

Landskapets vattenhållande förmåga

Flödesdämpning med naturbaserade lösningar med fokus på höga flöden



Länsstyrelsen i Västmanlands och Stockholms län

Rapport

November 2023

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





Landskapets vattenhållande förmåga

Flödesdämpning med naturbaserade lösningar med fokus på höga flöden

Framtagen för Länsstyrelsen i Västmanlands och Stockholms län
Kontaktperson Måns Enander



Bild från Kungsgatan i Lindesberg efter vårfloden 1977. Foto: Karl Gerhard Berglind.

Projektledare	Charlotta Lövestedt
Kvalitetsansvarig	Markus Petzén (Ässingån), Christofer Karlsson (Duvbo), Ola Nordblom (Rapport)
Handläggare	Markus Svensson, Alexander Bergman

Uppdragsnummer	12805558
Datum	2023-11-14
Version	Version 3.0
Klassificering	Öppen



Innehållsförteckning

1	Sammanfattning	1
2	Abstract	2
3	Inledning	3
3.1	Bakgrund och syfte	3
3.2	Projektgrupp	3
3.3	Tidigare studier	4
4	Utgångspunkter för analysen	5
4.1	Översiktlig beskrivning av avrinningsområdena	5
4.1.1	Ässingån	5
4.1.2	Duvbo	8
4.2	Betygskala för de naturbaserade lösningarna	10
4.3	Föreslagna multifunktionella nyttor	11
5	Val av naturbaserade lösningar	12
5.1	Bakgrund	12
5.2	Ässingån – Prioritering av åtgärdstyper	13
5.3	Ässingån – Val av åtgärdsobjekt	13
5.4	Ässingån – Övriga naturbaserade lösningar	16
5.5	Duvbo	17
6	Beräkningsmodeller och indata	23
6.1	Indata	23
6.2	Ässingån	23
6.2.1	Modeller	23
6.2.2	Flödesstatistik för Ässingåns avrinningsområde	24
6.2.3	Utlopp från naturbaserade lösningar	26
6.3	Duvbo	27
6.3.1	Modell	27
7	Scenarier	30
7.1	Ässingån	30
7.1.1	Vårfloden 1977	30
7.1.2	Höstregnet 2000	32
7.2	Duvbo	34
7.2.1	Dimensionerande regn	34
8	Resultat	35
8.1	Resultat för Ässingån	35
8.1.1	Kalibrering	35
8.1.2	Resultat för vårfloden 1977	36
8.1.3	Höstregnet 2000	38
8.2	Resultat för Duvbo	40
8.2.1	Klimatanpassat 100-årsregn	40
8.2.2	Klimatanpassat 50-årsregn	48
8.3	Betygsättning	55
8.3.1	Ässingån	55
8.3.2	Duvbo	58

9	Diskussion och slutsatser	62
9.1	Ässingån	62
9.2	Duvbo	63
9.3	Generellt	63
10	Extremväder sommaren 2023	64
11	Referenslista	66

1 Sammanfattning

I föreliggande utredning har olika typer av naturbaserade lösningar, samt deras multifunktionella egenskaper, analyserats med fokus på deras flödesdämpande kapacitet vid extrema högflöden. Utredningen har gjorts på uppdrag av länsstyrelserna i Västmanlands och Stockholms län inom ramen för det EU-finansierade vattenprojektet Life IP Rich Waters.

Analysen omfattar två olika typer av avrinningsområden. Det ena området, Duvbo, ligger i Sundbybergs kommun och är ett urbant område med stor andel hårdgjord yta. Duvbo avrinner till Bällstaån som mynnar i Bällstaviken, den innersta delen av Ulvsundasjön som är en del av Mälaren. Det andra avrinningsområdet, Åssingåns avrinningsområde, ligger i Örebro och Västmanlands län och utgör ett delavrinningsområde till Arbogaån. Åssingåns avrinningsområde karakteriseras av stor andel skogsmark, betydande andel öppen mark och mindre del bebyggd mark.

I Duvbo har de studerade naturbaserade lösningarna delats upp i två kategorier: dagvattenlösningar och skyfallslösningar. De undersökta skyfallslösningarna, exempelvis i form av nedsänkta gräsytor, kan ta en stor yta i anspråk men kan även användas för andra ändamål, exempelvis rekreation. Dagvattenlösningarna är ofta mindre och behöver istället vara fler till antalet för att ge en betydande flödesdämpande effekt vid stora nederbörds mängder. Det ska dock tilläggas att dagvattenlösningars primära syfte är att begränsa flöden och konsekvenser vid medelhöga flöden, vilket gör att dessa lösningar inte ska förkastas även om de skulle visa sig ha liten effekt vid extrema högflöden. När samtliga åtgärder genomförts reduceras volymen som leds vidare till Bällstaån med ca 25% från nuläget både för 100-årsregn och 50-årsregn, vilket ungefär motsvarar en händelse med hälften så lång återkomsttid för båda fallen. Det vill säga avrinningen av 100-årsregnet med samtliga åtgärder motsvarar avrinningen av ett 50-årsregn utan åtgärder.

I Åssingåns avrinningsområde identifierades möjliga naturbaserade lösningar genom GIS-analys av höjddata och markanvändningsdata. I analysen ingick restaurering av sjöar, våtmarker och svämplan. Från detta urval valdes de naturbaserade lösningar med störst magasinering volym och därmed störst flödesdämpande kapacitet ut för den fortsatta analysen. Störst flödesdämpning uppnåddes med de lösningar som hade störst magasin volym och var placerade långt nedströms i avrinningsområdet. Scenarierna som studerades baserades på historiska händelser, där den största händelsen var vårflo den 1977 med en återkomsttid för maxflödet på ca 160 år vid sammanflödet med Arbogaån. Då alla naturbaserade lösningar genomfördes reduceras maxflödet till motsvarande ett flöde med ca 35 års återkomsttid vid sammanflödet med Arbogaån.

En gemensam slutsats för de två avrinningsområdena är att det krävs stora volymer för att åstadkomma en betydande flödesdämpning vid extrema högflöden.

Alla genomförda lösningar har betygsatts med avseende på olika typer av multifunktionella nyttor enligt en överenskommen skala. Betygsättningen har skett utifrån tillgängliga data. I de fall dataunderlaget har varit otillräckligt, alternativt nyttan till stor del antas vara beroende av utformningen i projekteringskedet, har betyget ersatts med en kommentar.

Då syftet med utredningen är att undersöka den flödesdämpande effekten av olika åtgärder vid extrema högflöden har åtgärder med stor magasinering kapacitet prioriterats. Det bör dock noteras att åtgärder som bidrar med mindre volymer, så som dikespluggning för grundvattenhöjning, mindre våtmarker, grönområden i stadsmiljö mm., kan ha en betydande effekt på fördröjningen vid medelhöga flöden, bidra till biologisk mångfald, samt minska risken för torka.

2 Abstract

In this study, different types of nature-based solutions, and their multifunctional properties, have been analyzed with a focus on their flow attenuation capacity during extreme high flows. The study was commissioned by the County Administrative Boards of Västmanland and Stockholm County within the framework of the EU-funded water project Life IP Rich Waters.

The analysis covers two different types of catchment areas. One area, Duvbo, is located in the municipality of Sundbyberg and is an urban area with a high proportion of built-up areas. Duvbo drains into Bällstaån, which flows into Bällstaviken, the innermost part of Lake Ulvsunda, which is part of Lake Mälaren. The second catchment area, the Åssingån catchment area, is located in the counties of Örebro and Västmanland and is a sub-catchment of the Arbogaån river. The Åssingån catchment area is characterized by a large proportion of forest land, a significant proportion of open land and a smaller proportion of built-up land.

In Duvbo, the studied nature-based solutions have been divided into two categories: stormwater solutions and rainfall solutions. The studied stormwater solutions, for example in the form of submerged grass areas, can take up a large area but can also be used for other purposes, such as recreation. The stormwater solutions are often smaller and instead need to be more numerous in order to provide a significant flow attenuation effect during large amounts of precipitation. However, it should be added that the primary purpose of stormwater solutions is to limit flows and consequences during medium-high flows, which means that these solutions should not be rejected even if they prove to have little effect during extreme high flows. When all measures are implemented, the volume discharged to Bällstaån is reduced by about 25% from the current situation, which roughly corresponds to an event with half the return period.

In the Åssingån catchment area, possible nature-based solutions were identified through GIS analysis of elevation and land use data. The analysis included restoration of lakes, wetlands and floodplains. From this selection, the nature-based solutions with the largest storage volume and thus the largest flow attenuation capacity were selected for further analysis. The greatest flow attenuation was achieved with the solutions that had the largest storage volume and were located far downstream in the catchment area. The scenarios studied were based on historical events, with the largest event being the spring flood of 1977 with a return period for the maximum flow of about 160 years at the confluence with Arbogaån. When all nature-based solutions were implemented, the maximum flow was reduced to a flow with a return period of about 35 years at the confluence with Arbogaån.

A common conclusion for the two river basins is that large volumes are required to achieve significant flow attenuation during extreme high flows.

All implemented solutions have been rated for different types of multifunctional benefits according to an agreed scale. The rating was based on available data. In cases where the data basis has been insufficient, or the benefit is assumed to be largely dependent on the design in the planning phase, the rating has been replaced by a comment.

Since the purpose of the study is to investigate positive effects during extreme high flows, measures with large storage capacity have been prioritized. However, it should be noted that measures that contribute smaller volumes, such as ditch plugging for groundwater elevation, small wetlands, green areas in the urban environment, etc., can have a significant effect on retention during medium-high flows, contribute to biodiversity, and reduce the risk of drought.

3 Inledning

3.1 Bakgrund och syfte

Inom ramen för det EU-finansierade vattenprojektet Life IP Rich Waters har länsstyrelserna i Västmanlands och Stockholms län efterfrågat externt stöd gällande delprojektet "Klimatanpassning och ekosystemtjänster". Detta delprojekt inkluderar utredning av olika naturbaserade lösningar som, enligt Naturvårdsverket, definieras med: "*Naturbaserade lösningar är multifunktionella och kostnadseffektiva åtgärder för att hantera olika samhällsutmaningar genom att skydda, utveckla eller skapa ekosystem, samtidigt som biologisk mångfald och mänskligt välbefinnande främjas.*". Naturvårdsverket har gett ut riktlinjer (Naturvårdsverket, 2021) som beskriver vilka lösningar som kan klassificeras som naturbaserade, samt vilka potentiella nyttor dessa kan ha.

Föreliggande utredning fokuserar på den flödesdämpande kapaciteten hos naturbaserade lösningar vid extrema höglöden. Därutöver visar utredningen på vilka ytterligare funktioner som de naturbaserade lösningarna kan bidra med. Analysen görs för två olika delavrinningsområden till Mälaren. Det ena området är beläget i Duvbo i Sundbybergs kommun och är ett urbant avrinningsområde med stor andel hårdgjord yta. Området avrinner till Bällstaån som mynnar i Bällstaviken, vilken är den innersta delen av Ulvsundasjön/Mälaren. Det andra delavrinningsområdet, Åssingåns avrinningsområde, är beläget i Örebro och Västmanlands län och är ett delavrinningsområde till Arbogaån. Åssingåns avrinningsområde karakteriseras av stor andel skogslandskap, viss del öppen mark och mindre del bebyggd mark.

Syftet med det aktuella projektet är att identifiera var i landskapet eller i staden olika typer av naturbaserade lösningar kan genomföras, samt beräkna hur stor flödesdämpning varje enskild naturbaserad lösning, respektive alla lösningar tillsammans, ger längre ner i avrinningsområdet. Flödesdämpningen modelleras för två olika historiska händelser i Åssingån. I Duvbo utgår modelleringen i stället från designregn med olika återkomsttid, vilket är ett vanligt tillvägagångssätt i urbana områden. Utöver den hydrologiska analysen poängsätts de naturbaserade lösningarna enligt ett överenskommet poängsystem. Betygen för de olika multifunktionella nyttorna, samt flödesdämpningen för vardera naturbaserad lösning, kommer att finnas tillgängliga via länsstyrelsernas externa webb GIS¹.

Resultaten för flödesdämpningen redovisas i rapporten som tidsserier för de olika studerade scenarierna, där varje enskild lösning och alla naturbaserade lösningar tillsammans jämförs med dagens förhållanden före åtgärder. Övergripande motivering till satta betyg redovisas i rapporten, medan betygsättningen för varje enskild åtgärd redovisas digitalt i en shape-fil för respektive område.

3.2 Projektgrupp

Konsultgruppen har letts av DHI och har bestått av personal både från DHI och Naturcentrum (underkonsulter till DHI). Projektledare på DHI har varit Charlotta Lövstedt. Arbetsgruppen på DHI har delats upp efter de två avrinningsområdena. Markus Petzén och Markus Svensson har varit teknikansvarig respektive handläggare för Åssingåns avrinningsområde, medan Christofer Karlsson och Alexander Bergman har varit teknikansvarig respektive handläggare för Duvbos avrinningsområde. Ola Nordblom har varit övergripande kvalitetsansvarig för metodik och rapportering. John Fidler från Naturcentrum har bidragit med expertis gällande placering och utformning av naturbaserade lösningar, samt poängsättning i Åssingåns avrinningsområde.

¹ Extern karttjänst för Länsstyrelsen i Västmanlands län: <https://ext-geoportal.lansstyrelsen.se/standard/?appid=7807aadc2ab547798a2918cf2433c0f3>

Under projektets gång har det kontinuerligt hållits avstämningsmöten med Länsstyrelsen i Stockholms och Västmanlands län.

3.3 Tidigare studier

Det har tidigare utförts flera övergripande studier inom EU-projektet LIFE IP Rich Waters av Ässingåns avrinningsområde på SLU (Djordjic et al., 2023). Dessa studier har bland annat studerat våtmarkers potential för att minska övergödningen, samt bedömt risker för ytavrinning och erosion. Resultaten från dessa studier finns tillgängliga i en StoryMap².

Sweco har tidigare utfört två studier om klimatanpassning för de två avrinningsområdena. Den första studien riktar sig till kommunala planerare som är ansvariga över kommunens klimatanpassningsarbete. Studien är övergripande och kan ses som en introduktion till vilken typ av geodata som vanligtvis behövs och generella tillvägagångssätt. Den andra studien är mer detaljrik och innehåller beräkningar av vattenfördröjande förmåga. Dessa beräkningar bygger dock på grova uppskattningar och studien föreslog därför att en hydrologisk modell för området skulle upprättas för att få fram noggrannare resultat.

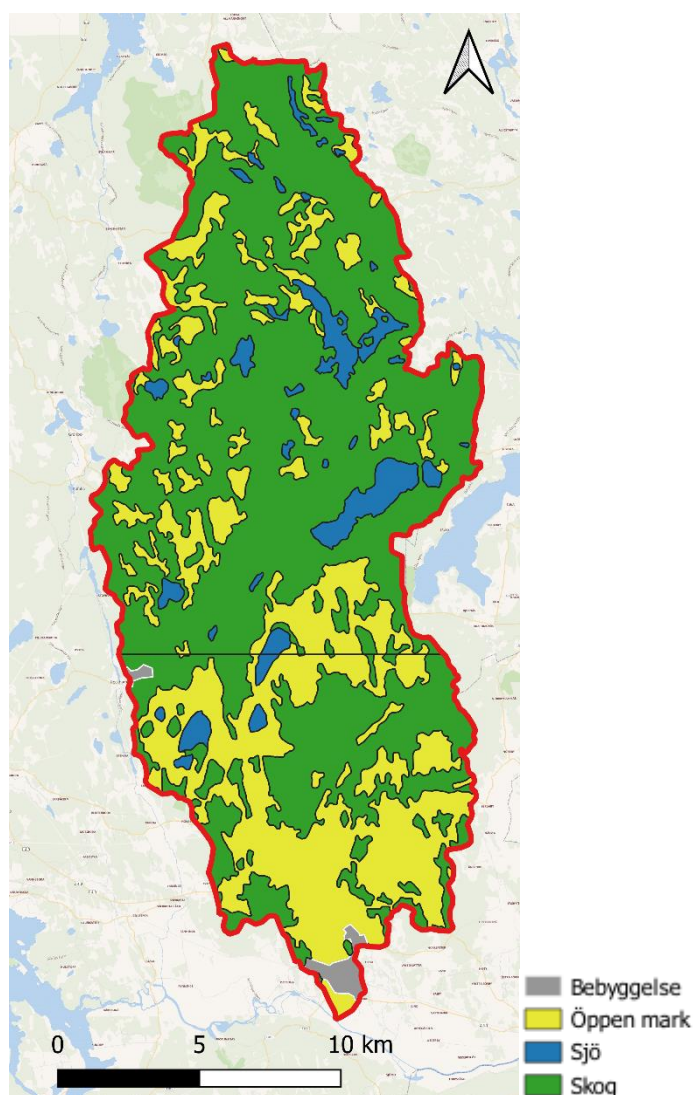
² ArcGIS: <https://storymaps.arcgis.com/stories/82e914af077a4bdaa92e2758a3460146>

4 Utgångspunkter för analysen

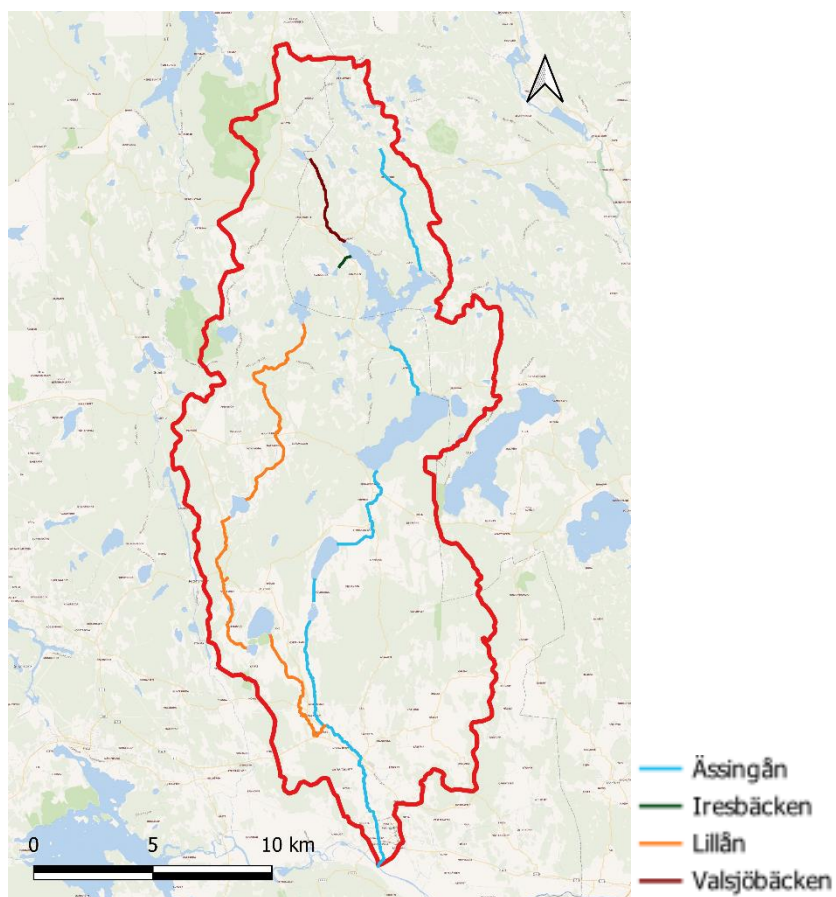
4.1 Översiktlig beskrivning av avrinningsområdena

4.1.1 Ässingån

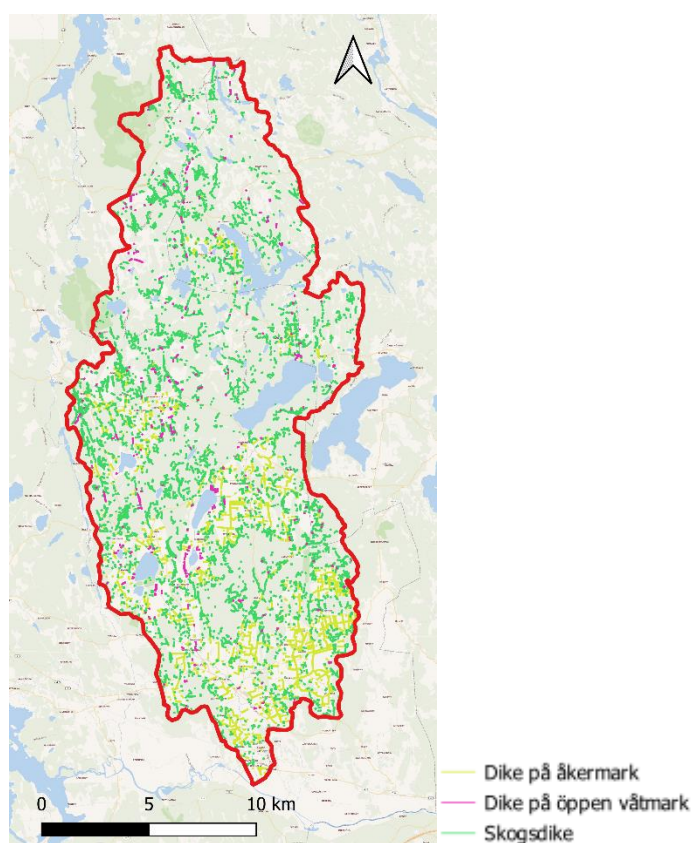
Ässingåns avrinningsområde är 299 km² och utgör ett delavrinningsområde till Arbogaån. Avrinningsområdet består till ca 64% av skog, 30% av öppen mark och 5% av sjöar enligt Lantmäteriets marktypsdata. Jordarterna i avrinningsområdet består framförallt av sandig morän (41%) och postglacial finlera (17%). I avrinningsområdet finns två större vattendrag, Ässingån och Lillån, som har tagits med i beräkningarna. Utöver det har även två mindre biflöden, Iresbäcken och Valsjöbäcken, ingått. Figur 4-1 visar den geografiska fördelningen av de olika marktyperna och Figur 4-2 visar de modellerade vattendragens sträckning genom avrinningsområdet.



Figur 4-1 De olika marktyperna som finns representerade i Ässingån. Datan är från Lantmäteriets öppna data.

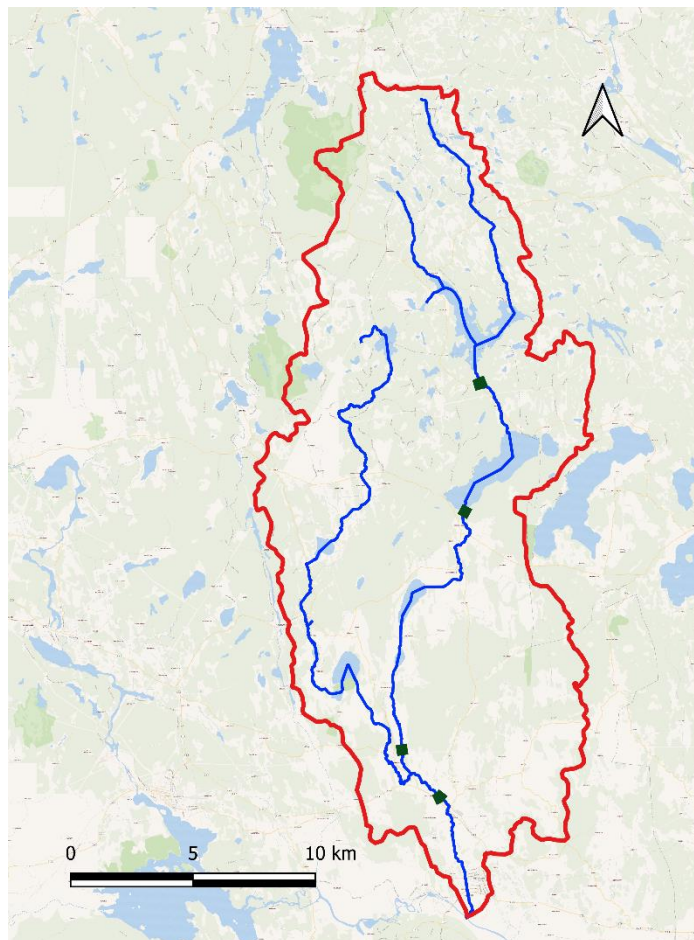


Figur 4-2 Ässingåns avrinningsområde markerat i rött, samt alla modellerade vattendrag i området.



Figur 4-3 Översiktlig bild över olika diketyper i Åssingåns avrinningsområde. Data tillhandahållen av Länsstyrelsen.

Figur 4-3 visar diken i Åssingån, då vägdiken har exkluderats. Den totala längden av alla diken, exklusive vägdiken, är ca 360 km. Skogsdiken står för den största andelen, runt 59 %. Andelen diken på åkermark och andelen diken på öppen våtmark är runt 38 %, respektive 3 %.

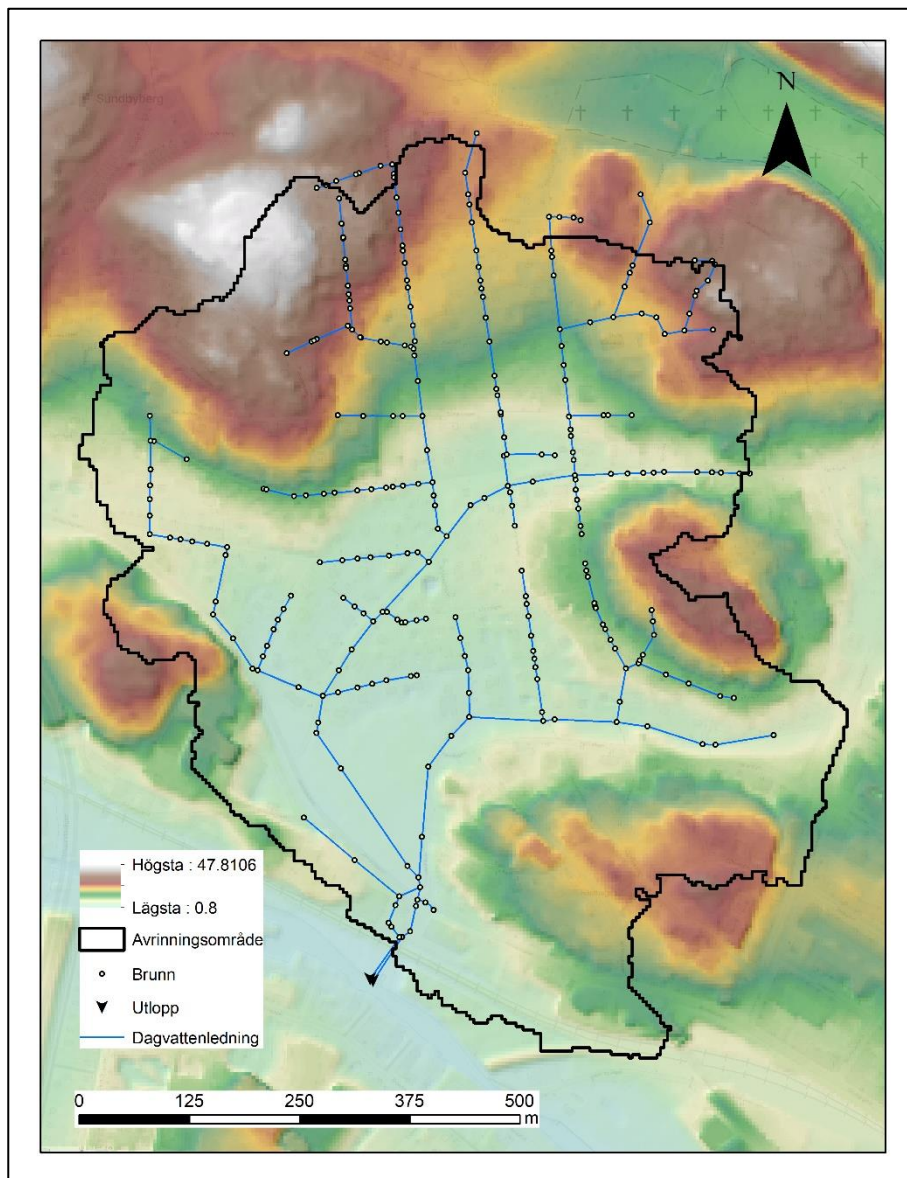


Figur 4-4 Dammanläggningar i Ässingåns avrinningsområde. Data tillhandahållen av Länsstyrelsen.

Figur 4-4 visar de fyra olika dammanläggningarna som finns i Ässingåns avrinningsområde. Två av dessa finns vid utloppet vid två av avrinningsområdets större sjöar, vilket ger stor regleringspotential. Data över hur dessa dammanläggningar regleras har inte varit tillgängliga för projektgruppen, vilket innebär vissa osäkerheter för den hydrologiska modelleringen.

4.1.2 Duvbo

Duvbo ligger i Sundbyberg och utgör ett delavrinningsområde till Bällstaån. Delavrinningsområdet är 0,6 km² och litet sett till Bällstaåns totala avrinningsområde på 39 km². Duvbo ligger norr om Bällstaån med den ytliga avrinningen avskuren av järnvägen som skär av flödesvägarna söderut. Avrinning till Bällstaån sker via två parallella dagvattenledningar som går under järnvägen med utlopp i ån. Området består till största delen av samlad villabebyggelse med en del verksamheter såsom skola, kyrka, vårdhem, näringsverksamheter och industri/handelsområden. Avrinningsområdet består till ca 10 % av byggnader, 25 % av asfalterad och annan hårdgjord yta, 55 % av urbana grönområden och 10 % av naturmark enligt kommunens primärkarta. Figur 4-5 visar den geografiska fördelningen av markanvändningen inom avrinningsområdet och Figur 4-6 visar en översiktlig bild över dagvattenledningsnät och höjdförhållanden i området.



Figur 4-6 Daggvattenledningar och höjdförhållanden (RH 2000) inom Duvbos avrinningsområde.

4.2 Betygskala för de naturbaserade lösningarna

För att belysa de naturbaserade lösningarnas multifunktionalitet rekommenderar Naturvårdsverket att inte enbart värdera den huvudsakliga nyttan, utan alla potentiella nyttor (Naturvårdsverket, 2021). Värderingen kan uttryckas på olika sätt: kvalitativt (med ord), kvantitativt (till exempel mängden producerade råvaror) eller monetärt. I detta projekt har en semikvantitativ värderingskala använts, där varje genomförd naturbaserad lösning har betygsatts efter valda nyttor. Poängskalan har vidareutvecklats av länsstyrelserna i Stockholm och Västmanland till att innefatta även en negativ skala för att belysa en eventuell negativ påverkan på någon av de multifunktionella nyttorna. I de fall där det saknas tillräcklig information har nyttan inte poängsatts. Istället har då en motivering getts till varför nyttan inte har poängsatts.

Poängskala

- +4 Mycket stor positiv påverkan och grad av nytta
- +3 Stor positiv påverkan och grad av nytta
- +2 Måttlig positiv påverkan och grad av nytta
- +1 Låg positiv påverkan och grad av nytta
- 0 Ingen påverkan eller nytta
- 1 Låg negativ påverkan och grad av nytta
- 2 Måttlig negativ påverkan och grad av nytta
- 3 Stor negativ påverkan och grad av nytta
- 4 Mycket stor negativ påverkan och grad av nytta

4.3 Föreslagna multifunktionella nyttor

De multifunktionella nyttoparametrar som har bedömts är framtagna av Naturvårdsverket och har vidareutvecklats av Länsstyrelsen i Stockholm och Västmanland. Alla angivna parametrar beskrivs med ett betyg enligt kapitel 4.2. De parametrar som är svårbedömda, eller där data inte finns tillgänglig, betygsätts inte. Motiveringen till varför vissa av parametrarna inte har betygsatts redovisas i resultatdelen (kapitel 8.3). Samtliga multifunktionella nyttor redovisas i Tabell 4-1.

Tabell 4-1 Sammanställning över nyttoparametrar som ska bedömas för varje naturbaserad lösning.

Nyttoparameter	Kort beskrivning
Vattenförsörjning	Påverkan på mängden tillgängligt vatten
Rekreation	Inslag som är positiva för människan
Klimatpåverkan	Upptag av koldioxid
Pollinering	Gynnar/missgynnar pollinatörer
Biologisk mångfald	Gynnar/missgynnar biologisk mångfald
Buller	Dämpar/ökar buller
Luftkvalitet	Gynnar/missgynnar luftkvaliteten
Erosionsförebyggande	Ökar/minskar erosion
Grundvatten	Ökar/minskar grundvattenbildningen
Kretslopp	Om den påverkar hydrologiska cykeln
Vattenkvalitet	Gynnar/missgynnar vattenkvalitet
Översvämningsrisk	Ökar/minskar översvämningsrisken
Brand	Ökar/minskar brandrisken
Torka	Ökar/minskar risken för torka
Turism	Gynnar/missgynnar turistnäringen
Inkomst	Ökar/minskar inkomsterna
Livsmedel	Ökar/minskar produktionen av livsmedel
Sysselsättning	Ökar/minskar sysselsättningsgraden
Estetiskt	Ökar/minskar estetiska värden
Kulturarv	Upprätthåller/förstör kulturarv
Upprustning av område	Upprustar/nedrustar ett område
Hälsa	Förbättrar/försämrar människors hälsa
Ökat markvärde	Ökar/minskar markvärdet
Energibesparing	Ökar/minskar energibesparingar

5 Val av naturbaserade lösningar

5.1 Bakgrund

Vid val av naturbaserade lösningar bör fokus ligga på den nytta som är kopplad till restaurering av naturlighet och ekosystem, vilket även har gjorts i den aktuella studien. I rinnande vatten och vattensystem överlag finns en komplex dynamik som involverar fysiska, kemiska och ekologiska processer över tid. Människan har genom exempelvis markavvattning, förtätning, kulvertering och kraftverksutbyggnad rubbat denna dynamik. De problem vi ser i dag med avseende på översvämning, torka, övergödning, förlust av arter och miljöer och försämrad vattenkvalitet har till viss mån förvärrats av dessa störningar. Traditionellt har fokuset inom svensk vattenvård länge varit på lösningar som bygger på nya anläggningar och tekniska lösningar som ska mildra effekterna av människans påverkan. Exempel kan vara tvåstegsdiken, fosfordammar, kvävedammar, dikespluggar, kalkfilter och gröna tak.

Internationellt och inte minst i stora del av övriga Europa har förvisso de tekniska lösningarna också utvecklats, särskilt i relation till verksamheter och/eller exploatering. Vattenvård i allmänhet och särskilt begreppet "naturbaserade lösningar", handlar i stor utsträckning om restaurering. Förenklat kan man säga att en vattenmiljö som får utveckla en tillräckligt stor naturlighet och dynamik kan leverera alla de nyttor som vi eftersträvar. Detta utan att man behöver sköta eller underhålla någon anläggning och helt utan det ansvar som annars följer med en anläggning. Innan man tillför nya anläggningar i landskapet behöver man därför undersöka vilken påverkan vi kan ta bort, det vill säga i första hand restaurera.

Många av de vattenanläggningar (diken, invallningar, sjösänkningar med mera) som har genomförts historiskt har i dagsläget förlorat sin nytta. Marker som har torrlagts för hundra år sedan har kompakterats och är återigen för blöta för att odla eller plantera på. Att ånyo torrlägga marken genom att fördjupa diken eller sänka sjöar kan kräva rättslig prövning. Trots att den ursprungliga funktionen och nyttan har upphört finns anläggningarna kvar och påverkar kontinuerligt landskapets hydrologi. Många av dessa äldre anläggningar kan tyckas vara enkla att åtgärda men i regel omfattas de av starka rättigheter som kan jämföras med tillstånd. Det faktum att sådana anläggningar är besvärliga att riva ut har sannolikt bidragit till satsningen på nya anläggningar istället för restaurering.

I urbana miljöer har dagvatten börjat ses som en tillgång istället för enbart ett problem som ska ner under marken och många spännande dagvatten- och skyfallslösningar har börjat ta plats i våra städer. Dessa har en mängd positiva nyttoeffekter såsom svalka och ökad biodiversitet och är dessutom positiva för boendemiljön.

Då det huvudsakliga syftet med de naturbaserade lösningarna i föreliggande utredning har varit att analysera möjligheterna att öka landskapets vattenhållande förmåga, mer specifikt vid kraftig nederbörd som generar höga flöden och stora volymer som riskerar att orsaka översvämningar, har lösningar med stor sådan nytta valts ut för närmare utredning.

Olika typer av avrinningsområden fungerar på olika sätt och skiljer sig när det gäller vilka översvämningstillfällen som orsakar skador. För naturliga avrinningsområden sker stora översvämningar vanligtvis efter långvarig nederbörd som bidrar till att marken blir mättad, tillsammans med snösmältning eller en större regnhändelse. Efter en längre tids torka finns det så stora magasin i diken, sjöar och mark att det krävs större regnvolymer för att fylla upp dessa magasin och orsaka översvämning. Efter en period av torka observeras därför sällan översvämningar, då det finns stora magasinvolymerna i de översta jordlagren, samt i diken och sjöar med låga vattennivåer. För urbana avrinningsområden har vattendragen och dess bidragande flöden en mycket snabbare respons, regleringsfunktionerna är begränsade och systemet ofta är anpassat för snabb dränering/avledning av ytor i stadsmiljö. I den urbana miljön inträffar därför de största översvämningarna ofta under volymrik korttidsnederbörd, så kallade skyfall.

5.2 Ässingån – Prioritering av åtgärdstyper

Inom det aktuella utredningsområdet finns en stor potential för att återställa avrinningsområdets hydrologi och därmed återskapa naturliga processer som bidrar till minskad klimatpåverkan. Utredningen har därför sökt identifiera en restaureringspotential kopplat till områden som påverkats genom markavvattning och/eller sjösänkningar.

De möjliga naturbaserade lösningar som kan tänkas påverka avrinningen i ett avrinningsområde som huvudsakligen består av skogs- och jordbruksmark är följande:

- Återskapade våtmarker
- Restaurering av sänkta sjöar
- Återskapade/restaurerade svämplan
- Förändrad markanvändning (jordbruk ändras till skogsbruk, hyggesfritt skogsbruk, ökade hänsynszoner längs vattendrag så att större områden undantas från avverkning)
- Återmeandring av vattendrag
- Dikespluggning
- Åtgärder vid dammanläggningar
- Tvåstegsdiken och svackdiken

Alla dessa åtgärder har potential att förändra hydrologin på årsbasis, men för att minska flödestoppar vid extrema flöden krävs lösningar med stor volymspotential. Inledningsvis i projektet konstaterades det att det bara är återskapade våtmarker, restaurering av sänkta sjöar, samt möjligen också restaurering av svämplan, som har tillräckligt stor volymspotential. Att återskapa tidigare torrlagda sjöar, våtmarker och naturliga vattendrag ger även många andra nyttor, samt goda förutsättningar för att uppnå den hydrologisk funktion som man eftersträvar med åtgärden.

En inledande topografisk analys gjordes för att kvantifiera potentialen vid restaurering av svämplan. Den topografiska analysen innefattar att omdefiniera dagens höjdmodell till att vara relativ vattendragen, även kallat REM (Relative Elevation Model), där de större vattendragen får höjden 0. Genom denna omdefinierade höjdmodell, tillsammans med jordartskartor för området, kan magasinvolymerna för vattendragens svämplan analyseras. Resultaten från dessa analyser visar att det finns tillgängliga volymer som kan återaktiveras, men inte i den storleksordning som skulle krävas för att få någon flödesdämpande effekt på ett extremt högt flöde. På grund av den låga flödesdämpande effekten togs beslutet att inte gå vidare med svämplansytor som naturbaserad lösning för att dämpa högflöden.

Då de bortvalda alternativen ändå är goda lösningar för att förbättra många parametrar kopplade till vatten, även om de inte har förmåga att minska översvämningsskador signifikant, beskrivs deras nyttor och potential översiktligt i kapitel 5.4.

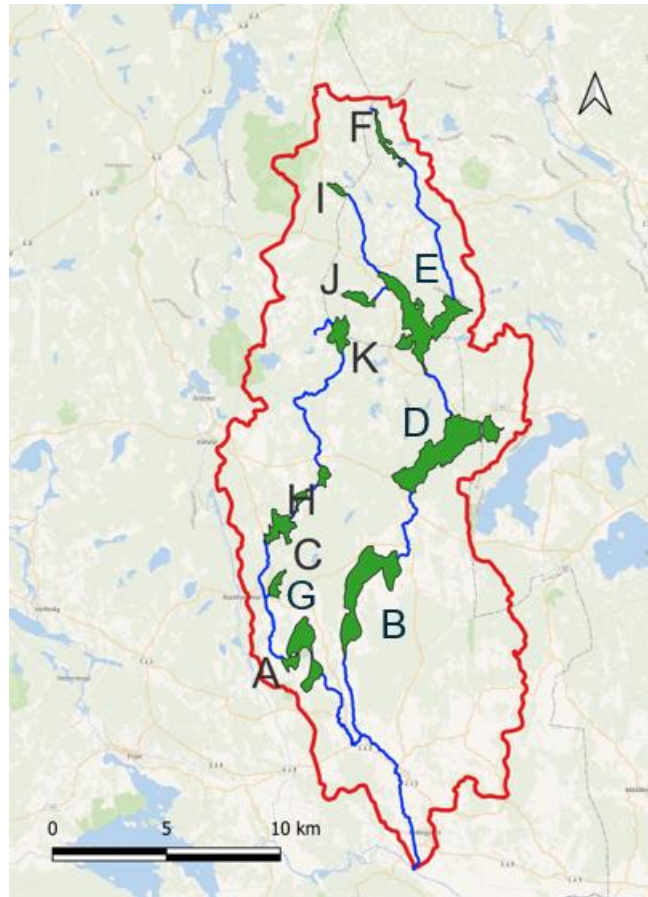
5.3 Ässingån – Val av åtgärdsobjekt

Hur hög den naturliga (ursprungliga) vattennivån är i sjöar och våtmarker har noga avvägts från olika typer av kartmaterial såsom häradskartor, jordartslager, båtomsråden och terrängformationer. I analyserna ingår särskilt relationerna mellan nedströms rensningspåverkan, det vill säga geometri för den historiskt bestämmande sektionen, och vilken referenssituation som kan antas. Efter dessa analyser kan magasinvolymerna för varje enskild naturbaserad lösning bestämmas. De naturbaserade lösningar med störst magasinvolym och därmed störst flödesdämpande potential valdes sedan ut för att användas i modelleringsarbetet. Arbetet är en skrivbordsanalys, dvs inga fältmätningar eller inventeringar har genomförts.

I valet av åtgärdsobjekt har de elva områden som bedömts ha störst potential för hydrologi och minskad klimatpåverkan analyserats vidare och studerats med avseende på flödesdämpning.

Av dessa motsvarar nio restaurering av befintliga sjöar medan resterande två handlar om återställning av våtmark. Åtgärdsobjekten identifieras genom bokstäverna A-K i Figur 5-1.

För Ässingåns avrinningsområde har den vattenhållande förmågan vid extrema flöden beräknats för ett antal möjliga placeringar av återskapade/höjda sjöar och våtmarker, var för sig och tillsammans, med hjälp av en dynamisk avrinningsmodell. Åtgärdernas multifunktionalitet och övriga egenskaper har betygssatts eller kategoriserats och en shapefil har tagits fram (se kap 8.3.1).



Figur 5-1 Översiktlig bild över de valda naturbaserade lösningarna i området (A – K).

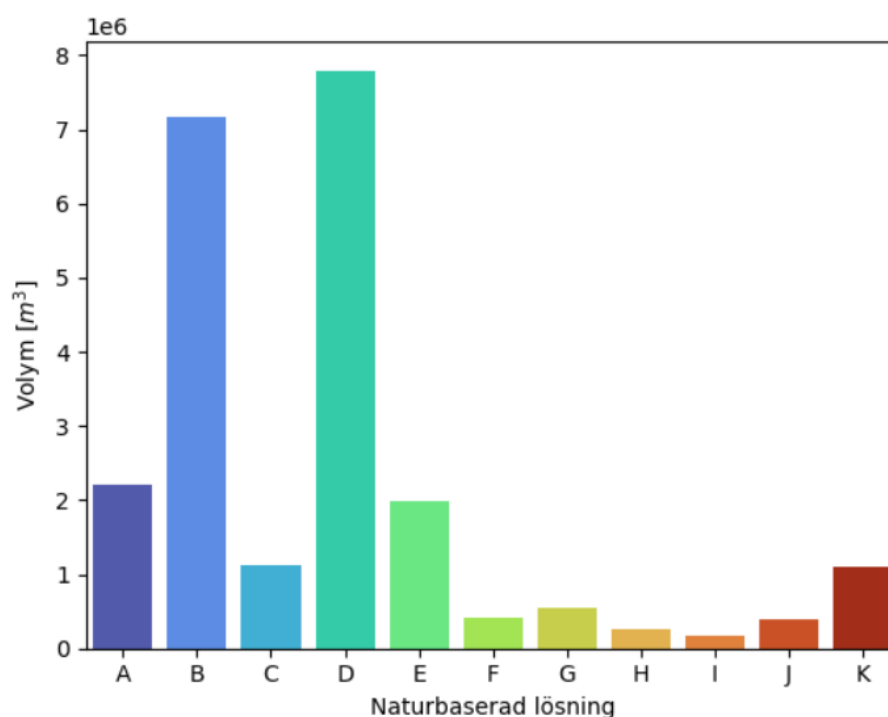
Det framgår av Figur 5-1 att de till ytan större naturbaserade lösningarna befinner sig i Ässingån, det vill säga den östra grenen av vattendraget. Av figuren framgår att de naturbaserade lösningarna A, B, D och E har störst areal. Samtliga är restaurerade sjöar. De som kan klassificeras som återställda våtmarker är G och H, vilka båda har en förhållandevis liten areal.

Figur 5-2 visar en exempelbild på en av de naturbaserade lösningarna (J) och sjöns utbredning historiskt. Vid jämförelse mellan den vänstra bilden (dagens sjö) med den mittersta bilden som visar samma sjö digitaliserad från häradskartan, som har producerats någon gång mellan år 1859–1934, ses det tydligt att sjön har minskat avsevärt i utbredning över tid. Detta kan sedan jämföras med den högra bilden, som visar utbredningen på samma sjö fast vid ett naturligt tillstånd. I den högra bilden symboliserar den ljusblå avgränsningen den genomförda naturbaserade lösningen.



Figur 5-2 Exempelbild för en av de naturbaserade lösningarna med befintlig sjö (vänster), sjö enligt Häradskartan (mitten), samt naturbaserad lösning tillsammans med dagens sjö (höger).

Som utgångspunkt för åtgärdernas flödesdämpande potential, som legat till grund för val av åtgärdsobjekt, har magasinvolymerna beräknats för varje enskild naturbaserad lösning. Figur 5-3 visar att de två naturbaserade lösningar med störst magasinvolym är B och D med 7,1 respektive 7,8 miljoner m^3 . Våtmarkerna G och H med 0,5 respektive 0,3 miljoner m^3 har en förhållandevis liten volymspotential jämfört med de större sjöarna. Sjön I har minst volym med 0,2 miljoner m^3 . Dagens dammanläggningar enligt Figur 4-4 är direkt kopplade till de naturbaserade lösningarna D och E, vilket ger en indikation på att dessa dammanläggningar kan reglera stora volymer och har en hög regleringspotential.



Figur 5-3 Jämförelse av de olika naturbaserade lösningarnas volymer. Notera att skalan på y-axeln är miljoner kubikmeter.

5.4 Ässingån – Övriga naturbaserade lösningar

Bland de naturbaserade lösningar som inte har någon större flödesdämpande effekt, och därmed inte modellerats i detta projekt, finns det flertalet andra lösningar som kan ha en stor påverkan på den generella hydrologin sett över årsbasis. Detta delkapitel innefattar en beskrivning av och överslagsberäkningar på några andra naturbaserade lösningar som nämns i naturvårdsverkets riktlinjer men som inte modellerats inom ramen för detta projekt.

Förändrad markanvändning

Att öka infiltrationskapaciteten genom att förändra markanvändningen är en naturbaserad lösning som kan ha en relativt stor påverkan på avrinningen från ett område sett som medel över året. Detta kan ske genom att bland annat förändra monokulturella skogslandskap till blandskog, introducera hyggesfritt skogsbruk, öka hänsynszonerna längs vattendrag eller ändra jordbruk till skogsjordbruk.

Den ökade infiltrationskapaciteten relaterar till avrinningskoefficienten, det är dock svårt att hitta något enkelt värde för olika avrinningskoefficienter. Denna förändras nämligen om marken är torr eller våt. Eftersom träd suger upp betydligt mer vatten än grödor på en åker, sett över ett år så är det rimligt att avrinningskoefficienten i medel är betydligt lägre än för jordbruksmark. För jordbruksmarken varierar också avrinningskoefficienten efter säsong, då det periodvis är bar jord och periodvis kraftigt bevuxen. Vid ett extremt skyfall när det mesta av vattnet rinner av på ytan borde avrinningskoefficienterna vara relativt lika för jord- respektive skogsmark.

En förändrad markanvändning har därför oftast en mycket liten påverkan på översvämningar då dessa ofta sker när det ytliga grundvattenmagasinet redan är mättat och då kan ingen infiltration ske.

Förändrad markanvändning kan också ha en positiv inverkan på klimatet, om exempelvis jordbruk omvandlas till skogsbruk som binder mer kol. Det kan också ge en positiv effekt mot sjukdomar och skadeinsekter om skogen är blandad istället för att den brukas som monokultur. Ett mer varierat landskap generellt är också positivt för biologisk mångfald och pollinering. Vidare kan hyggesfritt skogsbruk leda till minskad jorderosion.

Återmeandring

Att återmeandra ett vattendrag som rätats ut ger en viss fördröjande effekt eftersom vattendraget blir längre och rinner långsammare. Flera positiva bieffekter kan fås så som minskad erosion, höjda estetiska värden och ökad biologisk mångfald. Om en sträcka ska återmeandras bör detaljerade studier göras, dels för att ge meandrarna en inledande design som är anpassad till vattendragets flöde och lutning, dels för att i detalj beräkna påverkan på hydrauliken. Ju längre sträcka som återmeandras, desto större effekt fås.

Återmeandring tar dock relativt stor plats i anspråk, vilket kan förknippas med kostnader och förlust av åkermark för livsmedelsproduktion.

Dikespluggning

Dikespluggning är en naturbaserad åtgärd som fått stor uppmärksamhet. Bland annat har Skogsstyrelsen lanserat ett återvättningsavtal som ska uppmuntra till dikespluggning (Skogsstyrelsen, 2023). Det primära syftet med denna typ av dikespluggning är dock att minska koldioxidutsläpp genom att höja grundvattennivån, och därmed återveta torvmarker som annars hade släppt ut koldioxid. En ytterligare fördel med en förhöjd grundvattennivå är att minska skogsbränders utbredning och andra negativa effekter av torra.

I ett flödesdämpande syfte har dock denna återvätning sällan någon effekt, då magasin-volymer som skapas oftast är försumbara under höga flöden.

Här följer ett räkneexempel för Ässingåns avrinningsområde:

Skogsdiken utgör 59% av alla diken (förutom vägdiken) vilket ger en total sträcka på 212 km.

Låt oss säga att dessa är 3 m breda och att det strax innan en översvämningstopp finns 10 cm kvar att fylla i dessa diken. (Som nämnts tidigare sker inga allvarliga översvämningar då det är torrt i naturen, så det finns ingen anledning att räkna på torra diken.) Det motsvarar då en volym på ca 64 000 m³, vilket endast är 30 % av den föreslagna åtgärden med minst volym (åtgärd I).

Åtgärder vid dammanläggningar

Det finns åtminstone fyra dammanläggningar i avrinningsområdet (Figur 4-4) och deras påverkan på avrinningen i området är relativt okänd då vi inte har information om hur regleringen sker. Det kan vara så att deras inverkan är relativt stor, vilket även konstateras i svårigheten att kalibrera avrinningsmodellen (kapitel 7.1.1). Man skulle kunna tänka sig att använda dessa anläggningar för att minska översvämningens riskerna genom en optimal reglering, men det vore ingen naturbaserad lösning.

En damm utgör dessutom oftast ett vandringshinder och minskar konnektiviteten och naturligheten på ett vattendrag. Det kan vara möjligt här att göra naturbaserade åtgärder som både ökar binyttorna och samtidigt minskar risken för översvämning nedströms.

Vill man gå vidare med att utreda de föreslagna åtgärderna i denna utredning, bör en noggrann analys göras av befintliga dammar och deras effekt på avrinningen i området.

Tvåstegsdiken och svackdiken

Vid modifiering av vattendrag genom att ändra geometrin till ett tvåstegs- eller svackdike, används dessa strategier primärt i syfte av att kontrollera översvämningens utbredning lokalt, minska erosionen i vattendragen eller att öka näringsretentionen. Gällande flödesdämpning har dessa strategier sällan någon större effekt vid flöden med höga återkomsttider då dikena vanligtvis designas för att översvämmas vid ca 2-års flöde. För de flöden som har studerats i detta projekt, som motsvarar flöden med över 50-års återkomsttid, har dessa lösningar försumbara flödesdämpande effekt.

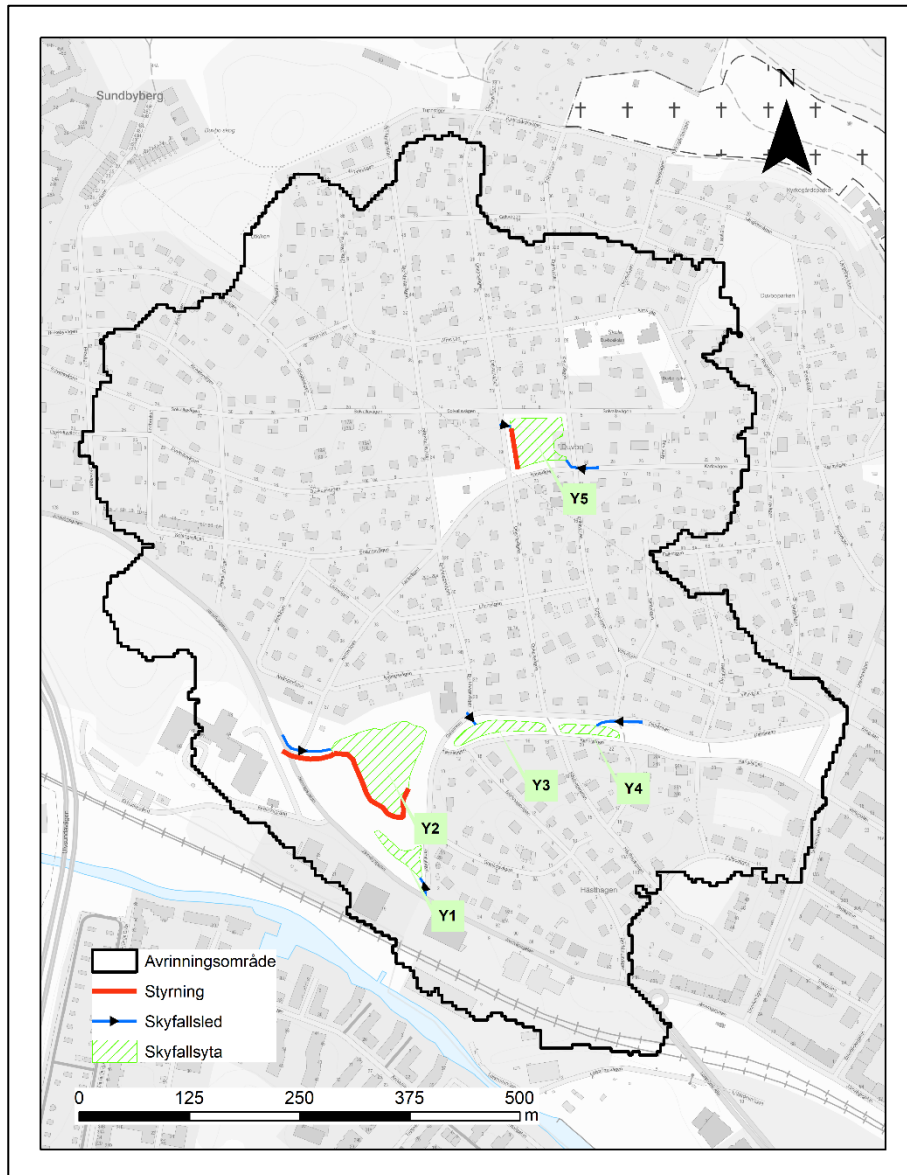
5.5 Duvbo

Inom aktuellt utredningsområde skär järnvägen av den naturliga ytliga avrinningen mot Bällstaån. Avledning till Bällstaån sker därmed genom en begränsad sektion som styr maximala flöden. Naturbaserade lösningar inom Duvbos avrinningsområde syftar till att fördröja och magasinera nederbörd innan vattnet når fram till utloppsledningen.

De möjliga åtgärderna som har valts ut för analys inom Duvbos avrinningsområde har delats upp i två kategorier: skyfallsåtgärder och dagvattenåtgärder. Skyfallsåtgärder är utformade för att framförallt nyttjas vid regn som överskrider ca 10–30 års återkomsttid. Dagvattenåtgärder nyttjas vid all nederbörd, men har större effekt ju kortare återkomsttid regnet har.

Skyfallsåtgärder

Syftet med skyfallsåtgärder är att ytligt kunna hantera stora volymer vatten och är uppdelade mellan tre typåtgärder. Dessa läggs in på allmän platsmark i modellens 2D-modul och visas i Figur 5-4. Val av skyfallsåtgärder har utgått från en analys av topografi, nuvarande flöden och markanvändning.



Figur 5-4 Översikt av föreslagna skyfallsåtgärder.

Skyfallsyta

En skyfallsyta är ett utpekad område där vatten vid skyfall ska magasineras för att sedan successivt avvattnas antingen via dagvattennätet, skyfallsleder eller infiltration. Syftet med skyfallsytan är att samla vattnet i områden där det orsakar så liten skada som möjligt. Exempel på skyfallsytor är lågpunkter i grönområden eller parker. Skyfallsytor tar i regel mycket mark i anspråk. Att anlägga underjordiska magasin för skyfallshantering är mycket kostsamt på grund av de stora volymer som krävs, men inte uteslutet. I områden med mycket höga exploateringsvärden kan det vara motiverat med underjordiska skyfallsmagasin om alternativet resulterar i att andelen exploateringsbar mark minskar eller att stora värden i staden kommer till skada. I möjligaste mån ska skyfallsytor vara öppna anläggningar.



Skyfallsled

En skyfallsled är ett utpekat stråk där vatten kan avledas på ett säkert och kontrollerat sätt vid skyfall. En skyfallsled kan variera stort i längd. Ett exempel på skyfallsled är en avsänkt vägprofil som leder vatten från ett område där översvämningen orsakar skador till ett område där vattnet inte gör skada. Andra exempel på skyfallsleder är svackdiken och kanaler eller mindre vattendrag. De topografiska förutsättningarna är helt avgörande för var och när det är lämpligt att anlägga en skyfallsled.



Styrning

En styrning syftar till att styra vattnet och påverka flödesförloppet. En styrning är en höjning av marknivån längs en utpekad sträcka för att kontrollera vattenflödet och förstärka funktionen hos intilliggande skyfallsled eller skyfallsyta. Om det exempelvis är svårt att få till en tydligt definierad skyfallsled kan leden kompletteras med så kallad styrning eller om en skyfallsyta behöver fånga vatten som rinner på exempelvis väg precis bredvid ytan. En styrning kan vara en vall, en mur, ett väggupp eller bara en allmän höjning av marknivån. Till kategorin styrning räknas också invallningar av lokala objekt som ligger i vägen för en skyfallsled eller i en skyfallsyta.



Dagvattenåtgärder

Dagvattenåtgärder fördelas ut på en övergripande kvartersnivå i modellens 1D-modul då det kan antas finnas möjligheter för dessa typer av åtgärder på både kvartersmark och allmän platsmark. Tre olika kravtyper har formulerats för att på ett förenklat sätt kunna beskriva olika typer av dagvattenåtgärder, flödeskrav, volymkrav och areakrav. Dessa saknar spatial fördelning och är implementerade på avrinningsområdesnivå. Val av specifika kravnivåer har utgått från vad som anses vara rimligt och med stöd av riktlinjer från kommuner. Kravnivåer visas i Tabell 5-1. Vidare i texten beskrivs mer detaljerat vad dessa kravställningar innebär.

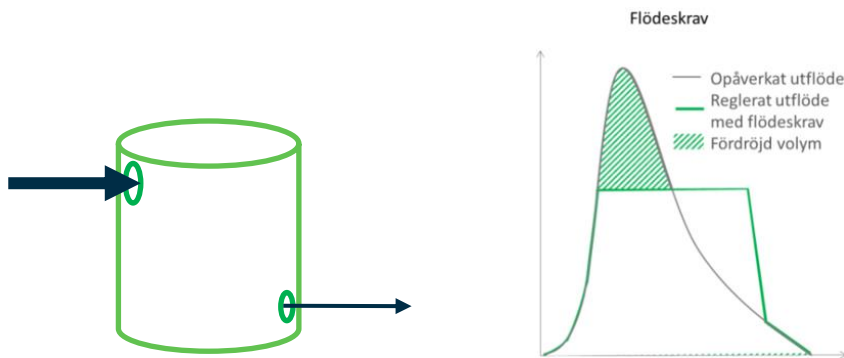
Tabell 5-1 Specifika kravnivåer som har använts i Duvbomodellen.

Kravtyp	Kravställning
Flödeskrav*	Max 50 l/s/ha avrinning från fastighet
Volymkrav	Magasinering av första 10 mm regn
Areakrav*	20% reduktion av hårdgjord yta

* Flödeskrav och Areakrav gäller för CDS-regn upp till 10 års återkomsttid med varaktigheter mellan 5 och 360 min.

Flödeskrav

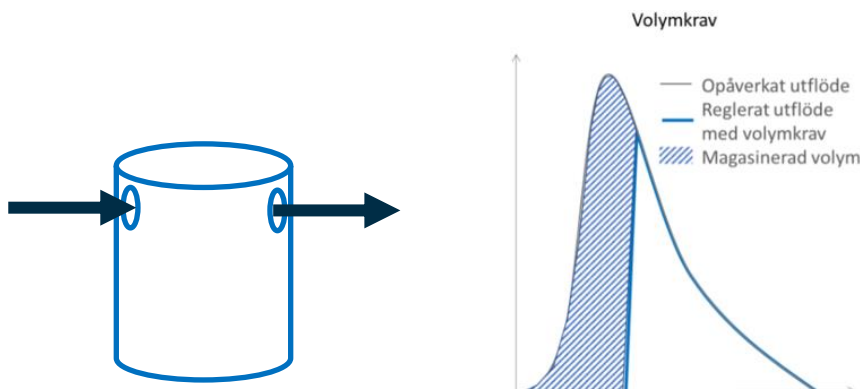
Ett flödeskrav innebär att en reglering sätts på flödet. Generellt innebär detta en begränsning av maximalt tillåtet utflöde från fastigheten, ofta definierat i enheten liter per sekund och hektar (l/s,ha). Om avrinningen från fastigheten överskrider det tillåtna värdet måste den överskjutande delen av avrinningen fördröjas på fastigheten, och hållas kvar tills avrinningen understiger det tillåtna flödet. Flödesreglering innebär inte per definition någon minskning av den totala avrinningsvolymen, även om det naturligtvis i praktiken kan finnas anläggningar som både innebär en begränsning av flödet och en minskning av volymen. Den hydrauliska effekten av denna reglering blir således att flödestoppen minskar och förlängs, under förutsättning att det tillåtna flödet understiger den oreglerade avrinningen från fastigheten. En schematisk illustration av flödeskrav visas i Figur 5-5. Ansatt flödeskrav har antagits gälla för regn upp till 10 års återkomsttid då fördröjning av större nederbördshändelser skulle kräva allt för stora fördröjningsvolymen. I modellen hanteras detta genom att när intensiteten för ett 10-årsregn med varaktighet på 30 min överskrids kommer överskjutande nederbörd avrinna på markyta och styras av topografin.



Figur 5-5 Schematisk illustration över hur en flödesbegränsning teoretiskt fungerar (vänster) och hur det påverkar utflödet (höger).

Volymkrav

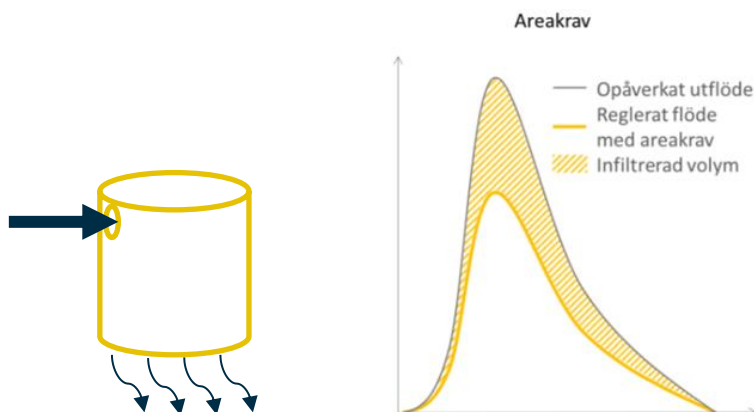
Ett volymkrav innebär att en reglering sätts på avrinningsvolymen, oftast genom att man anger ett visst antal mm nederbörd som ska magasineras. Detta innebär att om regnet är större än den angivna magasinvolymen, kommer magasinet att fyllas upp initialt, och när det är fullt kommer återstående del av avrinningen att passera ut oreglerat från fastigheten. Volymkrav innebär inte per definition att toppflödet minskar; om magasinet hinner fyllas upp helt innan flödestoppen inträffar så kommer maxflödet vara oförändrat. En schematisk illustration av volymkrav visas i Figur 5-6.



Figur 5-6 Schematisk illustration över hur ett volymkrav teoretiskt fungerar (vänster) och hur det påverkar utflödet (höger).

Areakrav

Ett areakrav innebär att en reglering sätts på hur stor andel av den totala fastighetsytan som tillåts bidra till avrinningen. Andelen bidragande yta uttrycks ofta i procent i form av en avrinningskoefficient. Detta innebär teoretiskt att avrinningen minskar procentuellt under hela förloppet, dvs både en minskning av flödestopp och av avrinningsvolym. En schematisk illustration av areakrav visas i Figur 5-7.



Figur 5-7 Schematisk illustration över hur ett areakrav teoretiskt fungerar (t.v.) och hur det påverkar utflödet (t.h).

Nedan listas exempel som i praktiken kan användas utifrån ovanstående teoretiska kravställningar.

Regntunna/regnmagasin

Som utgångspunkt motsvarar denna ett volymkrav, dvs den magasinerar regn utan avtappning till ledningsnätet tills den är full, därefter går resterande avrinning direkt till ledningsnätet utan reglering.

Gröna tak

Gröna tak kan i princip sägas motsvara alla tre kravtyperna, beroende på utformning. Ett platt tak med begränsad dränering motsvarar volymkrav som kan hantera en viss volym – eller areakrav om magasinskapaciteten är stor då den kan sägas minska den bidragande ytan. För ett tak med lutning och dränerande skikt kan regnet antas infiltrera ner genom jordsubstratet och därefter dräneras till stuprör med en viss begränsning/fördröjning, och denna effekt motsvarar då ett flödeskrav (i kombination med ett volymkrav eftersom gröna tak så gott som alltid har en vattenhållande funktion).

Utjämningsmagasin

Ett utjämningsmagasin motsvarar i första hand kravtypen flödeskrav, då dess primära syfte är att begränsa och utjämna flödet. Anläggningen kan utformas för att ta emot dagvatten direkt när det börjar regna, det vill säga ett genomströmningsmagasin, eller som ett bräddningsmagasin som fylls upp vid en viss dämningnivå i ledningsnätet. Eftersom en begränsning och utjämning av flödet alltid innebär någon form av magasinering av den utjämnade volymen, kan ett utjämningsmagasin sägas vara en kombination av flödeskrav och volymkrav, vilket blir relevant att beakta framför allt om volymen som är tillgänglig för utjämning inte räcker till. I sådana fall kan effekten bli att avrinningen leds vidare oreglerat när den tillgängliga magasinvolymen är full. Utjämningsmagasinen utformas i första hand som torra ytor som ställs under vatten endast då det regnar för att ge så låga skötselkostnader som möjligt, såsom en torrdamm eller översilningsyta.

Nedsänkta regnbäddar

En regnbädds primära syfte är oftast rening, men genom en nedsänkt utformning kommer funktionen även inbegripa magasinering och fördröjning. Om regnbädden inte är kopplad till

ledningsnätet genom exempelvis dräneringsledning i botten eller liknande, motsvarar den ett volymkrav. Om det finns dräneringsledning kopplat till dagvattensystemet motsvarar den i stället flödeskrav (eventuellt i kombination med volymkrav om regnbäddens magasineringkapacitet är begränsad i förhållande till regnet).

Infiltrationsstråk

Med infiltrationsstråk avses här lågstråk eller lågpunkter i form av diken eller svackor där vatten kan ställa sig och infiltrera till omkringliggande mark, utan koppling till ledningsnätet. Således motsvarar dessa kravtypen Volymkrav.

Permeabla beläggningar

Permeabel beläggning som LOD-åtgärd avser en speciell typ av ytbeläggning som kan användas i stället för t ex asfalt, men som har förmåga att infiltrera vatten. Det kan vara allt ifrån grus till armerad gräsyta, stenplattor med permeabla fogar, eller speciella typer av permeabel asfalt med eller utan kompletterande magasinering undertill. Vid små till måttliga regn motsvarar denna åtgärd ett areakrav, eftersom den bidragande ytan minskar. Vid större regn blir effekten som vid volymkrav, dvs att första delen av regnet magasineras och när kapaciteten är full rinner resterande del av regnet oregerat vidare,

Svackdiken

Svackdiken är gräsbeklädda diken, oftast med flack sidolutning, avsedda att fördröja, magasinera och infiltrera dagvatten. De kan vara utrustade med extra magasin i botten (stenkista, infiltrationsbädd eller liknande) och även i vissa fall med dräneringsrör. Grundprincipen för reglering motsvarar flödeskrav då den begränsar flödet, men om infiltration sker till omkringliggande mark kan den även delvis motsvara ett volymkrav.

6 Beräkningsmodeller och indata

I detta kapitel ges en beskrivning av hur flödesdämningen har beräknats för de utvalda åtgärdsobjekten.

6.1 Indata

Indata till modellen har utgjorts av allmänt kartunderlag (höjdmodell och kartskikt), uppmätta flöden vid Fellingsbro, modellerade flöden och nivåer i Bällstaån från befintlig kalibrerad modell för vattendraget, markanvändningsunderlag, samt nederbörds- och temperaturdata från SMHI (SMHI, 2023).

Allt underlag och alla resultat i rapporten redovisas i höjdsystemet RH 2000.

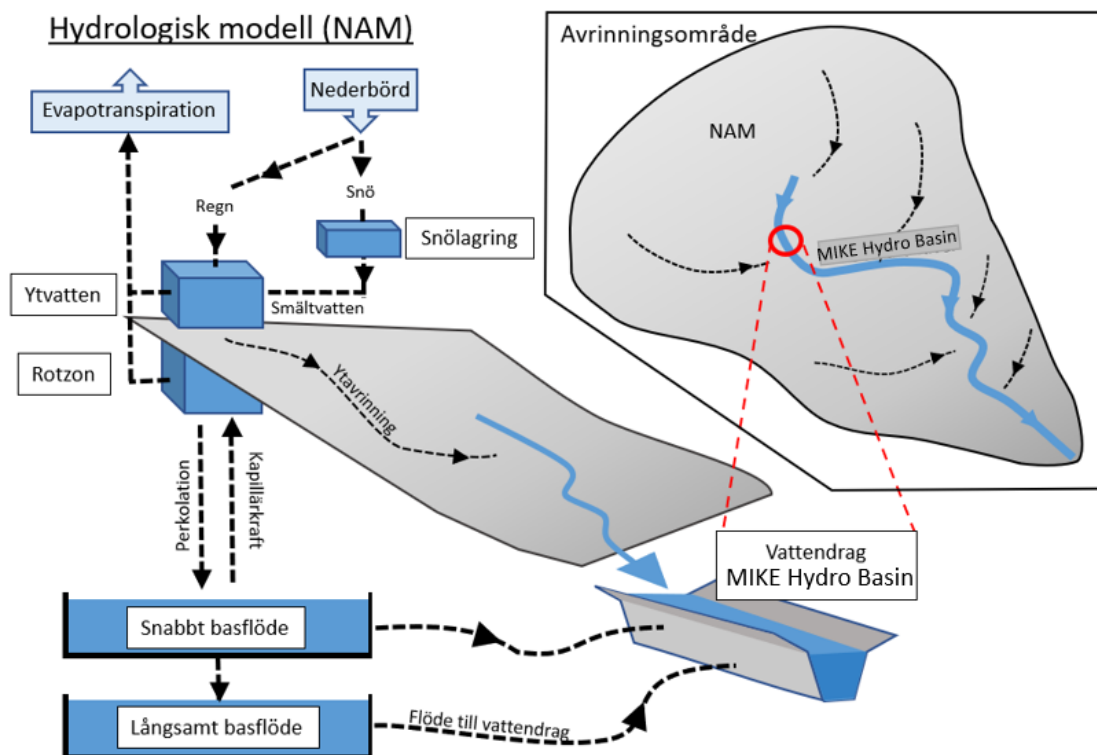
Tabell 6-1. Underlag till modelleringen.

Underlag	Kommentar
Höjdmodell	Raster 1x1 m, Lantmäteriet.
Annan geodata	Generalstabskarta 1841 och bakgrundskartor med markanvändning, Lantmäteriet (erhållna från Länsstyrelsen). Utdikade områden, Naturvårdsverket. Hydrolinjer och Hydroanläggningar, SMHI. Primärkarta, Sundbybergs kommun
Flödesobservationer	Uppmätta flöden vid Fellingsbro.
Modellerad input	Flöden och nivåer i Bällstaån, kalibrerad MIKE+-modell etablerad av DHI på uppdrag av SVOA (2021). Ackumulerade dygnsvärden för regnmängd och dygnsmedel för temperatur (SMHI, 2023).
Övriga data	Evapotranspirationsdata från MODIS (NASA, 2023).

6.2 Ässingån

6.2.1 Modeller

MIKE NAM (Nederbörd- och Avrinnings Modell) användes för den hydrologiska modelleringen i Ässingån. En hydrologisk modell beräknar hur tillflödet till ett vattendrag varierar över tid beroende på framförallt nederbörden i avrinningsområdet. MIKE NAM är en s.k. konceptuell (begreppsmässig) modell, vilket innebär att den bygger på en förenklad beskrivning av de viktigaste processerna i den hydrologiska cykeln. Den drivs med meteorologiska indata i form av nederbörd, temperatur och potentiell avdunstning. 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 för varje delområde i modellen. Beräknad avrinning är uppdelad på ytavrinning (overland flow), ytlig transport i det översta marklagret (interflow), samt grundvattenflöde (basflöde/baseflow). Figur 6-1 ger en schematisk bild över hur de olika processerna i naturen beskrivs i MIKE NAM.



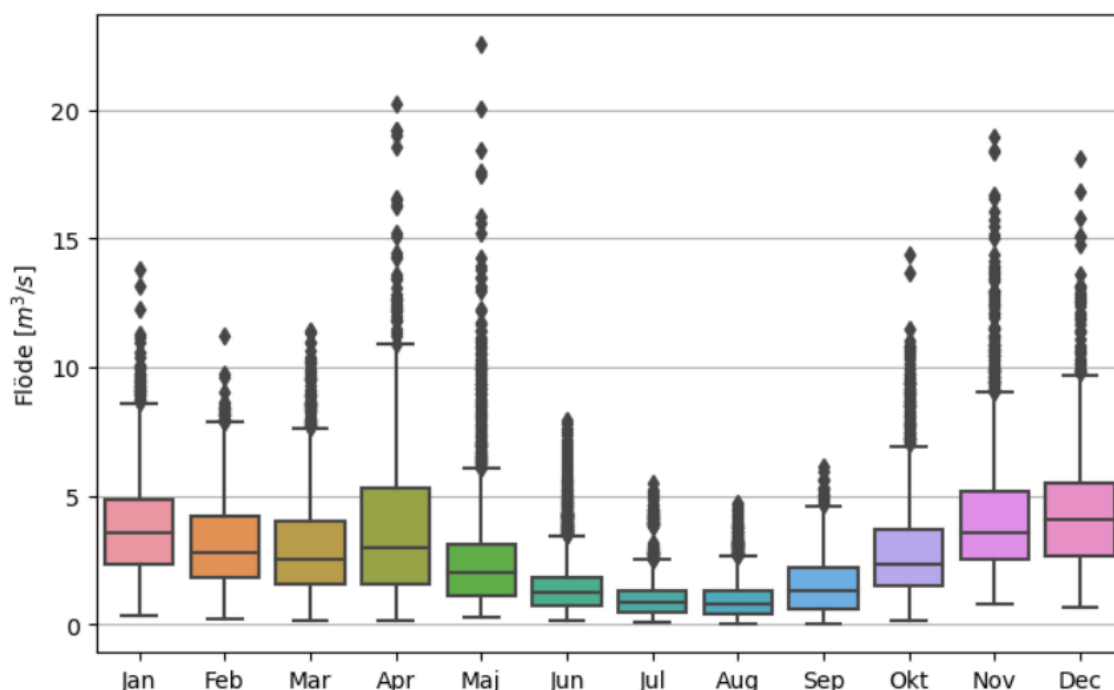
Figur 6-1 Schematisk bild över hur de olika processerna i naturen beskrivs i MIKE11 NAM.

För att beskriva vattendragen har det endimensionella verktyget MIKE Hydro Basin använts. MIKE HYDRO Basin baseras på avancerade numeriska modeller och simuleringsalgoritmer för att representera vattendragen i ett avrinningsssystem. Programvaran ger möjlighet att bygga och analysera flodnätverk, vilket innebär att flodernas struktur och riktning kan modelleras och simuleras. Modellresultaten inkluderar bland annat vattenflöden längs vattendragen, flödes hastigheter och vattenstånd.

Magasinens geometri i modellen är modellerade genom ett nivå-area-volym samband, där area och volym bestäms vid täta nivåintervall. Inflödena till magasinerna kommer dels från uppströms delar av vattendraget, dels från delavrinningsområden som avrinner direkt till magasinerna. Utflödena från magasinerna bestäms av nivå-flödessamband som bestäms av utloppet geometri. I de modellerade naturbaserade lösningarna används så kallade flödesdämpande utskov för att kontrollera utflödena från magasinerna. Detta beskrivs närmare i kapitel 6.2.3.

6.2.2 Flödesstatistik för Ässingåns avrinningsområde

För att få en förståelse för områdets hydrologi gjordes statistiska analyser av de modellerade flödena vid utloppet från avrinningsområdet, det vill säga där Ässingån rinner ut i Arbogaån. Figur 6-2 nedan visar flödets månadsvariation för Ässingåns avrinningsområde baserat på modellerade flöden mellan 1966 och 2019.

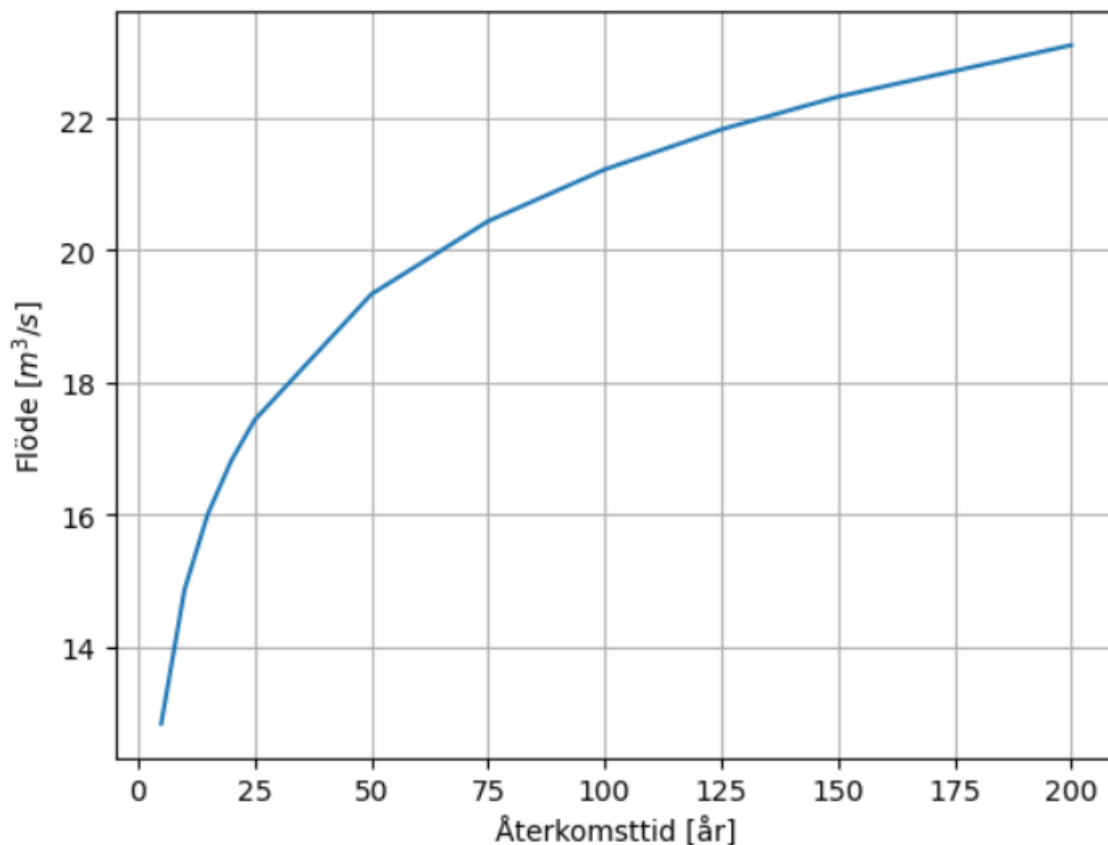


Figur 6-2 Dygnsmedelvärden för modellerad vattenföring fördelad månadsvis för åren 1966–2019. Box-och-whisker diagrammet visar interkvartilintervallet som färgade boxar, whiskers som streck och outliers som punkter.

Figur 6-2 visar flödefördelningen över året baserat på data mellan 1966 och 2019. Den färgade delen av staplarna visar de mittersta 50 % av värdena (även kallat interkvartilintervall), de svarta strecken definieras av ett maximum av interkvartilintervallet multiplicerat med 1,5 (även kallat whiskers) och de svarta punkterna är punkter som ligger utanför detta intervall.

Figuren visar tydligt områdets höglödes- och låglödesperioder. Under perioder med mycket is och snö, framförallt mellan december och mars, är flödet generellt sett lågt i avrinningsområdet. Punkterna som befinner sig över interkvartilintervallet för april och december tyder på att det kan förekomma snösmältning eller regn dessa månader. När väl den ackumulerade nederbörden smälter, vilket figuren ovan visar är kring april-maj månad, nås höglödesperioden. Under sommarperioden, mellan juni och september, är det generellt sett låga flöden. För månaderna november och december förekommer det återigen en höglödesperiod, och dessa månader har även de högsta månadsmedelvärdena.

Ett annat syfte med de statistiska analyserna var att bestämma flöden med olika återkomsttider. För dessa analyser har samma period valts ut, nämligen 1966 till 2019. I extremvärdesanalysen studerades olika varianter av fördelningen *General Extreme Value (GEV) distribution*, vilken ofta används vid beräkning av återkomsttider för höga flöden.



Figur 6-3 Framtaget samband mellan återkomsttid och flöde baserat på modellerade flöden vid utloppet från Åssingån. Beräkningarna har gjorts med "block-method" enligt "Generalized Extreme Value"-metoden (Hosking, Wallis and Wood, 1985).

Figur 6-3 ovan följer ett vanligt mönster för återkomsttider med ett logaritmiskt ökande flöde gentemot återkomsttid. Detta innebär att för de högre flödena ger en liten ökning av flödet stor skillnad i återkomsttid, medan samma ökning för de lägre flödena ger liten skillnad i återkomsttid. Enligt de statistiska beräkningarna motsvarar ett flöde med 50-års återkomsttid 19,3 m³/s, 100-års återkomsttid 21,3 m³/s och 150-års återkomsttid 22,2 m³/s. Notera att dataserien är 53 år lång och att beräkningarna särskilt för de högre återkomsttiderna innehåller osäkerheter.

MQ (medelvattenföring), MHQ (medelhögvattenföring) och MLQ (medellågvattenföring) är annan flödesstatistik som kan ge en värdefull inblick i flödesregimen i avrinningsområden. Beräkningar visar att MQ, MHQ och MLQ är 2,43 m³/s, 9,35 m³/s respektive 0,45 m³/s längst ner i Åssingåns avrinningsområde.

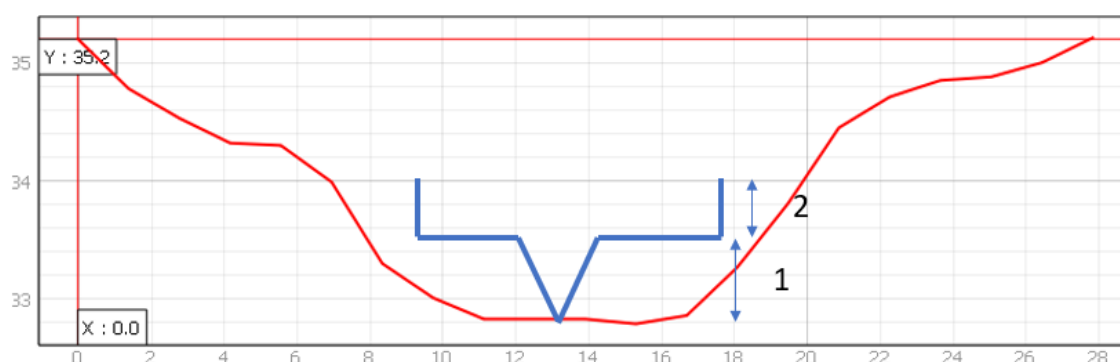
Flödesfördelningen mellan de två större vattendragen, Åssingån och Lillån, beräknades för att få en bättre förståelse för hur mycket som rinner genom varje naturbaserad lösning. Modellresultaten för dagens förhållanden tyder på att en större andel, 65 %, av flödet passerar genom Åssingån, medan resterande del, 35%, passerar genom Lillån.

6.2.3 Utlopp från naturbaserade lösningar

Utloppet från de naturbaserade lösningarna spelar en viktig roll för den flödesdämpande funktionen. Om utloppet utformas som en bred tröskel på en maximal nivå för magasinet fylls volymen upp fort och dess flödesdämpande potential går förlorad. Om tröskeln istället läggs på en för låg nivå nyttjas aldrig magasinet till fullo.

För att optimera utflödet från varje enskild naturbaserad lösning har ett s.k. flödesdämpande utskov enligt skissen i Figur 6-4 tagits fram i dialog med Naturcentrum. Denna princip är vanlig då man till exempel anlägger nya våtmarker.

Utskovet i Figur 6-4 är uppdelat i två delar bestående av ett triangulärt utskov (del 1) och ett rektangulärt utskov (del 2), där det rektangulära utskovet har getts en höjd på 0,5 m. Den maximala kapaciteten genom det triangulära utskovet har satts till medelflödet i aktuell punkt i vattendraget. Den maximala kapaciteten då vattennivån når överdelen av det rektangulära utskovet har satts till ett flöde med ca 50-års återkomsttid. Vinkeln på det triangulära utskovet och bredden på det rektangulära utskovet har itererats fram till dess att flödeskraven har uppfyllts. Notera att detta har gjorts för varje enskild naturbaserad lösning och att medelflödet och 50-års flödet varierar beroende på var den naturbaserade lösningen är placerad i avrinningsområdet.

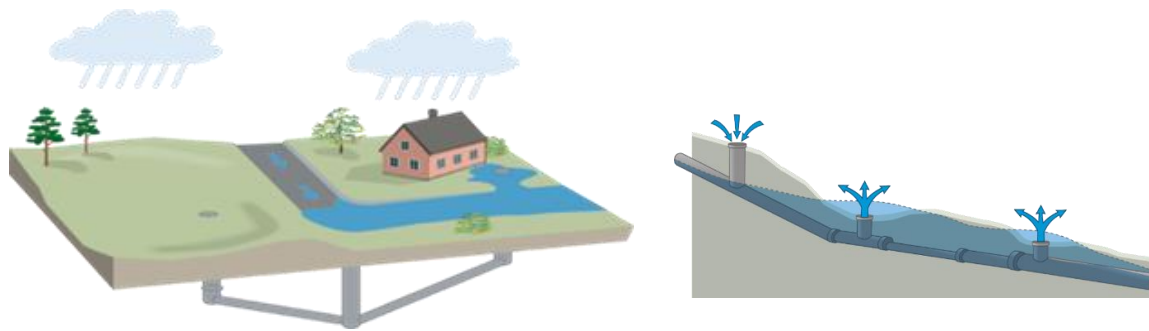


Figur 6-4 Exempel på ett flödesdämpande utskov från en naturbaserad lösning. Utskovet har dimensionerats genom att låta kapaciteten för den triangulära delen (1) motsvara medelflödet, medan kapaciteten för den rektangulära delen (2) motsvarar ett flöde med ca 50 års återkomsttid.

6.3 Duvbo

6.3.1 Modell

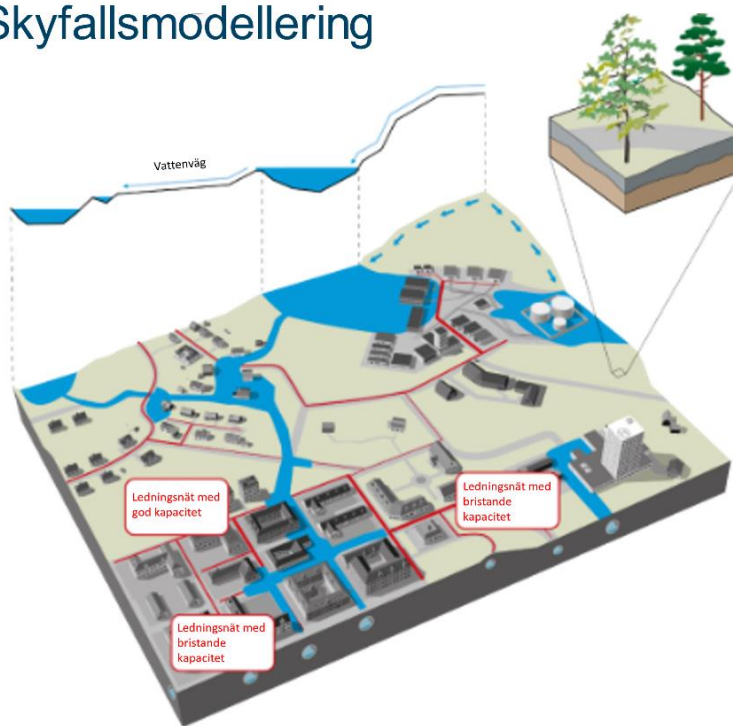
För Duvbo avrinningsområde har en hydrodynamisk modell byggts upp i programvaran MIKE+, där både flöde i ledningsnät och flöde på markytan har simulerats. Dagvatten- och skyfallsmodellen bygger på en kopplad hydraulisk modell som tar hänsyn till både markavrinning och ledningsnätets kapacitet. Skillnaden mellan modellerna handlar om vilken belastning som har lagts på modellen, det vill säga vilket regn, men även vilken infiltrationskapacitet och avrinning som sker från olika delavrinningsområden. Kopplingen innebär att det finns ett dynamiskt utbyte av vatten mellan ledningsnätet och markytan, vilket ger en mer rättvisande bild av översvämningsförloppet i urbana områden med aktiva dagvattensystem. Det innebär att vatten som avrinner längs ytan kan rinna till en brunn och avledas via ledningsnätet eller att vatten kan tränga upp ur ledningsnätet på markytan när ledningsnätets kapacitet överskrids. I Figur 6-5 visas en schematisk bild av denna dynamik.



Figur 6-5 Illustration av kopplad markavrinnings -och ledningsnätmodell.

Figur 6-6 illustrerar principen för modelluppbyggnaden och vilken indata som har använts för att beskriva de yttre förutsättningar som styr hur avrinningen och översvämningförloppet utvecklas. Metodiken som har använts bygger till stor del på MSB:s rekommendationer som finns mer utförligt beskriven i "Vägledning för skyfallskartering – Tips för genomförande och exempel på användning" (MSB, 2017). För områden med avsaknad av ledningsnät beskrivs området endast som en markavrinningsmodell.

Skyfallsmodellering

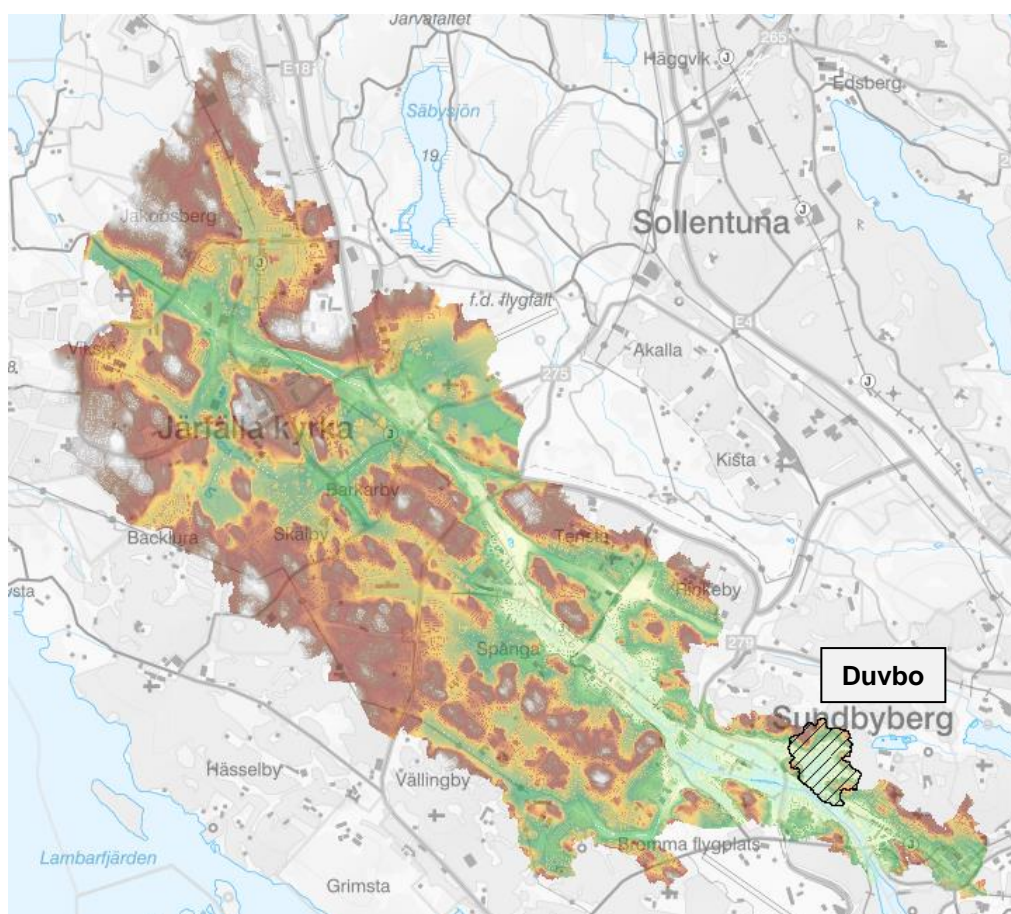


Indata

- Höjddata
- Markanvändning
- Jordartskarta
- Regndata
- Ledningsnättsdata
- Styrande vattennivåer i recipienter
- Beskrivning av dikessektioner

Figur 6-6 Indata som har använts vid framställning av modellen.

Då Duvbo angränsar till Bällstaån finns det en risk att nivån i vattendraget påverkar avrinningen. Därför har tidigare resultat från kalibrerad modell som beskriver hela Bällstaåns avrinningsområde nyttjats som randvillkor i den mindre Duvbo-modellen. Figur 6-7 visar hela Bällstaåmodellen. Etablering av denna typ av kalibrerad modell kräver stora resurser och långa perioder av datainsamling, vilket gör att det vid framtida liknande utredningar kan vara aktuellt att göra vissa antaganden för att spara tid och resurser.



Figur 6-7 Det större området visar den geografiska utbredning över tidigare simuleringar av Bällstaåns avrinningsområde. Skrafferat mindre område visar Duvbos avrinningsområde.

7 Scenarier

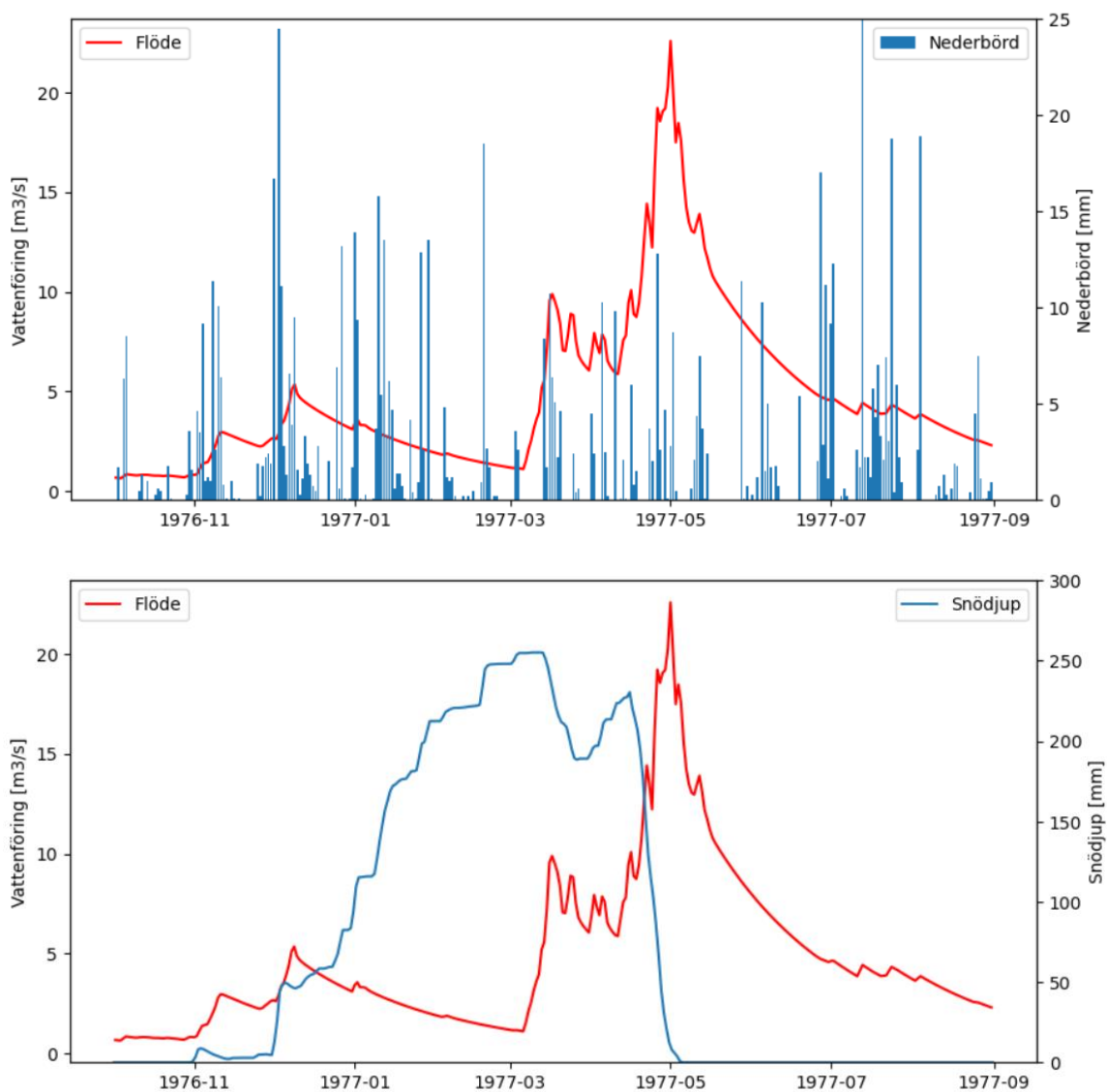
7.1 Ässingån

Detta kapitel redogör för de scenarier som har studerats för Ässingåns avrinningsområde. I stora naturliga avrinningsområden är det i regel långa perioder av nederbörd, tillsammans med en lite större nederbördshändelse eller snösmältning, som leder till översvämning. För att få en realistisk bild av hur naturbaserade lösningar påverkar flödesdämpningen vid extrema högflöden är det därför lämpligt att utgå från historiska händelser. Enligt historiska flödesdata och uppgifter i litteraturen är det framförallt två större händelser som är intressanta ur ett översvämningssperspektiv, nämligen vårfloden år 1977 och sommar/höstregnet år 2000. Nedan följer en kort beskrivning av de två studerade händelserna.

7.1.1 Vårfloden 1977

År 1977 drabbades Arbogaån av en historiskt stor vårflod. En lång period av låga temperaturer tillsammans med stor nederbörd gav upphov till den extrema vårfloden. Mätningarna vid Fellingsbro började först år 1978 (troligtvis på grund av den stora vårfloden), vilket gör att detaljerade flödesuppgifter från händelsen 1977 inte finns att tillgå.

Modellberäkningarna i Figur 7-1 nedan visar hur vårfloden 1977 orsakades av en lång period av ackumulerad snö och is. Figuren visar också att det var en kort period av is och snösmältning tidigt på säsongen innan det återigen var snöbildning. Den tidiga snösmältningen bidrog till att marken var mättad. Då de höga flödena börjar är det inte några större regnmängder, utan det är istället att resten av snön smälter som sätter igång händelsen. Detta är ett vanligt fenomen i större, naturliga, avrinningsområden där det framförallt handlar om långa perioder av stor nederbörd vilket gör att marken är mättad, tillsammans med snösmältning eller ett lite större regn, som ger upphov till extrema högflöden. Enligt beräkningar av återkomsttider har toppflödet längst ner i Ässingåns avrinningsområde under vårfloden 1977 en återkomsttid på ca 160 år. Figur 7-2 visar ett foto som är taget längre upp i Arbogaåns avrinningsområde (Lindesberg) under vårfloden 1977.



Figur 7-1 Den övre figuren visar det modellerade flödet i rött och nederbördsmängd i blått. Den undre figuren visar det modellerade flödet i rött och det modellerade snödjupet i blått.

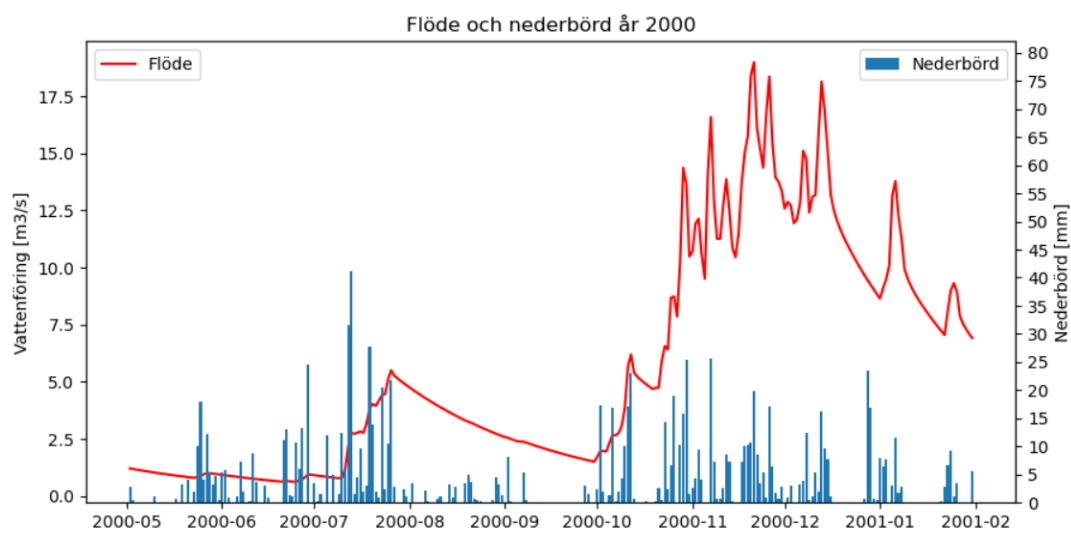


Figur 7-2 Bild från Kungsgatan i Lindesberg efter vårfloden 1977. Foto: Karl Gerhard Berglind.

7.1.2 Höstregnet 2000

Sommar- och höstregnet år 2000 var ytterligare en exceptionell händelse. En lång period med hög nederbörd under sommarn och hösten gav då upphov till stora översvämningar i Örebro län (Länsstyrelsen Örebro län, 2001).

Figur 7-3 visar en förhållandevis hög nederbörd under sommarmånaderna, framförallt för månaderna maj–juli. Detta ger en relativt liten respons på flödet som når ett maxflöde på 5,3 m³/s under juli månad. När höstregnet väl börjar, i början av oktober, sker en snabb flödesökning, vilket indikerar att marken har varit blöt redan i inledningen av denna period. Då regnet fortsätter resulterar detta i höga flöden under en lång period och toppflödet motsvarar ett flöde med ca 50 års återkomsttid. Figur 7-4 visar en bild från händelsen.



Figur 7-3 Nederbörd och modellerat flöde för höglödeshändelsen år 2000.



Figur 7-4 Översvämning i Örebro län under höglödet hösten 2000. Källa: Länsstyrelsen Örebro län (2001).

7.2 Duvbo

Detta kapitel redogör för de olika scenarier som har studerats för Duvbos avrinningsområde.

7.2.1 Dimensionerande regn

Då det saknas högupplösta regndata i området beslutades att använda designregn vid studien. Ett regn med 100 års återkomsttid och ett med 50 års återkomsttid, båda med en klimatfaktor på 1,25 har studerats. I Sverige är rekommendationen att använda så kallade CDS-regn³ vid skyfallskarteringar, vilka består av flera blockregn med varierande intensitet och varaktighet (MSB, 2017). Återkomsttiden 100 år med klimatfaktor återkopplar till anvisningar från Länsstyrelsen och Boverket för dimensionerande regn vid nybebyggelse. Ett kompletterande klimatanpassat regn med 50 års återkomsttid valdes ut för att undersöka åtgärdernas förändrade effekt vid ett regn med lägre intensitet.

³ CDS = *Chicago Design Storm*, ett konstruerat regn för en specifik återkomsttid.

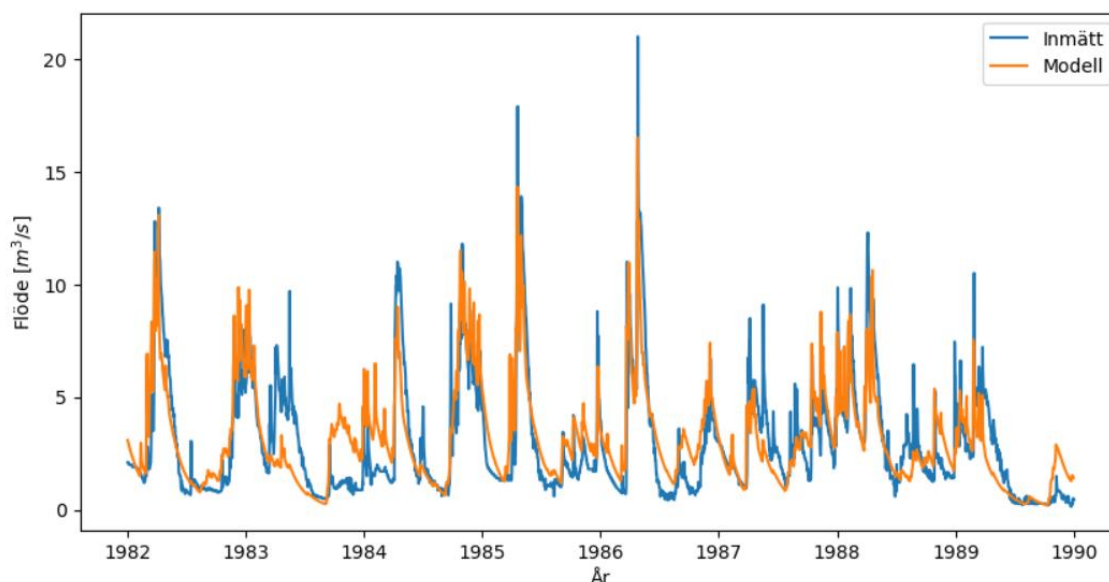
8 Resultat

8.1 Resultat för Ässingån

I detta kapitel redovisas resultaten från Ässingåns avrinningsområde. Resultaten innehåller flödeskurvor, toppflöden och återkomsttider för dessa flöden för alla studerade naturbaserade lösningar tillsammans och var för sig. Därutöver redovisas resultatet från kalibreringen av modellen. Samtliga resultat avser flödet längst ner i Ässingåns avrinningsområde, det vill säga tillrinningspunkten till Arbogaån.

8.1.1 Kalibrering

Vid kalibreringen av modellen delades avrinningsområdet upp i flera olika delavrinningsområden, motsvarande ett delavrinningsområde för varje naturbaserad lösning. Genom användning av rumsligt varierande nederbördsdata och temperaturdata från SMHI:s griddade databas PTHBV (SMHI, 2023) kunde indatan anpassas till varje delavrinningsområde.

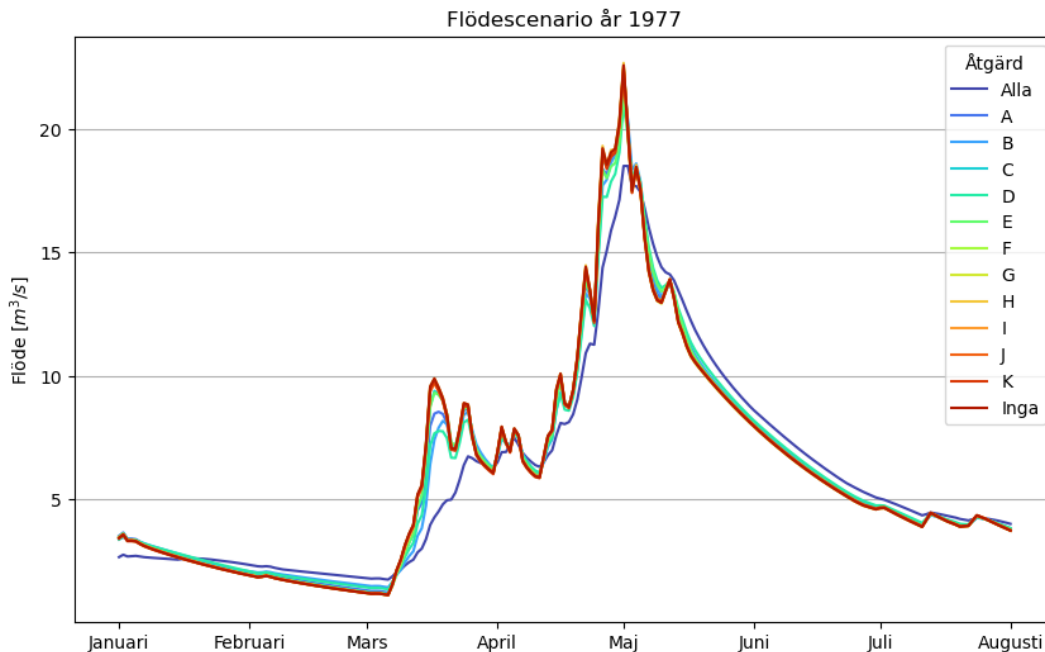


Figur 8-1 Utdrag från kalibreringen av modellen, där den blå linjen motsvarar det uppmätta (inmätta) flödet vid Fellingsbro och orange linje motsvarar modellerat flöde.

Figur 8-1 visar resultatet från kalibreringen mot flödesdata från Fellingsbro. Resultatet tyder på att modellen korrelerar relativt väl med observerade flöden, men att det finns tillfällen när flödena avviker. Den tydligaste skillnaden mellan modellerat och observerat flöde är vid flödestopparna, där dessa generellt sett underskattas i modellen. Detta beror troligtvis på att området har förhållandevis stora sjöar som regleras. Regleringen av dessa är inte kända och ingår inte i modellen. Utöver det finns det tillfällen då modellen missar flödesändelser och detta beror troligtvis också på regleringen. Vid jämförelse med SMHI:s S-HYPE har denna modell samma problem och underskattar toppflöden på liknande sätt. Slutsatsen blir att modellen beskriver det uppmätta flödet relativt väl med ett R^2 -värde (korrelationsfaktor) på 0,6, vilket brukar anses vara ett godkänt resultat.

8.1.2 Resultat för vårflo den 1977

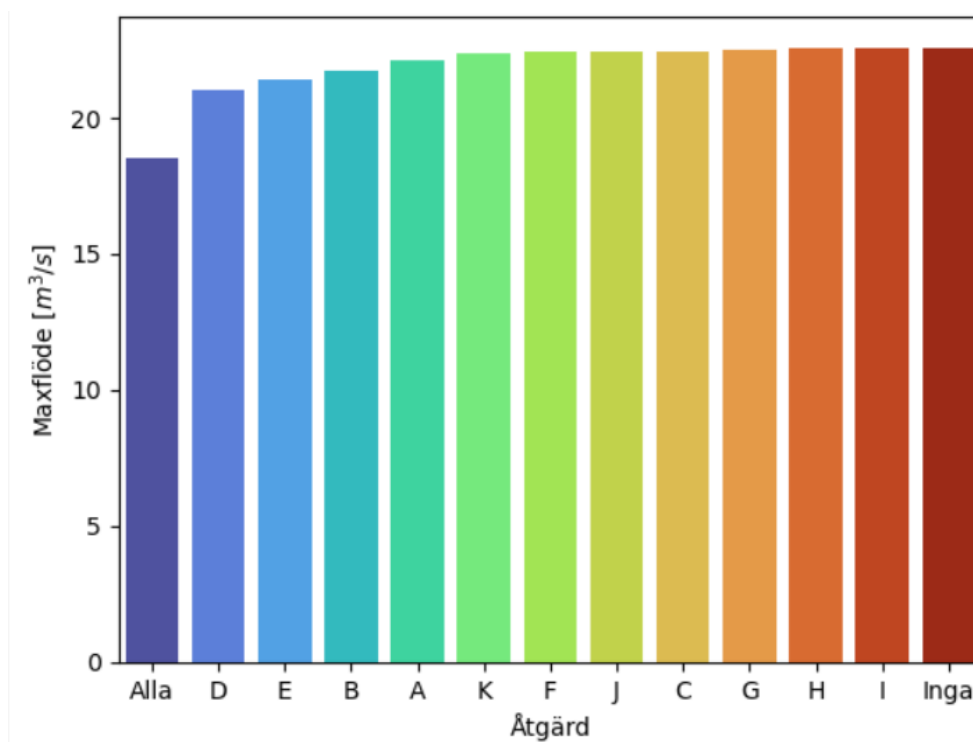
Figur 8-2 visar modellerade flöden under vårflo den 1977 före och efter genomförande av naturbaserade lösningar, både för enskilda åtgärder och alla åtgärder tillsammans. Figuren visar tydligt att det högsta flödet uppstår i fallet utan några naturbaserade lösningar (före åtgärder). Det modellerade toppflödet före åtgärder motsvarar en återkomsttid på ca 160 år. Modelleringen visar också att de naturbaserade lösningar som har låg volymkapacitet, t.ex. I och H, ger mycket liten påverkan på maxflödet längst ner i avrinningsområdet. Då alla naturbaserade lösningar genomförs ses en förhållandevis stor effekt på flödesdämpningen.



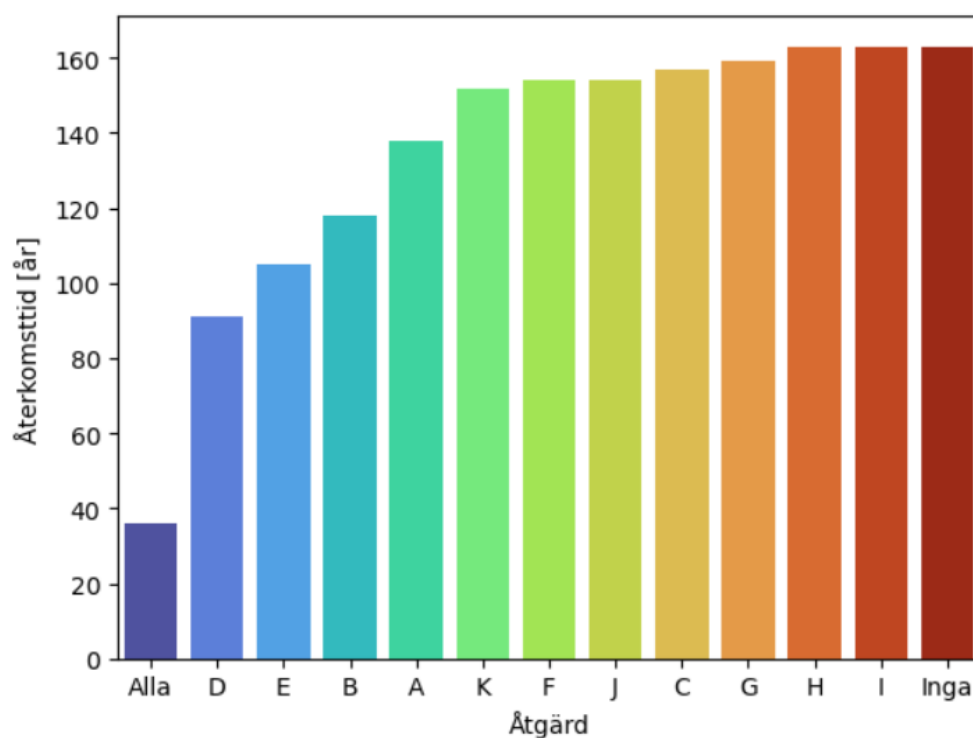
Figur 8-2 Flödeskurvor från vårflo den år 1977 då alla, inga och varje enskild naturbaserad lösning är genomförd.

Toppflödesanalysen i Figur 8-3 nedan visar hur toppflödet påverkas då alla, inga eller varje enskild naturbaserad lösning genomförs. Fallet inga naturbaserade lösningar (före åtgärder) ger det högsta toppflödet, 22,57 m³/s, vilket också visades i Figur 8-2. För de två våtmarkerna G och H, ses en väldigt liten inverkan på toppflödet, vilket också gäller många av de mindre restaurerade sjöarna, t.ex. I och C. Värt att notera är att de naturbaserade lösningarna K och C också har liten påverkan på toppflödet trots en förhållandevis stor volympotential. Det beror på att K och C ligger förhållandevis långt uppströms i biflödet till Åssingån, vilket gör att mindre mängder vatten passerar dessa lösningar och därmed magasineras mindre volymer. För enskilda lösningar med stor volympotential, t.ex. B och D, ses en viss inverkan på toppflödet. Då alla naturbaserade lösningar är genomförda ses en förhållandevis stor påverkan och toppflödet minskar till 18,49 m³/s.

Figur 8-4 visar samma resultat uttryckt som återkomsttid för maxflödena från Figur 8-3 utifrån flödesstatistiken före åtgärder. Då H och I är genomförda når toppflödet en återkomsttid på ca 160 år, vilket är detsamma som då inga naturbaserade lösningar är genomförda. För resterande fall ses en minskad återkomsttid där framförallt D, med en återkomsttid på ca 90 år, och E, med en återkomsttid på ca 105 år, har den största minskningen i återkomsttid. Då alla lösningar genomförs får toppflödet en återkomsttid på ca 35 år. Notera här att återkomsttid- och flödeskurvan alltid är en logaritmiskt växande kurva (Figur 6-3) vilket betyder att en liten minskning i flöde kan ge en stor påverkan på återkomsttiden. Notera också att återkomsttiderna avser flödesstatistiken före åtgärder.



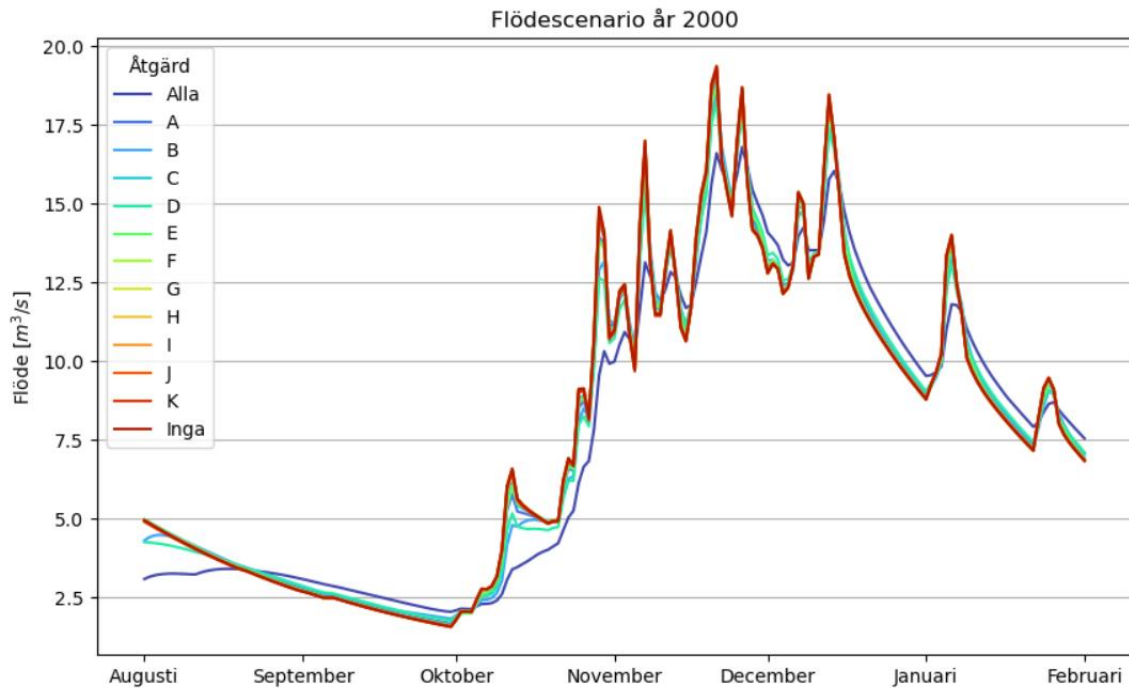
Figur 8-3 Jämförelse av maxflöden då alla, inga eller varje enskild naturbaserad lösning är genomförd för vårfloden 1977.



Figur 8-4 Illustration av toppflödets återkomsttid då alla, inga eller varje enskild naturbaserad lösning är genomförd för vårfloden 1977.

8.1.3 Höstregnet 2000

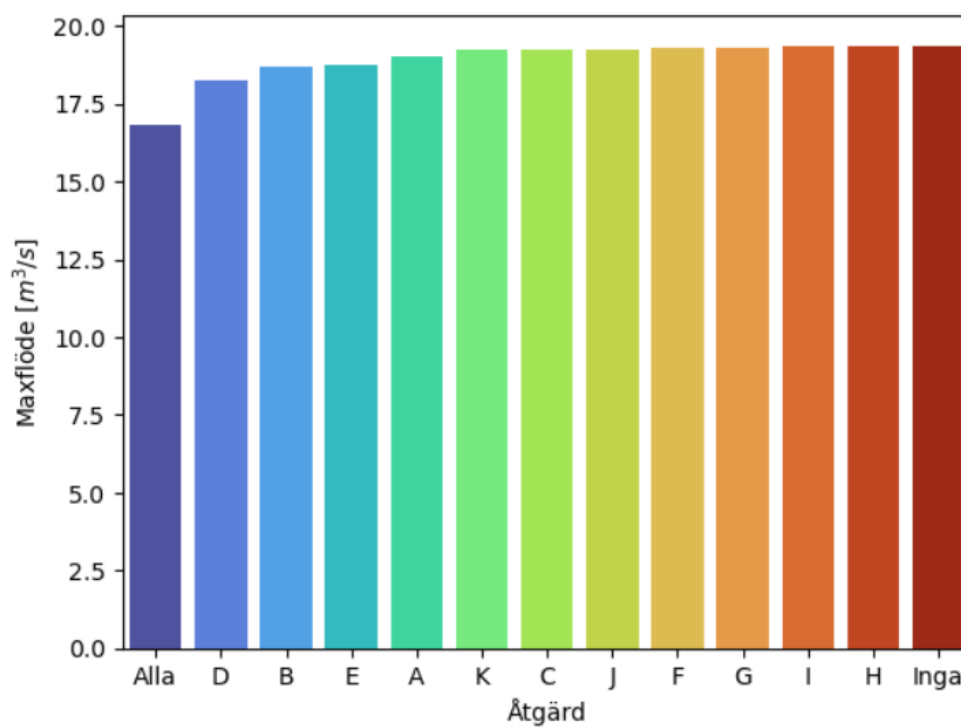
Figur 8-5 visar hur flödet varierar då alla, inga eller varje enskild naturbaserad lösning är genomförda för höstregnet år 2000. Som tidigare motsvarar det högsta flödet fallet då inga naturbaserade lösningar är genomförda. Toppflödet motsvarar då en återkomsttid på ca 50 år. De naturbaserade lösningar med låg volymkapacitet, t.ex. I och H, ger samma toppflöde som fallet i före åtgärder. Då alla naturbaserade lösningar är genomförda sker en tydlig dämpning av toppflödet.



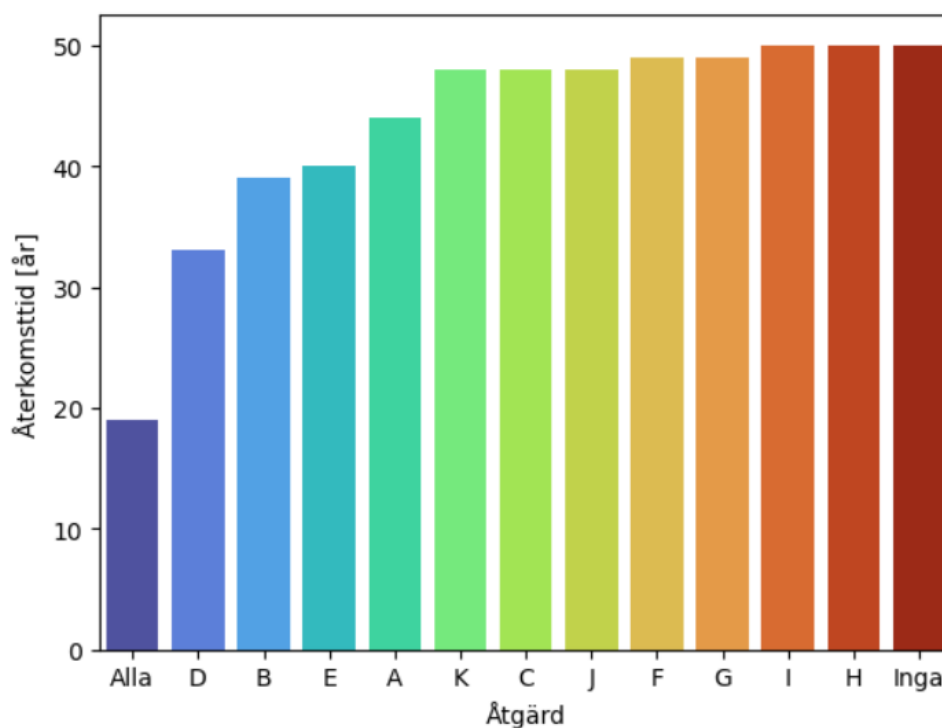
Figur 8-5 Flödeskurvor från höstregnet år 2000 då alla, inga och varje enskild naturbaserad lösning är genomförd.

Figur 8-6 visar maxflödet som nås för de olika naturbaserade lösningarna i Figur 8-5. Rangordningen av effekterna av de olika naturbaserade lösningarna liknar vårfloodscenariot 1977, med skillnaden att B och E har bytt plats. En trolig förklaring till detta är att B ligger längre ner i avrinningsystemet, och att detta scenario innehåller en längre period av höga flöden, vilket troligtvis fyller upp B i större utsträckning. Maxflödet i fallen inga naturbaserade lösningar är 19,37 m³/s. Då alla naturbaserade lösningar är genomförda nås ett maxflöde på 16,8 m³/s.

Figur 8-7 visar samma resultat uttryckt som återkomsttid för maxflödena från Figur 8-6. Då H och I är genomförda når toppflödet en återkomsttid på ca 50 år, vilket är detsamma som då inga naturbaserade lösningar är genomförda. För resterande fall ses en minskad återkomsttid där framförallt D, med en återkomsttid på ca 35 år, och B, med en återkomsttid på ca 40 år, visar den största minskningen i återkomsttid. Då alla lösningar genomförs får toppflödet en återkomsttid på ca 20 år. Notera även här att återkomsttiderna avser flödesstatistiken före åtgärder.



Figur 8-6 Jämförelse av maxflöden då alla, inga eller varje enskild naturbaserad lösning är genomförd för höstregnet år 2000.



Figur 8-7 Illustration av toppflödets återkomsttid då alla, inga eller varje enskild naturbaserad lösning är genomförd för höstregnet år 2000.

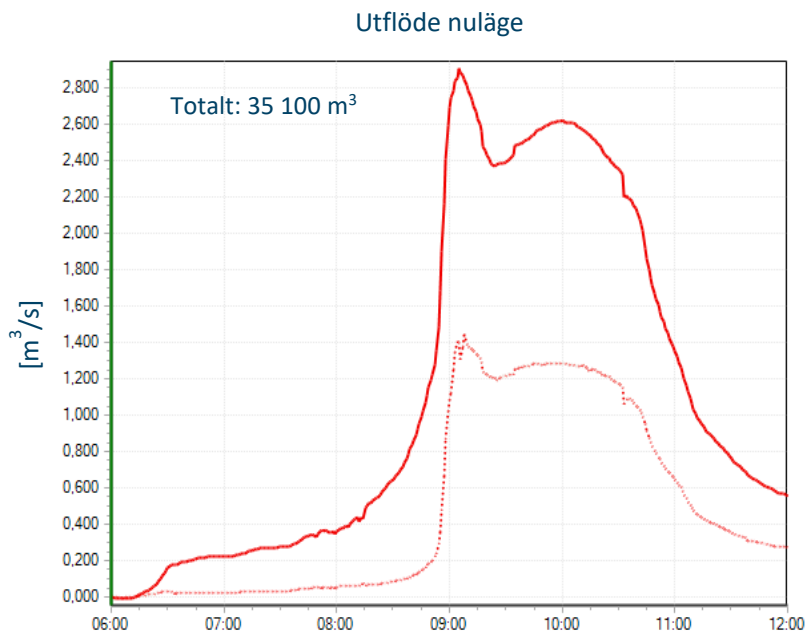
8.2 Resultat för Duvbo

I denna sektion redovisas resultat från Duvbos avrinningsområde. Det innehåller översvämningsskartor samt flödeshydrografer och volymer som belastar Bällstån via dagvattenutlopp från området.

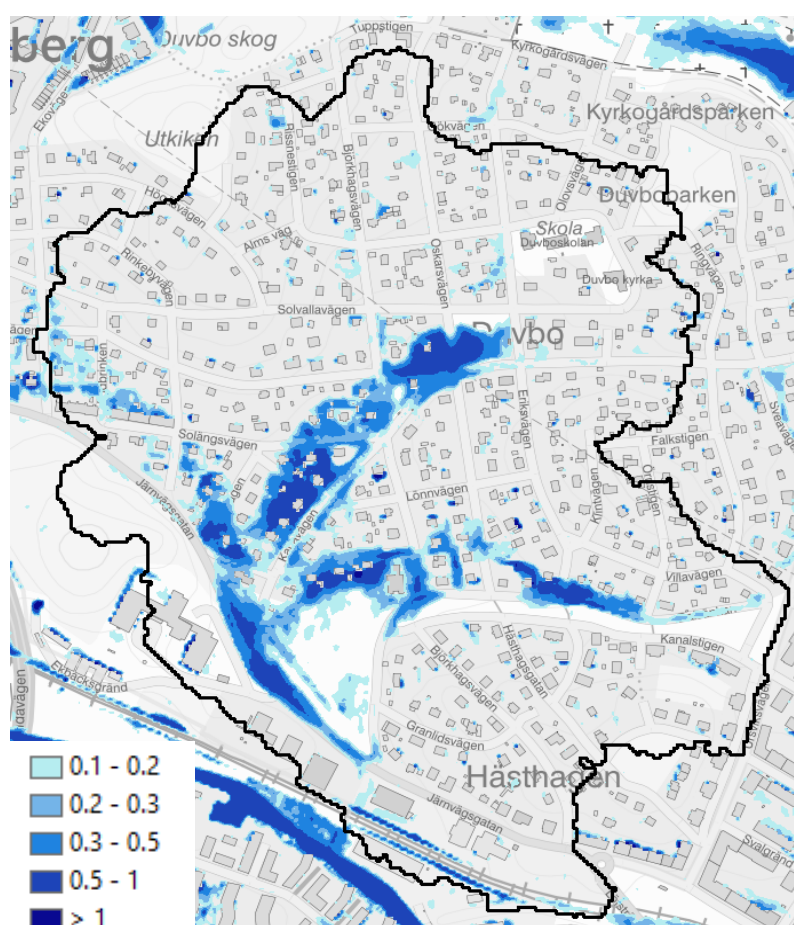
8.2.1 Klimatanpassat 100-årsregn

Nuläge

Maximalt flöde i utloppet fördelat på två kulvertar uppgår till totalt ca 4,4 m³/s. Totala volymer uppgår till 35 100 m³ under ett 6 timmar långt förlopp. Figur 8-8 visar flödeshydrografer för respektive utlopp till Bällstaån längst ner i avrinningsområdet. Figur 8-9 visar hur översvämningen fördelas på ytan.



Figur 8-8 Flödeshydrograf för ett klimatanpassat 100-årsregn. Prickad och heldragen linje representerar de två parallella utloppen.

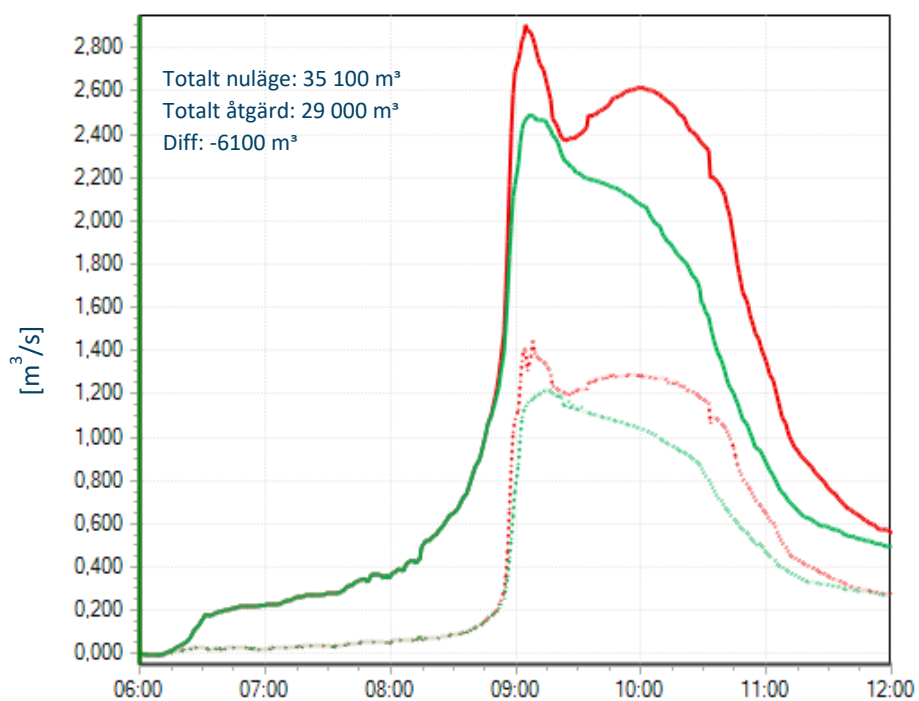


Figur 8-9 Maximalt vattendjup (m) vid nuläge under ett klimatanpassat 100-årsregn.

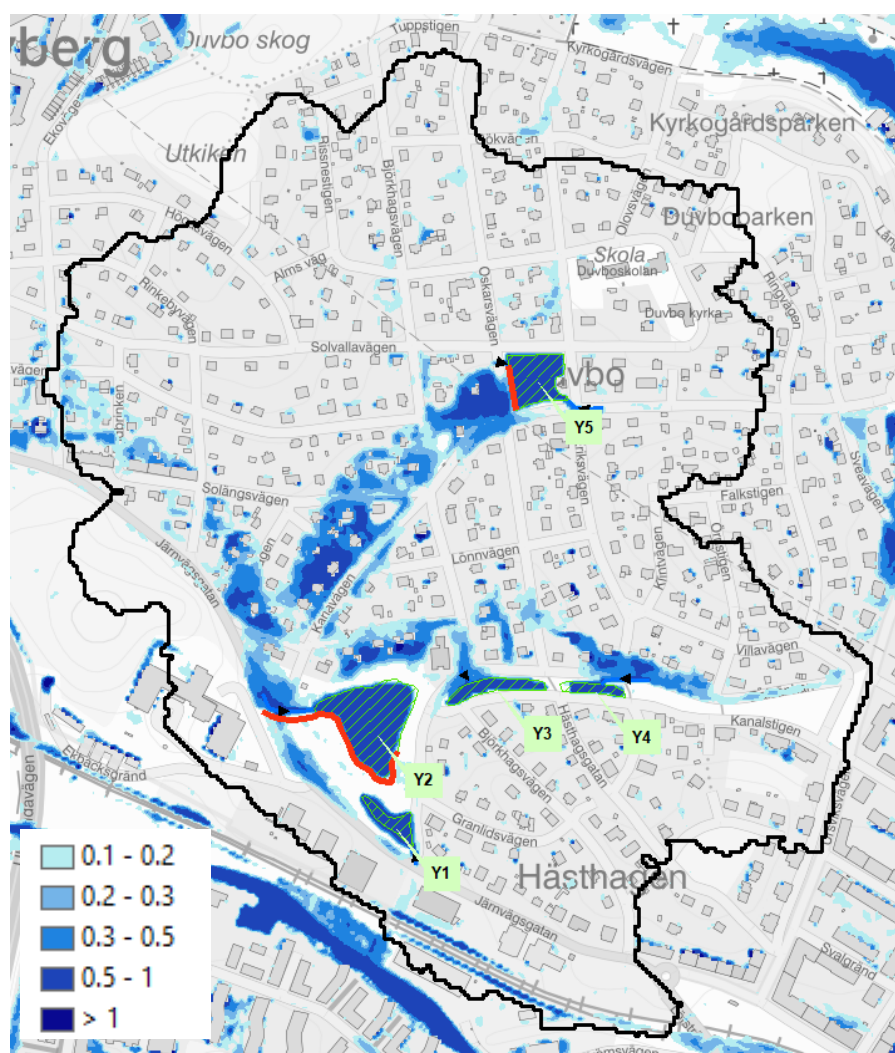
Efter skyfallsåtgärder

När samtliga föreslagna skyfallsåtgärder har genomförts visar resultaten ett maximalt utflöde på ca 3,7 m³/s samt en minskad belastning till Ballstaån på ca 6000 m³ under de 6 timmar som regnet pågår. I Figur 8-10 visas flödet i utloppet efter åtgärder och i nuläget. I Figur 8-11 visas hur maximalt vattendjup fördelas på ytan.

Utflyde alla skyfallsåtgärder

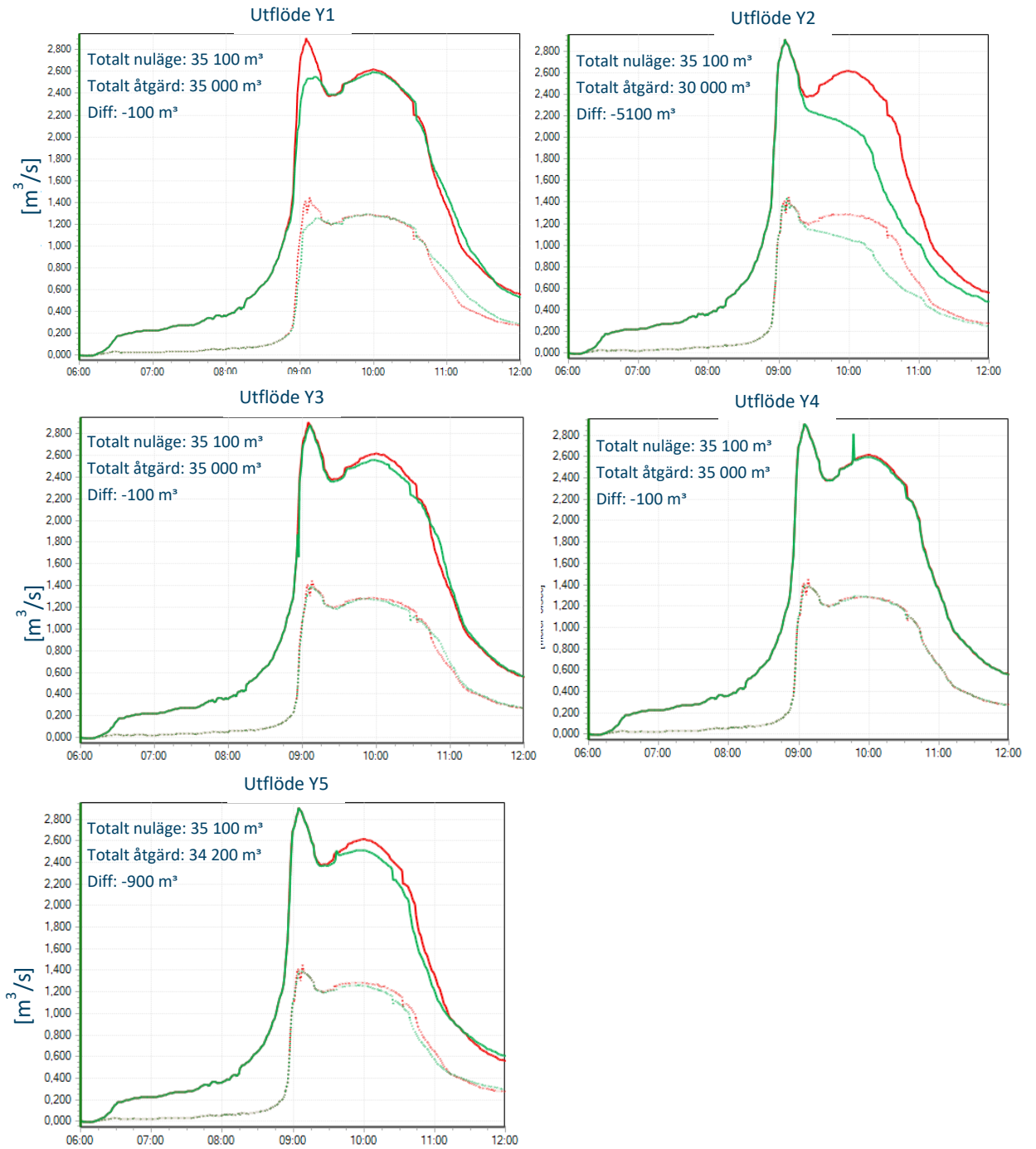


Figur 8-10 Flödeshydrograf för ett klimatanpassat 100-årsregn. Prickad och heldragen linje representerar de två parallella utloppen. Rött är nuläget och grönt efter åtgärder.



Figur 8-11 Maximalt vattendjup (m) med samtliga skyfallsåtgärder under ett klimatanpassat 100-årsregn.

När vi i stället tittar på skyfallsåtgärder individuellt kan man observera vilken effekt respektive åtgärd har. I Figur 8-12 visas flödeshydrografer för respektive åtgärd individuellt. Där noteras att Y1 är den enda åtgärden som påverkar maxflödet, men den har också en försumbar effekt på volymer. Detta beror på dess geografiska placering direkt i anslutning till utloppsledningarna vilket under toppflödet har en tryckutjämnande effekt. Y2 däremot har en stor effekt på utgående volymer men ingen påverkan på maxflödet, vilket kan förklaras med dess stora magasinerande volym. Övriga åtgärder visar på liten till ingen effekt på flöde eller volym, vilket förklaras med att de har relativt liten magasinerande kapacitet i kombination med att de geografiskt är placerade längre från utloppen.



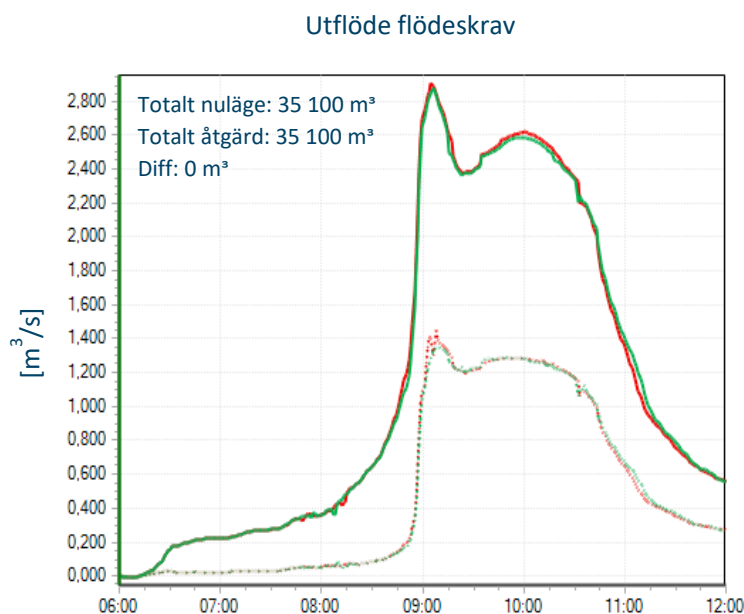
Figur 8-12 Figureorna ovan visar flödeshydrografer för samtliga skyfallsytor med tillhörande åtgärdskedja simulerade individuellt. Rött är nuläget och grönt efter åtgärder.

Efter dagvattenåtgärder

Flödeskrav

Avrinningen från respektive avrinningsområde är begränsad till 50 l/s/ha total area för regnintensiteter upp till ett 10-årsregn. Detta innebär att områden med redan mycket grönyta inte påverkas av begränsningen och att dagvattenåtgärder lokaliseras till områden med högre andel hårdgjord yta.

Resultaten visar sig inte ha någon effekt på utgående flöde, vilket visas i flödeshydrografen i Figur 8-13.



Figur 8-13 Flödeshydrograf som visar effekt på utflöde till Bällstaån efter en flödesbegränsning på 50 l/s/m. Rött är nuläget och grönt efter åtgärder.

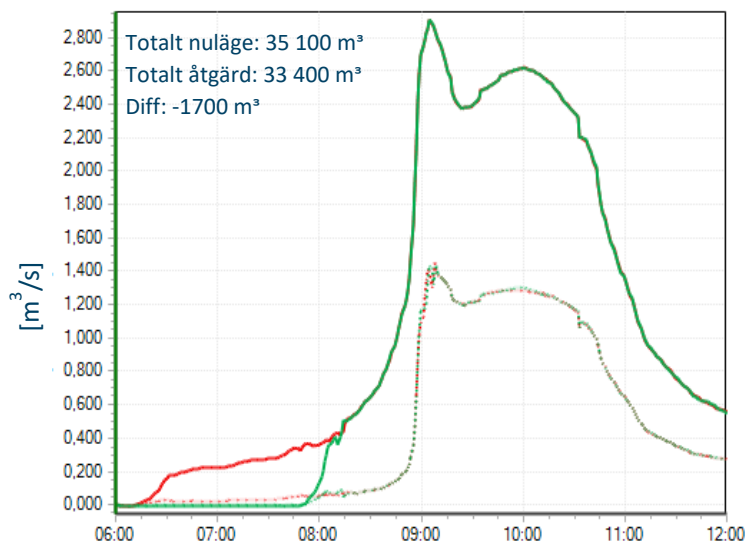
Volymkrav

10 mm magasinering för avrinning från all hårdgjord yta i Duvbo. Detta genererar totalt 2000 m³ magasinering. Åtgärden förutsätter att magasinet vid händelsens start har 10mm kapacitet och att den är kopplad på DV-nätet med fullt utflöde efter att magasinet fyllts upp.

Det finns totalt 68 000 m² takyta i Duvbo, om samtliga applicerar 10 mm magasinering ger detta totalt 680 m³. Det återstår då ytterligare 1320 m³ fördröjningvolym för området. Detta kan åstadkommas via t.ex. regnbäddar/regnmagasin på allmän platsmark. Övrig hårdgjord yta uppgår till ca 134 000 m². Om man räknar med att regnbäddar är ca 0,5 m djupa så skulle det då krävas ca 2600 m² regnbäddar utöver gröna tak för att uppnå modellerad effekt (ca 2 % av den hårdgjorda ytan).

Trots en relativt ambitiös nivå av dagvattenmagasinering på kvartersmark ser vi endast en effekt på flödet under regnets initiala fas. Differensvolymen mellan nuläge -och åtgärdssimuleringen på 1700 m³ motsvarar ungefär den volym som magasineras. Kvarvarande 300 m³ är volymer som redan i nuläget antas fastna på tak och andra hårdgjorda ytor. Resultaten visas i Figur 8-14.

Utflyde volymkrav

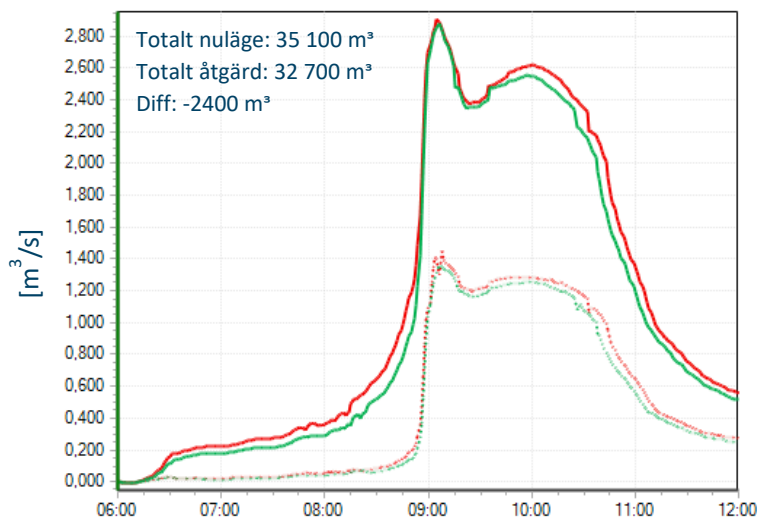


Figur 8-14 Flödeshydrograf som visar effekt på utflyde efter ett volymkrav på 10 mm magasinering på hårdjord yta. Rött är nuläget och grönt efter åtgärder.

Areaskrav

Kravet medför att andelen hårdjord yta reduceras i hela Duvbo med 20 %. Åtgärden förutsätter att åtgärden är okopplad mot ledningsnätet och att dess kapacitet är tillräcklig för att hantera ett 10-årsregn. Om kapaciteten överskrids motsvarar åtgärden ett volymkrav. Resultaten genererar ett minskat bidrag till Bällstaån på 2400 m³ fördelat över i stort sett hela simuleringsperioden. Flödet påverkas inte vid maxintensitet vilket kan ses i Figur 8-15.

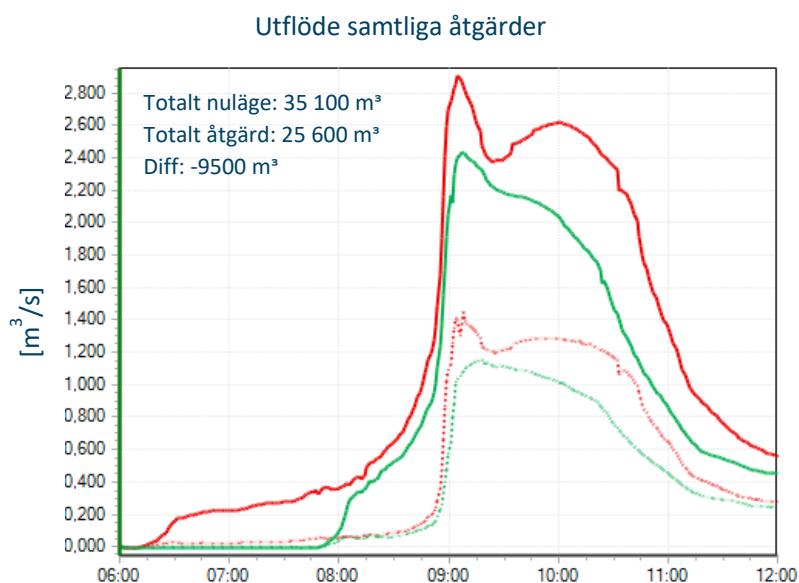
Utflyde Areaskrav



Figur 8-15 Flödeshydrograf som visar effekt på utflyde efter en 20% reduktion av hårdjord yta. Rött är nuläget och grönt efter åtgärder.

Efter skyfallsåtgärder och dagvattenåtgärder

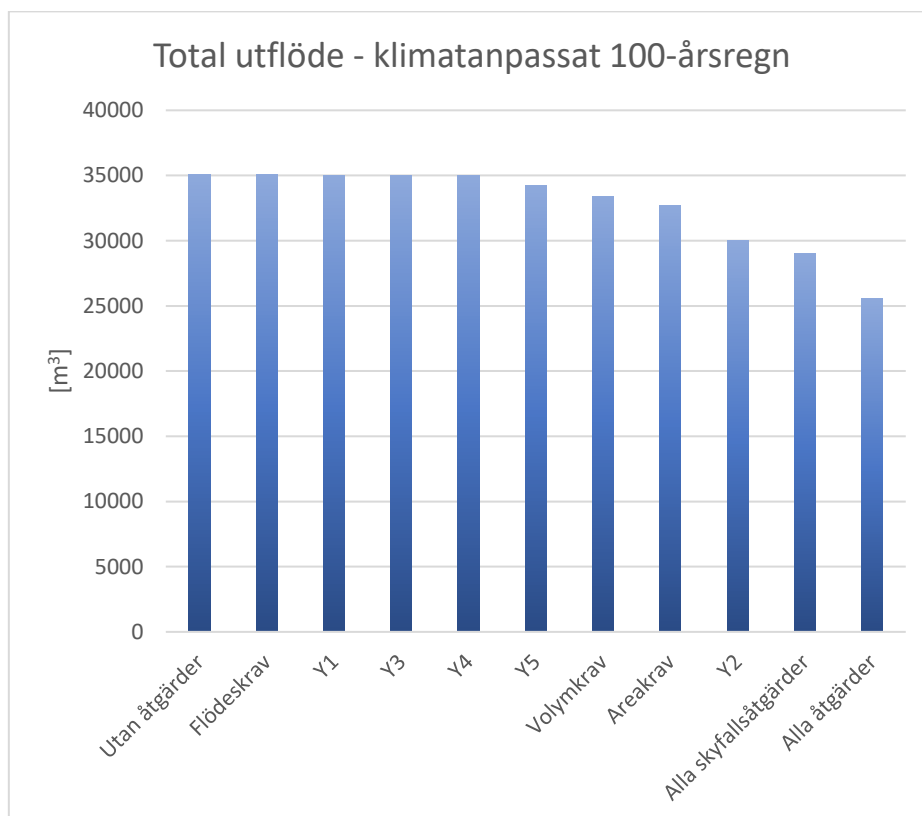
Resultat efter en implementering av samtliga dagvatten- och skyfallsåtgärder visar en minskad belastning på ca 9500 m³, vilket motsvarar ca 25% av den totala belastningen. Maxflödet minskar totalt med ca 0,8 m³/s. Detta visas i Figur 8-16.



Figur 8-16 Flödeshydrograf som visar effekt på utflöde efter att samtliga dagvatten -och skyfallsåtgärder genomförts. Rött är nuläget och grönt efter åtgärder.

Summering

I Figur 8-17 visas de volymer som belastar Bällstån från Duvbo för samtliga simuleringar. Som förväntat ses störst effekt när alla åtgärder är genomförda. Ett flödeskrav eller åtgärdskedjorna Y1, Y3 och Y4 har liten till ingen effekt på volymer. Läsaren hänvisas till respektive åtgärds resultatsektion för att se hur flödena påverkas

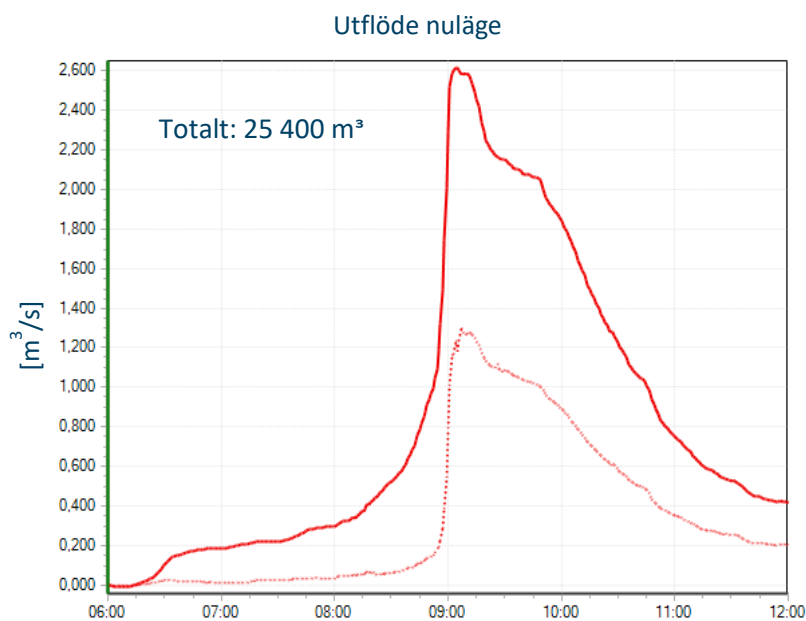


Figur 8-17 Summering av totala belastande volymer till Bällstån vid respektive simulering.

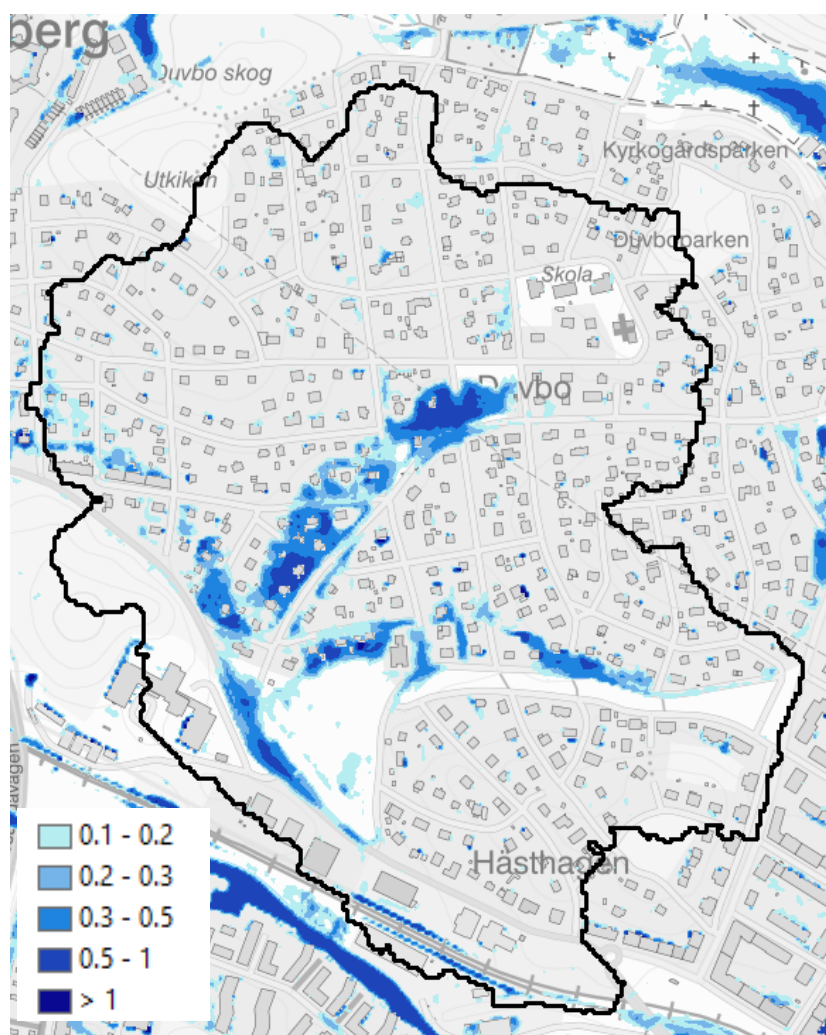
8.2.2 Klimatanpassat 50-årsregn

Nuläge

Maximalt flöde i utloppet fördelat på två kulvertar uppgår till totalt ca 3,9 m³/s. Totala volymer uppgår till 25 400 m³ under ett 6 timmar långt förlopp. Figur 8-18 visar en flödeshydrograf för utloppet och Figur 8-19 visar hur översvämningen fördelas på ytan.



Figur 8-18 Flödeshydrograf för ett klimatanpassat 50-årsregn. Prickad och heldragen linje representerar de två parallella utloppen.

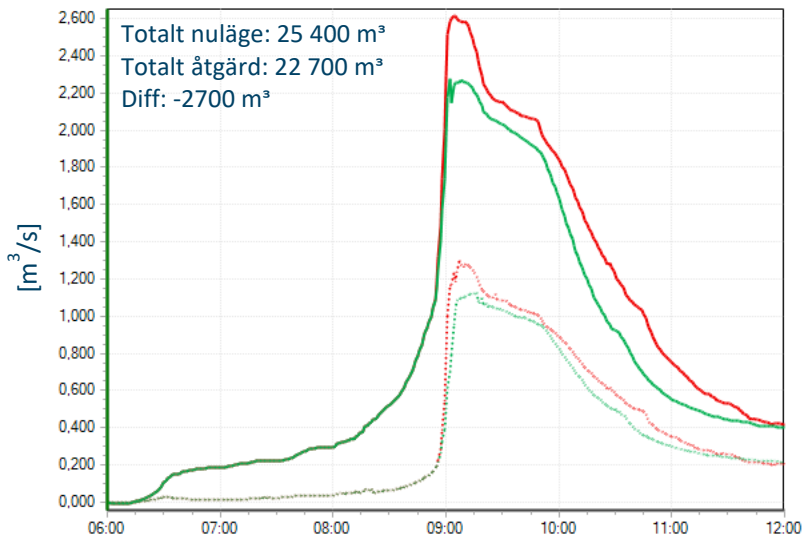


Figur 8-19 Maximalt vattendjup (m) vid nuläge under ett klimatanpassat 50-årsregn.

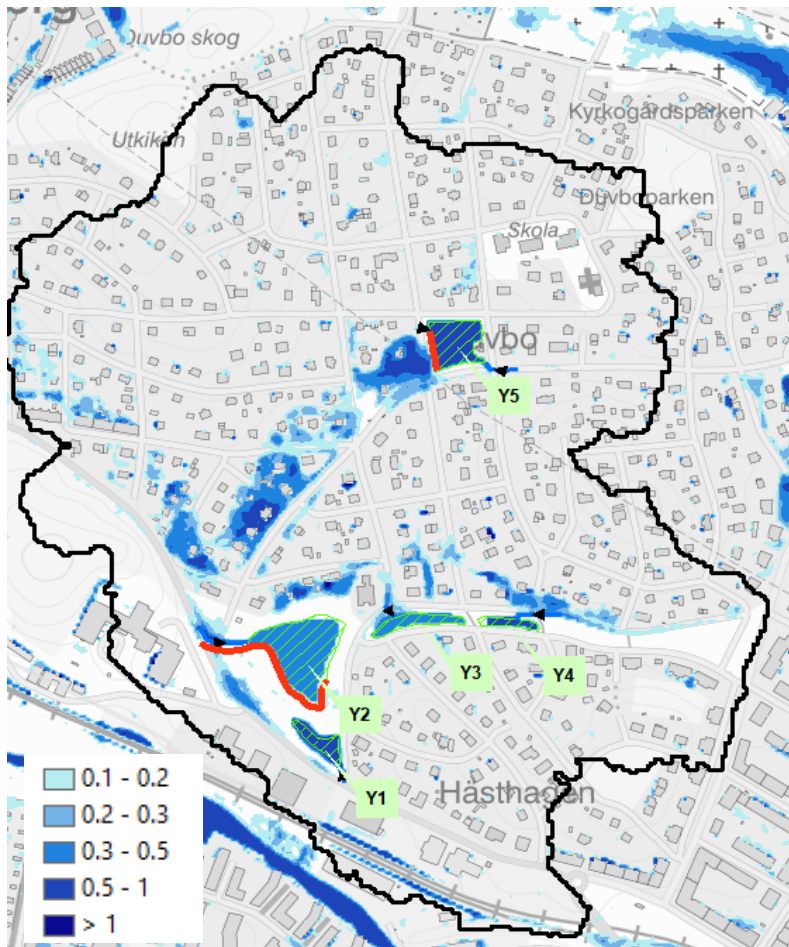
Efter skyfallsåtgärder

När samtliga föreslagna skyfallsåtgärder genomförts visar resultaten ett maximalt utflöde på ca 3,4 m³/s samt en minskad belastning till Bällstaån på ca 2700 m³. I Figur 8-20 visas flödet i utlopp efter åtgärder och i nuläget. I Figur 8-21 visas hur maximalt vattendjup fördelas på ytan.

Utflöde alla skyfallsåtgärder

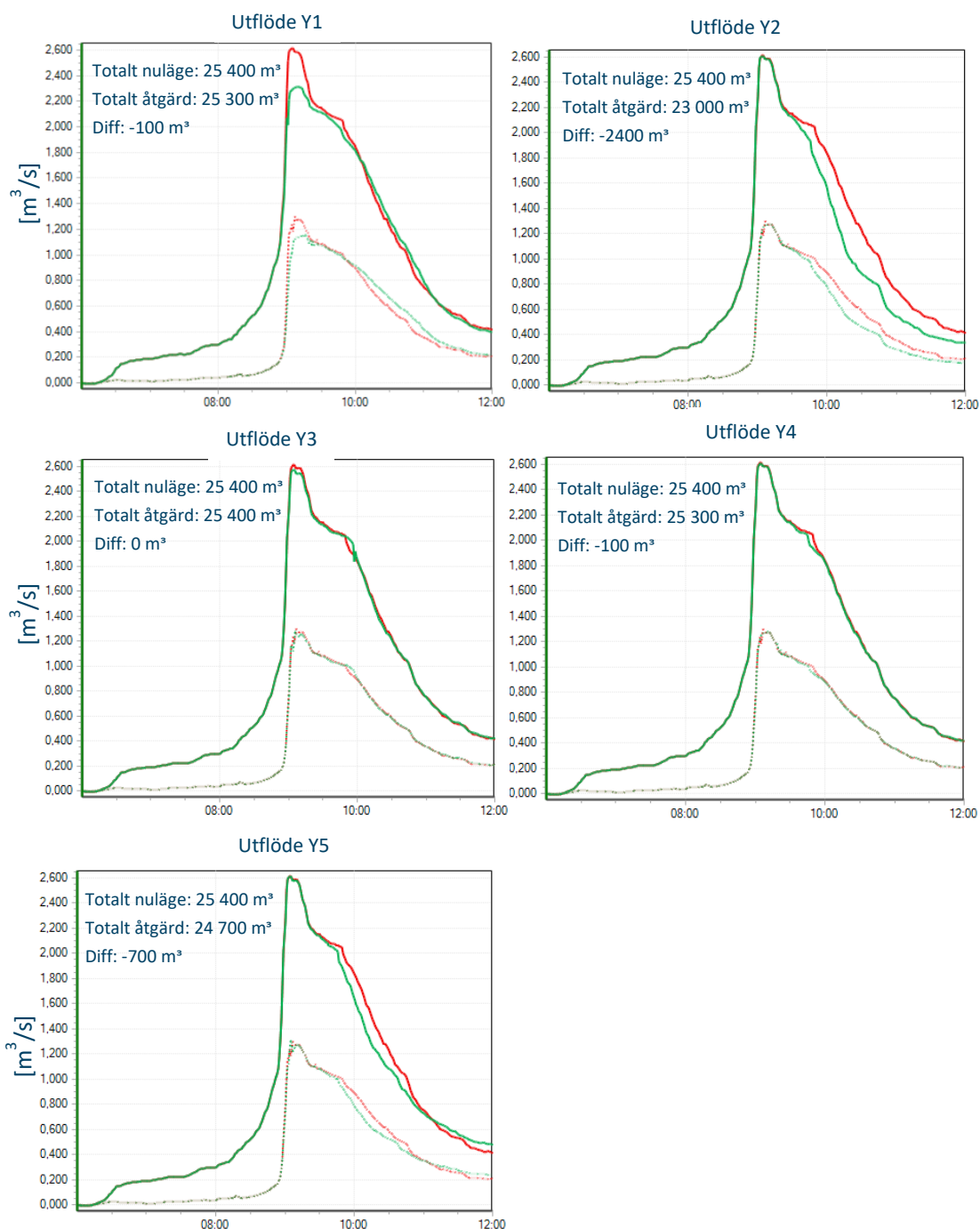


Figur 8-20 Flödeshydrograf för ett klimatanpassat 50-årsregn. Prickad och heldragen linje representerar de två parallella utloppen. Rött är nuläget och grönt efter åtgärder.



Figur 8-21 Maximalt vattendjup (m) med samtliga skyfallsåtgärder under ett klimatanpassat 50-årsregn.

När vi i stället tittar på skyfallsåtgärderna individuellt kan man observera vilken effekt respektive åtgärd har. I Figur 8-22 visas flödeshydrografer för respektive åtgärd individuellt. Där noteras att Y1 är den enda åtgärden som påverkar maxflödet, men den har också en försumbar effekt på volymer. Y2 däremot har en stor effekt på utgående volymer men ingen påverkan på maxflödet. Övriga åtgärder visar på liten till ingen effekt på flöde eller volym.



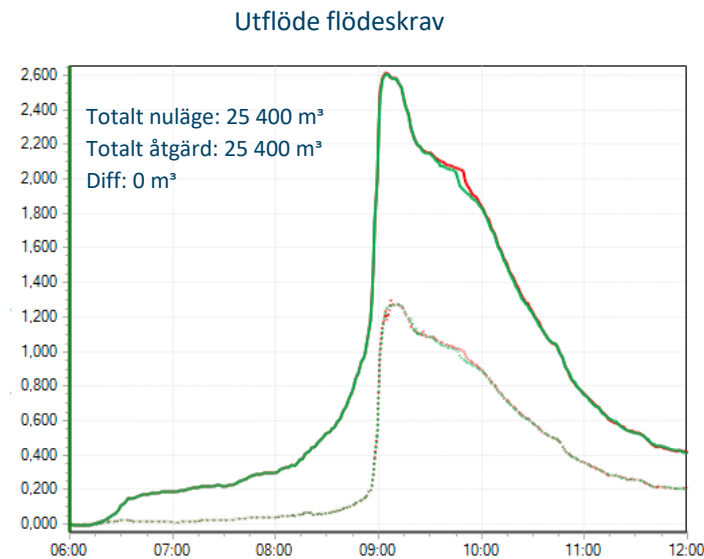
Figur 8-22 Figurerna ovan visar flödeshydrografer för samtliga skyfallsytor med tillhörande åtgärdskedja simulerade individuellt. Rött är nuläget och grönt efter åtgärder.

Efter dagvattenåtgärder

Flödeskrav

Avrinningen från respektive avrinningsområde är begränsad till 50 l/s/ha total area för regnintensiteter upp till ett 10-årsregn. Detta innebär att områden med redan mycket grönyta inte påverkas av begränsningen och att dagvattenåtgärder lokaliseras till områden med högre andel hårdgjord yta.

Resultaten visar sig inte ha någon effekt på utgående vilket visas i flödeshydrografen i Figur 8-23.



Figur 8-23 Flödeshydrograf som visar effekt på utflyde till Bällstaån efter en flödesbegränsning på 50 l/s/m. Rött är nuläget och grönt efter åtgärder.

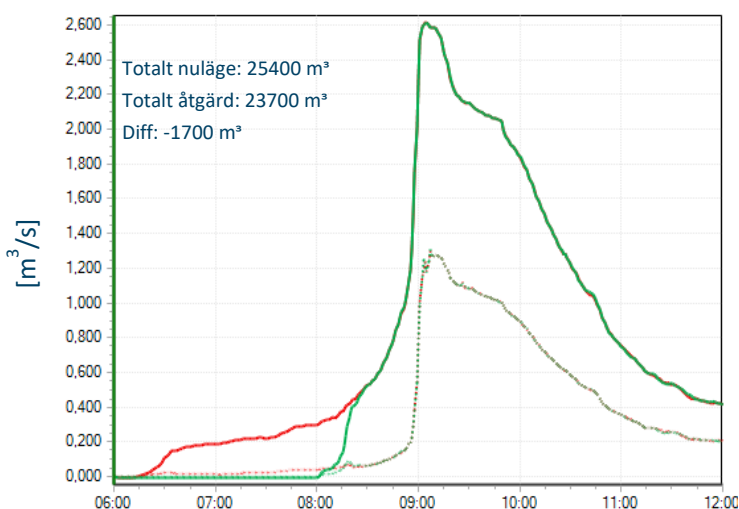
Volymkrav

10 mm magasinering för avrinning från all hårdgjord yta i Duvbo. Detta genererar totalt 2000 m³ magasinering. Åtgärden förutsätter att magasinet vid händelsens start har 10mm kapacitet och att den är kopplad på DV-nätet med fullt utflöde efter att magasinet fyllts upp.

Det finns totalt 68 000 m² takyta i Duvbo, om samtliga applicerar 10 mm magasinering ger detta totalt 680 m³. Det återstår då ytterligare 1320 m³ fördröjningvolym för området. Detta kan åstadkommas via t.ex. regnbäddar/regnmagasin på allmän platsmark. Övrig hårdgjord yta uppgår till ca 134 000 m². Om man räknar med att regnbäddar är ca 0,5 m djupa så skulle det då krävas ca 2600 m² regnbäddar utöver gröna tak för att uppnå modellerad effekt (ca 2 % av den hårdgjorda ytan).

Trots en relativt ambitiös nivå av dagvattenmagasinering på kvartersmark ser vi endast en effekt på flödet under regnets initiala fas. Differensvolymen mellan nuläge -och åtgärdssimuleringen på 1700 m³ motsvarar ungefär den volym som magasineras. Kvarvarande 300 m³ är volymer som redan i nuläget antas fastna på tak och andra hårdgjorda ytor. Resultaten visas i Figur 8-24.

Utflyde Volymkrav

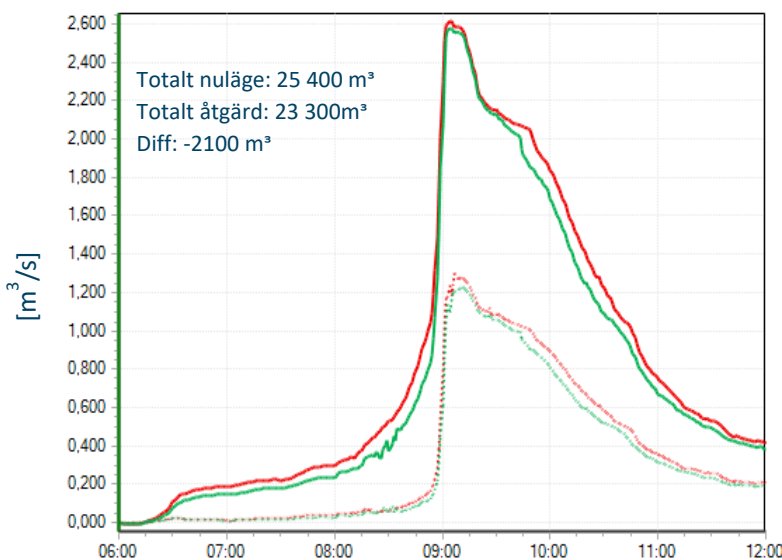


Figur 8-24 Flödeshydrograf som visar effekt på utflyde efter ett volymkrav på 10 mm magasinering på hårdgjord yta. Rött är nuläget och grönt efter åtgärder.

Areakrav

Andelen hårdgjord yta är reducerad i hela Duvbo med 20%. Åtgärden förutsätter att åtgärden är okopplad mot ledningsnätet och att dess kapacitet är tillräcklig för att hantera ett 10-årsregn. Om kapaciteten överskrids motsvarar åtgärden ett volymkrav. Resultaten genererar ett minskat bidrag till Bällstaån på 2100 m³ fördelat över i stort sett hela simuleringsperioden. Maxflödet minskar även marginellt till skillnad från vid 100-årsregnet vilket kan ses i Figur 8-25.

Utflyde areakrav

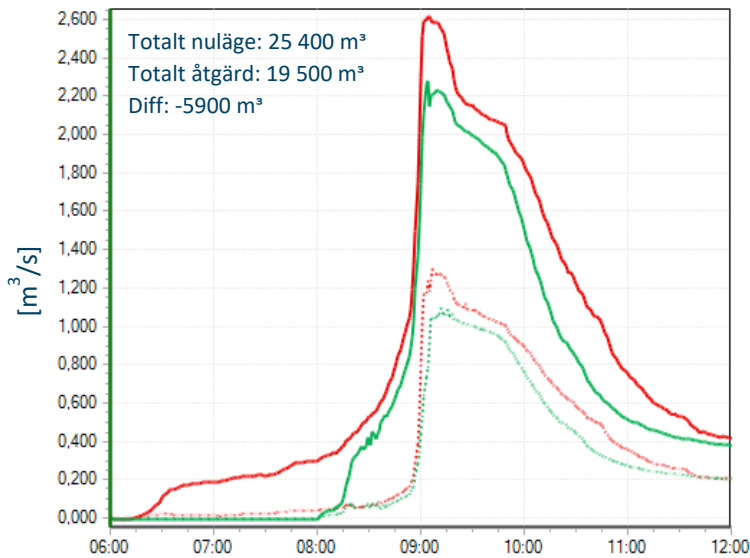


Figur 8-25 Flödeshydrograf som visar effekt på utflyde efter en 20% reduktion av hårdgjord yta. Rött är nuläget och grönt efter åtgärder.

Efter skyfallsåtgärder och dagvattenåtgärder

Resultat efter en implementering av samtliga dagvatten- och skyfallsåtgärder visar en minskad belastning på ca 5900 m³, vilket motsvarar ca 25 % av den totala belastningen. Maxflödet minskar totalt med ca 0,5 m³/s. Detta visas i Figur 8-26.

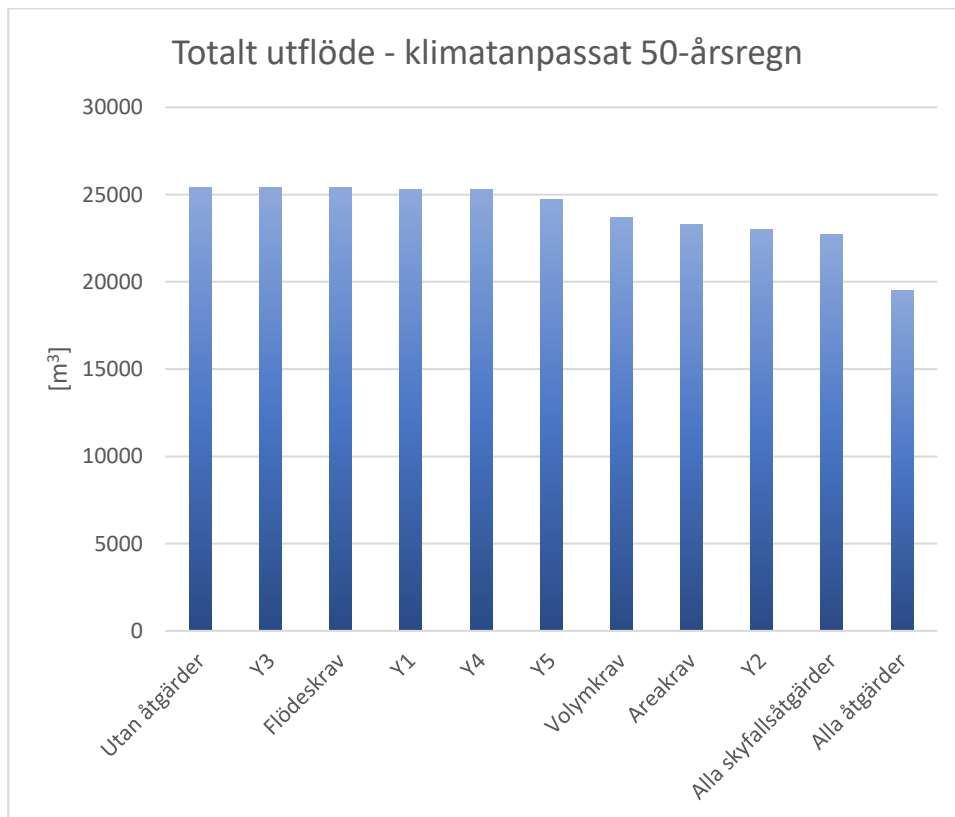
Utflöde samtliga åtgärder



Figur 8-26 Flödeshydrograf som visar effekt på utflöde efter att samtliga dagvatten -och skyfallsåtgärder genomförts. Rött är nuläget och grönt efter åtgärder.

Summering

I Figur 8-27 visas de volymer som belastar Bällstån från Duvbo för samtliga simuleringar. Som förväntat ses störst effekt när alla åtgärder är genomförda. Ett flödeskrav eller åtgärdskedjorna Y1, Y3 och Y4 har liten till ingen effekt på volymer. Läsaren hänvisas till respektive åtgärds resultatsektion för att se hur flödena påverkas.



Figur 8-27 Summering av totala belastande volymer till Bällstån vid respektive simulering.

8.3 Betygsättning

I detta kapitel redovisas principerna bakom betygsättningen av de naturbaserade lösningarna. Resultaten redovisas i en shape-fil med tillhörande attribut för respektive område. I de fall poängbedömning inte har varit möjlig står detta angivet under respektive attribut nedan.

8.3.1 Ässingån

Marktyp

Marktyperna som de naturbaserade lösningarna täcker har bestämts genom Lantmäteriets öppna data. Tillgängliga kategorier för marktyp är: Bebyggelse, Skog, Sjö och Öppen mark.

Privata markägare

Vilken typ av markägare som de naturbaserade lösningarna täcker har bestämts med Naturvårdsverkets markägarkarta. Denna markägarkarta omfattar dock endast mark ägd av statliga bolag och kommunal mark - all annan mark har ansatts som privatägd i detta projekt. Information om hur många privata markägare samt vilka tas fram av länsstyrelserna i ett senare skede för att inte behöva hantera personuppgifter i föreliggande uppdrag.

Kommunal mark

Om marken som den naturbaserade lösningen täcker är kommunal eller inte har bestämts med Naturvårdsverkets markägarkarta.

Antal berörda markägare

Naturvårdsverkets markägarkarta beskriver inte antal markägare och ytterligare data har inte funnits tillgänglig. Detta attribut kommer inte bedömas.

Krav på tillstånd

Huvudregeln är att all vattenverksamhet är tillståndspliktig. För att hantera äldre vattenanläggningar kan utrivning i olika delar bli aktuellt, något som också prövas av Miljödostolen (MD). Ofta innebär en restaurering inte en fullskalig utrivning utan man kan behöva tillåtlighetspröva vissa anläggningsdelar. Dessa kan enligt en särskild avgränsning prövas genom en anmälan. Eftersom restaurering av vattenmiljön också innebär en mer naturlig miljö och naturligare ekosystem så finns det inga direkta konflikter med ev. skyddsföreskrifter eller naturvårdsförordnanden. Däremot kan vissa åtgärder i samband med restaureringen kräva särskilda tillstånd eller dispens från Miljöbalken (MB) eller Plan- och bygglagen (PBL). På förstudenivån har samtliga åtgärder bedömts uppfylla kravet på tillståndsplikt. I attributtabeln besvaras detta med JA/NEJ.

Typ av tillstånd

Se ovan, huvudregeln är att all vattenverksamhet är tillståndspliktig. Vid en laglighetsprövning av en restaurering behöver försiktighetsmått och skyddsåtgärder beslutas. För anläggningsdelar som ska bestå kan anmälan om vattenverksamhet bli aktuellt. Prövning kan också komma att bli aktuellt i relation till fornlämning och kulturmiljö liksom PBL.

Kostnad

Skalan har tillämpats från mycket hög kostnadseffektivitet, +4, till mycket kostnadskrävande, -4. I kostnadsbedömningen ingår såväl anläggningskostnader som framtida drift. Eftersom restaurering handlar om att ta bort en anläggning och inte ha något underhåll eller kostnad på sikt har samtliga åtgärder bedömts ha en mycket hög kostnadseffektivitet.

Vattenförsörjning

I Örebro län kommer ca 80% av dricksvattnet från grundvatten och resterande andel från ytvatten (Pousette et al., 2000). Detta gör att det får göras en avvägning mellan påverkan på grundvattnets och ytvattnets kvantitet och kvalitet. I denna utredning har vattenkvalitet ansatts som likvärdig för alla de naturbaserade lösningarna, vilket gör att denna parameter kommer

endast hänvisa till påverkan på yt- och grundvattnets kvantitet. Kvantiteten har i denna utredning valts att beskrivas som magasinvolym.

Rekreation

Rekreativsvärdet har bedömts utifrån tillgängligheten i landskapet (allmän väg eller allmän platsmark), landskapets karaktär (öppet eller skogsdominerat) och åtgärdens förväntade effekt på naturvärden (våtmarksmiljöer och fågelliv).

Klimatpåverkan

Våtmarker har en stor potential att binda kol och dess möjlighet att binda kol är oftast proportionell mot ytan (Naturvårdsverket, 2016). Detta gör att betygssättningen av de olika våtmarkerna i Åssingån kommer graderas efter arealer. För restaurerade sjöar finns det väldigt lite litteratur i ämnet, vilket gör att påverkan inte kan bedömas för sjöar.

Pollinering

Våtmarker kan, enligt vissa studier, ha en positiv inverkan på habitat hos bin (se t.ex. (Jess L. Vickruck et al., 2019)). För att fastställa om så är fallet i detta område krävs en fältstudie, vilket inte ryms inom detta projekt. Vad gäller sjöars påverkan på pollinering finns det få studier och ämnet får därmed anses som okänt. Osäkerheterna kring sjöar och våtmarkers påverkan på pollinering har gjort att denna nytta inte har bedömts.

Biologisk mångfald

Grundprincipen i tillämpning av skalan är att en fullt återställd miljö ger högsta möjliga poäng, och lägsta möjliga poäng utgör då störst möjliga negativa påverkan på biologisk mångfald. Högst poäng har tilldelats de restaurerade ytor där en viss eller stor andel våtmarksyta återaktiveras. Här förväntas särskilt amfibier, insekter, fiskar och fågellivet gynnas. Om åtgärden ligger högt upp i systemet med högt färgtal och ev. lägre pH-förhållande, samt om restaureringen av vattenyta/område i sig inte tillskapar betydande våtmarksarealer så har åtgärden bedömts som +2, Måttlig positiv påverkan och grad av nytta. Klass 3+ ligger mellan 2 och 4.

Buller

Buller anses inte som ett problem i detta avrinningsområde och kommer inte bedömas.

Luftkvalitet

Gällande våtmarker kan dessa påverka luftkvaliteten genom utsläpp av ammoniakgas (NH₃), men det finns väldigt lite fakta angående om mindre våtmarker i ett naturligt landskap skulle ha någon avsevärd påverkan på luftkvalitet. Litteraturen visar att då sjöar torkar ut kan detta öka aerosoler i området, framförallt damm (Rashki et al., 2012). Detta ses dock inte som relevant i detta avrinningsområde och luftkvalitet har därför inte bedömts.

Erosionsförebyggande

En stor andel av erosionen sker framförallt under höga flöden (Bisschop et al., 2011), vilket gör att de naturbaserade lösningar som bidrar med störst minskning i flöde ger störst nytta i ett erosionsförebyggande syfte. De naturbaserade lösningarna kommer att bedömas utifrån hur väl de lyckas minska maxflödet under de valda scenariona.

Grundvatten

Denna parameter avser hur en naturbaserad lösning påverkar grundvattenbildningen. Grundvattenbildningen beror till stor del på magasinvolym, där större magasinvolym generellt bidrar med mer grundvattenbildning. Dessutom har större magasinvolym en större resiliens, då det med större sannolikhet finns vattentillgångar året om. Med hänvisning till magasinvolym har respektive genomförd naturbaserad lösning utvärderats relativt övriga genomförda naturbaserade lösningar.

Kretslopp

Bidraget till den hydrologiska cykeln beror på bland annat grundvattentillförsel och avdunstning, som i sig beror på magasinvolym. Här kommer alla de naturbaserade lösningarna att betygsättas med avseende på magasinvolym, där stor magasinvolym ger högre poäng och låg magasinvolym ger lägre poäng.

Vattenkvalitet

På längre sikt innebär en restaurerad vattenmiljö en god vattenkvalitet. Här finns dock ett stort antal komplexa förhållanden som innefattas i begreppet vattenkvalitet och det är därför svårt att bedöma poäng entydigt och relevant. Åtgärdens betydelse för vattenkvalitet beror dessutom på om det finns föroreningar i angränsande mark eller sediment. Med anledning av osäkerheter i bedömningsgrunderna så har samtliga åtgärder bedömts ha +3, Stor positiv påverkan och grad av nytta.

Översvämningsrisk

Detta är en av huvudpunkterna i detta projekt och kommer att bedömas utefter modellerade resultat som presenteras i rapporten.

Brand

I denna nyttoparameter har de naturbaserade lösningarna bedömts utefter magasinvolym då en större mängd vatten minskar brandrisker. Det betyder till exempel att större sjöar kommer att ha större nytta än mindre sjöar. Notera att de har bedömts relativt till varandra, och att den naturbaserad lösning med störst magasinvolym har tilldelats +4 och de med minst magasinpotential har tilldelats låga betyg.

Torka

I denna nyttoparameter har de naturbaserade lösningarna bedömts utefter magasinvolym då en större mängd vatten motverkar torka. Det betyder till exempel att större sjöar kommer att ha större nytta än mindre sjöar. Notera att de har bedömts relativt till varandra, och att den naturbaserad lösning med störst volympotential har tilldelats +4 och de med minst volympotential har tilldelats låga betyg.

Turism

Hur de naturbaserade lösningarna påverkar turism är svårbedömt. I fall då naturbaserade lösningar genomförs i stor skala i urbana miljöer (till exempel "Forest town" i Singapore) kan detta ge en betydande ökning i turistnäringen. För varje enskild naturbaserad lösning är dock detta svårbedömt. Denna nytta kommer inte att bedömas.

Inkomst

Huruvida de utpekade naturbaserade lösningarna genererar direkta inkomster är svårbedömt. Denna nytta kommer inte bedömas.

Livsmedel

Frågan om hur stor ökning eller minskning de studerade naturbaserade lösningarna skulle ge på livsmedelsproduktionen anses ej relevant. Denna nytta kommer inte bedömas.

Estetisk

Subjektiviteten i estetik gör denna nytta svårbedömd, framförallt i ett naturligt avrinningsområde. Denna nytta kommer inte bedömas.

Kulturarv

Under projektets gång har det inte funnits någon data på var eventuella kulturarv skulle finnas i området, vilket gör att eventuella störningar av kulturarv inte går att bedöma. Denna nytta kommer därför inte att bedömas.

Upprustning av område

I ett naturligt avrinningsområde med stora arealer skogslandskap är det svårt att bedöma huruvida valda naturbaserade lösningar rustar upp området. Denna nytta kommer inte att bedömas.

Hälsa

Kvantifiering av hälsoeffekten av att restaurera en sjö eller våtmark i ett naturligt avrinningsområde finns det för närvarande inga studier på. Denna nytta kommer inte att bedömas.

Ökat markvärde

För att kunna bestämma om de naturbaserade lösningarna ökar eller minskar markvärdet i ett område krävs fältstudier, vilket inte har ingått i projektet. Denna nytta kommer inte att bedömas.

Energibesparing

På grund av att de naturbaserade lösningarna är restaureringar krävs troligtvis minimalt med underhåll, vilket också betyder minimala energikostnader. Dock finns det inte mycket forskning som visar om de naturbaserade lösningarna skulle ge någon betydande energibesparing. Denna nytta kommer inte att bedömas.

Sammanfattning av betygsättning i Ässingån

Ässingån har bedömts ha en stor potential för några av de analyserade nyttoparametrarna. De nyttoparametrar där samtliga naturbaserade lösningarna har fått höga betyg är kostnad, biologisk mångfald och vattenkvalitet, då de valda naturbaserade lösningarna i detta projekt i princip alltid ger en stor positiv effekt på dessa parametrar. Många av de andra parametrarna, som till exempel vattenförsörjning, översvämningsrisk, grundvattenbildning, och torra, har i poängsatts relativt varandra. Detta gör att stora naturbaserade lösningar, som lösning D och B, generellt har fått höga betyg, medan mindre naturbaserade lösningar, som F och H, generellt har fått låga betyg. För betygsättningen av varje enskild lösning hänvisas läsaren till shapefilen "naturbaserade lösningar Ässingån" som har levererats tillsammans med rapporten.

8.3.2 Duvbo

Marktyp

Marktyperna som de naturbaserade lösningarna täcker har bestämts genom Sundbybergs kommuns primärkarta kompletterat med öppen data från Lantmäteriet och OpenStreetMap. Kategorier för marktyp har definierats som: Byggnader, Hårdgjord yta och Permeabel yta.

Privata markägare

En översiktlig bedömning av markägare där åtgärder har föreslagits har gjorts utifrån tillgängligt underlag från primärkarta. Information om hur många privata markägare som berörs, samt vilka personer tas fram av länsstyrelserna i ett senare skede för att inte behöva hantera personuppgifter i föreliggande uppdrag.

Kommunal mark

Om marken som den naturbaserade lösningar täcker är kommunal eller inte har bedömts översiktligt utifrån kommunalt indata.

Antal berörda markägare

Naturvårdsverkets markägarkarta beskriver inte antal markägare och ytterligare data har inte funnits tillgänglig. Detta attribut kommer inte att bedömas.

Krav på tillstånd

Åtgärderna är föreslagna inom planlagt område där dagvattenanläggningar som ska användas för flera fastigheter ska anmälas till kommunen. Projekt som innebär att man ska arbeta eller bygga i befintliga vattenområden räknas som "vattenverksamheter" och ska i de flesta fall

anmälas till länsstyrelsen. I denna analys har samtliga åtgärder bedömts uppfylla kravet på tillståndsplikt. I matrisen besvaras detta med JA/NEJ.

Typ av tillstånd

Se ovan. Huvudregeln är att all vattenverksamhet är tillståndspliktig. Vid en laglighetsprövning av en restaurering behöver försiktighetsmått och skyddsåtgärder beslutas. För anläggningsdelar som ska bestå kan anmälan om vattenverksamhet bli aktuellt. Prövning kan också komma att bli aktuellt i relation till fornlämning och kulturmiljö liksom PBL.

Kostnad

Skalan har tillämpats från mycket hög kostnadseffektivitet, +4, till mycket kostnadskrävande, -4. I kostnadsbedömningen ingår såväl anläggningskostnader som framtida driftkostnader.

Vattenförsörjning

Sundbyberg får sitt dricksvatten ifrån Mälaren via Görvålns vattenverk i Järfälla. Duvbo ligger nedströms detta område och åtgärderna i sig kommer inte att ha någon påverkan på vattenförsörjningen.

Rekreation

Rekreativvärde har bedömts utifrån tillgängligheten (allmän platsmark eller kvartermark), landskapets karaktär (bebyggelse, industri, torg) och åtgärdens förväntade effekt på mervärden (ekologiska och sociala).

Klimatpåverkan

Flertalet av dagvattenåtgärderna i Duvbo har vid sidan om fördröjning en stor reningspotential. Då reningen kommer att vara beroende av kombinationen av lösningar, samt var i området dessa etableras, har vattenkvalitet ansatts som likvärdig för alla dagvattenlösningar. En bedömning av skyfallsåtgärdernas reningspotential har gjorts på anläggningsnivå.

Pollinering

Blommande träd, buskar och örter utgör viktiga livsmiljöer för pollinerande insekter. Perspektivet kan därmed med fördel inkluderas i arbetet med gestaltning av dagvattenåtgärder. Valet av vegetation är avgörande för vilka ytterligare ekosystemtjänster som gynnas.

Biologisk mångfald

Grundprincipen i tillämpning av skalan är att den värderar systemets möjlighet att öka artantalet. Stora öppna anläggningar med möjlighet till flera olika livsmiljöer och för området nya ekosystem värderas högst. De öppna anläggningarna gynnar biodiversitet och skapar korridorer i stadsrummet där flora och fauna kan röra sig.

Buller

Järnvägen som löper genom området är en stor källa till buller. Även de mer trafikerade lederna Järnvägsgatan och bitvis Karlavägen kommer utgöra källor till förhöjda bullernivåer. De naturbaserade lösningarna har potential att reducera dessa, genom god gestaltning. Reduktionspotentialen har tagit hänsyn till placering samt typen av åtgärd.

Luftkvalitet

Dagvattenanläggningar har möjlighet att rena både näringsämnen och avskilja bly, koppar, zink, kadmium, krom, nickel, kvicksilver, suspenderat material och BaP.

Erosionsförebyggande

En stor andel av erosionen sker framförallt under höga flöden (Bisschop et al., 2011), vilket gör att de naturbaserade lösningar som bidrar med störst minskning i flöde ger också störst nytta i ett erosionsförebyggande syfte. De naturbaserade lösningarna kommer att bedömas utefter hur väl de lyckas minska maxflödet för de valda scenarierna.

Grundvatten

Denna parameter avser hur en naturbaserad lösning påverkar grundvattenbildningen. Grundvattenbildningen beror till stor del på magasinvolym, där större magasinvolym generellt bidrar med mer grundvattenbildning. Med hänvisning till magasinvolym har de olika naturbaserade lösningarna utvärderats relativt övriga genomförda naturbaserade lösningar. Blöta lösningar såsom damm ges störst potential då dessa utformas för att ha vattentillgångar året om.

Kretslopp

Bidraget till den hydrologiska cykeln beror på bland annat på grundvattentillförsel och avdunstning, som i sig beror på magasinvolym. Här kommer alla de naturbaserade lösningarna att betygsättas med avseende på magasinvolym och hur ofta denna nyttjas, där stor magasinvolym ger högre poäng och låg magasinvolym ger lägre poäng.

Vattenkvalitet

Flertalet av dagvattenåtgärderna i Duvbo har vid sidan om fördröjning en stor reningspotential. Då reningen beror av en kombination av lösningar, samt var i området dessa etableras har vattenkvalitet ansatts som likvärdig för alla dagvattenlösningar. En bedömning av skyfallsåtgärdernas reningspotential har gjorts på anläggningsnivå. Åtgärdens betydelse för vattenkvalitet beror dessutom på huruvida det finns föroreningar i angränsande mark eller sediment. Med anledning av osäkerheter i bedömningsgrunderna så har samtliga dagvattenåtgärder bedömts ha +3, Stor positiv påverkan och grad av nytta. För skyfallsåtgärderna har denna bedömts utifrån hur man kan tänka sig att ytan utformas.

Översvämningsrisk

Detta är en av huvudpunkterna i detta projekt och kommer att bedömas utefter modellerade resultat som presenteras i rapporten.

Brand

I denna nyttoparameter har de naturbaserade lösningarna bedömts utefter magasinvolym då en större mängd vatten minskar brandrisker. Dessutom har det även vägts in hur ofta som magasinfunktionen nyttjas, dvs. hur ofta anläggningen är blöt. Notera att de har bedömts relativt varandra och att den naturbaserad lösning med störst volympotential har tilldelats +4 och de med minst volympotential har tilldelats låga betyg.

Torka

I denna nyttoparameter har de naturbaserade lösningarna bedömts utefter magasinvolym då en större mängd vatten motverkar torka, likaså har minskning av hårdgjorda ytor vägts in där detta minskar värmeöar i städerna. Dessutom har det även vägts in hur ofta som anläggningarna nyttjas, dvs. hur ofta anläggningen är blöt. Notera att de har bedömts relativt varandra och att den naturbaserade lösningen med störst volympotential har tilldelats +4 och de med minst volympotential har tilldelats låga betyg.

Turism

Hur de naturbaserade lösningarna påverkar turism är svårbedömt. I fall då naturbaserade lösningar har genomförts i stor skala i urbana miljöer (till exempel "Forest town" i Singapore) kan detta ge en betydande ökning i turistnäringen. Ett samlat "paket" med dagvattenåtgärder bedöms ha en större nytta än enskilda skyfallsåtgärder, då detta skulle kunna få positiva effekter på en hel stadsdel.

Inkomst

Huruvida de utpekade naturbaserade lösningarna genererar direkta inkomster är svårbedömt. Denna nytta kommer inte att bedömas.

Livsmedel

Hur stor ökning eller minskning någon av de studerade naturbaserade lösningarna skulle ge på livsmedelsproduktion anses ej relevant. Denna nytta kommer inte att bedömas.

Estetiskt

Subjektiviteten i estetik gör denna nytta svårbedömd. Denna nytta kommer inte att bedömas.

Kulturarv

Under projektets gång har det inte funnits någon data på var eventuella kulturarv skulle finnas i området, vilket gör att eventuella störningar av kulturarv inte går att avgöra. Denna nytta kommer inte att bedömas.

Upprustning av område

Nyttoparametrarna är svåra att bedöma. I genomförd betygsättning av potential har det vägts in vilken markanvändningen är idag och hur valda naturbaserade lösningar kan lyfta denna rent estetiskt.

Hälsa

Nyttoparametern har tolkats som att ge en värdering av om lösningarna utgör en hälsorisk (tex drunkning eller smitta). För ytor med störst ansamling av föroreningar eller risk för fallrisker har risken bedömts större och därmed genererat en lägre nytta.

Ökat markvärde

För att kvantifiera om de naturbaserade lösningarna ökar eller minskar markvärdet i ett område behövs uppföljande studier efter utbyggnad, vilket inte ingår i detta projekt. Denna nytta kommer inte bedömas.

Energibesparing

De naturbaserade lösningarna kommer att skilja sig åt i driftbehov. Däremot anses det inte medföra en energibesparing att anlägga något som inte har funnits förut och det skulle behöva vägas mot någon alternativ markfunktion. Denna nytta kommer inte att bedömas.

Sammanfattning av betygsättning i Duvbo

Många av de modellerade åtgärderna i Duvbo avrinningsområde bedöms ha stor potential för multifunktionalitet. Den nytta som uppnås beror i mångt och mycket på hur åtgärderna utformas, både funktionellt och estetiskt. De nyttoparametrar som har fått genomsnittligt högst poäng är upprustning av område och pollinering. Det kan kopplas till att man introducerar mer växtlighet i ett till stora delar av ett hårdgjort område, vilket skapar ett attraktivare urbant område både för människor och pollinering. Även andra nyttoparametrar som exempelvis rekreation, klimatpåverkan, biologisk mångfald, brand och torka har mycket av sina nyttor kopplade till introduktion av växtlighet. Här skiljer sig dock poängen i större utsträckning mellan olika åtgärder. Exempelvis kan det bidra till rekreation att anlägga en kombinerad torrdamm och park, medan ett grönt tak inte alls har samma potential.

Högst medelpoäng fördelat på samtliga nyttoparametrar får utjämningsmagasin och nedsänkta regnbäddar med flödesreglering. Detta då de till skillnad från övriga åtgärder kan ha en stående vattenspegel och då i högre utsträckning bidra till minskad torka och brandrisk, samt en hög potential för ökad vattenkvalitet. Däremot är dess hydrauliska funktion begränsad vid skyfall då de generellt inte kan hantera lika stora volymer som skyfallsytor.

9 Diskussion och slutsatser

9.1 Ässingån

Ässingåns avrinningsområde karakteriseras av stor andel skogslandskap. I den typen av avrinningsområden utlöser sällan enskilda kortvariga regnhändelser höga flöden. Istället är det vanligtvis långa perioder med stora regnmängder som gör marken vattenmättad, i kombination med en större regnhändelse som orsakar riktigt höga flöden.

Ässingån är ett reglerat system med fyra större magasin, vilket medförde svårigheter vid kalibreringen av modellerna. Kalibreringsresultatet visade att många av flödestopparna från området underskattas, vilket också kan observeras i andra modeller (till exempel SMHI:s S-HYPE). Vissa av de identifierade dammanläggningarna är också kopplade till föreslagna åtgärder i denna rapport, och det finns en förbättringspotential om mer information om dessa anläggningar går att få fram. Befintliga dammanläggningar kan också utgöra vandringshinder för fiskar i området, och ytterligare positiva effekter skulle då kunnat uppnås om dessa rivs ut i samband med anläggning av de naturbaserade lösningarna.

Av de 11 naturbaserade lösningarna erhålls den största flödesdämpande effekten för de lösningar med stor magasineringspotential som även ligger långt nedströms i avrinningsområdet. I de fall då det finns förhållandevis stor magasineringspotential men långt uppströms ses inga större effekter på flödesdämpningen, då magasineringspotentialen inte nyttjas till fullo.

Vid den historiskt stora vårflo den 1977 har beräkningarna visat att detta motsvarade en högflödes händelse med ca 160 års återkomsttid längst ner i Ässingåns avrinningsområde. Resultaten från detta projekt visar att maxflödet för denna händelse skulle kunna minska till motsvarande ca 90 års återkomsttid enligt dagens flödesstatistik om endast den föreslagna naturbaserade lösningen D skulle genomföras. Om alla 11 föreslagna naturbaserade lösningar genomförs skulle maxflödet minska till motsvarande ca 35 års återkomsttid. Notera att resultatet avser Ässingåns avrinningsområde och i vilken grad detta påverkar flödet i Arbogaån nedströms sammanflödet har inte analyserats inom ramen för denna utredning.

Flödet vid den andra analyserade historiska händelsen, höstregnet 2000, beräknades ha en återkomsttid på ca 50 år. Dock var denna händelse av en annan karaktär, då det var en lång period med höga flöden och många flödestoppar. Modellresultaten visar att om den största naturbaserade lösningen (D) genomförs så skulle flödestoppen kunna minska till motsvarande ett flöde med ca 35 års återkomsttid.

Betygsättningen av de utvalda naturbaserade lösningarna baseras på tillgängligt dataunderlag, vilket bara i viss mån inkluderar plats specifika data. Flera av nyttoparametrarna som redovisas i rapporten är direkt kopplade till åtgärden, vilket underlättar betygsättningen av dessa. Övriga vattenrelaterade parametrar är ofta komplexa fenomen som kräver ytterligare utredning för bedömning av nyttoeffekter. Vid restaurering till en mer naturlig miljö tillkommer dock många extranyttor, såsom ökad biodiversitet och förbättrad vattenkvalitet.

Andra nyttoparametrar, såsom turism eller estetik, är väldigt svårbedömda och passar bättre i en detaljstudie där det görs en detaljerad design för varje objekt. Den detaljerade designen kan då anpassa åtgärderna för att maximera nyttan. I föreliggande studie har endast förutsättningar och potential för vissa nyttor kunnat bedömas. Generellt rekommenderas att problemen som ska lösas med naturbaserade lösningar är tydligt definierade, exempelvis minskad översvämning eller ökad biologisk mångfald, samt vilka andra nyttor man tycker är viktiga att främja. På så sätt kan rätt lösning med optimerad design väljas på rätt plats.

Poängsättningen av de naturbaserade lösningarna har i detta projekt skett i relation till varandra. Detta gör till exempel att en förhållandevis stor sjö får högt betyg på minimering av översvämningens risk, medan samma sjö i ett annat avrinningsområde med större omkringliggande

sjöar hade fått lägre betyg. När betygsättningen inte är standardiserad kan betygen från ett avrinningsområde inte direkt överföras till ett annat avrinningsområde. Vid val av andra skalor (till exempel monetär skala) hade betygen varit lättare att jämföra mellan olika avrinningsområden.

Det är också viktigt att notera att syftet med den aktuella studien har varit att analysera den flödesdämpande effekten vid översvämningstillfällen. Flera andra naturbaserade lösningar kan ha mycket god inverkan på vattenmiljön och bidra positivt till klimatet, även om effekten inte är signifikant vid just översvämningstillfällen. Detta gäller exempelvis dikespluggning.

9.2 Duvbo

Åtgärdsscenarioet med samtliga skyfalls- och dagvattenåtgärder ger störst flödesdämpande effekt. Man ska dock komma ihåg att detta skulle innebära stora insatser i form av gröna tak, permeabla ytor, dagvattenfördröjning och stora skyfallsytor. Det är heller inte rimligt att exempelvis samtliga byggnader skulle kunna kläs i gröna tak med en magasineringskapacitet på 10 mm, men resultaten ger en fingervisning om att det ändå går att påverka flödet.

När samtliga åtgärder genomförts reduceras volymer med ca 25% från nuläget, vilket ungefär motsvarar en händelse med hälften så lång återkomsttid. Det innebär att bidragande volymer från ett 100-årsregn minskar till samma volymer motsvarande ett 50-årsregn. Störst bidrag har skyfallsåtgärderna Y1 och Y5, samt dagvattenåtgärderna *areakrav* och *volymkrav*. Där har dagvattenåtgärderna en relativt större effekt när regnets återkomsttid minskar vilket är att vänta. Ju närmre regnet är dagvattennätets kapacitet desto större relativ effekt kommer dagvattenåtgärderna ha. På samma sätt kommer då också skyfallsåtgärdernas effekt att minska. Det beror dock också på hur och var specifika åtgärder placeras och utformas. När vi tittar på Y1 och Y2 ser vi att Y1 lyckas begränsa maxflödet vid utlopp till Bällstaån, men inte alls har någon effekt på volymen. Detta beror på att ytan är relativt liten, men ligger precis i anslutning till utloppet och minskar trycket på utloppet vid maxflöde.

Y2 däremot som ligger något längre uppströms påverkar inte flödet när det är som störst men är en relativt stor yta och magasinerar stora volymer. Detta resulterar i att efterföljande flöde reduceras och de totala bidragande volymerna minskar. Vi kan också se att kapaciteten inte nyttjas till lika stor grad vid ett 50-årsregn som vid ett 100-årsregn vilket resulterar i att vi inte får lika stort utslag vid ett 50-årsregn. Detta beror då återigen på hur åtgärden utformas och blir en fråga för en eventuell framtida detaljprojektering.

Y3 och Y4 har en så pass liten effekt på resultaten att de i denna utredning kan förkastas. Då de är små och ligger långt uppströms har de ingen märkbar effekt på flöden och volymer. I en situation där de är placerade intill en prioriterad väg eller samhällsviktig verksamhet skulle de kunna bli aktuella för att avhjälpa konsekvenser, men det ligger utanför denna utredning. Y5 har en noterbar effekt på flöden och volymer vilket kan kopplas till att det är en stor yta som kapar en av de större flödesvägarna inom Duvbo.

Flödeskravet hade i denna utredning ingen signifikant påverkan på utflöde eller volymer. Det beror på att kravet på 50 l/s/ha i relation till områdets låga hårdgöringsgrad är lågt ställt. Motsvarande kravställning på ett område med större andel hårdgjord yta hade gett större effekt.

9.3 Generellt

När det gäller att införa naturbaserade lösningar för att minska översvämningar är volymkapaciteten ofta helt avgörande. Effekten blir också större ju längre ner i avrinningsområdet åtgärden utförs.

Flera av de parametrar som Naturvårdsverket rekommenderar för poängsättning av multifunktionalitet blir i praktiken svåra att använda. Det är exempelvis svårt att säga om till exempel en våtmark har någon effekt på buller eller turism. Vill man minska buller finns antagligen betydligt effektivare metoder att tillgå än att anlägga en flödesdämpande naturbaserad åtgärd. Och vill man ha ökad turism som multifunktionalitet bör man designa området för tillgänglighet med mera, vilket gör att poängsättningen kan bli väldigt olika beroende på hur man väljer att anlägga åtgärden.

En generell slutsats kring multifunktionaliteten blir därför att se till att ha ett huvudsyfte med den naturbaserade åtgärden, exempelvis flödesdämpning vid översvämningar som i den aktuella studien, samt att välja ut vilka andra bieffekter man vill maximera vid utformningen av åtgärden. Det är viktigt att på ett tidigt stadium identifiera vilka problemen man vill minska med sin naturbaserade lösning för att kunna välja rätt åtgärd, rätt plats och rätt design.

I den aktuella studien har endast två mindre delavrinningsområden analyserats och det har inte omfattats av uppdraget att göra en analys av resulterande översvämningssområden nedströms. Liknande studier och beräkningar kan göras i hela avrinningsområdena för att få en uppfattning om hur stor flödesdämpning man kan uppnå i huvudvattendragen (Arbogaån och Bällstaån). Det är sannolikt att ungefär liknande effekt kan fås i övriga delavrinningsområden, men det krävs separata analyser för att kunna kvantifiera effekterna. Notera även hur stor skillnad i metodik som krävs för så vitt skilda avrinningsområden som Åssingån och Duvbo. Det hade inte blivit några användbara resultat om man exempelvis hade bytt metodik mellan avrinningsområdena.

Studier likt denna är värdefulla för att ge en uppfattning om hur stor effekt man kan uppnå med hjälp av naturbaserade lösningar i specifika avrinningsområden. Resultaten kan användas för att gå vidare och mer i detalj utreda specifika åtgärder och värdera dess positiva multifunktionella effekter. Metodikerna kan också överföras till andra avrinningsområden av liknande karaktär.

10 Extremväder sommaren 2023

Sommaren 2023 visade på ett tydligt sätt vikten av att hantera den förändrade riskbild som ett förändrat klimat för med sig; ett förändrat klimat som kommer göra att risken för både torra och översvämningar ökar i stora delar av landet. Att planera för ökad vattenhållande förmåga i landskapet utgör ett bidrag till hanteringen av dessa risker.

Globalt sett var juli 2023 den varmaste julimånaden som någonsin har uppmätts (WMO, 2023). Många länder ställdes inför större utmaningar än Sverige, men även i Sverige drabbades både privatpersoner och verksamheter av väderrelaterade extremhändelser. Uppgifterna nedan för juni, juli och augusti 2023 är hämtade från SMHI:s hemsida (SMHI, 2023).

Juni

Juni månad utmärkte sig i delar av Sverige som mycket, eller till och med extremt, nederbördsfattig. Några platser som särskilt utmärkte sig var:

- Uppsala där man med sammanlagt endast 4,8 mm hade sin torraste juni sedan 1798 då det föll 3 mm.
- I Falun blev det nytt lägstarekord med 5,5 mm. Det tidigare junirekordet i mätserien som startade 1860, var 12,3 mm 1982.
- I Junsele, Ångermanland, uppmättes den torraste junimånaden sedan 1909.

Detta innebar stora utmaningar för bland annat lantbruket. Flera kommuner gick även ut med bevattningsförbud. Den varma och torra vår som föregick juni 2023 påverkade även grundvattenbildningen negativt i stora delar av landet.

Juli

Juli månad däremot dominerades av svalt och mycket nederbördsrikt väder. På sina håll blev den rekordblöt och flera extremvärden noterades. Några exempel är:

- **Västerås** har med 155,2 mm haft sin tredje regnigaste juli sedan startåret 1860 och den regnigaste sedan 2000.
- Borås har med 216,5 mm haft sin regnigaste juli sedan startåret 1884 .
- Alingsås har med 220,8 mm haft sin regnigaste juli sedan startåret 1936.
- Delsbo i Hälsingland har med 171,6 mm haft sin regnigaste juli sedan startåret 1878.
- Göteborg har med 169,9 mm haft sin tredje regnigaste juli sedan startåret 1860 och den regnigaste sedan 1939.

Detta innebar på sina håll bland annat översvämningar och slamströmmar som påverkade både bebyggelse och infrastruktur med stora kostnader som följd.

Augusti

Augusti månad blev blötare än normalt i princip i hela landet. Mest regn föll i ett band över östra sidan av mellersta Sverige. Mycket av regnet föll i samband med lågtrycket Hans som stationerade sig över landet under en knappt veckas tid den 6–10 augusti. Men också fler efterföljande lågtrycksområden ledde till de totalt sett stora regnmängderna. För flertalet stationer blir det den blötaste augusti som har observerats, och på flera platser också nya absoluta rekord oavsett månad. För följande stationer har absolutrekord preliminärt noterats:

- Jönköping (Småland, startår 1858): 199,1 mm. Tidigare rekord 195,7 mm från juli 1972.
- **Västerås** (Västmanland, startår 1859): 203,2 mm. Tidigare rekord 201,3 mm från augusti 1951.
- Knäred (Halland, startår 1901): 284,2 mm. Tidigare rekord 265,6 mm från juni 1980.
- Sörbytorp (Närke, startår 1909): 229,8 mm. Tidigare rekord 216,4 mm från september 1946.
- **Kolsva** (Västmanland, startår 1930): 250,2 mm. Tidigare rekord 221,3 mm från juli 2000.
- Norrköping (Östergötland, startår 1933): 182,5 mm. Tidigare rekord 173,3 mm från augusti 1960.
- Hudiksvall (Hälsingland, startår 1934): 223,4 mm. Tidigare rekord 217,5 mm från augusti 1986.
- Vadstena (Östergötland, startår 1935): 242,6 mm. Tidigare rekord 177,1 mm från augusti 1960.
- Visingsö (Småland, startår 1937): 176,1 mm. Tidigare rekord 165,7 mm från juni 2011. Augusti 1986 saknas i statistiken.
- Falköping-Valtorp (Västergötland, startår 1951): 215,7 mm. Tidigare rekord 199,5 mm från augusti 2006.
- Gästrike-Hammarby (Gästrikland, startår 1965): 313,3 mm. Tidigare rekord 231,4 mm från augusti 2021.
- Baramossa (Halland, startår 1973): 303,2 mm. Tidigare rekord 269,8 mm från oktober 1998.

Månadens största dygnsnederbörd var 116,0 mm som föll i Töcksfors i västligaste Värmland den 26 augusti, vilket är nytt rekord för stationen med startår 2005. De stora nederbörds-mängderna resulterade i höga flöden i vattendrag i främst i Svealand och södra Norrland, översvämmande vägar och byggnader och skador på infrastruktur. Det senare ledde bland annat till en tågurspårning i Hälsingland.

11 Referenslista

- Bisschop, F., Visser, P., Rhee, C. van, & Verhagen, H. J. (2011). EROSION DUE TO HIGH FLOW VELOCITIES: A DESCRIPTION OF RELEVANT PROCESSES. *Coastal Engineering Proceedings*, 1(32), sediment.24.
<https://doi.org/10.9753/icce.v32.sediment.24>
- Djordjic, F., Markensten, H., & Widén-Nilsson, E. (2023). Norrström.
<https://storymaps.arcgis.com/stories/82e914af077a4bdaa92e2758a3460146>
- Hosking, J.R.M., Wallis, J.R. and Wood, E.F. (1985). Estimation of the Generalized Extreme-Value Distribution by the Method of Probability-Weighted Moments. *Technometrics*, 27(3), pp.251–261.
doi:<https://doi.org/10.1080/00401706.1985.10488049>.
- Länsstyrelsen Örebro län. (2001). I översvämningens spår: Analys av översvämningarna under år 2000 - erfarenheter och slutsatser. <http://www.lansstyrelsen.se/orebro>
- MSB (2017). Vägledning för skyfallskartering : tips för genomförande och exempel på användning.
- Mazziotta, A., Heilmann-Clausen, J., Bruun, H. H., Fritz, Ö., Aude, E., & Tøttrup, A. P. (2016). Restoring hydrology and old-growth structures in a former production forest: Modelling the long-term effects on biodiversity. *Forest Ecology and Management*, 381, 125–133. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2016.09.028>
- NASA, 2023. MOD16A2 MODIS/Terra Net Evapotranspiration 8-Day L4 Global 500m SIN Grid V006. NASA EOSDIS Land Processes DAAC. Accessed 2023.
- Naturvårdsverket. (2016). Torvutvinningens och torvanvändningens klimat- och miljöpåverkan.
- Naturvårdsverket. (2021). Naturbaserade lösningar-ett verktyg för klimatanpassning och andra samhällsutmaningar.
- Jess L. Vickruck, Lincoln R. Best, Michael P. Gavin, James H. Devries, Paul Galpern, Pothole wetlands provide reservoir habitat for native bees in prairie croplands, *Biological Conservation*, Volume 232, 2019, Pages 43-50, ISSN 0006-3207
- Pousette, J., Müllern, C.-F., Rurling, S., & Thunholm, B. (2000). Beskrivning till kartan över grundvattnet i Örebro län.
- Rashki, A., Dimitris, K., C.J.deW., R., & Eriksson, P. (2012). Atmospheric Aerosols: Regional Characteristics - Chemistry and Physics - Google Books.
https://books.google.se/books?hl=en&lr=&id=Cu6dDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA163&dq=lakes+air+quality&ots=MklHbzxWt&sig=Lx3z4-_9qPIGk5OIIINsaG_6V8os&redir_esc=y#v=onepage&q=lakes%20air%20quality&f=false
- SMHI (2023). Månadens väder. <https://www.smhi.se/klimat/klimatet-da-och-nu/manadens-vader-och-vatten-sverige/manadens-vader-i-sverige>. [Hämtad: 2023-09-11].
- SMHI (2023). Griddade nederbörds- och temperaturdata – PTHBV.
- Skogsstyrelsen. (2023). Återvätningsavtal - Skogsstyrelsen. <https://www.skogsstyrelsen.se/aga-skog/stod-och-bidrag/atervatningsavtal/>

- Wei, X., Liu, S., Zhou, G., & Wang, C. (2005). Hydrological processes in major types of Chinese forest. *Hydrological Processes*, 19(1), 63–75. <https://doi.org/10.1002/hyp.5777>
- Widén-Nilsson, E., Westerberg, I., & Miljöinstitutet, S. (2006). På uppdrag av Havs-och vattenmyndigheten Osäkerhetsanalys av kvävenettobelastning (PLC5). www.smed.se.
- WMO (2023). World Meteorological Organization (WMO). July 2023 confirmed as hottest month on record. <https://public.wmo.int/en/media/news/july-2023-confirmed-hottest-month-record> [Hämtad: 2023-09-11].