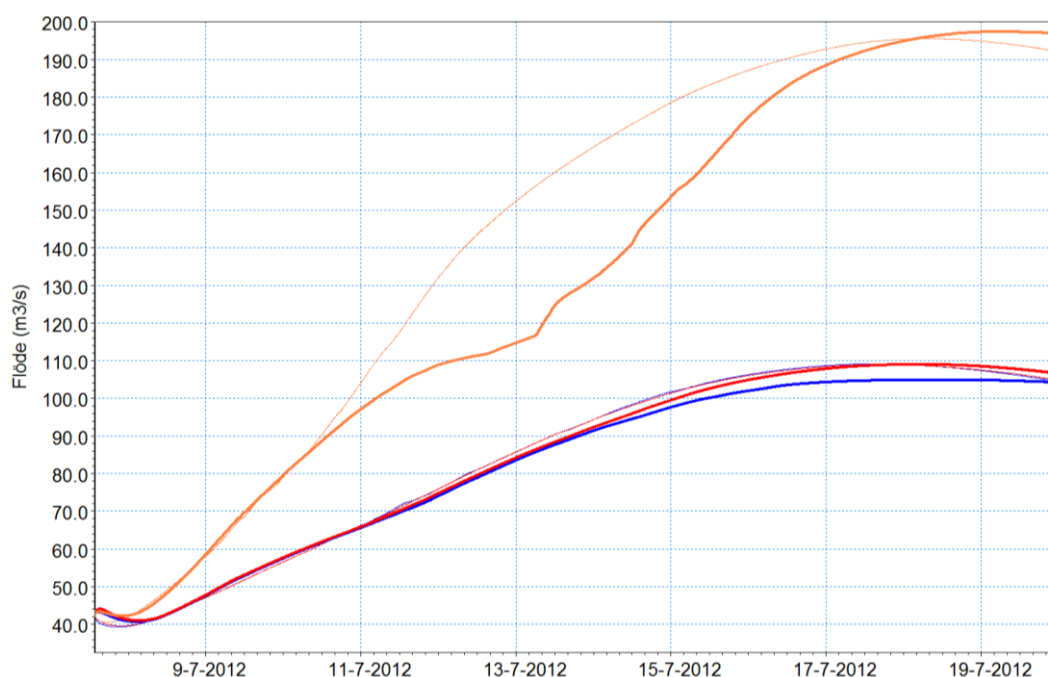
Figur 4-15 visar översvämningsutbredning och beräknade maximala vattendjup för Scenario B1- B2, samt B3 (för att underlätta jämförelser mellan alla tre scenarierna). Jämförelsen mellan B1 och B2 visar vilka områden som direkt påverkas av översvämningarna längs huvudfåran. Figur 4-15 visar även att översvämningarna i dikessystemet med omgivande lågpunkter utanför huvudfåran framförallt orsakas av den lokala tillrinningen i Scenario B1. I Scenario B3 stiger dock vattennivån i Emån så högt att vatten från Emån översvämmar lågpunkter långt utanför huvudfåran.



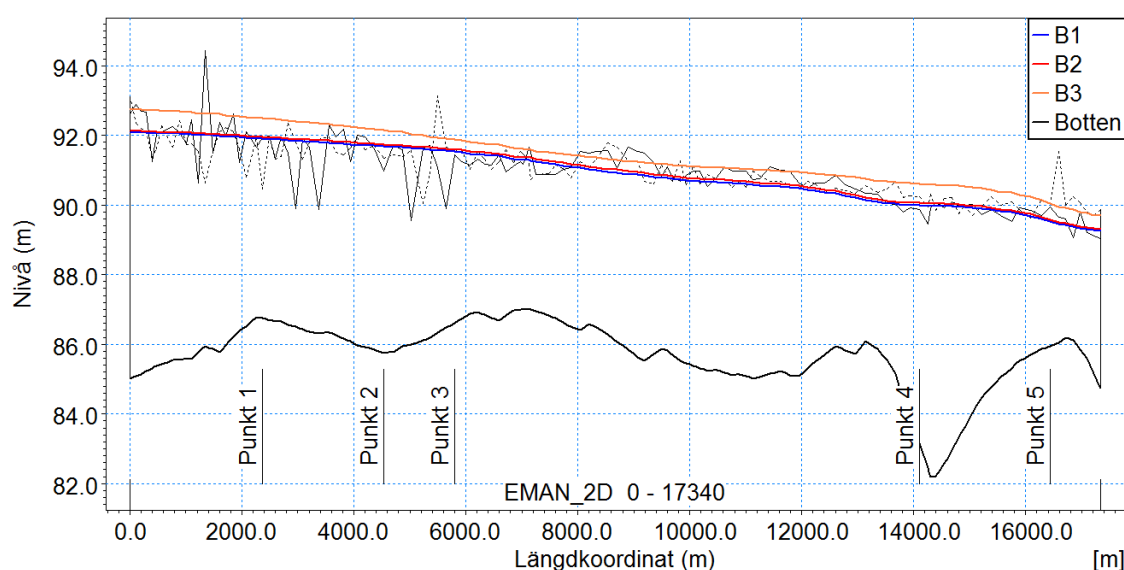
Figur 4-15. Maximal utbredning och maxdjup i Mörlundaområdet i Scenario B1, B2 och B3. Röd linje markerar modellgränsen i den kopplade 1D/2D-modellen.

Figur 4-16 visar dämpningen av flödet vid passagen genom Mörlundaområdet i Scenario B3, tillsammans med de andra scenarierna. En tydlig dämpning uppstår när lågpunkterna börjar översvämmas ungefär halvvägs in i den simulerade perioden. Dämpningen av maxflödet blir dock marginell, vilket tyder på att tillgängliga magasin i lågpunkterna utanför huvudfåran hinner fyllas upp innan flödet kulminerar i Scenario B3.

Figur 4-17 visar nivåprofilen för Scenario B3, tillsammans med de andra scenarierna. Vattennivån blir 0.3-0.6 m högre i B3 jämfört med B1.



Figur 4-16. Flöde vid Aby, samt nedströms anslutning för Tigerstad kanal för Scenario B3 (orange) tillsammans med Scenario B1 (blå) och B2 (röd) från Figur 4-13. Resultaten i uppströmsänden markeras med tunna linjer och i nedströmsänden med feta linjer.

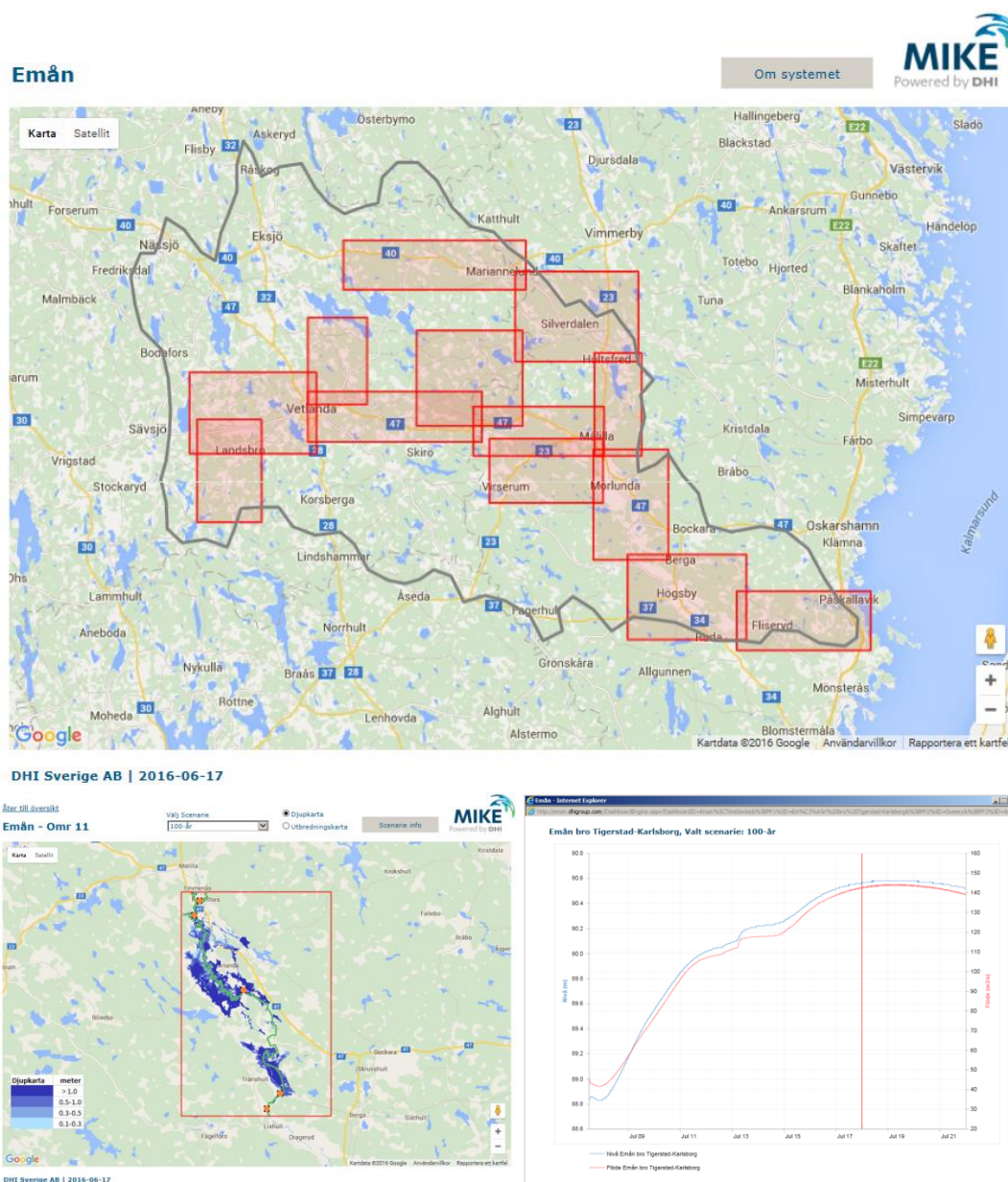


Figur 4-17. Beräknad nivåprofil längs åfåran inom 2D-området för Scenario B3 (orange) tillsammans med Scenario B1 (blå) och B2 (röd) från Figur 4-14. Fet svart linje visar bottenprofilen och tunn heldragen, respektive streckad, svart linje visar marknivån på vardera sidan av åfåran. Punkterna 1-5 refererar till punkterna i Figur 3-16.

5 Informationssystem

Ett enkelt informationssystem har tagits fram som en del i uppdraget för att göra modellresultaten tillgängliga för olika intressenter. Informationssystemet använder Google Maps som bakgrundskarta och nås via den publika webb-sidan: <http://eman.dhigroup.com/>.

Informationssystemet innehåller i sin första version resultaten från översvämningsskarteringen för 10- och 100-årsflödet (Scenario A1-A2, samt B1 och B3), men systemet är förberett för uppdatering med fler scenarier. Resultaten redovisas som översvämningutbredning och vattendjup i 13 fördefinierade kartområden, samt i diagramform med flöde och vattennivå i ett antal förvalda punkter, se exempel i Figur 5-1.



Figur 5-1. Startside i informationssystemet med Google Maps som bakgrundskarta och kartområden (överst), djupkarta (nedre vänster) och nivå/flödes-diagram (nedre höger).

6 Översiktlig kartering av riskområden för erosion

6.1 Syfte och avgränsning

Modellresultaten i Scenario A1-A2 har använts för att göra en översiktlig kartering av riskområden för erosion längs huvudfåran och prioriterade biflöden. Ingångsdata till karteringen är jordartskartan, samt beräknade vattenhastigheter. Resultatet visar översiktligt var man kan förvänta sig hög, respektive låg, erosionsrisk och är tänkt att utgöra ett underlag för fortsatta modellberäkningar och analyser.

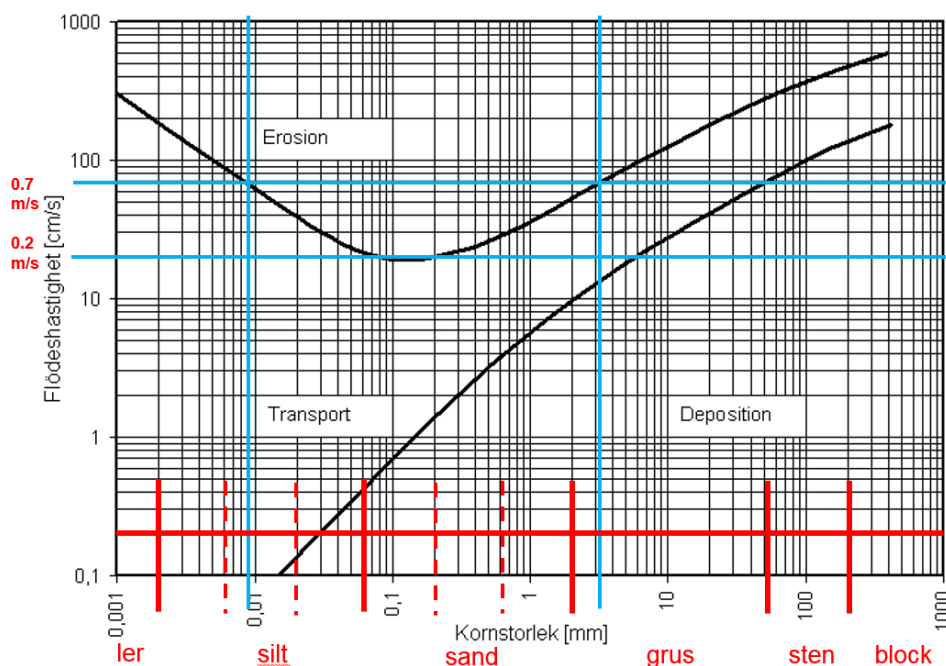
6.2 Antaganden vid klassificering av erosionsrisk

För att förenkla utvärderingen har jordarterna enligt jordartskartan delats in i tre klasser; från jordarter med låg erosionsrisk (A), medelhög erosionsrisk (B) till hög erosionsrisk (C), se Tabell 6-1. I utvärderingen vägs beräknade vattenhastigheter in i bedömningen av erosionsrisken för jordarter i klass B och C, medan jordarter i klass A antas ha låg erosionsrisk, oberoende av vattenhastigheten.

Tabell 6-1. Indelning av jordarter i tre klasser med hänsyn till erosionsrisken.

A: Låg risk för erosion (oberoende av vattenhastighet)	B: Viss risk för erosion (beroende av vattenhastighet)	C: Hög risk för erosion (beroende av vattenhastighet)
Berg	Isälvs sediment	Postglacial sand
Urberg	Isälvs sediment grus	Isälvs sediment, sand
Morän	Lera-silt	Glacial grovsilt - finsand
Sandig morän	Svalls sediment grus	Älvs sediment, sand
Grusig morän	Sväms sediment ler-silt	Sväms sediment, sand
Isälvs sediment, sten-block	Glacial lera	Glacial silt
Sten-block	Gyttjeler (leryttja)	Postglacial silt
Blockmark	Postglacial lera	Silt
Älvs sediment, sten-block	Vitringsjord	Fyllning
Rösberg	Talus (rasmassor)	
Sandig-siltig morän	Älvs sediment grus	
Lerig morän	Morängrovlera	
Gyttja	Sväms sediment grus	
Torv	Vitringsjord sand-grus	
Mossetorv		

Gränshastigheter för erosion av olika jordarter har antagits med ledning av Hjulströms diagram, som baseras på laboratorieförsök på ensgraderat material och konstant vattendjup (1 m), se Figur 6-1. Enligt Hjulströms diagram sker erosion av de mest lätteroderade jordarterna (finsand till mellansand) vid en vattenhastighet på 0.2 m/s, medan såväl grövre material (grus, sten och block) som finare material (silt och ler) eroderar vid högre vattenhastighet. Den markerade gränsen 0.7 m/s i Figur 6-1 svarar mot gränshastigheten för erosion av de mest lätteroderade jordarterna (fingrus och finsilt) i jordartsklass B.



Figur 6-1. Hjulströms diagram. Svarta linjer markerar gränshastigheter för erosion, transport och deposition för olika kornstorlekar. Blå linjer markerar valda gränshastigheter (0.2 och 0.7 m/s) som används i klassificering av erosionsrisken.

Klassificering av erosionsrisken har gjorts i fyra klasser (0-3) baserat på jordartsklassen (A, B eller C) och beräknad medelhastighet i modellens tvärsektioner. Riskklass 0 betecknar lägst erosionsrisk och Riskklass 3 högst erosionsrisk. Indelningen har gjorts enligt beslutsschemat i Figur 6-2, vilket kan sammanfattas med:

- delsträckor med jordartsklass A tilldelas alltid Riskklass 0,
- delsträckor med jordartsklass B tilldelas antingen Riskklass 1 eller 2 beroende på om beräknad vattenhastighet är mindre eller större än 0.7 m/s,
- delsträckor med jordartsklass C tilldelas antingen Riskklass 2 eller 3 beroende på om beräknad vattenhastighet är mindre eller större än 0.2 m/s.

Därutöver har alla sjöar tilldelats Riskklass 0, med undantag för in- och utloppen som kan tilldelas en högre riskklass beroende på jordart och vattenhastighet.

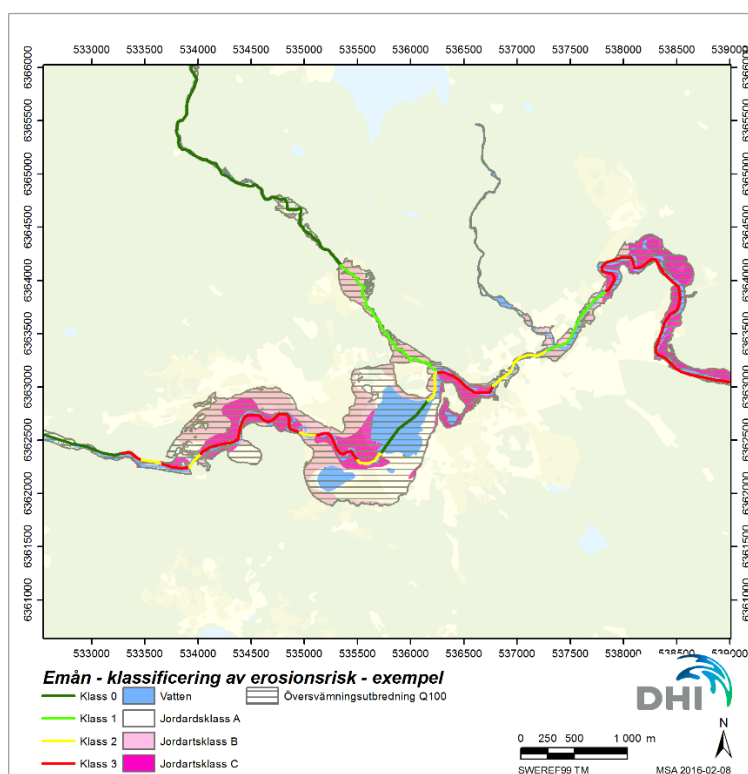
Klass	Jordartsklass	Medelhastighet
0	← A	-
1	← B	< 0.7 m/s
2	← B	> 0.7 m/s
	↙ C	< 0.2 m/s
3	← C	> 0.2 m/s

Figur 6-2. Beslutsschema för klassificering av erosionsrisken i fyra klasser (0-3) baserat på jordartsklass och beräknad vattenhastighet. Hastigheterna 0.7 m/s och 0.2 m/s är antagna gränshastigheter för erosion av de mest lätteroderade jordarterna i jordartsklass B, respektive C.

Vattenhastigheter har hämtats från simuleringar av Q10 och Q100 (Scenario A1-A2). En begränsning i metodiken är att beräknade vattenhastigheter från MIKE 11 representerar medelvärden för hela tvärsnittet (egentligen medelvärden för den vattenfyllda delen av varje tvärsnitt). Detta innebär att beräknad hastighet inte alltid representerar den högsta hastigheten i tvärsnittet, som normalt uppstår i åfåran. Det kan också finnas platser där medelhastigheten minskar något med ökat flöde p.g.a. att tvärsnittsarean ökar snabbare än flödet så att medelhastigheten blir lägre för Q100 än för Q10. Av denna anledning användes det högsta värdet (max-värdet) av hastigheterna från Q10 och Q100-scenarierna i varje tvärsnitt.

6.3 Klassificering och redovisning av erosionsrisk

Klassificeringen i erosionsriskklasser redovisas i en Shape-fil (linjeobjekt) som följer vattendragets stomlinje. Först gjordes en grov indelning baserad på enbart jordartskartan och därefter en finare indelning baserad på beräknade vattenhastigheter och antagna gränshastigheter för erosion. Ett exempel på klassificering av erosionsrisken visas i Figur 6-3.



Figur 6-3. Exempel på klassificering av erosionsrisken längs en delsträcka av modellen baserat på jordartsklass och beräknade vattenhastigheter.

Resultaten från klassificeringen i erosionsriskklasser redovisas dels i en Shapefil, dels som kartbilder i Bilaga B.

7 Summering och slutsatser

Arbetet med uppbyggnaden av vattendragsmodellen sammanfattas i följande punkter:

- Vattendragsmodellen baseras på nationella höjdmodellen, tillgängliga meteorologiska och hydrologiska data från SMHI, Emåförbundets flödesmätningar, generellt kartunderlag, uppskattad geometri för vattendragsfåran, uppskattad kapacitet vid dammar, samt schablonvärden för friktionsmotståndet i åfåran.
- Modellens hydrologiska del har kalibrerats mot tillgängliga mätdata. Modellen beskriver tillrinningens årstidsvariation väl och ger en rimlig beskrivning av både högflöden och lågflöden.
- Modellens hydrauliska del är grovt avstämmd mot tillgängliga observationer. Bedömningen är att modellen ger en rimlig beskrivning av vattendragets transport- och magasineringsskapacitet, men att det finns behov av kompletterande bottendata, samt kalibrering och kontroll av modellen i prioriterade delar av vattendraget.
- Resultaten från de inledande simuleringarna med modellen har visat på möjligheterna att analysera komplexa hydrologiska och hydrauliska frågeställningar, t.ex. effekter av förändringar i regleringen eller fysiska åtgärder, med hjälp av modellen.
- Den etablerade vattendragsmodellen utgör en bra grund för fortsatta utredningar av prioriterade frågor kring effekter av regleringen, effekter av fysiska åtgärder som mildrar konsekvenserna vid översvämningar eller torra, frågor kring sedimenttransport, vattenkvalitet, samt effekter av klimatförändringar.

8 Förslag till fortsatt arbete

I det fortsatta arbetet med utveckling och tillämpning av vattendragsmodellen bör ingå att förbättra det generella dataunderlaget som har använts för att bygga upp modellen. Detta arbete kan göras stegvis efter en prioritetsordning. Det finns också ett fortsatt behov av kalibrering och kontroll av modellen. Detta gäller både den hydrologiska delen, speciellt avrinningen vid intensiva sommarregn, och den hydrauliska delen, speciellt nivåer vid höga flöden i kritiska översvämningsområden.

Vidare har de inledande simuleringarna visat på ett behov av en fördjupad analys av regleringens betydelse under olika hydrologiska förhållanden, inklusive scenarier för framtida klimat. Därutöver finns möjligheter att bredda användningsområdet för modellen, t.ex. använda modellen för beräkning av rinntider, utreda effekter av våtmarker, samt kartlägga erosions- och depositionsområden med mer avancerade metoder.

9 Referenser

- /1/ Emåförbundet (1996). *Områdesbeskrivning för Emåns delavrinningsområden*. Emåförbundet.
- /2/ Emåförbundet (2015). Muntlig kommunikation med Ilan Leshem, verksamhetsansvarig, vattenreglering.
- /3/ MIKE by DHI (2016a). *MIKE 11 – A modelling system for rivers and channels*. Reference Manual.
- /4/ MIKE by DHI (2016b). *MIKE 21 FLOW MODEL. Hydrodynamic Module*. User Guide.
- /5/ MIKE by DHI (2016c). *MIKE FLOOD. 1D-2D Modelling*. User Manual.
- /6/ Ericsson, B. (1981). *Den potentiella avdunstningen i Sverige*, RMK 28, RH027, SMHI, Norrköping.
- /7/ SMHI (2004). *Förslag till vattenhushållningsplan för Emån, hydrologiska förutsättningar*. Rapport nr 61-2004.
- /8/ SMHI (2015a). Vattenwebb: <http://vattenwebb.smhi.se/>.
- /9/ SMHI (2015b). Svenskt Vattenarkiv (SVAR), version 2012_2: <http://www.smhi.se/klimatdata/hydrologi/svenskt-vattenarkiv>
- /10/ MSB (2003). *Översiktlig översvämningskartering längs Emån – Sträckan från sjön Grumlan till Östersjön, samt biflödet Silverån från Silverdalen*. Rapport nr 37, 2003-01-30.
- /11/ MSB (2009a). *Översvämningskartering längs Silverån – Sträckan Bruzaholm till Silverdalen*. Rapport nr: 64, 2009-11-17.
- /12/ MSB (2009b). *Översvämningskartering längs Pauliströmsån – Sträckan sjön Flocken till Övre Svartsjön*. Rapport nr: 65, 2009-11-17.
- /13/ MSB (2013). *Översvämningskartering utmed Emån – Sträckan från sjön Grumlan till Östersjön samt biflödet Silverån från Silverdalen*. Rapport nr: 24, 2014-08-28.
- /14/ Jordbruksverket (2012). *Utredningar i Mörlundaområdet efter översvämnarna i juli 2012*.

BILAGOR



BILAGA A – Flöden



A Uppskattade flöden, Q10 och Q100

Tabell A1 redovisar på 10- och 100-årsflödet enligt dagens klimat. Siffror i fet stil är hämtade från tidigare översiktliga översvämningsskarteringar för Emån (MSB, 2003), Brusa/Silverån (MSB, 2009a), samt Pauliströmsån (MSB, 2009b). Övriga tabellvärden är uppskattade.

Tabell A1. Uppskattade värden på 10- och 100-årsflödet.

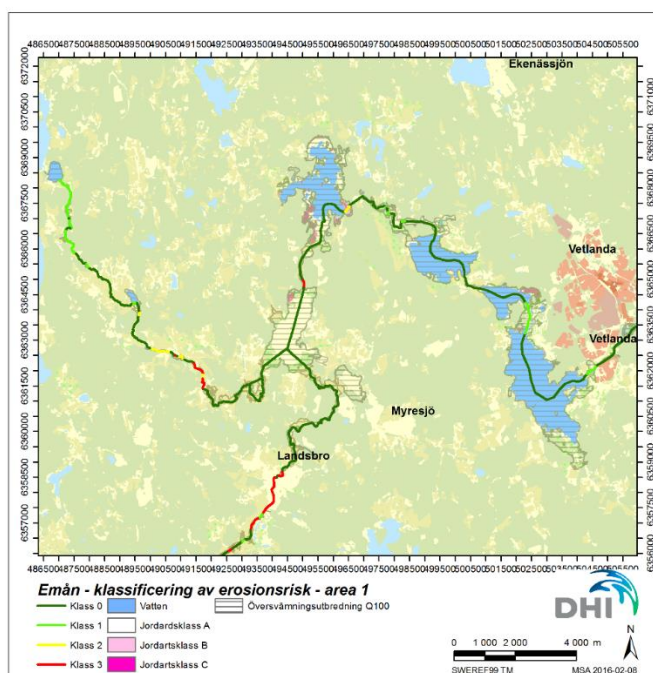
Vattendrag/delsträcka	Plats	Q10 (m ³ /s)	Q100 (m ³ /s)
Emån uppströms	Utlopp Prinsasjön	4.5	7.6
	Ovan Linneån	7.2	12.0
	Strax nedan Linneån	19.7	32.8
	Inlopp Flögen	22.9	38.1
	Inlopp Grumlan	23.5	39.2
Linneån / Kroppån	Utlopp Kallsjön	3.0	5.0
	Ovan Lillån	5.4	9.0
	Ovan Gröpplebäcken	10.2	17.0
	Mynningen i Emån	12.7	21.2
Solgenån	Utlopp Solgen	19.2	31.9
	Utlopp Emån	22.2	37.0
Emån	Utlopp Grumlan	30.0	50.0
	Ovan Solgenån	32.4	54.0
	Nedan Solgenån	54.6	91.0
	Ovan Pauliströmsån	61.8	103.0
	Ovan Sällevadsån	67.8	113.0
	Ovan Silverån	73.8	123.0
	Nedan Silverån	96.6	161.0
	Nedan Gårdvedaån	117.6	196.0
	Ovan Nötån	123.0	205.0
	Nedan Nötån	130.8	218.0
	Nedan Kvillen	136.2	227.0
	Emsfors	142.8	238.0
	Mynningen i Östersjön	144.0	240.0
Pauliströmsån	Utlopp St Bellen	2.9	4.8
	Pauliström (ovan Ramsebäcken)	5.2	8.6
	Mynningen i Emån	7.2	12.0
Brusa/Silverån	Ovan Lövsjöbäcken(Bruksdammen)	3.4	5.7
	Utloppet Hjälten	5.1	8.6
	Brusafors (Mariannelund)	12.6	21.0
	Inlopp Åsjön	13.9	23.1
	Utlopp Åsjön	18.4	30.7
	Nedan Lillån (Silverdalen)	21.4	35.6
	Inlopp Hulingen	22.8	38.0
	Utlopp Hulingen	22.8	38.0
	Mynningen i Emån	24.0	40.0
	Gårdvedaån	Utlopp Hjortesjön	11.7
Ovan Lillån		11.7	19.5
Nedan Lillån		13.5	22.6
Ovan Skärveteån		13.7	22.9
Nedan Skärveteån		18.9	31.5
Utlopp Bysjön		20.5	34.2
	Mynningen i Emån	21.0	35.0

BILAGA B – Erosionsriskkartor

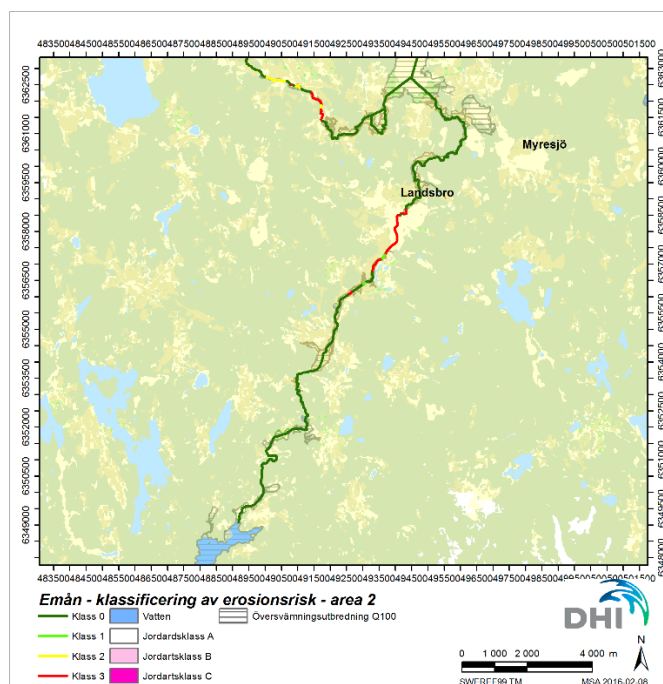


B Erosionsriskkartor

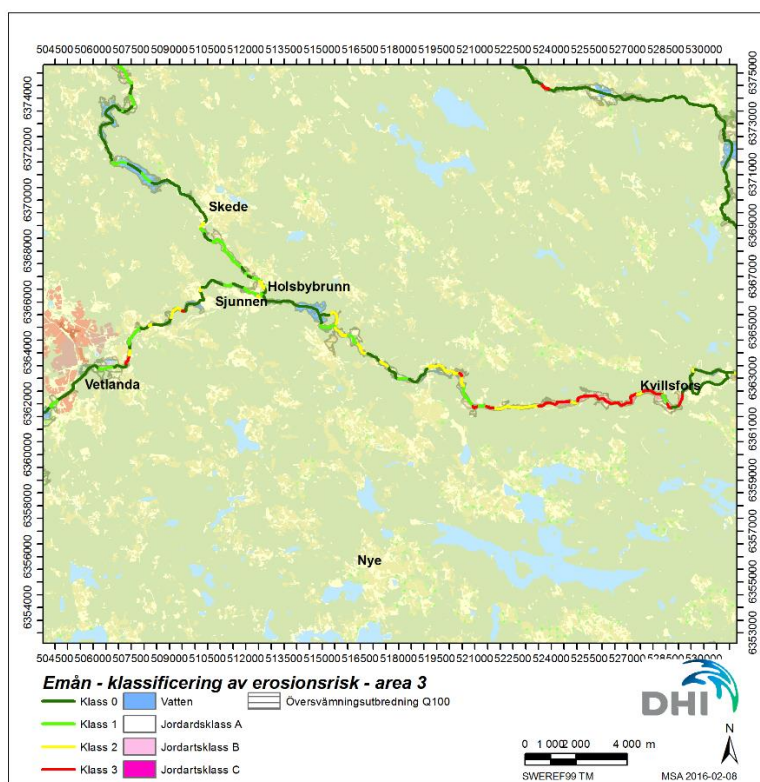
B.1 Område 1



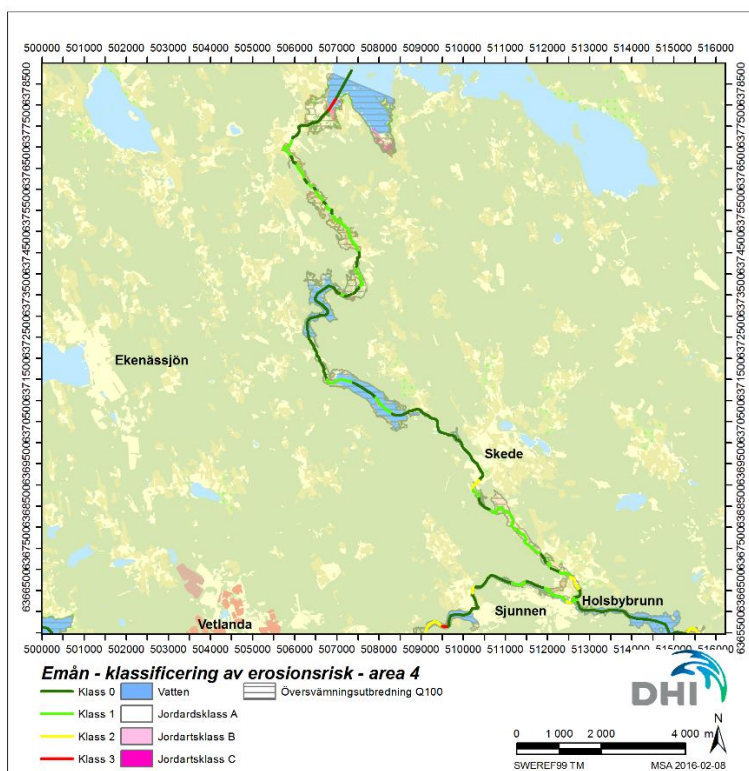
B.2 Område 2



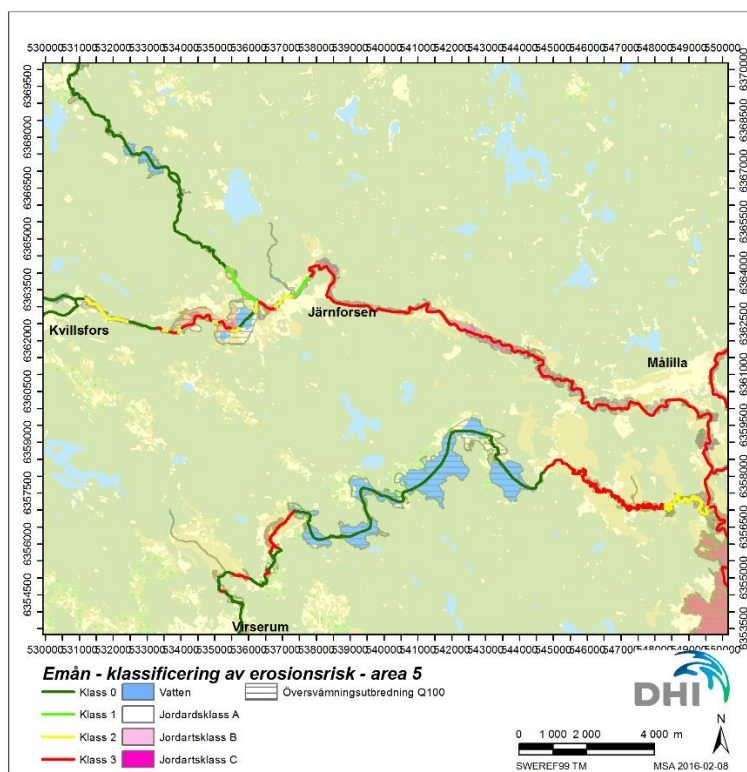
B.3 Område 3



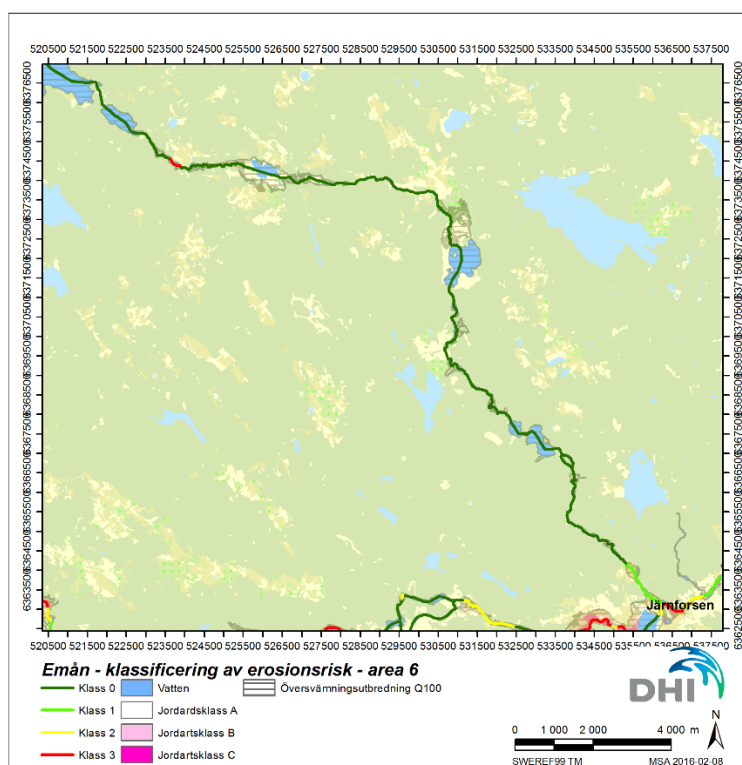
B.4 Område 4



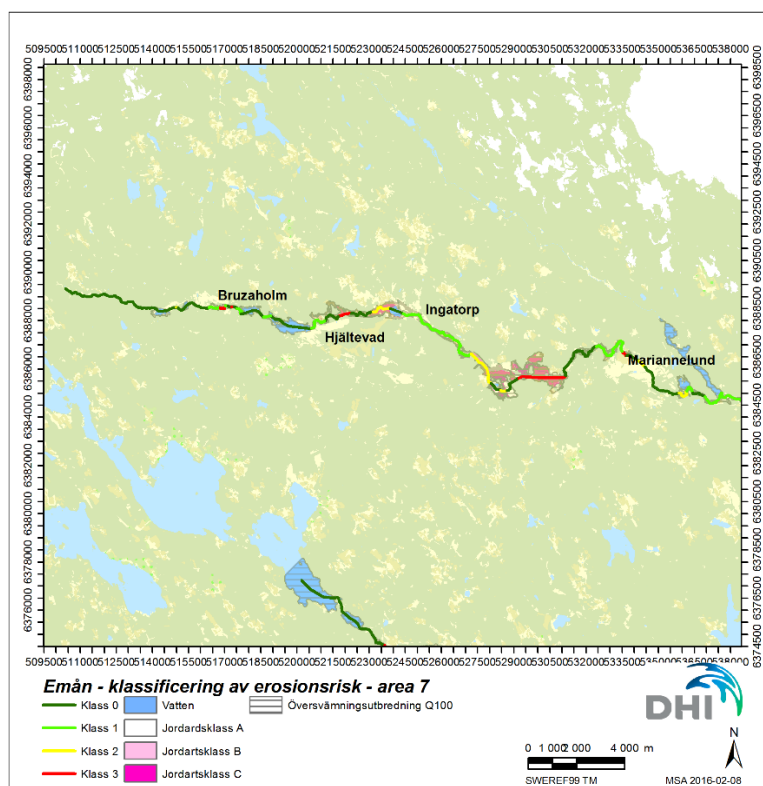
B.5 Område 5



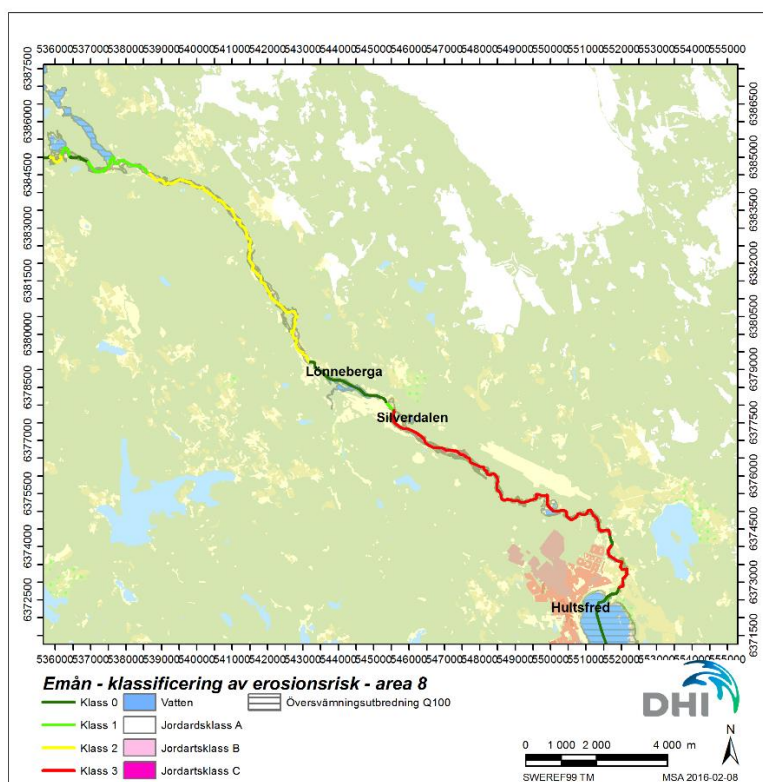
B.6 Område 6



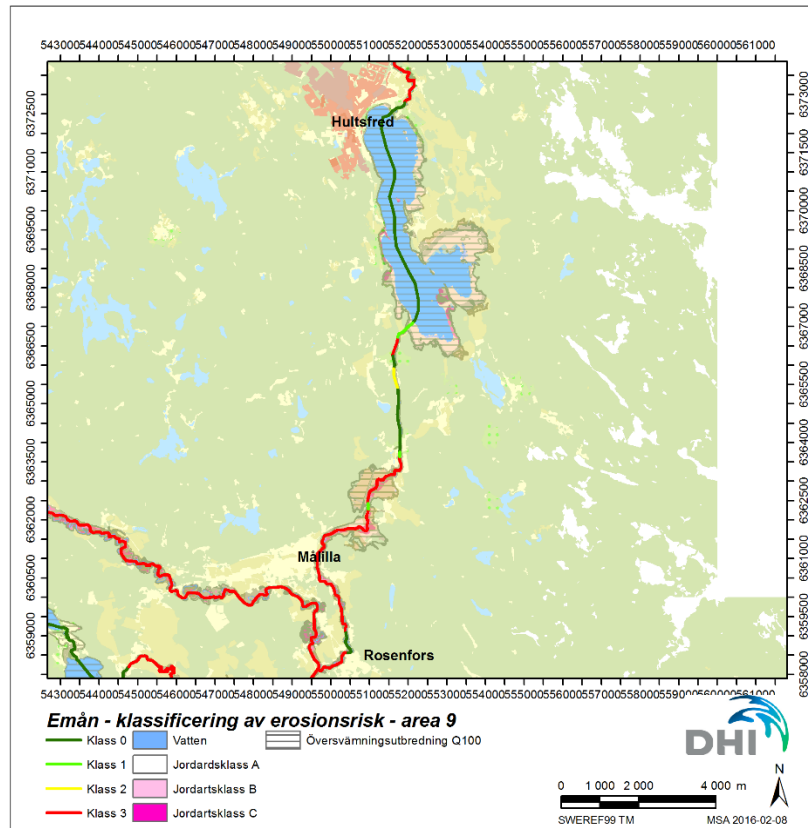
B.7 Område 7



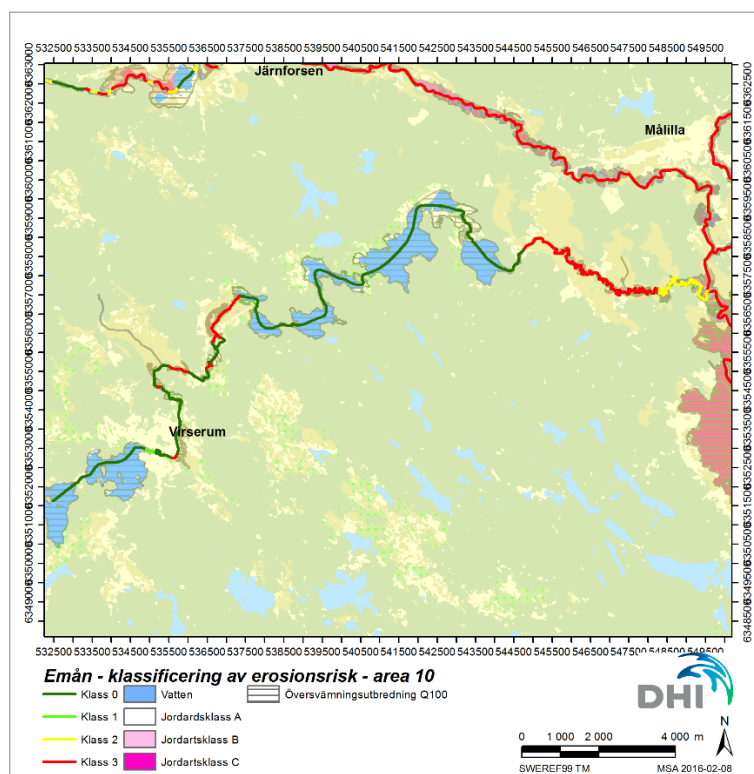
B.8 Område 8



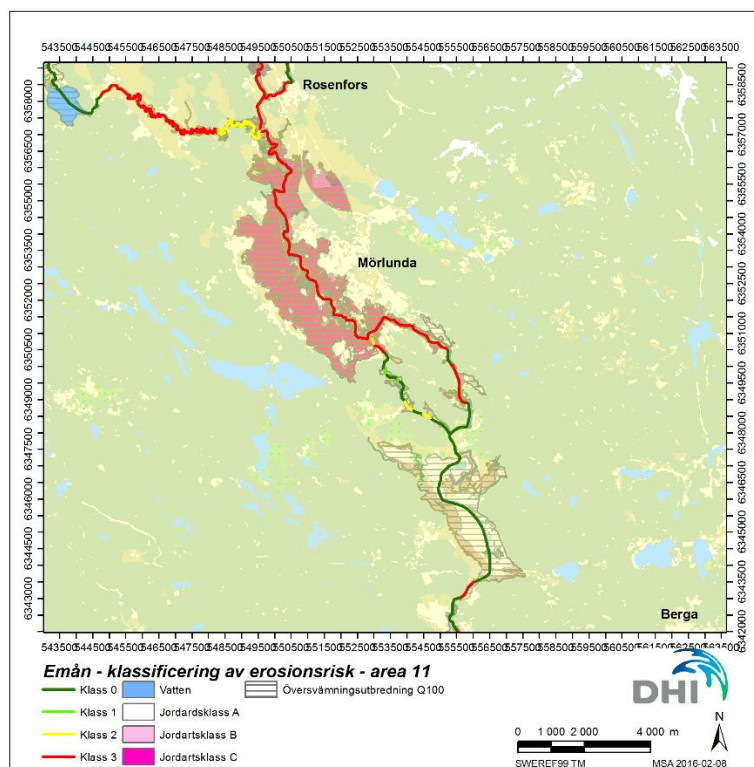
B.9 Område 9



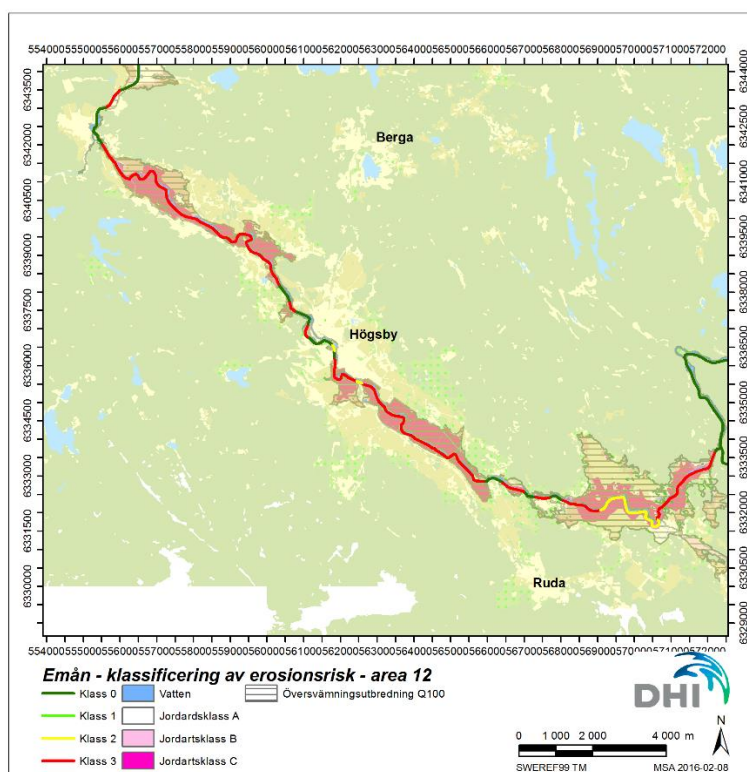
B.10 Område 10



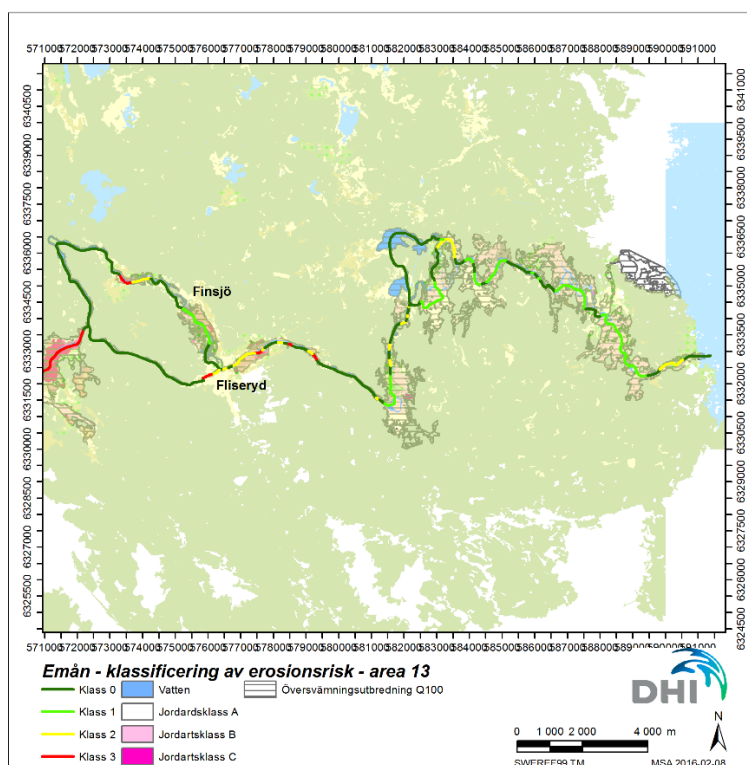
B.11 Område 11



B.12 Område 12



B.13 Område 13



BILAGA C – GIS-leverans



C GIS-leverans

GIS-leveransen är i ArcGIS-format. Alla skikt är i projektionen SWEREF 99 TM. Nivåer anges i höjdsystemet RH 2000.

Tabell C1. Sammanställning av GIS-leverans.

Scenario	Data	Datotyp	Filnamn
A1	Utbredning	Shape	a1_q10
	Nivå	Raster	a1_q10_moh
	Djup	Raster	a1_q10_djup
A2	Utbredning	Shape	a2_q100
	Nivå	Raster	a2_q100_moh
	Djup	Raster	a2_q100_djup
B1	Utbredning	Shape	b1_q10
	Nivå	Raster	b1_q10_moh
	Djup	Raster	b1_q10_djup
B2	Utbredning	Shape	b2_q10
	Nivå	Raster	b2_q10_moh
	Djup	Raster	b2_q10_djup
B3	Utbredning	Shape	b3_q100
	Nivå	Raster	b3_q100_moh
	Djup	Raster	b3_q100_djup

BILAGA D – Beskrivning NAM-parametrar



D Beskrivning av NAM-parametrar

Tabell D1 beskriver de nio viktigaste parameterarna i NAM-modellen.

Tabell D9-1. Beskrivning av parametrarna i NAM-modellen.

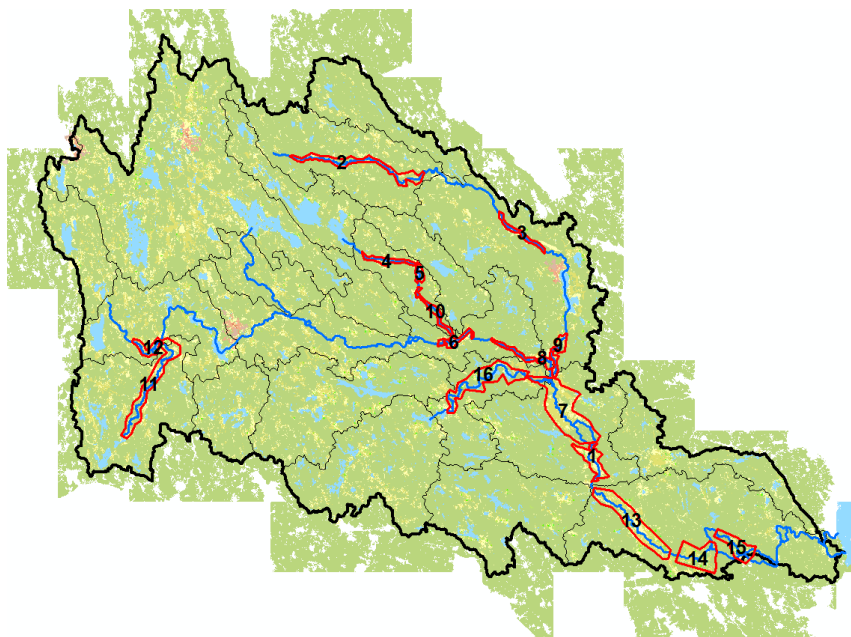
Parameter	Förklaring
U_{max}	Maximalt vatteninnehåll i ytmagasin (mm) Ytmagasinet representerar magasinet för den nederbörd som fastnar i vegetationen (interceptionsmagasinet), i håligheter i markytan och i de översta centimetrarna av marken. Mängden vatten i ytmagasinet avtar kontinuerligt genom avdunstning och genom vattenströmning i det översta marklagret (interflow). Normalt intervall: 5–20 mm.
L_{max}	Maximalt vatteninnehåll i rotzonsmagasin (mm) Rotzonsmagasinet representerar det jordlager under markytan som är tillgängligt för vegetationens transpiration. Maximalt vatteninnehåll beror framförallt av jordarten. Normalt intervall: 50–300 mm.
$CQOF$	Avrinningskoefficient för överland flow (ytavrinning) (-) Parameter som bestämmer hur stor andel av avrinningen som ska avrinna som ytavrinning, respektera infiltrera, när ytmagasinet är fullt. Parametervärdet beror på jordarten, jordlagrens tjocklek och topografin. Normalt intervall 0.01-0.90.
$CKIF$	Tidskonstant för interflow (avrinning i det översta marklagret) (tim) Tidskonstant som tillsammans med U_{max} bestämmer mängden interflow. Normalt intervall: 500-1000 tim.
CK_{12}	Tidskonstant för överland flow och interflow (tim) Tidskonstant som bestämmer hur snabbt flödet (överland flow och till viss del även interflow) reagerar vid nederbörd. Bestämmer formen på hydrografen. Normalt intervall: 3-50 tim.
TOF, TIF, TG	Tröskelvärden (-) Tröskelvärden för generering av överland flow, interflow respektive påfyllning av grundvattenmagasinet. Samtliga tröskelvärden avser relativa vatteninnehållet i rotzonsmagasinet. Normalt intervall: 0-0.9.
CK_{BF}	Tidskonstant för grundvattenflöde (tim) Bestämmer formen på hydrografen under torrperioder, d.v.s. hur snabbt grundvattenflödet avklingar under torrperioder. Normalt intervall: 500-5000 tim.

BILAGA E – Area- och volymsberäkningar



E Area- och volymsberäkningar

Beräkning av översvämmad markarea och vattenvolym har gjorts för 10- och 100-årsflödet (Scenario A1-A2, samt B1 och B3). Resultaten redovisas för 16 delområden enligt Länsstyrelsens förslag på områdesindelning, se Figur D-1 och Tabell D-1 .



Figur D-1. Områdesindelning för beräkning av översvämmad area och vattenvolym.

Tabell D-1. Beräknad area och vattenvolym i översvämmade områden för Q10 och Q100.

Nummer	Namn på delområde	Q10		Q100	
		Area (ha)	Volym (miljoner m ³)	Area (ha)	Volym (miljoner m ³)
1	Ryningen	396	1.65	560	5.04
2	Bruzaån	317	1.72	456	3.84
3	Silverdalen	42	0.2	75	0.41
4	Pauliström1	39	0.06	89	0.24
5	Pauliström2	17	0.02	43	0.06
6	Järnforsen	115	0.58	170	1.52
7	Mörlunda	824	4.74	1688	17.71
8	Målilla	84	0.65	168	1.78
9	Silverån	154	0.91	194	1.75
10	Pauliström3	25	0.07	47	0.16
11	Linneån/Kroppsån	245	1	350	1.94
12	Nävelsjö_Åhult	75	0.45	123	0.88
13	Högsby1	144	0.63	559	4.03
14	Högsby2	538	6.07	658	11.12
15	Fliseryd	44	0.17	148	0.8
16	Gårdveda	112	0.31	196	0.75

