

---

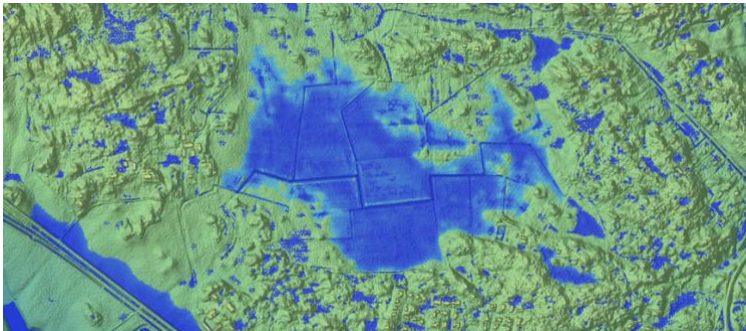
## RAPPORT II

---

13008371

LIFE IP RICH WATERS – KLIMATANPASSNINGSMETODIK

### **RAPPORT II** FÖRDRÖJNINGÅTGÄRDER OCH PRIORITERINGAR FÖR ATT MINSKA FLÖDEN I HUVUDFÅRAN



2020-01-28

Sweco Environment AB

Uppdragsledare och granskare: Fredrik Ohls  
Bitr. Uppdragsledare: Lina Hansson  
Huvudförfattare denna rapport: Lena Ehwald,  
Fredrik Ohls &  
Alexander Salmonsson

---

Sweco

ANSVARET FÖR INNEHÅLLET I DENNA RAPPORT LIGGER HOS FÖRFATTARNA OCH ÅTERSPEGLAR INTE  
EUROPEISKA UNIONENS OFFICIELLA HÅLLNING.

## Innehållsförteckning

<b>1</b>	<b>Introduktion</b>	<b>4</b>
1.1	Syfte med metodiken och GIS-stödet	5
1.2	Avgränsning	5
<b>2</b>	<b>Bakgrund</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>Fördröjningsåtgärder och prioriteringar</b>	<b>6</b>
3.1	Var har en åtgärd störst effekt?	6
3.2	Vilka faktorer ska jag tänka på när jag resonerar kring åtgärder?	6
3.2.1	Klimatförändringar	7
3.3	Åtgärder i naturmark	9
3.3.1	Anlägga eller restaurera våtmarker	9
3.3.2	Igensättning av diken i skogs- och jordbruksmark	12
3.3.3	Restaurering av flodplan	14
3.4	Åtgärder i urbana miljöer	14
3.4.1	Öppna upp kulvertar	14
3.4.2	Fördröjningsmagasin	15
3.4.3	Blå-gröna lösningar	16
<b>4</b>	<b>Exempel</b>	<b>18</b>
4.1	Exempel Arbogaån	18
4.2	Exempel Bällstaån	23
4.2.1	Storskaliga åtgärder	24
4.2.2	Blå-gröna strukturer	28
<b>5</b>	<b>Beräkningar Arbogaån</b>	<b>32</b>
5.1	Metod och avgränsning	32
5.2	Översikt Arbogaån och utvalda delavrinningsområden	34
5.3	Delavrinningsområde Hammarby 2 - Dyltaån (Nora)	36
5.4	Delavrinningsområde Dalkarlshyttan - Borsån (Lindesberg)	40
5.5	Delavrinningsområde Fellingsbro Ässingån	44
5.6	Diskussion och slutsatser	47
<b>6</b>	<b>Beräkningar Bällstaån</b>	<b>48</b>
6.1	Metod och avgränsning	48

---

6.2	Översikt Bällstaån	48
6.3	Beräkning Bällstaån, resultat och slutsats	49

---

Sweco

ANSVARET FÖR INNEHÅLLET I DENNA RAPPORT LIGGER HOS FÖRFATTARNA OCH ÅTERSPEGLAR INTE EUROPEISKA UNIONENS OFFICIELLA HÅLLNING.

## Summary

The purpose with the methodology is to inspire and teach planners working at Swedish municipalities how to use GIS-data to assess risk associated with flooding and contaminant transport. The target group is mainly planners that are used to making data interpretations in an online GIS-environment but that does not have knowledge on how to work with GIS-data in GIS-software.

The methodology consists of two reports. These are delivered as part of the project Life IP Rich Waters for the county boards of Stockholm county and Västmanlands county.

**Report 1** deals with how to familiarize with- and analyze a catchment using nationally available geodata, such as for instance land use, surface water networks, and flooding maps, and how available datasets relate to prerequisites to flooding and soil movements (for instance landslides) with a focus on the limitation of data. Report 1 also suggest how to include contamination data in risk analysis related to flooding and soil movements. This includes a methodology on how to group contaminant producing industries, which reflects general characteristics and transport mechanisms. The aim of grouping the industries is to get an idea of wheather or not there is an increased contamination risk associated with contaminant transport in the occurrence of flooding. The basis of report 3 is the Swedish dataset "EBH-databasen", which is a national database owned by the country boards of Sweden where industries that could cause contamination of some sort are identified and mapped.

**Report 2** deals with up-stream measures that can be taken to decrease the water volume in a river or catchment, and thus limit flooding. Focus lies on green solutions as for instance flooding of green land-use (rural areas), and green roofs and rain gardens (heavily populated areas). The report presents how to approximate the flow-limiting potential of a certain measure. The aim of the report is for the reader to familiarize with general concepts, to learn how to make a first estimate of the flow reducing potential of the landscape with a catchment.

Examples of the analysis in the reports are given for two catchments in south-central Sweden, the 3685 km<sup>2</sup> rural catchment of Arbogaån and the 39,6 km<sup>2</sup> urban catchment of Bällstaån.

## 1 Introduktion

### 1.1 Syfte med metodiken och GIS-stödet

Syftet med metodiken i hela projektet är att inspirera och lära ut hur kommunala planerare med hjälp av enkla underlag kan sätta sig in i risktänk som anknyter till översvämningar, ras, skred och erosion i kombination med markföroreningar. Denna rapport adresserar explicit metoder för flödesminskningsåtgärder uppströms huvudfåran för att indirekt minska översvämningsrisken där markföroreningar annars hade kunnat spridas vid ett översvämningsförlopp.

### 1.2 Avgränsning

I den första rapporten (I) ligger fokus på klimatanpassningsteman: 1) översvämningar och 2) ras och skred. Det presenteras en metod för att bedöma risker med förorenade områden som sammanfaller med klimatriskområden, dvs områden som kan drabbas av översvämning, ras eller skred. I denna rapport (II) inom projektet tas åtgärder samt prioriteringar för att minska flödet i vattendragets huvudfåra upp.

Metodikens huvudsakliga målgrupp är kommunala planerare som saknar erfarenhet av GIS-analyser och bakgrund inom hydrologi och/eller föroreningar. GIS-analyser i metodiken görs därför endast med GIS-lager som kan användas i webbaserade karttjänster. Analysverktyg som endast är tillgängliga för användare med nedladdad GIS-programvara har därför inte tagits med.

Dataunderlag som listats i underlag och används i metodiken är den data som funnits tillgänglig i respektive avrinningsområde. Dessa har stämts av med projektets Länsstyrelser. Då datatillgången mellan olika kommuner och län varierar kraftigt kan det vara så att valda underlag inte finns tillgängliga för alla.

I del 5 - Beräkningar redovisas en beräkning av potentiella åtgärder uppströms effekter för delavrinningsområden/biflöden och eventuellt för huvudfåran.

## 2 Bakgrund

Framtagandet av metodiken är del av en satsning av Länsstyrelsen Stockholm och Länsstyrelsen Västmanland inom ramarna för det EU-finansierade projektet Life IP Rich waters. Som del av projektet har bland annat workshops organiserats där deltagare fått titta på data av översvämningsutbredning och förorenad mark och lära sig mer om att skapa flödesdämpande/fördröjande åtgärder som kan implementeras för att motverka översvämning.

Rapporter visar på ett behov hos kommuner att lära sig hur de ska ta fram och arbeta konkret med klimatanpassning, och med GIS-underlag och GIS-mjukvara som verktyg. (Structor, 2018). GIS erbjuder en möjlighet att titta på flera olika data samtidigt, och kan användas för att få ett helhetsgrepp om ett specifikt område. I samband med detta projekt hoppas inblandade Länsstyrelser underlätta för kommunala tjänstemän att ta sig framåt i sitt klimatanpassningsarbete.

### 3 Fördröjningsåtgärder och prioriteringar

I den här delrapporten presenteras ett antal förslag på åtgärder som kan utnyttjas för att dämpa flödestoppar i vattendrag och på så sätt minimera översvämningsrisken i önskade områden. Det finns en mängd olika åtgärder som kan göras men ingen universalåtgärd passar överallt. Förslagen har delats in i åtgärder som i första hand lämpar sig i naturmark respektive urban miljö. Det som framförallt skiljer vilka åtgärder som kan anses lämpliga är tillgången till mark. I urbana miljöer är efterfrågan på oexploaterad mark stor och de flödesdämpande åtgärderna måste därför ofta anpassas därefter och anläggas i mindre skala jämfört med de mer storskaliga åtgärderna som kan planeras in på landsbygden, i naturmark. Städer är även utsatta för skyfall och snabba regnförlopp och för dessa översvämningar har åtgärder inom städerna stor effekt. Denna rapport behandlar ej lämpligheten i själva placeringen av befintlig och tillkommande bebyggelse.

#### 3.1 Var har en åtgärd störst effekt?

I arbetet med att planera var flödesdämpande åtgärder ska vidtas är det viktigt att klarlägga var en åtgärd gör mest nytta. Alla större vattendrag matas med vattenvolymer från ett flertal mindre vattendrag, biflöden, inom samma avrinningsområde. Dessa biflöden kan för att nämna några vara bäckar, diken, mindre åar, kulvertar och ledningar. Är avrinningskapaciteten i dessa uppströms liggande biflöden god kommer de vid stora regnmängder och/eller snösmältning bidra till en kraftig flödestopp i huvudvattendraget. Det är vid dessa flödestoppar som översvämningar sker. Genom att tillämpa flödesdämpande åtgärder uppströms huvudvattendraget fås en trögare avrinning till detsamma och flödestopparna i huvudvattendraget kan utjämnas.

När man har ett identifierat problemområde för översvämningar är det därför lämpligare att undersöka vilka åtgärder som kan sättas in uppströms problemområdet, innan man tittar på lösningar direkt i det utsatta området. Frågan man bör ställa sig är således "Vad kan vi göra för att förebygga att vatten ansamlas här från första början?"

#### 3.2 Vilka faktorer ska jag tänka på när jag resonerar kring åtgärder?

En flödesdämpande åtgärds självklara huvudsyfte är alltid att just flödesdämpa. Dock kan en åtgärd i sig eller i kombination med andra teknikområden tjäna flera syften, vilket har nämnts i avsnitten ovan. När det planeras för en ny åtgärd bör därför perspektivet breddas och övriga nyttor undersökas.

När vattendrag har kulverterats, våtmarker dikats ut, grönytor omvandlats till hårdgjorda ytor osv. har viktiga ekosystemtjänster så som naturlig flödesdämpning och vattenrening gått förlorad. Flora och fauna som trivdes i dessa miljöer har försvunnit och därmed har den biologiska mångfalden i området tagit stryk. Genom att återinrätta dessa naturliga miljöer eller anlägga nya öppna hanteringsåtgärder kan det som en gång gått förlorat återfås på nytt. Genom detta skapas en heterogenitet i landskapet vilket för ett

skogsområde exempelvis kan vara gynnsamt för dess motståndskraft mot skadeinsekter, bränder och stormar. Därtill har vattenspeglar ofta en positiv effekt i rekreationssyften. Inte minst kan det naturliga koluttaget i både skogs- och jordbruksmark öka. För att maximera den ekologiska nyttan av en flödesdämpande åtgärd bör den:

- Planeras in i områden med låga naturvärden.
- Undvik områden med höga naturvärden som riskerar att gå förlorade i och med anläggandet.
- Områden med kända föroreningskällor, tätbebyggda områden, eller planlagda områden bör undvikas.
- Kontroll av marklig äganderätt måste utföras, detta är speciellt viktigt att tänka på i samband med planering av åtgärder inom båtnadsområden för markavvattning.
- Områdets biologiska, geologiska och hydrologiska förutsättningar bör undersökas vid val av placering av specifik åtgärd. Det kan till exempel finnas begränsningar i att anlägga en reningsdamm i låglänta områden med höga grundvattennivåer och låga infiltrationsmöjligheter i marken eller inom områden där det finns skyddsvärda djur- och växtarter. Våtmarker kan till exempel utgöra vandringshinder för fisk om de anläggs mitt i befintligt vattendrag. Att anlägga en åtgärd kan helt enkelt förändra de biologiska, hydrologiska och geologiska förhållandena och medföra positiva såväl som negativa effekter för både miljön och samhället.
- Det är eftersträvänsvärt att jobba med öppna lösningar då de förutom att de i regel har den bästa flödesdämpande effekten även har en positiv inverkan på ekologin i området. Med det sagt ska inte åtgärder förkastas bara för att sidoeffekterna är begränsade. Platsåtkomst etc. kan begränsa möjligheten att arbeta med öppna lösningar.
- I framförallt urbana miljöer är det viktigt att bära med sig att det är bättre att rikta fokus mot flera mindre åtgärder som verkligen blir byggda än mot en stor åtgärd som på grund av platsbrist etc. kanske aldrig blir något mer än just ett förslag på en åtgärd.

### 3.2.1 Klimatförändringar

I åtgärdsplaneringen är det viktigt att ta hänsyn till det förändrade klimat och vilken inverkan det kommer att ha på vattenföringen i våra vattendrag. SMHI har tagit fram länsvisa rapporter där framtidsklimatet beskrivs enligt RCP-scenarier. Dessa finns att hitta här:

<https://www.smhi.se/klimat/framtidens-klimat/framtidsklimat-i-sveriges-lan-enligt-rcp-scenarier-1.95384>

RCP står för Representative Concentration Pathways och är scenarier över hur växthuseffekten kommer att förstärkas i framtiden. I rapporterna undersöks

7(46)

framtidsscenarierna RCP4,5 samt RCP8,5. De beskriver den nivå av strålningsdrivning som uppnås år 2100. Strålningsdrivningen är ett mått på skillnaden i inkommande solstrålning och utgående strålning från jorden. Energin mäts i  $W/m^2$ . Korrfattat representerar RCP4,5 ett framtidsscenario där koldioxidutsläppen ökar och når sin kulmen år 2040. I RCP8,5-scenariot fortsätter utsläppen att öka ända fram till år 2100.

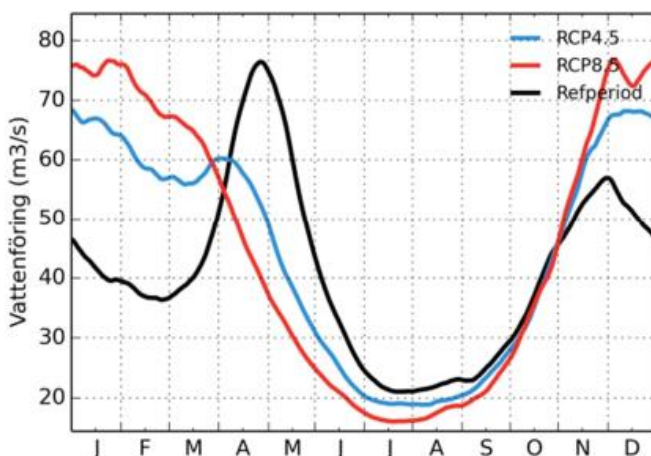
I rapporterna har regionala klimatdata tagits fram utifrån de två scenarierna. RCP8,5 visar på mer drastiska förändringar vad gäller temperaturökning och nederbörds mängder, men också RCP4,5 visar på betydande förändringar. Denna data har använts för hydrologisk modellering.

Generellt förväntas årsmedeltemperaturen öka för hela Sverige, likaså nederbörden. Medeltillrinningen förväntas också den öka i hela landet förutom i sydöstra Sverige där en minskning sker. De extrema vattenflödena i Sveriges vattendrag beräknade som 100-årsflöden beräknas öka i Södra Sveriges vattendrag medan de i norr inte visar på en lika tydlig förändring eller rent av en minskning.

Generellt förväntas högre vintertemperaturer och ökade nederbörds mängder. Detta bidrar till att en mindre mängd nederbörd lagras som snö, utan rinner istället av även under vintertid. I och med det uteblir vårfloodstopparna.

I figur 7 framgår tydligt hur tillrinningens årss dynamik kommer att förändras i framtiden.

### Arbogaåns mynning



Figur. Säsongsvariationer i vattenföring vid Arbogaåns mynning utifrån olika klimatscenarier, RCP4,5 och RCP8,5. (SMHI, 2015)

Vattenföringen ökar kraftigt under vintermånaderna och minskar något under sommarmånaderna. Den nuvarande vårfloodstoppen försvinner helt.



Ökade temperaturer leder redan nu till att permafrost i landets norra delar har börjat smälta. I marken finns mycket bundet kol och när permafrosten smälter finns risken att denna kol frigörs i form av koldioxid och metan. På så sätt skyndas uppvärmningen på ytterligare. Områden med smältande permafrost kommer troligt få en förändrad landskapsbild. När isen smälter kan markens hållfasthet sjunka och ras- och skredrisken därmed öka. Det är heller inte omöjligt att nya vattenavrinningsvägar under jorden kommer att bildas.

### 3.3 Åtgärder i naturmark

I begreppet naturmark avses i detta avsnitt oexploaterad mark – obebyggd mark. Jordbruks- och skogsbruksmark faller här under samma kategori som övriga grönytor så som ängar, naturskog etc. De föreslagna åtgärderna nedan är bara några få av många olika typer av lösningar. I rapport 2018:13 *Naturanpassade åtgärder mot översvämning – Ett verktyg för klimatanpassning*, utgiven av länsstyrelsen i Västra Götalands län finns det att läsa om flertalet ytterligare åtgärdsförslag. Det är noterbart att de flesta av förslagen till naturbaserade åtgärder fungerar klimatanpassande (minskar flöden nedströms) men att de även fungerar som en kolsänka (bygger torv och ökar kolhalten i jorden). Alltså uppnås en dubbel effekt!



#### 3.3.1 Anlägga eller restaurera våtmarker

Många svenska våtmarker har genom åren torrlagts för att ge plats åt jord- och skogsbruk. Genom att antingen återskapa en tidigare våtmark eller anlägga en helt ny sådan skapar man en dämning av flödet vid skyfall och snösmältning. Våtmarken fungerar som ett magasin för ytvatten som fångas upp i våtmarken innan det succesivt släpps vidare nedströms. Således bidrar våtmarken till en minskad flödestopp i

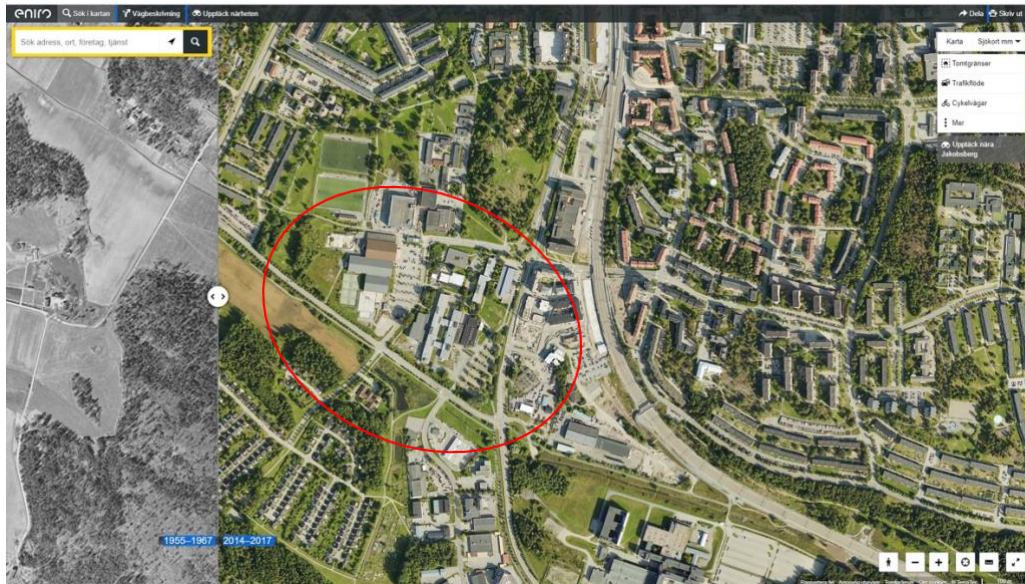
9(46)

nedströms liggande vattendrag. En utdikad våtmark läcker koldioxid pga kontakten med syre, medan en återskapad bygger torv, upp till 1mm/år vilket betyder kring 1 ton koldioxid per hektar och år. (Källa: <https://www.naturvardsverket.se/upload/sa-mar-miljon/vatten/vatmark/6-minskad-klimatpaverkan.pdf>)

Det finns historiska flygfoton, till exempel på *Eniro.se* (se figur 1-2, Eniro visar dock mestadels numera urbana områden), som kan användas för att visa var det en gång har funnits våtmarker eller utdikade våtmarker. Dessa platser kan ofta relativt enkelt återskapas till våtmarker genom att sätta igen ett avvattnande dike – en enkel och billig åtgärd för att hålla kvar vatten i landskapet. Dock kan återskapandet komma i konflikt med pågående markanvändning, mer om detta under nästkommande åtgärdsrubrik, *Igensättning av diken i skogs- och jordbruksmark*.



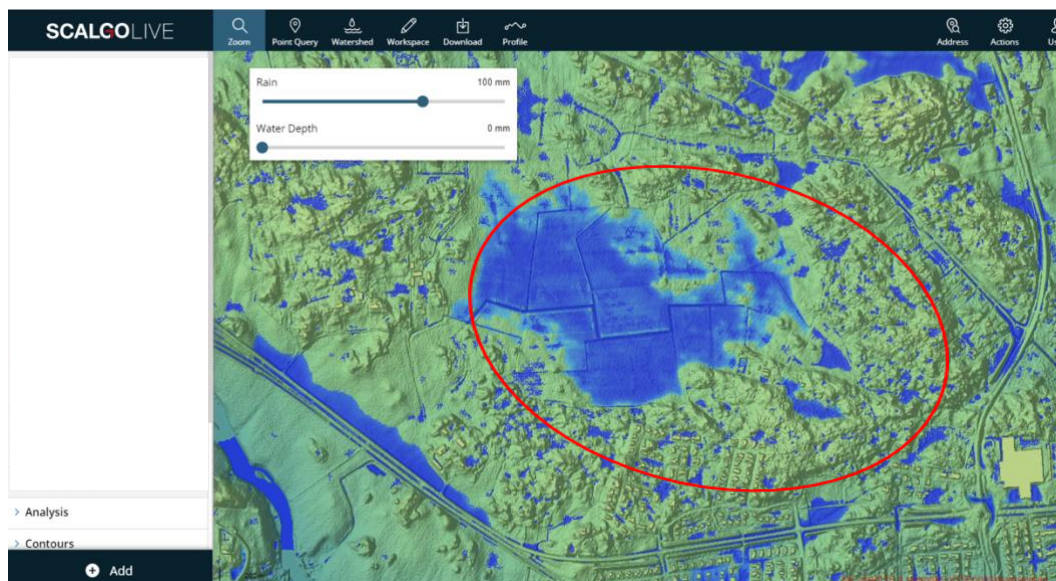
*Figur 1. Historiska flygfoton kan som komplement till länsstyrelsens GIS-underlag - båtnadsområden och tidigare markavvattningsföretag - användas för att spåra tidigare våtmarker eller utdikade områden (diken syns tydligt som streck inringade med rött i den historiska delen) som fyllts ut och bebyggt. Här hur det såg ut tidigare, från Järfälla inom Bällstaåns avrinningsområde. (Eniro.se)*



Figur 2. Historiska flygfoton kan användas för att spåra tidigare våtmarker eller utdikade områden (inringad med rött) som fyllts ut och bebyggts. Här hur det ser ut idag, från Järfälla inom Bällstaåns avrinningsområde. (Eniro.se)

Våtmarkens vattenlagrande kapacitet beror förutom på storlek bland annat även på vegetationstyp och markfuktighet. Sådana faktorer är enklare att styra när en helt ny våtmark anläggs. Enkelt uttryckt kan man säga att man vid anläggandet av en ny våtmark har möjlighet att utforma våtmarken för att uppfylla dess önskade funktionalitet i fråga om placering av grundzoner och djupzoner, uppdämningsförmåga etc. Vid restaurering av en våtmark kan man nöja sig med att förhindra dräneringen från platsen och låta naturen själv återskapa den tidigare våtmarken. Alternativt kan man självklart hjälpa naturen på traven genom att i restaureringen förstärka den tidigare våtmarkens egenskaper för att bättre tjäna dess tänkta syfte (fördröjning, rening). Således kan en "ny" våtmark med fördel anläggas på samma plats som en nu torrlagd våtmark en gång har legat.

En våtmark bedöms kunna magasinera 150 – 900 liter vatten per m<sup>2</sup>. För att maximera den kvarhållande funktionen bör våtmarken lokaliseras till ett flackt område där vatten vid höglöden tillåts att spridas över en större areal innan den dämmande vallen överskrids. Är våtmarken omgiven av branta kanter finns inte en lika stor buffertzona för vattnet att spridas på och den dämmande vallen kommer överskridas snabbare. Våtmarken måste vidare vara utformad på ett sådant vis att dess fyllnadsgrad vid normalflöden tillåter att ytterligare volym kan fyllas på innan den är full för att flödesutjämnningen vid höglöden ska bli betydande.



Figur 3. Bild från SCALGO Live som exemplifierar ett område där vattnet har en stor flack yta att fördela sig på vid stora regnmängder. Här från Godby inom Arbogaåns avrinningsområde. (SCALGO Live)

Förutom den flödesdämpande förmågan har en våtmark både en vattenrenande och ekologisk effekt. Det är främst tre reningsprocesser som äger rum i en våtmark – denitrifikation, näringsupptag i växter och djur samt sedimentation. För att optimera den renande effekten bör våtmarker anläggas nedströms näringsrika jordar, exempelvis åkrar. Våtmarker är även en utmärkt kolsänka som effektivt kan binda koldioxid ur luften genom uppbyggnad av torv.

En våtmark innebär i regel förhöjda vattentemperaturer och syrefattigt vatten. En våtmark som anläggs i direkt anslutning till ett befintligt vattendrag kommer dessutom bromsa upp vattenflödet och kan därigenom utgöra ett vandringshinder för en del arter. Undvik därför att skära av befintliga, naturliga vattendrag för att anlägga våtmarker. Hit räknas inte anlagda diken.

### 3.3.2 Igensättning av diken i skogs- och jordbruksmark

Sveriges yta består till ca 60 % av produktiv skogsmark. Svenska skogsmarker har under framförallt 1900-talet dikats ut för att permanent sänka grundvattenytan i syfte att skapa gynnsamma miljöer för önskade trädslag och därmed öka tillväxten. I processen har många våtmarker torrlagts. Siffror pekar på att omkring 1,0 till 1,5 miljoner ha skogsmark någon gång har dikats ut i Sverige. Det motsvarar ca 4-6 % av den produktiva skogsmarken. Av den dikade marken bedöms 300 000 ha, motsvarande 20-30 %, ha dikats in onödan på så sätt att effekten på skogstillväxten har varit obetydlig.

Dikning av skogsmark brukar generellt delas upp i tre olika typer. Det handlar om:

- Markavvattning
  - Traditionell dikning med syftet att permanent dränera önskat område genom en sänkning av grundvattennivån. Ett generellt förbud mot markavvattning av nya skogsmarker råder i stora delar av södra och mellersta Sverige. För att få utföra markavvattning krävs alltid tillstånd från länsstyrelsen.
- Skyddsdikning
  - Avser tillfälliga, grunda och flacka diken som hanterar överskottsvatten som kan uppkomma efter en föryngringsavverkning. Dessa diken rensas ej och skall lämnas att växa igen.
- Dikesrensning
  - Avser rensning av diken från växter, bråte och sediment samt restaurering av dikeskanter och slänter.

De permanenta diken som har anlagts med ändamålet att avvattna ett område möjliggör en snabb avrinning genom skogen som annars har en god fördröjande förmåga. Vid kraftiga nederbördstillfällen och i samband med snösmältning bidrar dessa diken till större flöden i de vattendrag de ansluter till och bidrar på så sätt till en större risk för översvämning i nedströms liggande områden.

Ett flertal diken har en begränsad eller ingen inverkan på skogsproduktionen. För att öka fördröjningen i skogen kan det därför vara intressant att sätta igen dessa diken, antingen aktivt eller genom att låta det växa igen genom att avstå ifrån dikesrensning. Ett igensatt dike kommer bidra till en lokalt höjd grundvattennivå vilket avspeglas i det kvarvarande diket som riskerar att stå nästintill fullt när ett större regn inträffar. Den fördröjande åtgärden som en igensättning av ett dike i skogsmark innebär bedöms därför ha störst flödesdämpande effekt i samband med regn efter torrperiod. De stora vinsterna med ett igensatt dike är istället främst ekologiska. Nya fuktiga miljöer och våtmarker uppstår och en mer heterogen skog skapas vilket gynnar den biologiska mångfalden. Vissa trädslag klarar sig bättre i fuktiga marker än andra. Generellt kan sägas att lövträd trivs bättre där det är fuktigt än vad barrträd gör, även om trivselgraden lövträd emellan varierar kraftigt.

Det är dock viktigt att komma ihåg att ett igensatt dike kan få konsekvenser på uppströms liggande områden. Därför bör markägare med ägor i anslutning till ett dike som planeras att sättas igen tas med i diskussionerna. Det bör även tas i beaktning att en höjning av grundvattennivån bidrar till yttligare rötter vilket minskar trädens motståndskraft mot kraftiga vindbyar och stormar.

Marker har i hög grad även dikats ut i syfte att skapa och gynna jordbruksmark, varför åtgärder i dessa diken också är intressant i ett flödesdämpande syfte. Ett dike behöver nödvändigtvis inte sättas igen helt och hållet. Det finns enkla lösningar där dikets

13(46)

tvärsektions övre del sätts igen med plank och låter normalflöden passera under plankorna. Vid skyfall ger plankorna en magasineringseffekt och ökar därmed diket omsättningstid. Detta kan leda till att intilliggande mark drabbas av temporära översvämningar som rinner undan efter skyfallet avtagit i takt med att diket töms. Många grödor tar inte skada av en tillfälligt vattenmättad jord.

### 3.3.3 Restaurering av flodplan

Att restaurera ett flodplan är ett stort ingrepp med en relativt hög anläggningskostnad. Dock kan man räkna med att kostnaden per kubikmeter magasinerat vatten kan bli lägre än för många mindre flödesdämpande åtgärder. Potentialen att minska översvämningensrisken är stor.

Åtgärden går ut på att låta vattendraget återfå kontakt med sitt så kallad flodplan. Ett flodplan är en låglänt större yta intill en flodfåra som upprepat översvämmas vid höga flöden. Den ömsom torra ömsom våta marken ger upphov till ett speciellt ekosystem med en ofta stor artrikedom. Det är inte ovanligt att större vattendrag har invallats och/eller stenskotts där flodplan naturligt har funnits i syfte att underlätta frakt av människor och gods vattenvägen. Tjänar dessa avskiljare ingen nytta idag och områden i anslutning till dem kan tillåtas översvämmas bör det övervägas som en flödesdämpande åtgärd för att avlasta flödet i vattendraget och minska översvämningensrisken längre nedströms.

Vid större åtgärder som dessa måste hänsyn tas till att hela landskapet påverkas. Naturvärden ökar troligen i och med restaureringen, men kulturvärden kan gå förlorade. Finns det vattenkraftverk uppströms flodplanet måste sannolikt detta anpassa sitt flöde förbi turbinerna i och med att restaureringen inbegriper ett helt hydrologiskt system.

## 3.4 Åtgärder i urbana miljöer

I urbana miljöer är ofta utrymmet att genomföra större åtgärder begränsat sett till tät bebyggelse och många intressenter. Genom att kombinera flera olika nyttor kan man dock "frigöra" mer yta. Parkmark är ett utmärkt exempel på en markanvändning där rekreation, lek, estetik, biologisk mångfald och skyfalls-/dagvattenhantering kan samsas om samma yta och även utveckla varandra. Nedan presenteras ett antal flödesdämpande åtgärder som lämpar sig bra i den urbana miljön.

### 3.4.1 Öppna upp kulvertar

I urbana miljöer har bäcken blivit alltmer kulverterad under de senaste åren för att kunna utnyttja marken. Det gjorde att många naturstråk försvann från stadsmiljön. Kulvertering av vattendrag och hårdgörning av mark leder till ökat vattenflöde med mindre flödeskapacitet samt en minskning av den biologiska mångfalden och estetiska värden. Detta leder till en ökad risk för översvämningar längs hela sträckan och även upp- och nedströms. För att minska risken för översvämningar i urbana miljöer behöver kulverterade vattendrag öppnas upp för att återskapa plats för vatten i urbana miljöer.

Genom att återskapa meander i raka vattendrag kan vattnets eroderande kraft utspridas på en längre sträcka och därmed sänka hastigheten.



Figur 4. Exempel på en bäck i stadsmiljö.

### 3.4.2 Fördröjningsmagasin

Fördröjningsmagasin används för att minska vattenflöden så att man slipper översvämningar när det regnar kraftigt. Fördröjningsmagasin kan vara underjordiska eller i marknivå och används mest i urbana miljöer. Magasinen kan placeras under parkeringsytor eller grönytor och är därmed ett bra alternativ där det inte finns tillräckligt med plats på markytan för dammar, svackor och obebyggda flacka områden. Det finns flera olika typer av fördröjningsmagasin som är anpassade för olika förhållanden beroende på placeringen. Det bör också beaktas att magasinen i vissa fall behöver dimensioneras för att tåla last, från till exempel byggnader eller trafik. Täta magasin behöver även tåla lyftkrafter. Beroende på de lokala förutsättningarna som till exempel jordart, grundvattennivån eller föroreningshalter kan underjordiska magasin vara täta eller otäta.

Till exempel finns det kassetmagasin som har en hög porositet på cirka 90 %. Kassetmagasin tillverkas ofta av PE-plast och är därmed billigare att framställa än andra fördröjningsmagasin som är gjorda av betong eller liknande. Dessa magasin används ofta som en typ av infiltrationssystem och är vanligtvis otäta.

Rörmagasin har en porositet på 100% och är tillverkat av betong eller plast. Rörmagasin används som en tät lösning inom områden där vatten inte ska infiltrera till grundvattnet. I

vissa fall behöver denna typ av fördröjningsmagasin förankring av någon form för att motverka uppflyttningsproblematiken.

Makadammagasin har en mindre porositet på 30 %, men fördelen med denna typ av fördröjningsmagasin är att vattnet renas något samtidigt som det fördröjs. Reningen av vattnet sker genom att suspenderat material sedimenterar i magasinet.

Makadammagasin har ofta en tät botten och bör utrustas med ett sandfång eller ett filter vid inloppet för att undvika igensättning. Makadammagasin kan utrustas med en bräddfunktion som minskar risken för utspolning vid stora inloppsflöden.

Anläggningskostnader för denna typ av fördröjningsmagasin är relativt höga och underhållet är kostsamt om vattnet innehåller sediment.

Principen för de flesta magasinerna är densamma. Inloppet till magasinet har ett flödesstopp eller brädd för att reglera vattenflöden till magasinet och är dessutom utrustat med ett sandfång för att undvika att större partiklar och skräp hamnar i magasinet.

Magasinet töms oftast med ledning med vattengång i botten och där sätts en flödesregulator för att vatten skall fördröjas och inte rinna rakt igenom. Magasin under mark behöver regelbunden rensning av sandfånget samt skötsel av filter på utloppssidan där sådana finns. Dessutom behöver magasinet tömmas regelbundet. Nackdelen med fördröjningsmagasin är att de är relativt dyra att anlägga och underhålla. Jämfört med andra dagvattenlösningar på markytan bidrar underjordiska magasin inte med grönska i stadsmiljön (för mer information se Stockholms stads Riktlinjer för Parkeringsytor, 2016).

### 3.4.3 Blå-gröna lösningar

LOD eller lokalt omhändertagande av dagvatten innebär att man tar hand om mindre vattenmängder på plats och utspritt. Detta sker oftast i urbana miljöer och i form av växtbäddar, skelettjordar, gröna tak, svackdiken, makadamstråk eller dammar. Att rena och fördröja vatten lokalt minskar översvämningsrisken nedströms samtidigt som det bidrar till en förbättrad vattenkvalitet och en grönare stadsmiljö. Att anlägga dagvattenlösningar måste inte vara komplext eller kostsamt. Enkla lösningar i urbana miljöer sker såväl i planering av nybyggnation såsom restaurering av befintliga bostadsområden. Istället för asfalterade ytor kan genomsläpplig beläggning väljas att anläggas och därmed bidra till en förorenings- och flödesreduktion. Innergårdar kan utrustas med växtlighet samt lokala nedsänkningar för att samla upp vatten lokalt.





*Figur 5. Exempel på en damm i Norra Frösunda, Solna. (foto: Sweco)*



*Figur 6. Exempel på en nedsänkt växtbädd i Norra Djurgårdsstaden, Stockholm. (foto: Sweco)*



Figur 6b. Exempel på genomsläpplig beläggning och svackdike med rosplantering på parkeringsplats i Koblenz, Tyskland (foto: Sweco)

## 4 Exempel

I detta avsnitt presenteras några exempel på hur man kan använda sig av GIS-programvara och grundläggande GIS-data för att bilda sig en uppfattning om var åtgärder kan vara lämpliga samt vilken effekt de kan tänkas ha sett till flödesutjämning.

Det finns ett antal programvaror som med utgångspunkt i GIS-data har utvecklats speciellt för åskådliggörande av översvämningar. I avsnittet finns en del exempel som har utförts i en sådan programvara, i det här fallet SCALGO Live.

### 4.1 Exempel Arbogaån

#### Steg 1: Var har en åtgärd störst effekt?

För att i GIS-verktyget analysera vilka flödesdämpande åtgärder som kan vara användbara inom Arbogaåns avrinningsområde undersöks inledningsvis översvämningsskarteringen för att avgöra var översvämningar uppkommer.

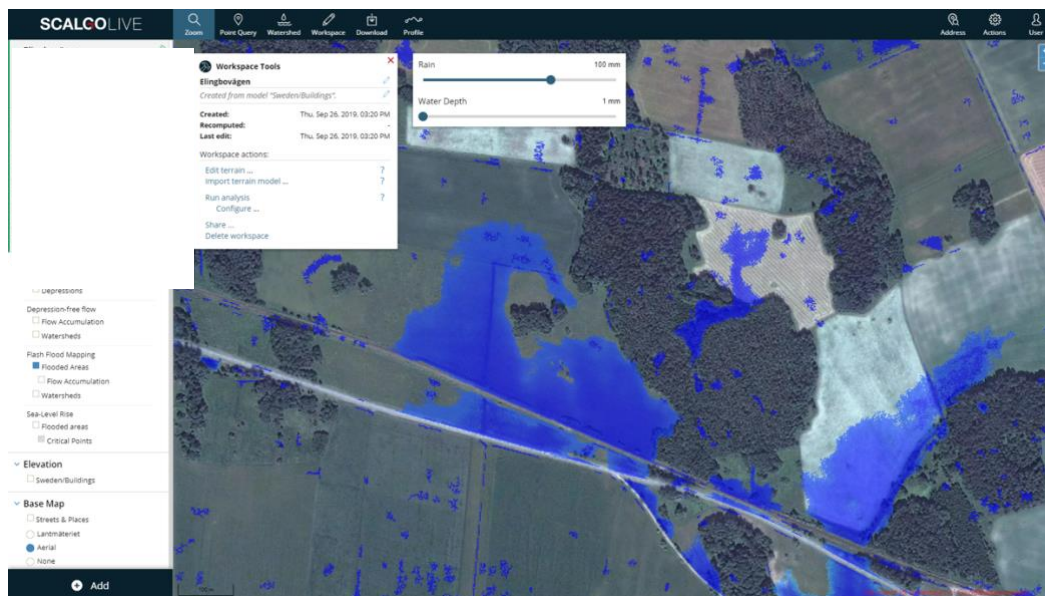
1. Lägg översvämningsskarteringen ovanpå marktäckedata för att kunna avgöra var översvämningar potentiellt kan göra mest skada, sett till både materiella skador och hälsorisker. En översvämning i en tätort gör t.ex. mer skada än en översvämning på en åker.

Som nämnts tidigare bör åtgärder först och främst planeras uppströms ett översvämmat område i förebyggande syfte. Arbogaåns avrinningsområde är stort och det kommer krävas ett flertal åtgärder för att få en märkbar flödesdämpning i huvudfåran.

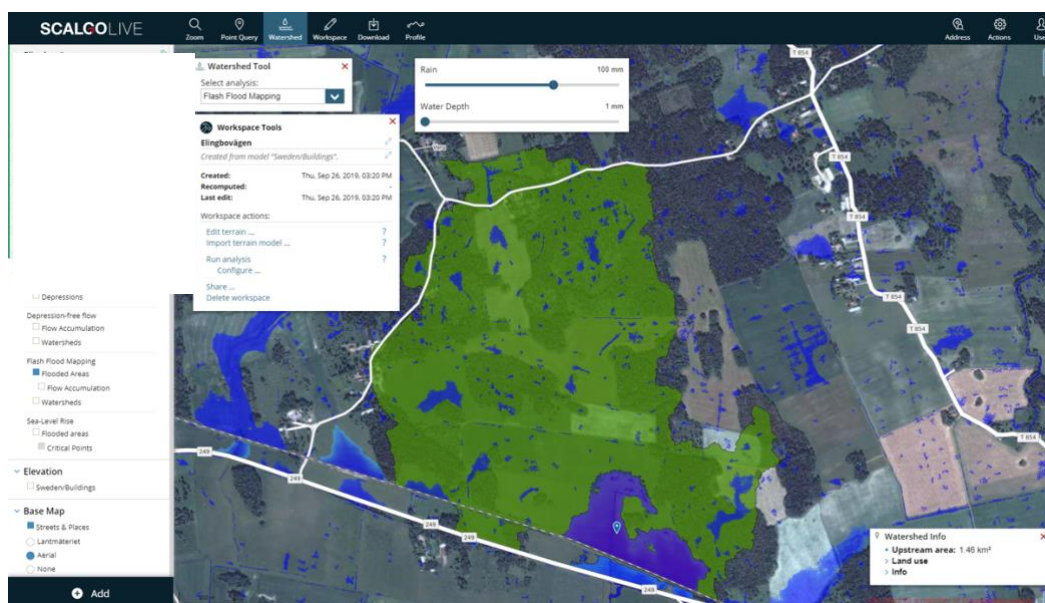
### **Steg 2: Hitta en lämplig plats med de bästa förutsättningarna**

Marktäckedata i direkt anslutning till Arbogaåns huvudfåra indikerar att den framförallt omges av jordbruksmark. Om vi istället tittar på avrinningsområdet i stort består det dock till stora delar av skogsmark. Även om en översvämning på en åker inte nödvändigtvis behöver vara ett stort problem bör i alla fall flödesdämpande åtgärder som innebär en permanent förändring av markanvändningen riktas någon annanstans. Läger man till GIS-underlaget med bätnadsområden för markavvattning samt underlaget för diken och vallar i kartan får man även en uppfattning om hur stor del av åkermarken inom området som har uppkommit genom att markerna nära huvudfåran har dränerats. Att göra permanent anspråk på sådan mark är svårt rent juridiskt och ofta inte önskvärt sett till dess viktiga funktion som spannmålsproducent. Åtgärder som skulle kunna innebära temporära översvämningar av åkermark kan vara enklare att få till stånd, men måste diskuteras med markägaren.

I figur 8–9 presenteras ett åkermarksområde öster om Fellingsbro, inom Arbogaåns avrinningsområde. Området har lokaliserats som en flack, lågbelägen yta och med hjälp av SCALGO Live har den potentiella översvämningssituationen kartlagts samt ett delavrinningsområde bestämts. Flacka och låglänta områden utnyttjas inte sällan som jordbruksmark. Observera att många väg- och järnvägstrummor saknas i den höjddata (från Lantmäteriet) som utnyttjas i programmet, varför vissa ytor kan framstå som översvämmade även fastän så inte är fallet. I det här exemplet där både en järnväg och en bilväg tycks dämna upp vatten påvisar dock avsaknaden av trummor i höjddata hur översvämningssituationen hade sett ut ifall de avvattnande trummorna inte hade funnits. En brist i programmet blir därmed en tillgång! I det här fallet är det även viktigt att göra en bedömning av erosionsrisker och markstabilitet då trummor under vägar och järnvägar stryps.



Figur 8. Utdikad jordbruksmark öster om Fellingsbro. Blåa områden indikerar ytor som skulle kunna översvämmas för att skydda mot översvämningar i Arbogaån. (SCALGO Live)



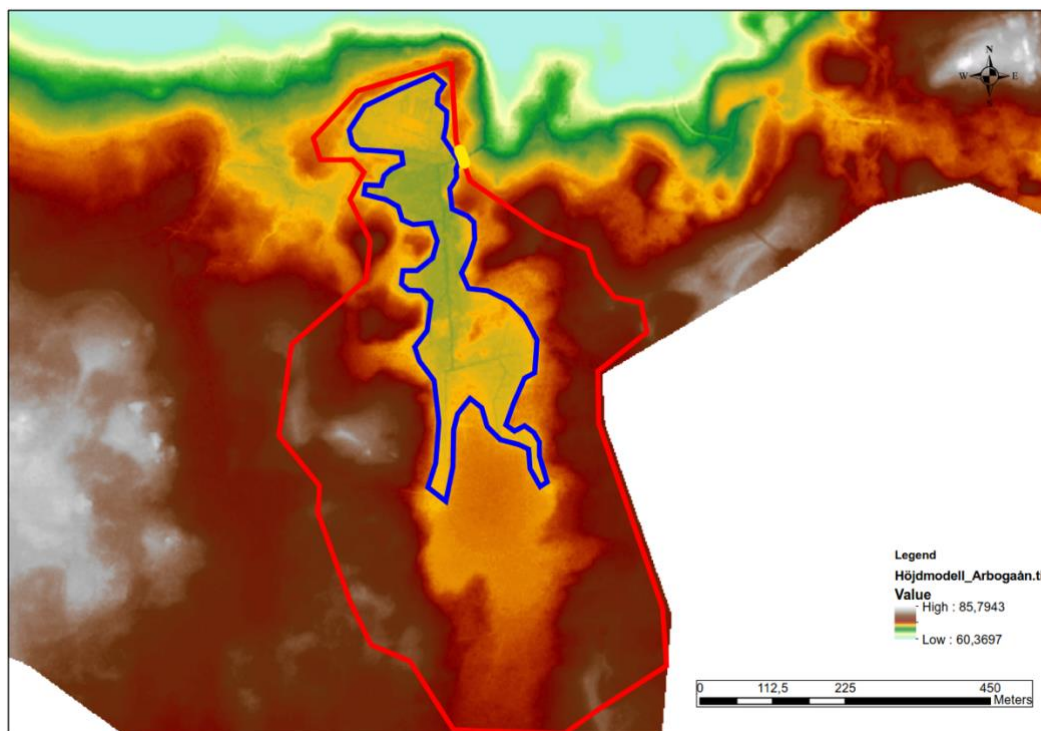
Figur 9. Avrinningsområde (grönt) för det tilltänkta åtgärdsområdet, framtaget av SCALGO Live utifrån höjddata. (SCALGO Live)

Som nämnts ovan bör även andra markanvändningar än jordbruksmark undersökas. Fokus skiftas nu istället till skogsmark. Den svenska skogsmarken är kraftigt utdikad.

Dessa diken har inte sällan grävts utan tillstånd och är därför inte lika krångliga att planera åtgärder i som det kan vara i jordbruksmark. Ett problem med att de grävts utan tillstånd är dock att de inte finns dokumenterade i GIS-underlagen för diken. Dock kan man utnyttja höjddata för att hitta dessa diken, förutsatt att upplösningen på denna höjddata är tillräckligt hög. Genom att scanna av höjddata i de områden som är flacka och skogsbeklädda bör ett antal diken med en skarp och rak karaktär framgå. Diken med sådan karaktär är ofta anlagda. Naturliga diken har en mer meandrande utformning.

Dikets avrinningsområde spelar roll för hur stor flödesdämpande potential en åtgärd i diket har. Rikta därför åtgärder i första hand mot diken med relativt stora avrinningsområden. Avrinningsområdets storlek kan grovt bestämmas utifrån höjdryggar i höjddata. SCALGO Live kan användas för att översiktligt scanna och välja ut lovande områden och dämmen kan läggas in och översvämningar simuleras.

Även vanliga GIS såsom ArcGIS och QGIS kan användas och i figur 10 presenteras ett i GIS identifierat område med anlagda skogsdiken. Dikessystemet är skarpkantat och framgår tydligt i "dalgången". Ett ungefärligt avrinningsområde (röd linje) har tagits ut endast genom att studera höjddata. Området mäts i GIS-verktyget till ca 38 ha. Vid ett kraftigt skyfall med regnmängden 100 mm innebär det grovt räknat att 38 000 m<sup>3</sup> vatten ansamlas inom området. Hur mycket som avrinner beror av markytans egenskaper. För skogsmark används generellt en avrinningskoefficient (ett mått på hur stor andel av nederbörden som avrinner från ytan) på 0,1 vid dimensionerande, kortvariga regn. Vid kraftigare skyfall förväntas dock denna koefficient öka något och vid långa, mindre intensiva regn (dagar, veckor) rinner i princip allt regn som inte avdunstar och tas upp av växtligheten av via grundvattenströmning. Dessa mindre intensiva regn är inte den typ av regn som åtgärderna i det här exemplet syftar till att dämna upp. För skogsmark kan vi i det här fallet anta en avrinningskoefficient på 0,15 vid intensiva skyfall. Det innebär att endast 15 % av de 38 000 m<sup>3</sup> vatten som faller över området bidrar till avrinningen. Det vill säga 5700 m<sup>3</sup>.



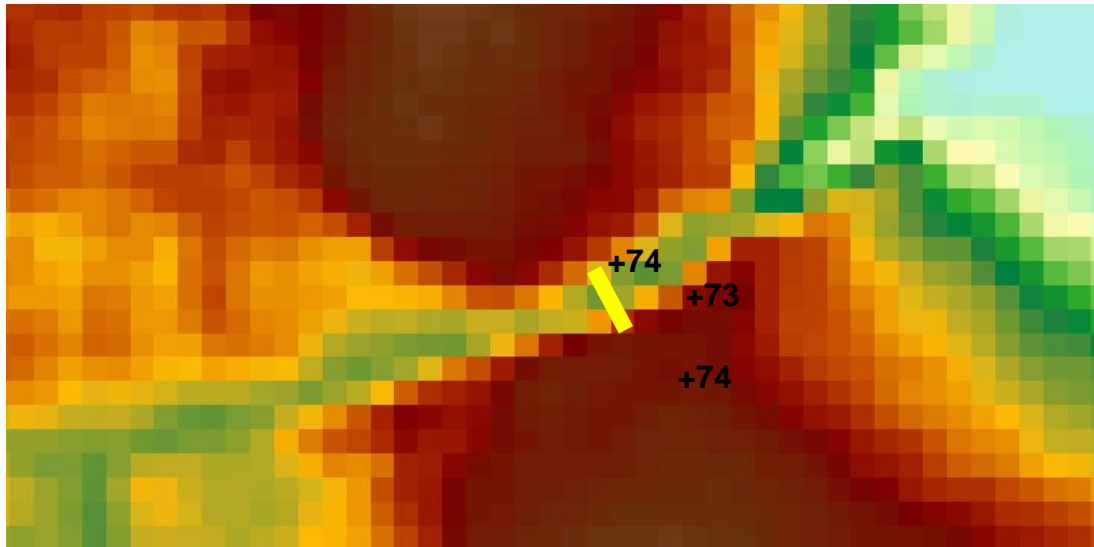
Figur 10. Identifierat anlagt skogsdike med sin skarpkantade struktur. Röd linje visar på uppskattat avrinningsområde, blå linje på uppskattad våtmarksyta och gult streck symboliserar igensättning av diket.

### Steg 3: Välj en typ av åtgärd

I det här fallet där ett område med ett dikessystem har identifierats kan valet göras att sätta igen diket helt och på så sätt dämna upp en yta motsvarande dämningshöjden på proppen i dikesmynningen. I det här fallet har diket dämmts upp/"proppats" vid det gula, tjocka strecket i figur 1. Dämningshöjden styr hur stor yta uppströms proppen som har potential att däckas upp och bilda en våtmark. Blå linje i figur 10 symboliserar en potentiell våtmarksyta vid en dämningshöjd på ca 1 m vid proppen. I det här exemplet innebär det en marknivå på ca +74,00. Ytan har tagits ut endast med hjälp av tillgänglig höjddata. Ytan har en area på ca 8 ha. Givet våtmarkens magasineringkapacitet mellan 0,15-0,9 m<sup>3</sup> vatten per m<sup>2</sup> våtmark ger det en potentiell magasineringvolym mellan 12 000 m<sup>3</sup> och 72 000 m<sup>3</sup> vatten. Magasineringkapaciteten beror på flertalet faktorer, så som växtlighet, djup, lutning etc. Genom att skapa en våtmark i det här området finns det med andra ord en teoretisk potential att med god marginal fördröja allt regn som faller inom diket delavrinningsområde vid en regnmängd på 100 mm. Dämningshöjden kan till och med sänkas något och den potentiella våtmarksarean därmed krympas.

Ett alternativ är att endast sätta igen diket delvis. Genom att sätta flera dämmen som tillåter grundflödet att passera under skapar man vid högflöden en fördröjd avledning i

diket och eventuellt endast en tillfällig översvämning av omgivande mark. Dikesvolymen kan ses som ett fördröjningsmagasin. Den sammanlagda längden på alla ingående diken i dikessystemet har i GIS-verktyget uppmätts till ca 1055 m. Tvärsnittsarean har utifrån höjddata grovt uppskattats till ca 3 m<sup>2</sup>. Detta utifrån att den övre dikesbredden mäts till ca 6 m, dikesbotten uppskattas till 2 m och släntlutningen till 1:1. Detta ger en total magasinierande volym på 3165 m<sup>3</sup> för hela dikessystemet.



Figur 11. Exempel var ett av dikesdämnena skulle kunna sättas samt omgivande markhöjder. Dikesbredden (gult streck) kan mätas med mätverktyg i GIS eller beräknas utifrån antalet pixlar. I markhöjddata som används här är varje pixel 2x2 m.

Vilken inverkan en den magasinierade vattenvolymen har i nedströms liggande Arbogaån kan vara svårt att greppa. Medelvattenföringen i åns utlopp i Kungsör ligger på 44 m<sup>3</sup>/s. Lyckas man med att fördröja 5700 m<sup>3</sup> vatten inom detta lilla delavrinningsområde har man fördröjt motsvarigheten till den vattenvolym som i normalfallet forsar ut i Mälaren från Arbogaån under drygt 2 minuter ( $5700 \text{ m}^3 / 44 \text{ m}^3/\text{s} = 130 \text{ s} = 2 \text{ min } 10 \text{ s}$ ). För att få en rimlig bedömning av åtgärdens inverkan och en dynamisk bild av densamma rekommenderas att modellsimulationer körs med flera åtgärder inlagda. Sett till hela åns avrinningsområde är bidraget från detta enskilda dike nästan obetydligt. Det krävs med andra ord flertalet liknande åtgärder för att en betydande flödesdämpande effekt ska uppnås. I Kapitel 5 görs en mer övergripande ansats till statisk beräkning.

## 4.2 Exempel Bällstaån

Att lösa översvämningssproblematiken i urbana miljöer genom att kanalisera och installera vallar och murar som skydd mot vattnet kan ge negativa effekter och medför oftast att översvämningssproblematiken flyttas till ett annat ställe som ligger nedströms. Naturanpassade och innovativa åtgärder däremot har flera positiva effekter för både

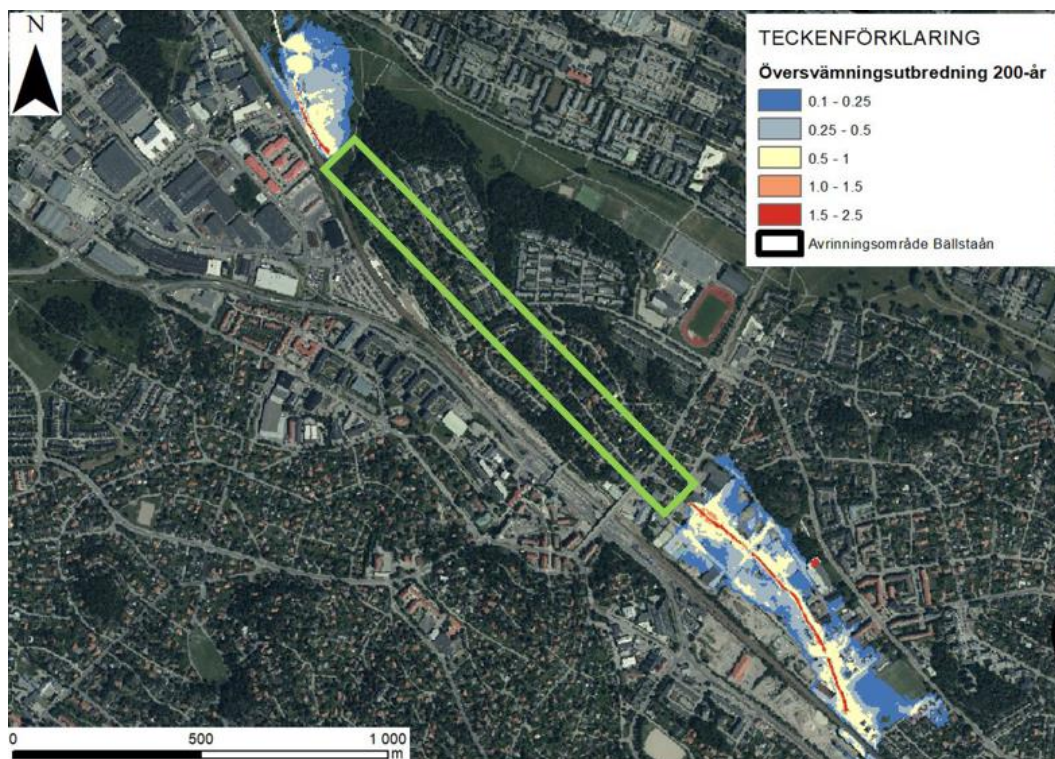
minskning av vattenvolymen och för miljön. Dels magasineras vattnet bättre på detta sätt vilket gör att risken för översvämningar sjunker och dels bidrar naturanpassade åtgärder till grönare stadsmiljöer och ger ett mervärde för staden. Nackdelen med naturanpassade åtgärder är att de oftast behöver relativt stora utrymmen i en miljö där mark är en bristvara. Det är enklare att skapa dessa lösningar vid nybyggnation än i befintlig bebyggelse. För att minska översvämningsrisken i urbana miljöer är det viktigt att skapa flera mindre åtgärder längs vattendraget dit vattnet kan samlas och fördröjas istället för att hitta en stor yta som tillämpar sig för en större åtgärd. Detta för att stora delar av vattendrag i urbana miljöer oftast är kuverterade vilket gör att vatten stoppas upp precis där kulverten börjar. I Figuren nedan syns ett utsnitt på Bällstaån som är kuverterad (grön polygon). Innan och efter kulverteringen finns det stor risk för översvämningar enligt översvämningskartering från MSB vid ett 200-års event. Kulverteringen gör att vattendraget har fått mindre plats och en kortare delsträcka. Detta leder till högre vattenhastighet och högre risk för översvämningar. Dessutom har det tillkommit en hel del byggnation längs vattendraget som står i risk för vattenskador.

#### 4.2.1 Storskaliga åtgärder

##### Steg 1: Var har en åtgärd störst effekt?

En åtgärd har störst förebyggande effekt uppströms det område där risk för översvämningar finns idag. Hög efterfrågan på mark kan dock leda till att möjligheten till sådana åtgärder är begränsad. Den största direktverkande effekten kan då ofta uppnås med åtgärder just där översvämningen äger rum, förutsatt att bra förutsättningar till fördröjning finns där. På så sätt kan man uppnå en kontrollerad översvämning. Dessa översvämmade områden kan identifieras via GIS-lagret som visar översvämningsutbredning för ett (i det här fallet) 200-års event från MSB. I urbana miljöer förekommer dessa områden oftast i anslutning till kuverterade sträckor.



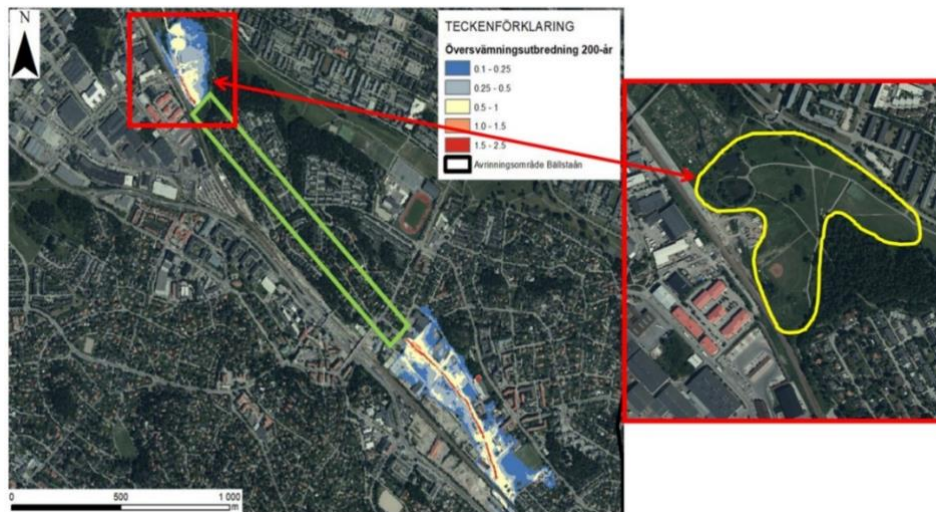


Figur 12. Kulverterad sträcka av Ballstaån är markerad med en grön polygon. Det finns risk för översvämnings innan och efter denna sträckning (efter pga att den är kulverterad även nedströms).

Tips: Kulvertar syns tydligt på flygbilder där vattendraget inte är synligt på markytan, på samlingskartor där det syns dagvattenledningar (Ledningskollen.se) och vid användandet av Eniros historiska kartor där igenlagda "krondiken" tydligt framgår.

## Steg 2: Hitta en lämplig plats med de bästa förutsättningarna

För att klara av att fördröja stora mängder vatten krävs tillräcklig med plats. Storleken av arean är beroende på åtgärd och önskad vattenvolym som ska magasineras. Det får inte finnas kända föroreningar i närheten eller samhällsviktiga byggnader.



Figur 13. Exempel på en tillämplig plats (gul polygon) för en åtgärd nära vattendraget.

- Det rekommenderas att titta på höjdförhållanden omkring den utvalda ytan.
- Ytan ligger i bästa fall nära vattendraget och är fri från byggnader, till exempel en grönyta.
- Ytan skall helst ligga lägre än omgivande mark för att undvika att vattnet riskerar att rinna in mot bebyggelsen.
- Grundvattennivån rekommenderas att undersökas innan en åtgärd planeras för att förhindra bottenuppträckning och skapandet av en grundvattensjö utan någon större magasineringkapacitet.

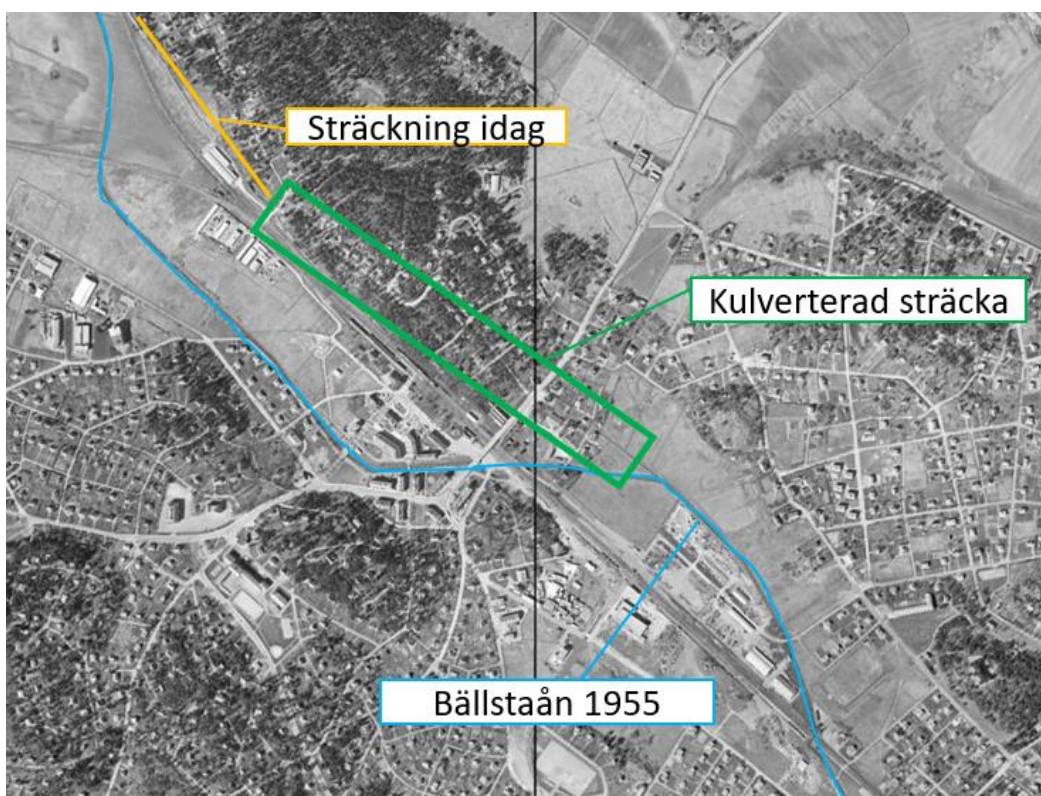


Figur 14. Exempel på en tillämplig plats (gul polygon) för en åtgärd nära vattendraget med kontroll av höjdförhållanden.

### Steg 3: Välj en typ av åtgärd

Åtgärder som är lämpliga att utföra är översvämningssytor, dammar och multifunktionella ytor som kan magasinera stora mängder av vatten över en kort eller längre period. Åtgärder där vatten förväntas att stanna under kortare perioder är multifunktionella ytor och torra dammar så som översvämningssytor. Dessa åtgärder behöver ett utlopp där vatten kan tappas av gradvis. Dammar däremot håller vatten året runt och har även en bättre reningsförmåga.

Tips: Ett annat alternativt kan vara att öppna upp kulvertar och återskapa den naturliga sträckningen av vattendraget.



Figur 15. Bällstaån runt 1955 utan kulvert. Idag är vattendraget kulverterat och kortare än förr i tiden. Detta höjer översvämningssrisken. (Eniro.se)

#### 4.2.2 Blå-gröna strukturer

Orsaken till översvämningar i urbana miljöer är att vattendraget inte har tillräckligt med plats att breda ut sig på vid extrema flöden. Att skapa plats i urbana miljöer kan vara en utmaning och därför är det viktigt att samtidigt tänka småskaligt. Blå-gröna strukturer i form av växtbäddar, dammar, skelettjordar, genomsläpplig beläggning, trädgårdar eller gröna tak kan samla upp vatten innan det släpps till vattendraget och sänker därmed översvämningens risk nedströms. Blå-gröna strukturer kan vara enkla och kostnadseffektiva lösningar som kan inkluderas på all kvartersmark såväl som allmän platsmark över hela staden. Lämpliga ytor för fördröjningsmagasin hittas framförallt under parkeringsytor eller parkeringshus. Däremot är det extra viktigt att inkludera dessa ytor inom områden med större risk för översvämningar. Det är vid nyexploatering den största potentialen finns eftersom markanvändningen skall förändras och pengar investeras.

##### **Steg 1: Identifiera områden som står i risk för översvämningar**

GIS-lagret från MSB visar översvämningens utbredning av Bällstaån för en översvämning med en återkomsttid på 200-år.

##### **Steg 2: Inkludera blå-gröna strukturer i den urbana miljön och var stadsutvecklingsprojekt planeras**

Fördröjningsmagasin: Kolla på en flygbild, zooma in och hitta parkeringsplatser

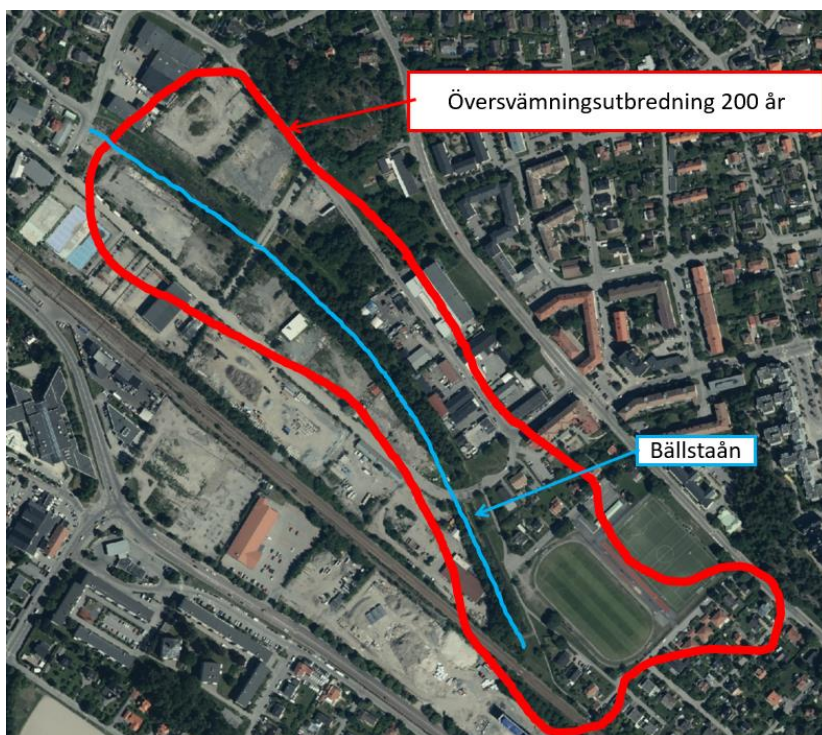
Multifunktionella ytor: Hitta fotbollsplaner, skate-parks eller andra ytor som tillämpar sig att magasinera vatten under en kortare period. Tips: Kolla på höjder om det är möjligt att leda vatten dit och framförallt att vatten samlas där och inte rinner vidare till byggnader.

Hitta gatusträckor där det finns plats för skelettjordar eller växtbäddar. Tips: gator fungerar också som vattenledare till en åtgärd och kan även magasinera vatten vid skyfall. Viktigt att tänka på att nivån inte bör överstiga 30 cm för framkomlighet av räddningstjänst.

Hitta gröna ytor där det finns plats för en mindre damm eller översvämningssyta.

Zooma in i flygbilden och identifiera takytor där man kan installera gröna tak. Stora takytor orsakar förutom en ökad hårdgörningsgrad och därmed ökade dagvattenmängder även höjda temperaturer i städerna, så kallade urbana värmeöar.

Tips: Istället för att leda takvatten till ledningsnätet kan detta ledas till gröna ytor eller upphöjda/nedsänkta växtbäddar istället. Detta avlastar ledningsnätet och frigör mer kapacitet och därmed högre funktionssäkerhet och mindre översvämningens risk.



Figur 16. Översvämningsdrabbade område i Bromsten. Området är tätt bebyggt nära vattendraget. Blå-gröna lösningar kan inkluderas i den urbana miljön för att fördröja vatten.

Längs med Bällstaån pågår en hel del projekt som beskrivs på Stockholm stads hemsida: <http://miljobarometern.stockholm.se/vatten/vattendrag/ballstaan/activities/>

### Steg 3: Välj en typ av åtgärd

Som ett räkneexempel undersöks nedan vilken flödesdämpande effekt anläggandet av flödeshållande åtgärder skulle kunna ha. I exemplet har programvaran SCALGO Live utnyttjats för att på ett snabbt och enkelt sätt få fram en generaliserad bild av avrinningsområde, flöden och flödesvägar baserat på höjddata. Ingen hänsyn tas till avrinningskoefficienter, infiltration etc. Markytan kan ses som en glasskiva som vattnet flödar på och styrs endast av höjd och lågpunkter i terrängen.

Nedan i Figur 17 syns ett delavrinningsområde av Bällstaåns avrinningsområde som täcker ca 0,6 km<sup>2</sup>. Avrinningsområdet som syns nedan ligger i Duvbo, Sundbyberg.

#### Beräkningsexempel 1:

Avrinningsområdet kan magasinera cirka **13 000 m<sup>3</sup>** vatten vid 10 cm regn i lokala lågpunkter (taget från en terrängmodell där lokala lågpunkter fylls med vatten. Utflödet ur

avrinningsområdet till Bällstaån är cirka 45 420 m<sup>3</sup> (kom ihåg att det inte har tagits hänsyn till någon infiltration).

#### Beräkningsexempel 2:

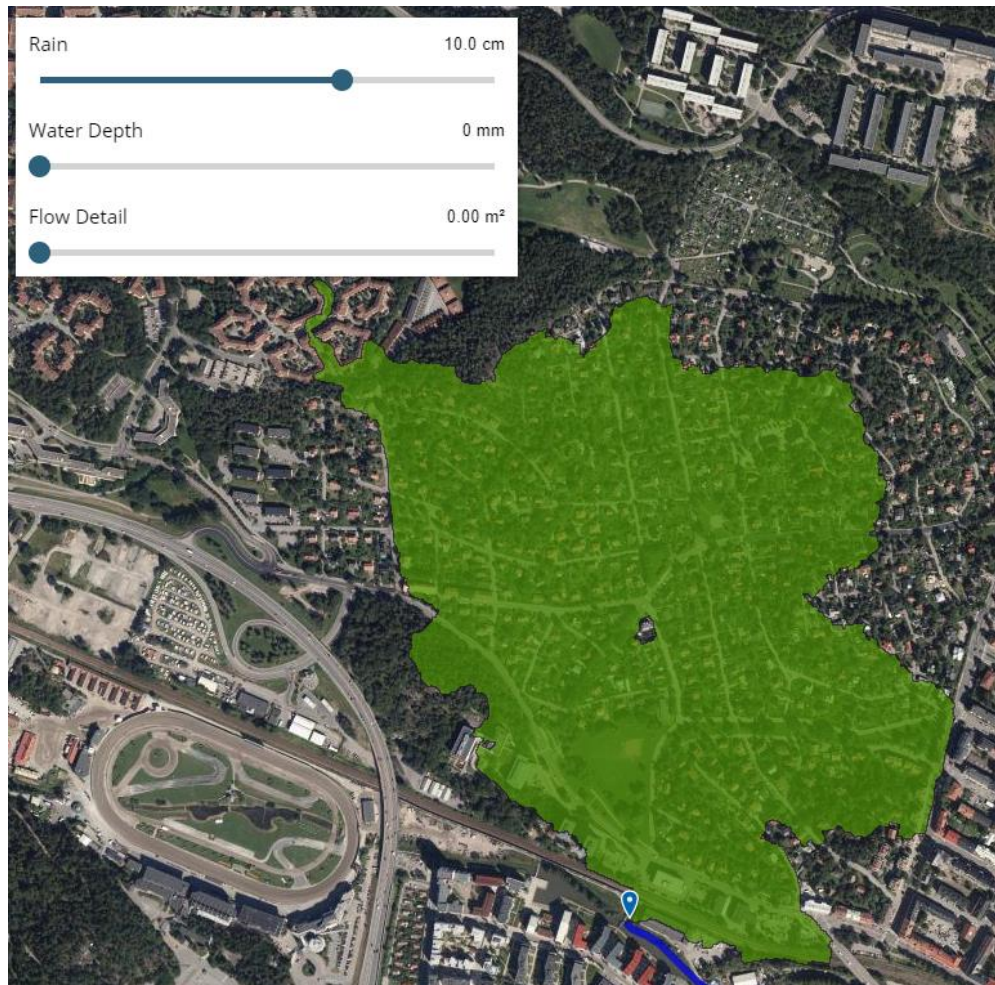
Genom att undersöka markanvändningslagret har avrinningsområdets markanvändning beräknats att till 9 % består av takytor. Vi antar att gröna tak kan fördröja cirka 30 mm vatten. Om 20 % av alla takytor skulle omformas till gröna tak skulle (ytterligare) **327 m<sup>3</sup>** vatten magasineras inom avrinningsområdet. Avrinningsvolymen från beräkningsexempel 1 skulle minska med 0,7 %, sett till det ovan angivna värdet på avrinningsområdets utflöde utan avdrag för infiltration etc. Bällstaåns medelvattenförning är cirka 0.25 m<sup>3</sup>/s (enligt Stockholm Vatten och Avfall). En minskning i avrinningsvolymen på 327 m<sup>3</sup> skulle motsvara den volymen som i normalfallet foras ut från Bällstaån under 22 minuter.

#### Beräkningsexempel 3:

Införandet av LOD i hela detta område skulle kunna göras genom en stuprörspolicy där det ges incitament att koppla bort taket från dagvattennätet och istället installera enkla utkastare till trädgården. Villaträdgårdarna har en potentiellt stor magasinvolym genom sina uppfyllnader och sin jordmån. Gatudagvatten infiltreras numera i de flesta fallen till skelettjordar och det är sällan problem att ta hand om 20 mm nederbörd genom infiltration till trädzonen och dess omgivande fyllningar. Stockholm stad har därför numera ett krav att vid all nybebyggelse LOD genomförs och att 20 mm nederbörd tas omhand genom infiltration. Beräknat på 0,6 km<sup>2</sup> area och 20 mm nederbörd ger det en hållen volym om **12 000 m<sup>3</sup>**.

#### *Metodik*

Delavrinningsområdets gränser skulle precis som i exemplet för Arbogaån kunna uppskattas genom att analysera höjddata i GIS-programvaran. Andelen takyta kan även räknas fram i GIS om en fastighetskarta innehållande byggnader finns att tillgå. På så sätt är det möjligt att få fram motsvarande magasineringskapacitet sett till antaget värde på takens fördröjningsförmåga.



Figur 17. Delavrinningsområde (Duvbo, Sundbyberg) inom Bällstaåns avrinningsområde identifierat med hjälp av SCALGO Live.

## 5 Beräkningar Arbogaån

### 5.1 Metod och avgränsning

Under December 2000 nådde Mälaren sin högsta nivå under reglerad tid. Flera biflöden till Arbogaån hade samtidigt haft de högsta flödena i tidsperioden januari 1978 till och med december 2019. Därför valdes tidsperioden juni 1999-januari 2001 som undersökningsperiod och mätdata från SMHI användes för tre biflöden, Dyltaån, Borsån och Åssingån (Källa: <https://vattenwebb.smhi.se/station/>). Se figur 18. Hur skulle dessa biflödens vattenföring ha varit och dess flödestoppar kunnat kapas om vatten istället för att ha runnit av hade hållits uppströms i avrinningsområdet och därefter tappats av långsamt under en period om 2-4 månader? Teoretisk avtappningsperiod kan varieras men om en alltför kort avtappningsperiod väljs fås ibland ett negativt flöde och avtappningsperioden har därmed förlängts.

*Formel:*

**Flöde, Q** (mätstation, efter uppströmsåtgärder) =  
**Volym, m<sup>3</sup>** (uppmätt flöde, SMHI) – **Volym, m<sup>3</sup>** (föreslagen  
magasineringslösning)

---

#### **Tidsperiod (2-4 månader)**

För att få noggrannare siffror måste hydrodynamisk modellering tillämpas vilket är utanför detta projekts avgränsning.

För att ta reda på detta behövdes flödesdata månadsvis under perioden och det finns att laddas ner från SMHI. Uppströms avrinningsområde togs fram genom GIS-beräkning. Markens potentiella vattenhållande förmåga beräknades genom att använda lågpunktskartering från Lantmäteriets flygscanning med data Grid 2+ och med hjälp av GIS-programvara fylla nedsänkningarna med vatten. Även områden uppströms kulvertar har tagits med. Sjöars nivå har tillåtits att stiga 10 cm. På så vis kan en fördröjd vattenvolym uppströms varje SMHI-mätpunkt läggas in och subtraheras från uppmätt flöde i ett vattenföringsdiagram. Vattenhållande förmåga kan läsas ut i kurvorna och ytan (integralen) motsvarar de olika delvolymerna. Hela volymen är mätdata från SMHI, den streckade arean är vattenvolymen som hålls i naturen och den solida ytans graf visar hur flödestopparna kan kapas. Mycket viktigt att poängtera är att avtappningen ej framgår av kurvorna, så dalarna är i själva verket inte lika djupa.

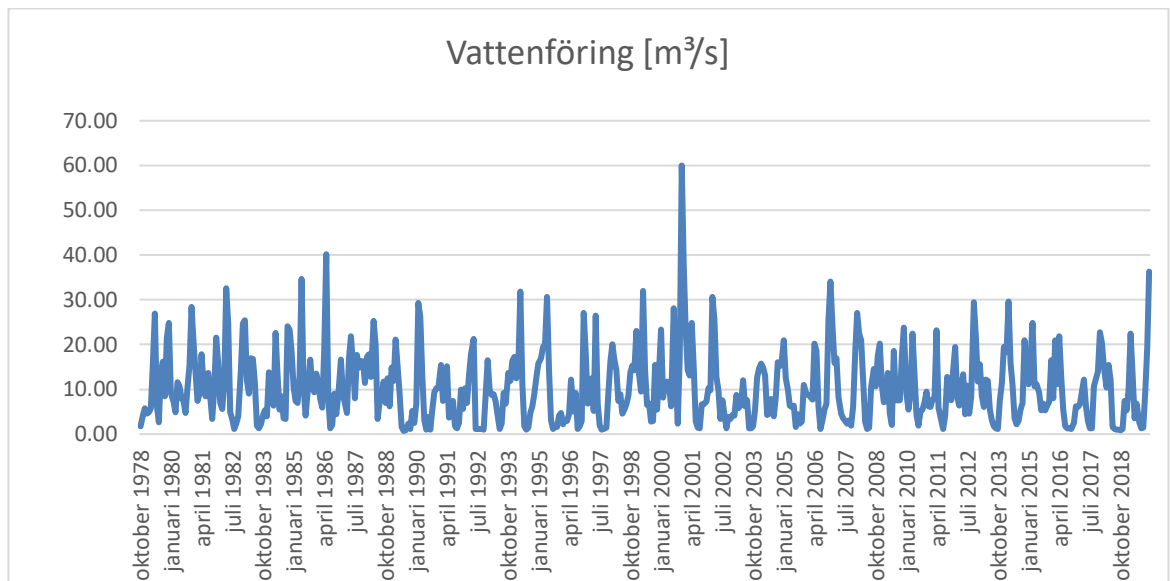
Viktig avgränsning: markens porositet anses redan helt fylld, dvs ingen genomsläpplighet.

Denna metod är givetvis grov, men ger en spännande indikation på naturbaserade lösningars förmåga att hålla vatten. Eftersom inga dämmen aktivt har lagts in så kan även ytterligare volym skapas. Man måste dock ta i beaktande att inte heller fungerande kulvertar som finns idag tas i beaktande och att dessa i verkligheten måste vara helt



igentäppta för att få beräknad situation. Ytterligare volym kan också skapas om magasinering i övre grundmagasin tas med i beräkningarna.

För att testa denna hypotes och jämföra görs även tre ytterligare beräkningar: 1) respektive 2) - samtliga båtadsområden (som är de lågt liggande plana områdena där enklast en vattenvolym kan dämmas upp) fylls upp 0,15 respektive 0,9 meter, 3) enbart själva dikena i båtadsområdena däms.

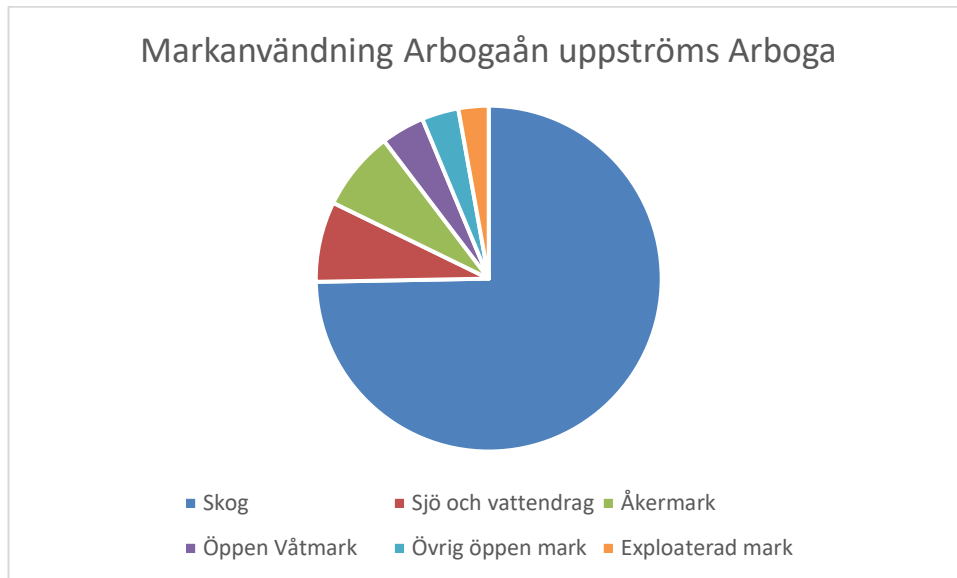


Figur 18. Dalkarlshtytan, SMHI, flödesmätning mellan 1978 och 2018, med maximalt flöde från december 2000 som den högsta stapeln. (m<sup>3</sup>/s - månad).

## 5.2 Översikt Arbogaån och utvalda delavrinningsområden

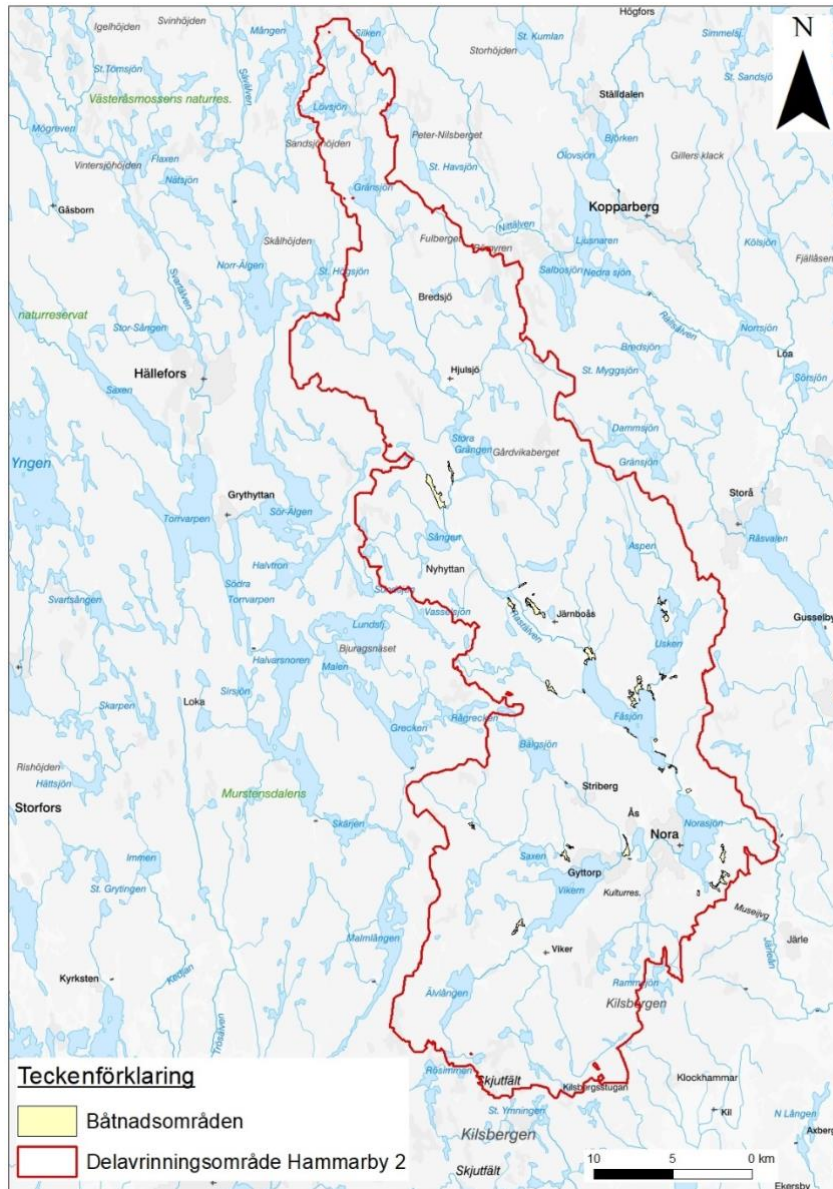


Figur 19. Arbogaåns avrinningsområde och de tre delavrinningsområdena som har mätstationer och som har använts i beräkningarna.



Figur 20. Markanvändning inom hela Arbogaåns avrinningsområde.

### 5.3 Delavrinningsområde Hammarby 2 - Dyltaån (Nora)



Figur 21. Delavrinningsområde Hammarby 2, Dyltaån, som rinner vidare öster om Norasjön till Järleån. Utbredning och båtnadsområden.

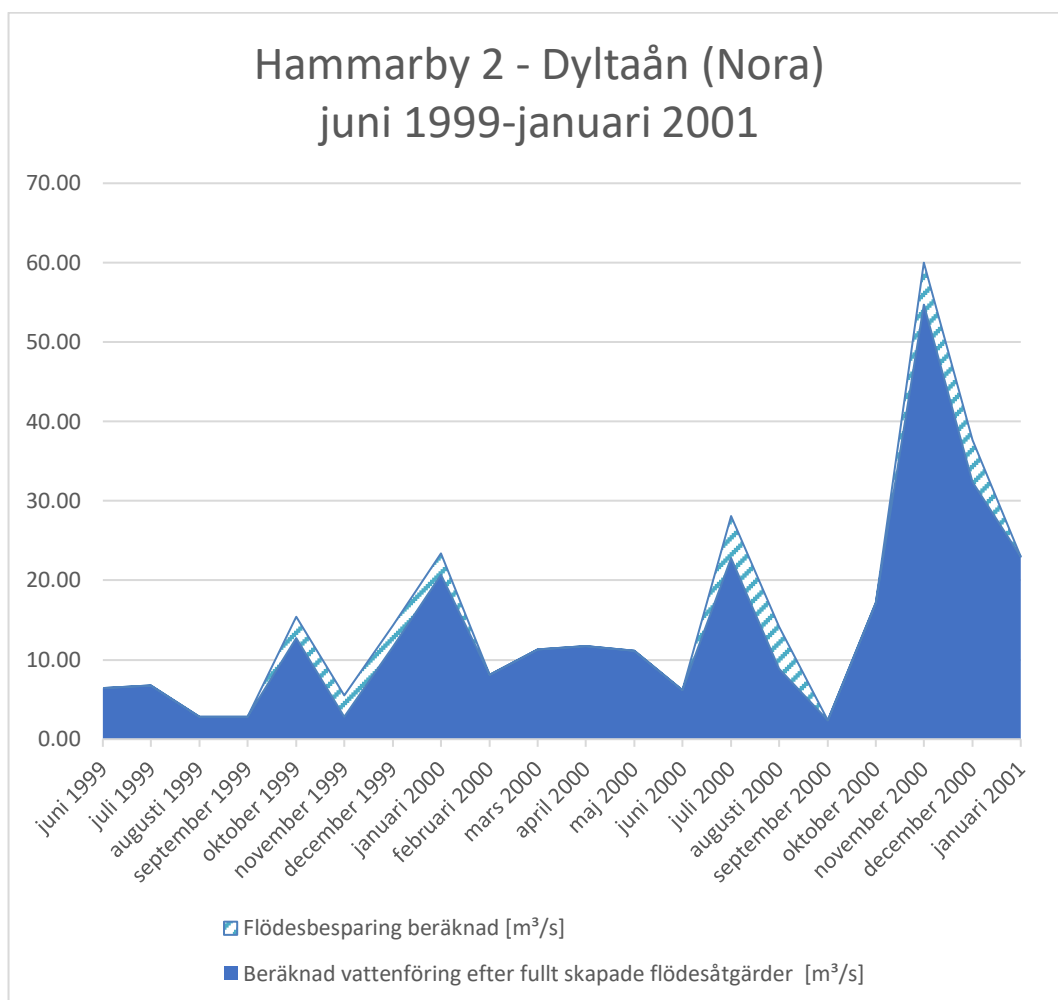


Figur 22. Område väster om Ås. Blå områden i kartan visar lågpunkter som fylls upp med vatten under ca 2-4 månader istället för att rinna till vattendraget och dess mätpunkt.

- Storlek avrinningsområde: 893 km<sup>2</sup>
- Tillgänglig volym om alla lågpunkter och instängda områden fylls upp och kan magasinera vatten: 27 888 850 m<sup>3</sup> enligt GIS-analys. Se figur 22 som visar ett kartutsnitt från en del av delavrinningsområdet. I figur 23 visas hur flödet kan påverkas utgående från detta beräkningssätt.
- Area båtnadsområden inom avrinningsområdet: 4,1 km<sup>2</sup> (0,4 % av avrinningsområdets area utgörs av båtnadsområden).
- Alla båtnadsområden inom avrinningsområdet skulle kunna magasinera mellan 615 000 och 3 690 000 m<sup>3</sup> om det antas att våtmarker kan hålla en volym mellan 150 – 900 liter/m<sup>2</sup> (se vidare kapitel 3.2), detta motsvarar enbart 2 - 13 % av den tillgängliga volymen i tidigare beräkning).

37(46)

- Som jämförelse kan nämnas att dagens befintliga våtmarker inom avrinningsområdet har en total area på cirka 35 km<sup>2</sup> och håller uppskattningsvis mellan 5 275 500 m<sup>3</sup> – 31 653 000 m<sup>3</sup> vatten (om en våtmark kan hålla mellan 150 och 900 l/m<sup>2</sup>).
- Alternativt beräkningssätt i låglänta områden; Diken som ligger inom båtnadsområdena i avrinningsområdet har en total längd på cirka 25 km. Skulle alla diken (med en antagen tvärsnittsarea på 0,95 m<sup>2</sup>) sättas igen skulle man kunna magasinera 24 339 m<sup>3</sup> inom avrinningsområdet (vilket är en mycket liten andel jämfört med de tidigare beräkningssätten!).



Figur 23. Flödesbesparing under flödestopp i vattendraget=vattenhållande förmåga uppströms vattendraget samt beräknad vattenföring efter åtgärder. (m<sup>3</sup>/s - månad)



Figur 24. Markanvändning inom delavrinningsområdet.

#### 5.4 Delavrinningsområde Dalkarlslyttan - Borsån (Lindesberg)

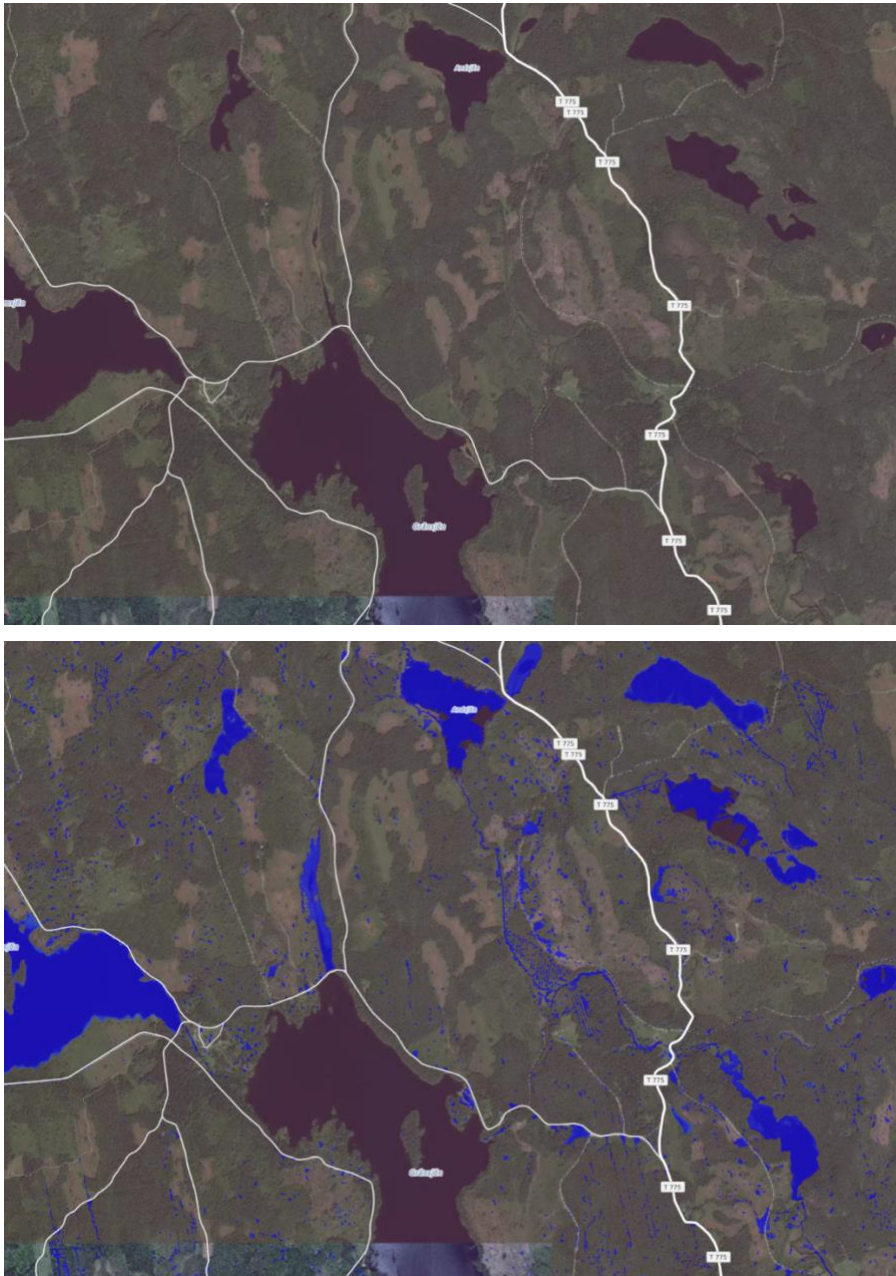


Figur 25. Delavrinningsområde Dalkarlslyttan, Borsån, som rinner vidare sydost om Lindesberg. Utbredning och båtnadsområden.

40(46)

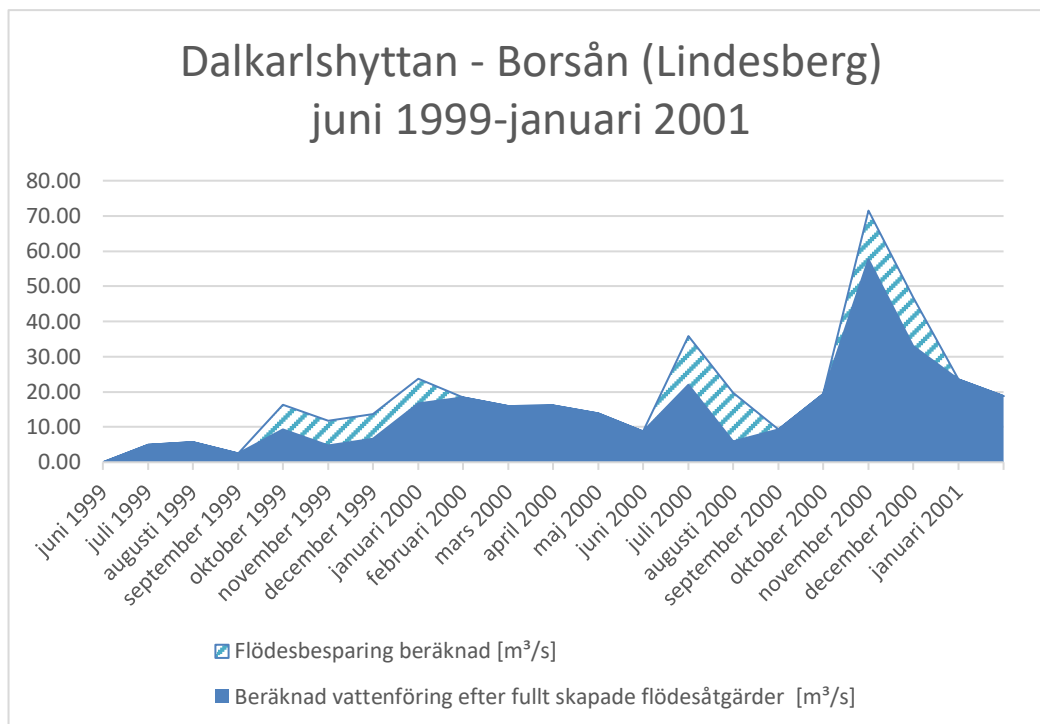
RAPPORT II



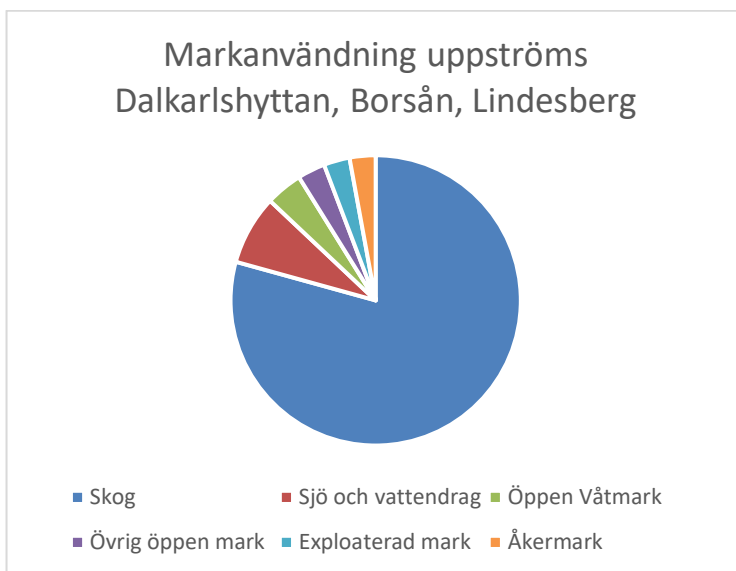


*Figur 26. Område norr om Gränsjön. Blå områden i kartan visar lågpunkter (och några sjöar) som fylls upp med vatten under 2-4 månader istället för att rinna till vattendraget och dess mätpunkt.*

- Storlek avrinningsområde: 1072 km<sup>2</sup>
- Tillgänglig volym i lågpunkter och instängda områden: 72 987 460 m<sup>3</sup>
- Mycket grovt nyckeltal: Använd översvämningens volym i mm per kvadratmeter: 68 mm
- Area båtnadsområden inom avrinningsområdet: 3 km<sup>2</sup> (0,2 % av avrinningsområdets area)
- Båtnadsområdena skulle kunna hålla mellan 447 000 – 2 682 000 m<sup>3</sup> (om en våtmark kan hålla mellan 150 och 900 liter/m<sup>2</sup>) som motsvarar 0,6 – 3,7 % av den tillgängliga volymen idag.
- Som jämförelse kan nämnas att dagens befintliga våtmarker inom avrinningsområdet har en total area på cirka 33 km<sup>2</sup> och håller förmodligen mellan 4 905 000 – 32 130 000 m<sup>3</sup> vatten inom avrinningsområdet (om en våtmark kan hålla mellan 150 och 900 liter/m<sup>2</sup>).
- Diken som ligger inom båtnadsområdena i avrinningsområdet har en total längd på 35,5 km. Skulle alla diken (med en antagen tvärsnittsarea på 0,95 m<sup>2</sup>) sättas igen skulle man som jämförelse kunna magasinera 33 725 m<sup>3</sup> vatten.

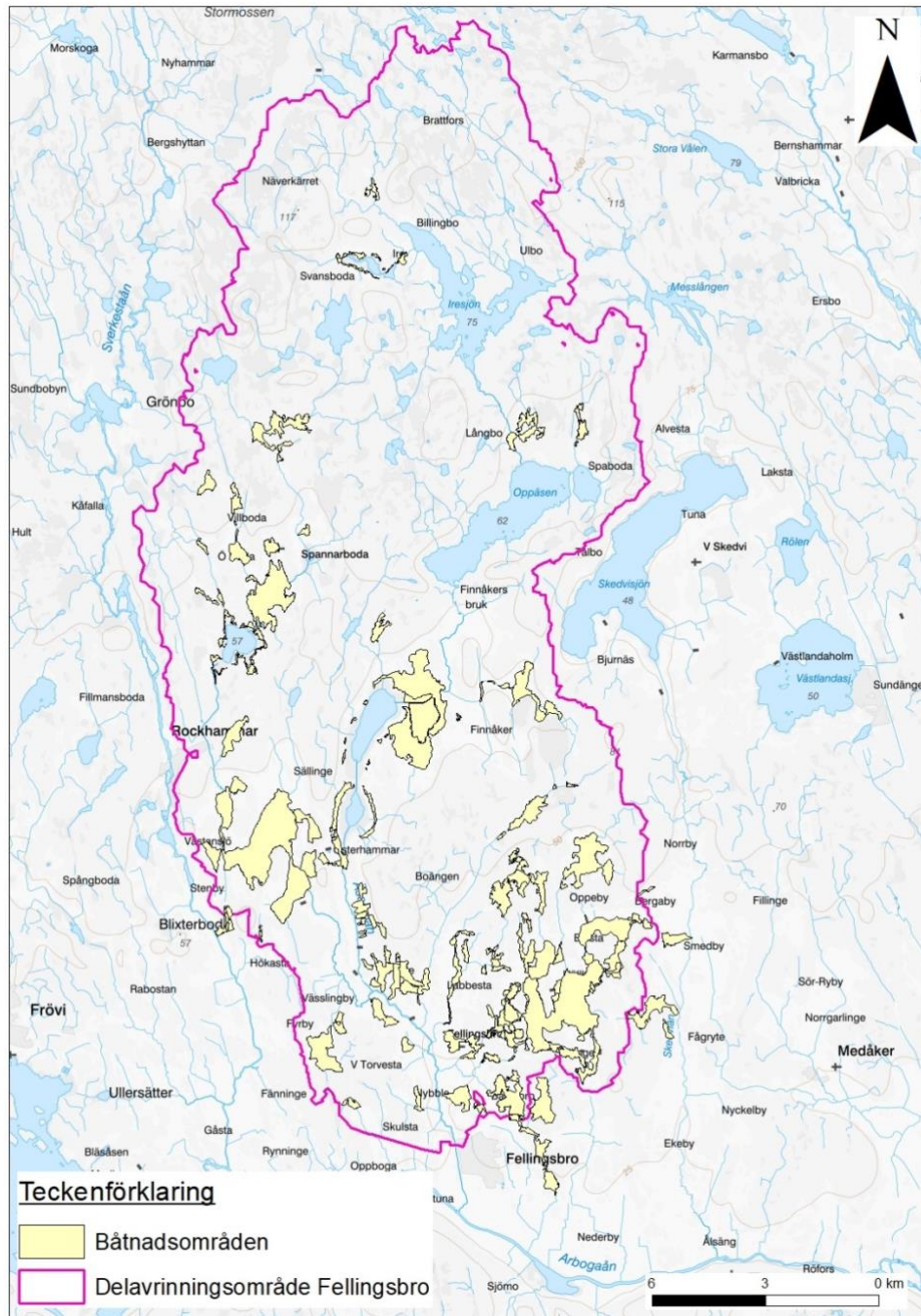


Figur 27. Flödesbesparing i vattendraget under flödestopp=vattenhållande förmåga uppströms vattendraget samt beräknad vattenföring efter åtgärder. (m<sup>3</sup>/s - månad)



Figur 28. Markanvändning inom avrinningsområdet.

## 5.5 Delavrinningsområde Fellingsbro Ässingån

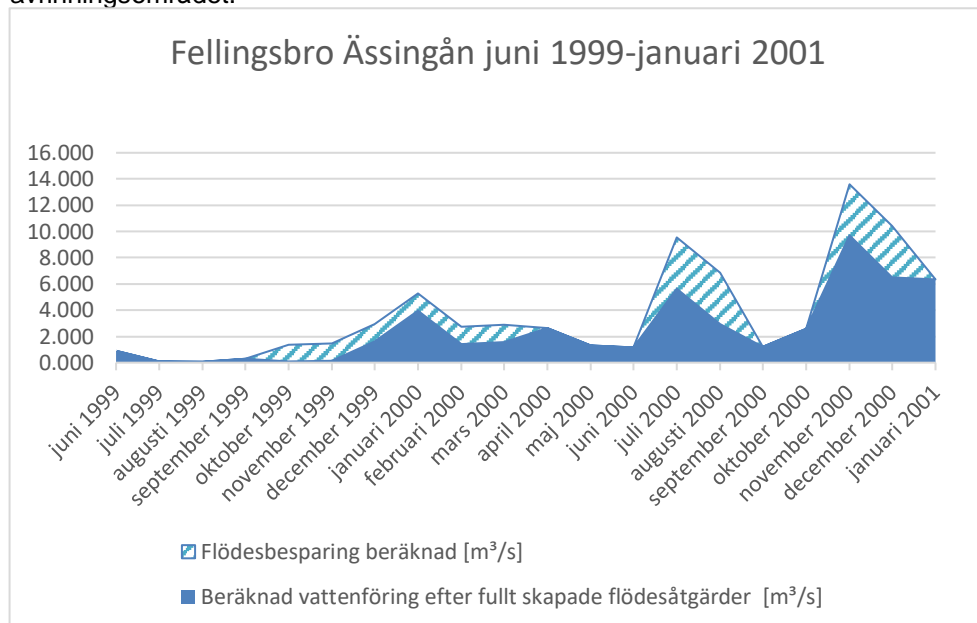


Figur 29. Delavrinningsområde Fellingsbro, Ässingån, som rinner ut i Arbogaån strax väster om Arboga. Utbredning och båtnadsområden.

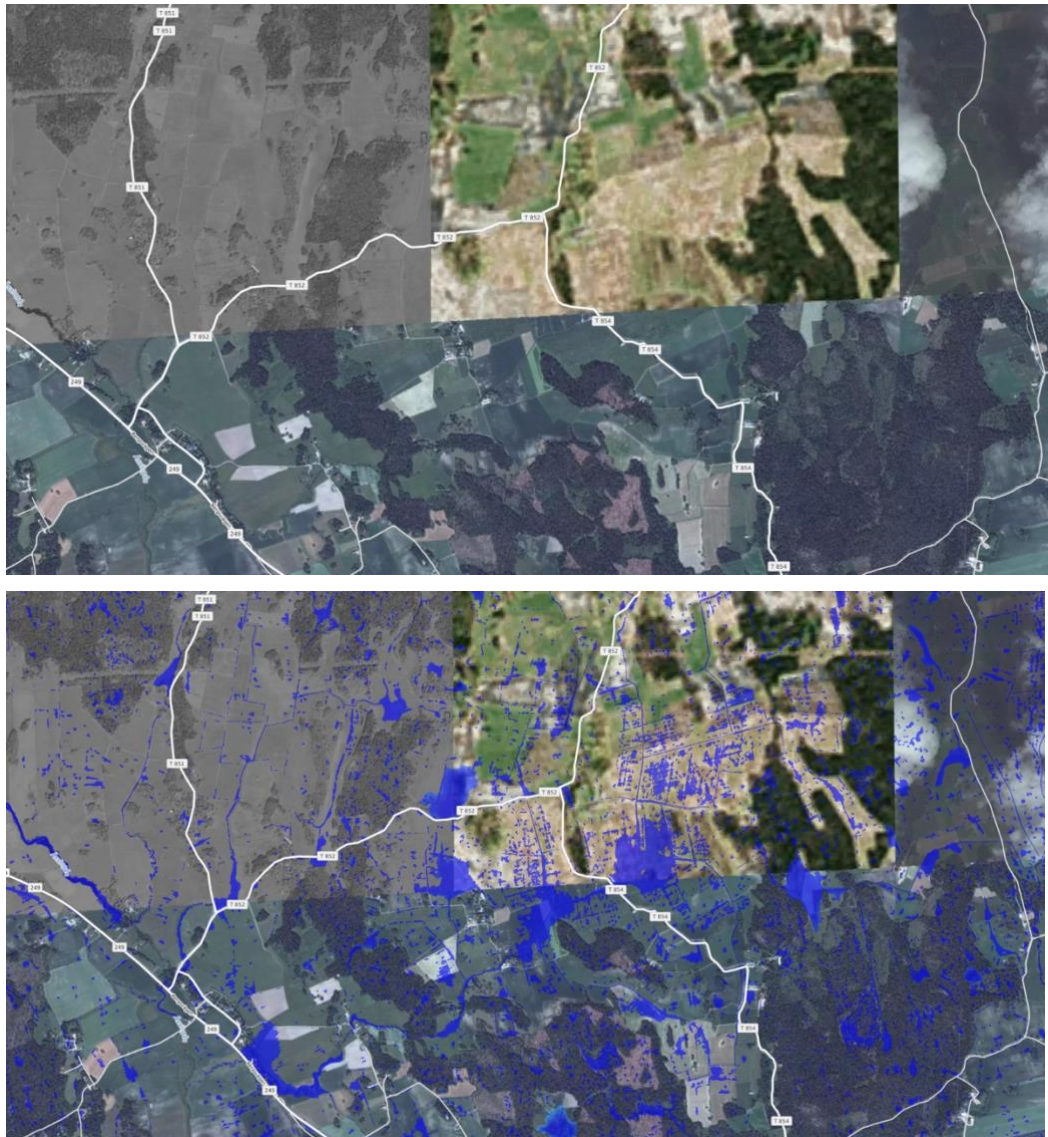
44(46)

RAPPORT II

- Storlek avrinningsområde: 278 km<sup>2</sup>
- Tillgänglig volym i lågpunkter: 20 580 519 m<sup>3</sup>
- Mycket grovt nyckeltal: Använd översvämningens volym i mm per kvadratmeter: 74 mm
- Area båtnadsområden inom avrinningsområdet: 26 km<sup>2</sup> (9,5 % av avrinningsområdets area)
- Om båtnadsområdena återställs skulle de kunna hålla mellan 4 och 23,6 miljoner m<sup>2</sup> (om en framtida våtmark kan hålla mellan 150 och 900 liter/m<sup>2</sup>) vilket motsvarar 19 - 114 % av volymen i lågpunkter och instängda områden.
- Som jämförelse kan nämnas att dagens befintliga våtmarker inom avrinningsområdet har en total area på cirka 32 km<sup>2</sup> och håller förmodligen mellan 4 och 28 miljoner m<sup>3</sup> vatten inom avrinningsområdet (beräknat på att en våtmark kan hålla mellan 150 och 900 liter/m<sup>2</sup>).
- Diken som ligger inom båtnadsområdena i avrinningsområdet har sammanlagt en total längd på 170 km. Skulle alla diken (med en antagen tvärsnittsarea på 0,95 m<sup>2</sup>) sättas igen skulle man kunna magasinera 161 262 m<sup>3</sup> vatten inom avrinningsområdet.



Figur 30. Flödesbesparing i vattendraget under flödestopp=vattenhållande förmåga uppströms vattendraget samt beräknad vattenföring efter åtgärder. (m<sup>3</sup>/s - månad)



*Figur 31. Område norr om Fellingsbro. Blå områden i kartan visar lågpunkter som fylls upp med vatten under 2-6 månader istället för att rinna till vattendraget och dess mätpunkt.*



Figur 32. Markanvändning inom avrinningsområdet.

## 5.6 Diskussion och slutsatser

Beräkningarna visar att flödena kan minska avsevärt. Särskilt i det mer flacka området Fellingsbro med mer jordbruksmark. Vid riktigt stora flöden som december 2000 blir påverkan dock relativt marginell på högflödet.

I detta kapitel 5 har en stor mängd jämnt utspridda naturliga lågpunkter inom hela avrinningsområdet fyllts med vatten som fyllts upp och hållits kvar flera månader (ca 4-drygt 6 månader vilket syns i grafernas blåstreckade areors utbredning längs x-axeln). I figur 10 i kapitel 4 har en enskild större dämningståtgärd utförts. Den hjälpte oss att komma fram till att man kan erhålla en potentiell magasineringvolym mellan 12 000 m<sup>3</sup> och 72 000 m<sup>3</sup> vatten om man skapar en vattenyta mellan 0,15 meter till 0,90 meter. Åtgärden ligger inom avrinningsområdet för Hammarby Dyltaån. I vår beräkning för det avrinningsområdet erbjuder naturliga lågpunkter och instängda områden 27 888 850 m<sup>3</sup> utjämningsvolym vilket faktiskt motsvarar drygt 300 större anläggningar redovisade i figur 10 för att motsvara de naturliga lågpunkterna. Det talar inte för att enskilda större anläggningar skulle vara av ondo, utan visar på vikten av enkla åtgärder utspridda i landskapet.

Vi får inte glömma att förslagen till åtgärder fungerar klimatanpassande (minskar flöden nedströms) men de fungerar även som en kolsänka (bygger torv och ökar kolhalten i jorden). Alltså uppnås en dubbel effekt i bekämpandet av klimatförändringarna!

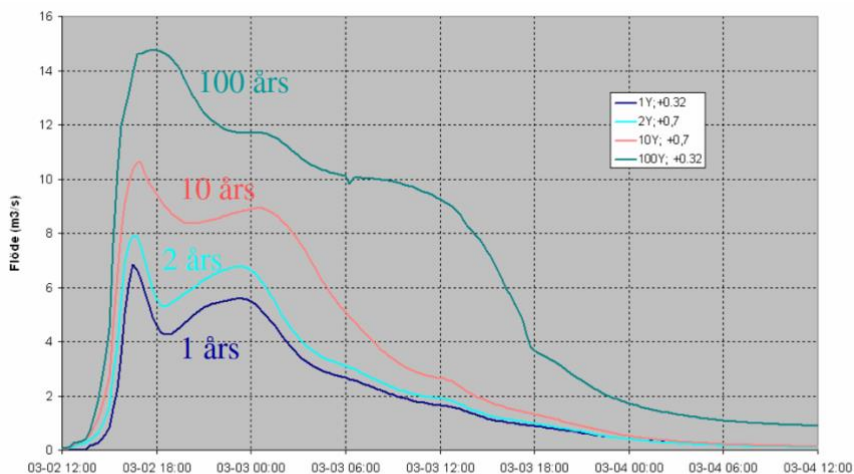
## 6 Beräkningar Bällstaån

### 6.1 Metod och avgränsning

Samma metod visade sig inte vara möjlig att använda för Bällstaån eftersom Bällstaåns avrinningsområde enbart är en dryg procent av, eller 82 gånger mindre än Arbogaåns, och när lågpunkter och instängda områden fylldes upp översvämmades till stor del befintlig bebyggelse och infrastruktur. Istället har enskilda utvalda uppströmsåtgärder subtraherats från tillgängliga flödesdata.

### 6.2 Översikt Bällstaån

- Tillrinningsområdets area: 3900 ha - 39 km<sup>2</sup>
- Åns längd: 10,5 km
- Medelvattenföring: 270-300 l/s
- Högsta vattenföring: 12 m<sup>3</sup>/s
- Lägsta vattenföring: 10 l/s (uppskattning)



Figur 6-2 Beräknat flöde från hårdgjorda ytor längst ned i Bällstaån för regn med olika återkomsttid och med olika nivå i Mälaren, se legend i figuren.

Figur 33. Flödesgraf där beräknat 100-årsflöde har använts i beräkningarna. Från Modellering av Bällstaån, 2007 (DHI och Stockholm Vatten)



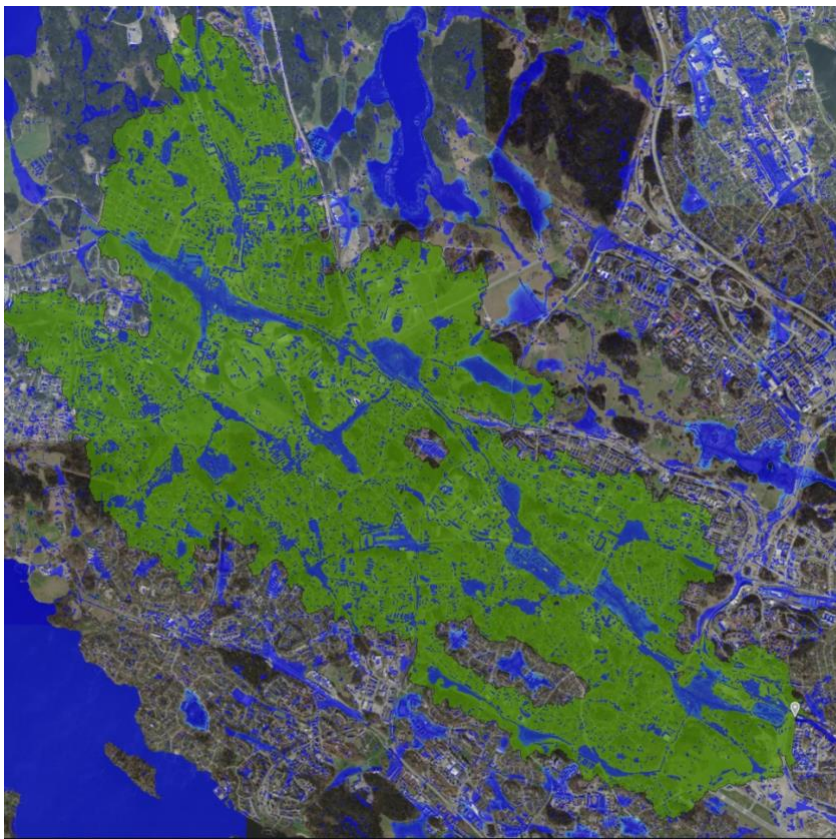
### 6.3 Beräkning Bällstaån, resultat och slutsats

Om två stycken villaområden, där ett nämns i kapitel 3, i beräkningsexempel 1 eller 3 konverteras till lokalt omhändertagande av dagvatten och håller vatten lokalt och/eller infiltrerar till marklager ( $2 \times 13\,000\text{ m}^3$ ) istället för att vara kopplade på ledning ut till Bällstaån skulle volymen vid ett hundraårsregn kunna minska med den streckade ytan på diagrammet i Figur 36.

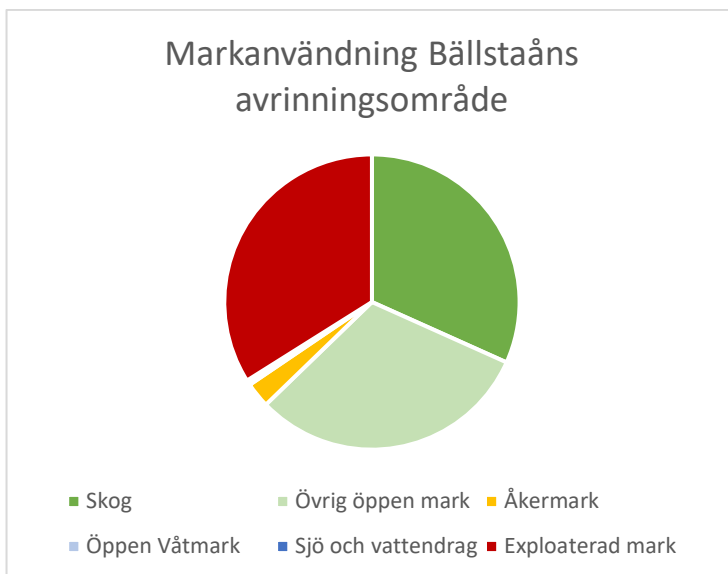
Instängda områden och lågpunkter som kan tillåtas översvämmas och inte är bebyggda ännu redovisas i figur 37. Området som är störst och ger störst flödesdämpande effekt håller dock på att bebyggas i samband med exploateringen av Barkarbystaden.

Om områdena som visas i figur 37 tillåts fyllas upp och utjämnas innan avbördning till Bällstaån minskar volymen och flödet enligt graf i Figur 38 i samband med flödesmaximum vid utloppet till Mälaren.

Genom att studera figur 38 men även figur 36 kan man se att det är fullt möjligt att påverka maxflöden rejält i Bällstaån genom införandet av LOD men framförallt genom bevarande och återskapande av översvämningsområden.



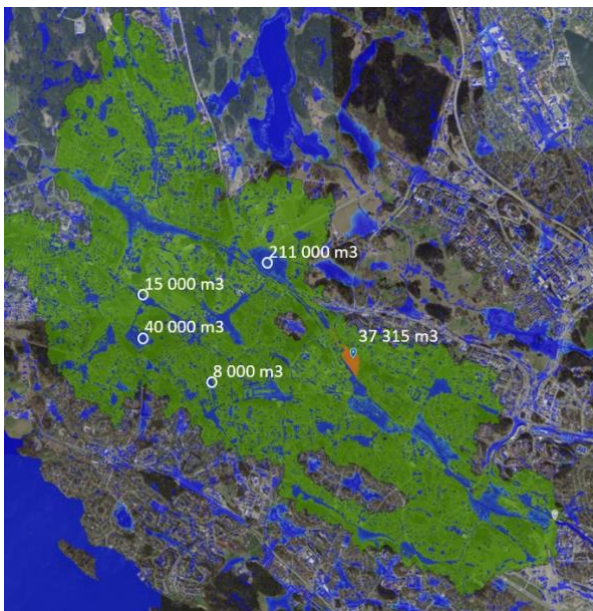
Figur 34. Lågpunkter och instängda områden.



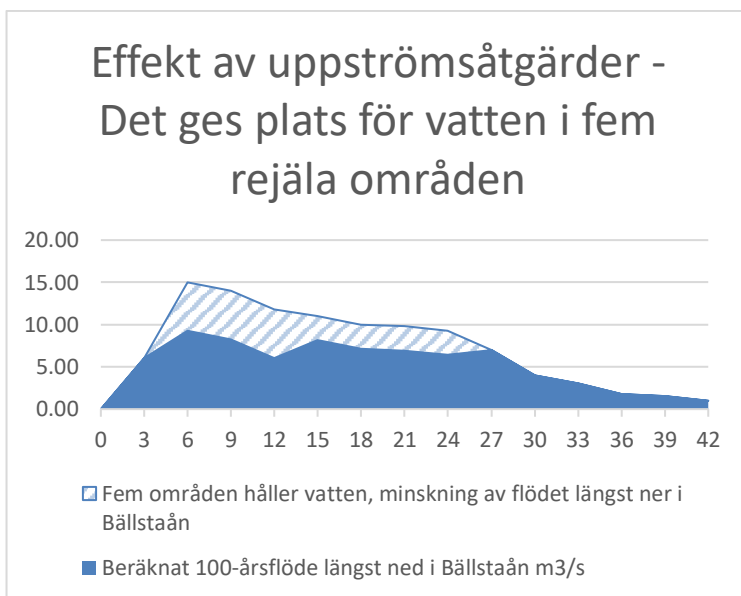
Figur 35. Markanvändning inom avrinningsområdet.



Figur 36. Om två villaområden som nämnts i kapitel 3 (Duvbo) konverteras till lokalt omhändertagande av dagvatten och håller vatten lokalt istället för att vara kopplade på ledning skulle volymen vid ett hundraårsregn kunna minska med den streckade ytan på diagrammet ( x axeln visar h, y axeln visar m<sup>3</sup>/s).



Figur 37. Utvalda instängda områden och lågpunkter som kan tillåtas översvämmas och inte är bebyggda ännu.



Figur 38. Om områdena som visas i figur 37 används minskar volymen och flödet enligt denna graf kring flödesmaximum och vid utloppet till Mälaren. ( x axeln visar h, y axeln visar m<sup>3</sup>/s).