

Modellstudie för att undersöka åtgärder som påverkar lågflöden

– Delrapport 2 i regeringsuppdrag om åtgärder för att motverka vattenbrist i ytvattentäkter.

Katarina Stensen, Bettina Matti, Kristina Rasmusson, Niclas Hjerdt



Pärmbild.
Bilden föreställer en större ytvattentäkt.

HYDROLOGI Nr 121, 2019

Modellstudie för att undersöka åtgärder som påverkar lågflöden

– Delrapportering 2 i Regeringsuppdrag om åtgärder för att motverka vattenbrist i ytvattentäkter.

Katarina Stensen, Bettina Matti, Kristina Rasmusson, Niclas Hjerdt

Sammanfattning

2018 fick SMHI i uppdrag via myndighetens regleringsbrev att genomföra en studie av åtgärder för att motverka vattenbrist i ytvattentäkter. Arbetet är pågående och har genomförts i flera steg. Detta är den andra delrapporten som tagits fram i arbetet hittills. Här presenteras resultaten från en förstudie som genomförts med syfte att utvärdera olika åtgärders effekt på lågvattenföring och på så sätt utvärdera dess förmåga att förebygga vattenbrist i ytvattentäkter. Syftet var att lägga grunden för uppbyggnaden av ett interaktivt verktyg där kommuner eller verksamhetsutövare själva ska kunna bedöma vattentillgången vid specifika platser och tidpunkter utifrån uppgifter om olika vattenuttag och regleringar inom avrinningsområdet.

Störst påverkan på vattentillgången har vädret. Det finns dock åtgärder som kan minska risken för vattenbrist i ytvattentäkter. Åtgärderna är främst för förebyggande arbete, men vissa kan även vara aktuella under en bristsituation.

Den effektivaste åtgärden för att utnyttja ett områdes vatten är att använda sjöar som reglermagasin för att säkra vattentillgången i vattentäkten, men det förutsätter att det finns sjöar att reglera. I södra Sverige finns oftast en god tillgång på vatten vintertid medan bristsituationer förekommer under sommaren och början av hösten. Med regleringar kan en del av vattnet från perioder med hög tillgång på vatten samlas i sjöar och tappas av under perioder med låg vattentillgång. Vattenregleringar är vanliga idag, främst för vattenkraftändamål, men förekommer även för dricksvattenförsörjning. SMHI ser att detta är en aspekt som borde tas hänsyn till i områden som riskerar vattenbrist, nu när vattendomar omprövas i stor skala.

Att utföra åtgärder på diken och andra vattendrag kan ha en lokal effekt, men ger inte tillräckligt stor effekt för att påverka vattenflödena i större skala. Att anlägga våtmarker har också främst en lokal effekt, eftersom det krävs så stora arealer våtmark för att ge effekt på vattentillgången i ytvattentäkter.

I områden med stora vattenuttag påverkas lågflödet om dessa ändras. Eftersom kunskap ofta saknas om vattenuttagens storlek är det svårt att veta hur stor denna effekt blir. Det är också svårt att ta fram föreskrifter som gör att begränsningarna kan genomföras i praktiken. Åtgärder som att införa bevattningsdammar kan ha stor potential förutsatt att de fylls på under tid av högflöden och töms under lågflöden. Effekten blir då att vattenuttag från det naturliga vattendraget minskar under lågflödesperioder.

Det pågående arbetet med att motverka vattenbrist i ytvattentäkter fokuserar på att utveckla en metodik för hållbar vattenresursförvaltning. Det är tydligt att det behövs gemensamt arbete över alla sektorer med vattenresursplanering i ett avrinningsområde. Det verktyg som nu utvecklas bidrar till att vattenresursplaneringen underlättas och att vattenresurserna kan förvaltas på ett långsiktigt hållbart sätt.

I tabellen på nästa sida illustreras den effekt de olika åtgärderna som studerats har på mindre och större skala. I tabellen visas också om åtgärden har en verkan på akuta lågflödessituationer.

Tabell. Åtgärder för att minska vattenbrist i ytvattentäkter och vilken effekt de kan ha för mindre skala, större skala samt om åtgärden är aktuell vid en akut lågflödessituation. Med mindre skala menas ett enskilt delavrinningsområde, ofta kring tolv kvadratkilometer. Den större skalan avser ett huvudavrinningsområde som i denna undersökning är mellan cirka 2000–4000 kvadratkilometer.

Blå – Stor effekt

Grön – Märkbar effekt

Gul – Liten effekt

Vit – Ingen effekt / Åtgärd inte aktuell

Åtgärd	Förebyggande effekt på lågflöden i ytvattentäkter		Åtgärdens effekt i en akut lågflödessituation
	Mindre skala (delavrinningsområde)	Större skala (huvudavrinningsområde)	
Reglering av sjöar uppströms vattentäkt	Stor effekt men effekten är beroende av att det finns sjöar att reglera.	Stor effekt men effekten är beroende av att det finns sjöar att reglera.	Stor effekt men effekten är beroende av att det finns sjöar att reglera.
Förändrade vattenuttag	Märkbar effekt men förutsätter att det finns möjlighet att begränsa uttagen.	Märkbar effekt men förutsätter att det finns möjlighet att begränsa uttagen.	Märkbar effekt men förutsätter att det finns möjlighet att begränsa uttagen.
Anläggande av våtmark/småsjöar	Effekten varierar beroende på var och hur våtmarken anläggs. Effekten kan vara både positiv och negativ.	Stora ytor krävs för effekt.	Inte aktuellt
Ökad andel hårdgjorda ytor	Marginell lokal effekt	Ingen effekt	Inte aktuellt
Återmeandring av vattendrag	Viss lokal effekt	Marginell effekt på lågflöden i ytvattentäkter	Inte aktuellt
Borttagning av dräneringsrör	Viss lokal effekt	Marginell effekt på lågflöden i ytvattentäkter	Inte aktuellt
Återställning av diken	Viss lokal effekt	Marginell effekt på lågflöden i ytvattentäkter	Inte aktuellt

Summary

In 2018 the Swedish Meteorological and Hydrological Institute, SMHI was assigned to perform a study of measures to prevent water scarcity in surface water resources. The work is ongoing and has been performed stepwise. This is the second report produced so far. The report presents the results from a pre-study that was performed to evaluate the effect of different measures on low flows and their potential to prevent water scarcity in surface water resources. The aim of the model study was to build a knowledge basis for developing a tool that can be used to prevent water scarcity in surface water resources. Through the tool, municipalities and other actors in the water sector will be able to simulate water availability in a catchment area independently.

The weather has the largest impact on water availability, but there are different measures that can prevent water scarcity in surface water resources. The measures are mostly preventative but some can be used in scarcity situations as well.

The most effective measure is to use the water storage capacity in lakes and to regulate them wisely. Obviously, this requires that there are lakes to regulate. In the southern parts of Sweden water availability is often good in wintertime while water scarcity occurs during summertime and at the beginning of fall. Through lake regulation, water can be stored in periods with significant water availability and used in periods when water is needed. It is common to regulate lakes for hydropower production, but some lakes are regulated for water supply as well. SMHI regards this as an important aspect to consider in areas that are in risk for water scarcity since many permissions for water regulation are going to be reconsidered now.

Measures on ditch, drainage and other watercourses can have a local effect, but it is not large enough to affect the low flows on a larger scale. Restoration of wetlands has as well mostly a local effect since very large areas are required to impact on surface water resources on a larger scale.

In areas with significant water extractions, the low flow is affected if these are changed. Often, knowledge on water extraction still is inadequate and it is difficult to exactly calculate the effect if water extractions are changed. It is also complicated to restrict water extractions. Measures such as establishing water ponds for irrigation might have potential provided they are filled during periods of good water availability. The effect of extractions will then decrease during low flow periods.

The ongoing work to prevent water scarcity in surface water resources will focus on developing methods for sustainable water management. It is evident that the work with water resources planning needs to be performed mutually between sectors in a catchment area. The tool that will be developed within this project will contribute to that this work can be performed in a sustainable way.

In the table on the next page the effect of the studied measures are summarized for a smaller and larger scale. It is also shown if the measures are applicable for an acute low flow situation.

Table. Measures to decrease water scarcity in surface water resources and the effect they might have. The effects are described for a smaller and larger scale and also if the measure is applicable as an acute measure. Smaller scale refers to a smaller subcatchment area around 12 square kilometers. Larger scale refers to a larger catchment area, in this study between 2000-4000 square kilometers.

Blue – Large effect

Green – Noticeable effect

Yellow – Small effect

White – No effect / Not applicable

Measure	Preventive effect on lowflow in surface water resources		The effect of the measure in an acute low flow situation
	Smaller scale (Subcatchment area)	Larger scale (Catchment area between 2000-4000 km ²)	
Regulation of lakes upstream water resource	Large effect but the effect is conditional that there are lakes to regulate.	Large effect but the effect is conditional that there are lakes to regulate.	Large effect but the effect is conditional that there are lakes to regulate.
Change in water extraction	Noticeable effect but requires that it is possible to regulate the water extractions.	Noticeable effect but requires that it is possible to regulate the water extractions.	Noticeable effect but requires that it is possible to regulate the water extractions.
Construction of wetlands/small lakes	The effect varies dependent on how the wetlands are placed. The effect can be both positive and negative.	Large surfaces are required for effect.	Not applicable
Change in amount of impermeable surfaces	Very small effect	No effect	Not applicable
Re-meandering rivers	Some local effect	Very small effect	Not applicable
Remove drainage pipes	Some local effect	Very small effect	Not applicable
Restoration of trench	Some local effect	Very small effect according to this study	Not applicable

En torr ordlista

Avrinningsområde – Det område från vilket vatten dräneras till ett vattendrag uppströms en viss punkt. Avrinningsområdet begränsas av höjdryggar, som delar flödet från regn och smältvatten åt olika håll.

Delavrinningsområde – En del av ett avrinningsområde.

Grundvattentäkt – Grundvattenmagasin ur vilket man tar grundvatten för kommunal vattenförsörjning eller för enskild vattenförsörjning.

Lågflödestillfällen – Perioder då vattenföringen är under en viss nivå. Ofta används medellågvattenföring, MLQ som gräns.

Magasinerande förmåga – Ett områdes magasinerande förmåga att lagra vatten.

Medellågvattenföring – MLQ, medellågvattenföring, är ett medelvärde av varje års lägsta vattenflöde.

Regleringsgrad – Förhållandet mellan regleringsvolymen och den mängd vatten som rinner till regleringsmagasinet, under ett medelår.

Tillstånd för vattenverksamhet – En juridisk handling som utgör beslut och tillstånd för en vattenverksamhet. Reglerar exempelvis vattenuttag.

Torka – Det finns ingen entydig definition av begreppet torka, men med torka menas ofta en eller flera av följande:

- Långvarig period med lite nederbörd
- Låg markvattenhalt
- Låga grundvattennivåer
- Låga flöden i vattendrag
- Låga nivåer i sjöar

Torrperiod – En sammanhängande period utan mätbar nederbörd. Med mätbar nederbörd menas en tiondels millimeter eller mer.

Vattenbrist – I Sverige används begreppet vattenbrist generellt för när tillgången på vatten är mindre än behovet.

Vattendom – Se Tillstånd för vattenverksamhet

Vattenföring – Ett mått på hur mycket vatten som rinner i ett vattendrag under en viss tid. Mäts ofta i kubikmeter per sekund eller i liter per sekund. Samma sak som vattenflöde.

Vattentäkt – Benämning om sjöar, vattendrag eller grundvattenmagasin varifrån vattenuttag görs.

Vattenuttag – Bortledning av vatten från sjöar, grundvattenförekomster, vattendrag och kustvattenförekomster.

Vattenverk – Anläggning som renar eller behandlar dricksvatten.

Våtmark – Mark som under en stor del av året är vattenmättad. Oftast med grundvattenytan nära eller över markytan. Även mycket grunda sjöar med vegetation kan räknas som våtmarker.

Ytvattenförekomst – En större, avgränsad förekomst av ytvatten såsom till exempel en sjö, en å, älv eller kanal.

Ytvattentäkt – En vattensamling (sjö, vattendrag eller kustvatten) som används som råvatten till dricksvatten eller inom industrin.

Versioner

2019-10-04: Rapport publicerad

2019-11-08: Förtydligande i Tabell 9 som även förekommer i sammanfattning kring hårdgjorda ytor.

Innehållsförteckning

1	BAKGRUND	1
1.1	Vad är en vattentäkt?	2
1.2	Information om åtgärder som utvärderats	3
1.3	Utvärdering av vattentillgången och inte användandet	3
1.4	Bakgrund – Reglering av sjöar	4
1.5	Bakgrund – Våtmarker och tidigare studier om dess påverkan på vattenflöden	5
1.5.1	Våtmarkers effekt på högflöden	5
1.5.2	Våtmarkers effekt på lågflöden	5
1.6	Bakgrund – Återmeandring av vattendrag	6
1.7	Bakgrund – Åtgärder på markavvattning	7
1.7.1	Diken	7
1.7.2	Dräneringsrör	7
1.8	Bakgrund – Förändrade vattenuttag som åtgärd för att öka lågflödet	8
1.9	Bakgrund – Hårdgjorda ytor som åtgärd för att öka lågflödet	8
2	METODBESKRIVNING	9
2.1	Tekniska begränsningar	9
2.2	HYPE-modellen	10
2.3	Testområden	12
2.4	Hur de olika åtgärderna utvärderats med HYPE-modellen	14
2.4.1	Reglering	14
2.4.2	Anläggning av våtmark	14
2.4.3	Återmeandring av vattendrag	14
2.4.4	Åtgärder på markavvattning	15
2.4.5	Vattenuttag	15
2.4.6	Hårdgjorda ytor	15
3	RESULTAT	16
3.1	Reglering av sjöar uppströms vattentäkt	16
3.1.1	Diskussion och litteratur – Effekt av regleringar för att öka lågflöden	17
3.2	Anläggning av våtmarker	18
3.2.1	Effekt i mindre områden	20
3.2.2	Diskussion – Effekt av anläggning av våtmarker	20
3.3	Vattendragsrestaurering, exempelvis återmeandring av utträtade vattendrag	21
3.4	Förändring av markavvattning – diken och dräneringsrör	23
3.4.1	Diken	23

3.4.2	Dräneringsrör	24
3.5	Förändrade vattenuttag – Pilotstudie Emån	25
3.5.1	Hur påverkar de många mindre uttag som görs men som inte rapporteras?	26
3.5.2	Diskussion – Hur kan vattenuttag påverkas i praktiken?.....	26
3.6	Hårdgjorda ytor.....	28
3.6.1	Modellresultat	28
3.6.2	Diskussion – Hårdgjorda ytor.....	29
4	DISKUSSION	30
4.1	Framtida arbete.....	30
5	SLUTSATS FRÅN MODELLSTUDIE	31
6	REFERENSER	33
6.1	Personliga Kommentarer	35
	BILAGA 1 – TESTOMRÅDEN OCH VATTENSKYDD SOMRÅDEN	36

1 Bakgrund

I ett varmare klimat påverkas vattentillgången. Det väntas falla mer nederbörd generellt över Sverige och risken för skyfall ökar. Under sommaren är det oklart om det blir mer eller mindre nederbörd i södra delarna av landet. Däremot kommer varmare temperaturer innebära att avdunstningen ökar sommartid vilket kan ge en minskad tillgång till vatten, särskilt uttalat är detta i södra Sverige. Mildare vintrar förändrar förutsättningar för snö, vilket särskilt påverkar vattendragen i landets norra delar.

Under somrarna 2016, 2017 och 2018 fick delar av Sverige uppleva problem med vattenbrist. Orsakerna till de minskade vattentillgångarna var olika och problemen varierade över åren och mellan områden. Delar av landet har de senaste åren fått känna på effekterna av ett framtida klimat. Det har visat hur viktigt det är att vi anpassar oss för att kunna klara förändringarna.

2018 fick SMHI i uppdrag att genomföra en ”studie av åtgärder för att motverka vattenbrist i ytvattentäkter” (Regeringen, 2018). Arbetet har genomförts i delsteg och detta är den andra delrapporten som tagits fram i arbetet. Den presenterar resultaten från en förstudie som genomförts med syfte att utvärdera olika åtgärders effekt på lågvattenföring och på så sätt utvärdera dess förmåga att undvika vattenbrist i ytvattentäkter.

Syftet med modellstudien är främst att lägga grunden för uppbyggnaden av ett interaktivt verktyg där kommuner eller verksamhetsutövare själva ska kunna bedöma vattentillgången vid specifika platser och tidpunkter utifrån uppgifter om olika vattenuttag och regleringar inom avrinningsområdet.

Delrapport 1 tar bland annat upp begreppen torka och vattenbrist, undersöker vad som kan ge upphov till vattenbrist och ger en bild av Sveriges vattentillgångar. Båda rapporterna kan vara till nytta för de som arbetar med – och tar beslut om – vattenförsörjningsplaner och dricksvattensproduktion, till exempel inom en kommun.

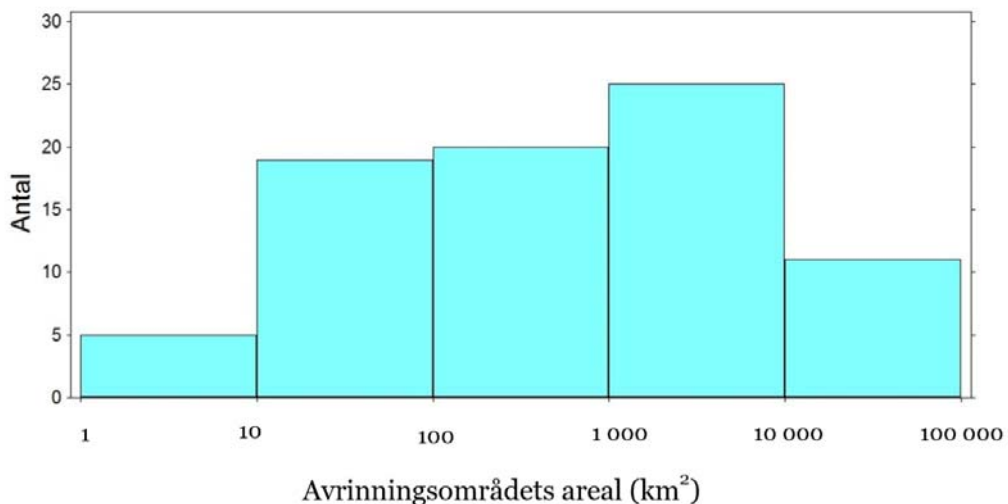


1.1 Vad är en vattentäkt?

En vattentäkt är vatten som används för vattenförsörjning, till exempel för dricksvattenproduktion, industriändamål eller för bevattning. Sjöar och vattendrag kallas ytvattentäkt och vatten som tas från grundvatten genom brunnar, kallas grundvattentäkt. I Sverige är det vanligt att dricksvatten i större tätorter produceras genom konstgjord infiltration. Det är när ytvatten pumpas till ett område där det infiltrerar till ett grundvattenmagasin varifrån det sedan används för dricksvattenproduktion. På så sätt höjer man kvaliteten hos råvattnet och kan undvika kostsamma reningssteg i vattenverken.

Via vattenverk görs råvatten från vattentäkten om till dricksvatten. Cirka tre fjärdedelar av det kommunala dricksvattnet som finns i Sverige kommer från ytvatten och resten från grundvatten. I detta är infiltrerat grundvatten från ytvatten inräknat som ytvatten (SCB, 2017). Det finns få men stora ytvattenverk och många mindre grundvattenverk (Svenskt vatten, 2016).

I denna rapport presenteras resultat över olika åtgärders påverkan på lågvattenflöden. Studien har gjorts för områden av olika storlek. Figur 1 visar hur stort avrinningsområde som Sveriges ytvattentäkt har och är användbar som referens. Figuren kommer från Havs- och Vattenmyndigheten (2018a).



Figur 1. Avrinningsområdesarealer för Sveriges ytvattentäkt. Källa HaV (2018a).

1.2 Information om åtgärder som utvärderats

I detta projekt har olika åtgärder som kan påverka den magasinierande förmågan i avrinningsområden utvärderats. Fokus har varit på att beskriva åtgärder som har effekter på ytvattentäkter.

De åtgärder som utvärderats är:

- Reglering av sjöar
- Anläggning av våtmark
- Återmeandring av vattendrag
- Åtgärder på markavvattning
- Förändrade vattenuttag
- Hårdgjorda ytor

Storleken på områden som använts delas upp i ”Mindre” eller ”Större” områden:

Mindre: Enskilda delavrinningsområden i testområdena (se avsnitt 2.3) med storlek $22 \text{ km}^2 - 74 \text{ km}^2$.

Större: Testområden (se avsnitt 2.3) med storlek varierande mellan $1900 \text{ km}^2 - 4700 \text{ km}^2$.

Åtgärderna valdes efter följande kriterier:

- Åtgärder som visats eller antagits ha effekt i tidigare undersökningar (litteraturundersökning)
- Åtgärder som var möjliga att utvärdera med modellberäkningar

1.3 Utvärdering av vattentillgången och inte användandet

Åtgärder för att undvika vattenbrist kan rikta in sig både på **tillgången** och på **användandet** av vatten. Alla åtgärder som beskrivs i denna rapport, förutom påverkan på vattenuttag, är kopplade till påverkan på tillgången till vatten.

Åtgärder som påverkar användandet av vatten, som till exempel informationskampanjer eller sänkt tryck i vattenledningarna, beskrivs inte i denna rapport. Däremot bör de nämnas även här då de kan ha stor effekt vid vattenbristsituationer (Livsmedelsverket, 2018).

Handbok för klimatanpassning av dricksvatten

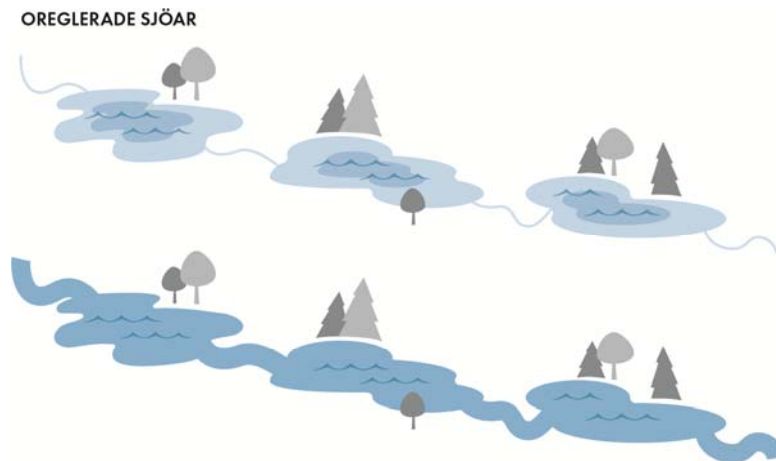
Livsmedelsverket har tagit fram en handbok som stöder kommuners arbete med klimatanpassning av dricksvatten. I den finns flera tips på åtgärder som påverkar användandet och säkerheten för dricksvatten (Livsmedelsverket, 2019).

Kan hittas på [Livsmedelsverket.se](https://www.livsmedelsverket.se)

En annan strategi för att undvika vattenbrist är att använda eller komplettera vatten från en annan vattentäkt. Detta planeras på flera håll i Sverige i större skala men utvärderas inte vidare i denna rapport.

1.4 Bakgrund – Reglering av sjöar

Sjöar har relativt stor magasinering förmåga och därför en naturligt utjämnande effekt på flöden. Den magasinering förmågan ökar med sjöns storlek och vattenståndsvariation. Flödestoppar dämpas och jämnas ut vilket medför att lågflöden blir högre i sjörika områden (Figur 2 och Figur 3). När en sjö regleras däms den upp och vattnet som rinner från sjön kan styras av människan. På så sätt kan den naturligt dämpande effekten som sjöar har förstärkas liksom möjligheten att lagra vatten, vilket utnyttjas på stor skala för utvinning av vattenkraft. Resultatet blir att ett jämnare flöde kan hållas.



Figur 2. Bilderna illustrerar ett oreglerat system där det saknas möjlighet att hålla en jämnare vattenföring i vattendraget. Den övre bilden visar ett lågflödestillfälle och den nedre ett högflödestillfälle.



Figur 3. Bilderna illustrerar ett reglerat system där det finns möjlighet att hålla en jämnare vattenföring i vattendraget. Den övre bilden visar ett lågflödestillfälle och den nedre ett högflödestillfälle.

I Sverige är redan idag en stor del av sjöarna reglerade. Den främsta orsaken till regleringarna är kraftproduktion, men det finns också sjöar som är reglerade för dricksvattenändamål, som till exempel Hultebräan i Kalmar län och Vombsjön i Skåne (se avsnitt 3.1.1). En reglering för dricksvattenproduktion strävar efter att hålla uppe lågflödena. En reglering för vattenkraftändamål strävar efter att tappa vatten när energi behövs.

I denna studie har reglering av sjöar enbart undersökts generellt. Du kan själv undersöka effekten av större regleringar SMHI:s Vattenwebb (SMHI, 2019a).

1.5 Bakgrund – Våtmarker och tidigare studier om dess påverkan på vattenflöden

En våtmark är ett område där marken delvis eller helt är täckt av vatten stora delar av året. Det finns olika typer av våtmarker. Mossar och kärr är de vanligaste indelningarna där den största skillnaden är att mossar enbart får vatten från nederbörd medan kärr får sitt vatten både från omgivande landskap och från nederbörd. Ett samlingsnamn för de båda är myr (Grip, 1985). Våtmarker är multifunktionella och har många viktiga egenskaper som till exempel ökad biologisk mångfald, men det är omdiskuterat hur de påverkar flödet då faktiska exempel på dess effekter är få.

Under 1800- och 1900-talet dikades en stor mängd våtmarker ut och sjöar sänktes för att ge mark åt, eller öka produktionen, för jordbruk eller skogsbruk. Detta påverkade bland annat områdets avrinning. Dessutom uppfördes cirka 30 000 markvattningsföretag i Sverige för att underhålla de sjösänkningar som gjordes (SMHI, 1995). I stor skala innebär en minskning av ett avrinningsområdes sjöandel eller våtmarker att sjöarnas utjämnande effekt på avrinningen/vattenflödet försämras. En konsekvens av minskad sjöandel är potentiellt lägre flöden under lågflödesperioder (SMHI, 1995).

1.5.1 Våtmarkers effekt på högflöden

I en studie på SMHI undersöktes våtmarkers effekt på högflöden med hydrologisk modell. Studien visade att för att våtmarker ska ge skydd mot översvämningar krävs mycket stora ytor. För ett skyfall med lokal påverkan kan de dämpa vattenmängder som orsakar översvämningar men för högre flöden har de en mycket liten effekt (SMHI, 1993). Detta motsägs dock av en kanadensisk studie där markanvändningen 1978 jämfördes med 2014 och då högflödestoppar reduceras på grund av våtmarker (Blanchette m. fl., 2019). Det är dock oklart hur stora ytor av våtmark som ingick i studien.

1.5.2 Våtmarkers effekt på lågflöden

Våtmarker kan ha effekt på lågflöden om de ökar ett områdes förmåga att lagra vatten. Detta är beroende av läget i landskapet och vilken mark som ligger i anslutning. Ofta ligger våtmarker i svackor eller i lågland där vatten strömmar ut från grundvattnet, så kallade utströmningsområden. Då är dess påverkan på lagringsförmågan i landskapet mindre än om de placeras vid inströmningsområden (SGU, 2017). För att en våtmark ska uppstå måste tillförseln av vatten överstiga dräneringen, även i inströmningsområden, och det finns exempel på att berggrundens vattenledningsförmåga (konduktivitet) har betydelse för bildandet av våtmarker (Rodhe, 1999).

Avdunstningen från en våtmark är relativt hög jämfört med andra marktyper enligt Bullock och Acreman (2003) och Ekologgruppen (2003) vilket kan resultera i lägre flöden nedströms om en våtmark anläggs (Bullock och Acreman, 2003; Ekologgruppen, 2003).

I en studie utförd av Ekologgruppen (2003) i Segeå har våtmarkers hydrologiska effekter undersökts. Slutsatserna var liknande de som presenteras ovan. Våtmarker kan ha en dämpande effekt på både hög- och lågflöden men för att effekten ska bli märkbar krävs mycket stora ytor. En siffra som nämns i boken är att 10 procent av avrinningsområdet bör användas. Studien kom fram till att våtmarker kan minska lågflödet på grund av att de orsakar en högre avdunstning men de kan också bidra till högre grundvattennivåer (Ekologgruppen, 2003).

I denna studie har våtmarkers effekt på lågflöden studerats efter bästa förmåga.

1.6 Bakgrund – Återmeandring av vattendrag

Under 1800-talet och 1900-talet rätades många vattendrag ut för att underlätta till exempel transport av timmer. Raka diken ersatte också meandrande vattendrag i jordbruksområden för att öka förutsättningarna för odling. Detta påverkade vattendragen och resulterade bland annat i högre strömhastighet, ökad transport av finpartiklar, humus, näringsämnen och kvicksilver. (Naturvårdsverket, 2007). Vattenmiljön blir mindre diversifierad i rätade vattendrag vilket påverkar miljön negativt (Saxån-Braåns vattenvårdskommitté, 2004).



Figur 4. Till vänster: En ledarm (Wikipedia, 2019). Till höger: Meandrande vattendrag i Vollsjoån. (Saxån-Braåns vattenvårdskommitté, 2004)

Det pågår återställningsarbeten idag som syftar till att sänka strömhastigheten och kan innebära demonterade ledarmar, utplacering av sten i vattendrag, öppnade blockerade sidogrenar i vattendrag och ändrade utloppströsklar (Naturvårdsverket, 2007).



Figur 5. Kanaliserad forssträcka i Gargån, ett biflöde till Vindelälven, före (ovan) och efter (nedre) restaurering. Strömhastigheten sjunker efter restaureringen och vattenvolymen ökar. Fotograf: Niclas Hjerdt.

I denna studie har återmeandring av vattendrag studerats på huvudvattendraget.

1.7 Bakgrund – Åtgärder på markavvattning

Markavvattning är ett samlingsord för åtgärder som syftar till att snabbare föra ut vatten från ett område.

1.7.1 Diken

Ett dike är en grävd öppen kanal i marken som syftar till att snabbare få ut vattnet ur marken. Historiskt sett har mycket stora ytor dikats ur med syfte att snabbare föra bort vatten och förbättra möjligheterna för jordbruk eller skogsbruk. Enligt Esseen (2004) fanns det 2003 1,6 gånger så mycket diken som naturliga vattendrag med en längd av 888 miljoner meter. I södra Sverige är diken vanligare än i norra Sverige.

Ett område som är dikat får generellt sänkt grundvattennivå vilket minskar markens förmåga att lagra vatten. Effekten är beroende av mark och jordmån. Till exempel håller lermarker vatten betydligt bättre än grövre jordar såsom sandjordar eftersom de kapillära krafterna är starkare, men porvolymen är betydligt större i grövre jordar.

Ett system av diken ökar hastigheten på vattenflödet. Att ha avbrott i dikessystem med fast mark eller våtmark kan minska hastigheten till nytta för näringsretention och miljövärden (Skogsstyrelsen, 2019).

1.7.2 Dräneringsrör

Ett dräneringsrör är ett rör i marken som har öppningar där vattnet kan rinna in. I röret rinner sedan vattnet snabbare ur området. Dräneringsrör förändrar vattenflödet genom marken genom att sänka grundvattennivån till nivån för dräneringsröret. Överskottsvattnet rinner av till vattendrag eller till havet.



Figur 6. Välfungerande dränering är ofta en förutsättning för ett fungerande jordbruk.

Markavvattning kan påverka områdets förmåga att lagra vatten. Därför har effekten av diken och dräneringsrör undersökts i denna studie.

1.8 Bakgrund – Förändrade vattenuttag som åtgärd för att öka lågflödet

Vattenuttag är bortledande av vatten från sjö, grundvatten eller vattendrag för till exempel industriändamål, dricksvattenproduktion eller jordbruk. Det är en form av vattenverksamhet och finns beskrivet i 11 kap. 3 § Miljöbalken (SFS 1998:808). Vattenuttag kan påverka tillgången till vatten. I denna studie utvärderas därför åtgärden att begränsa vattenuttagen.

1.9 Bakgrund – Hårdgjorda ytor som åtgärd för att öka lågflödet

En hårdgjord yta förhindrar att vattnet infiltrerar i marken. Vattnet rinner till närmsta öppning mot mark eller leds istället som dagvatten ut i ett vattendrag eller sjö.

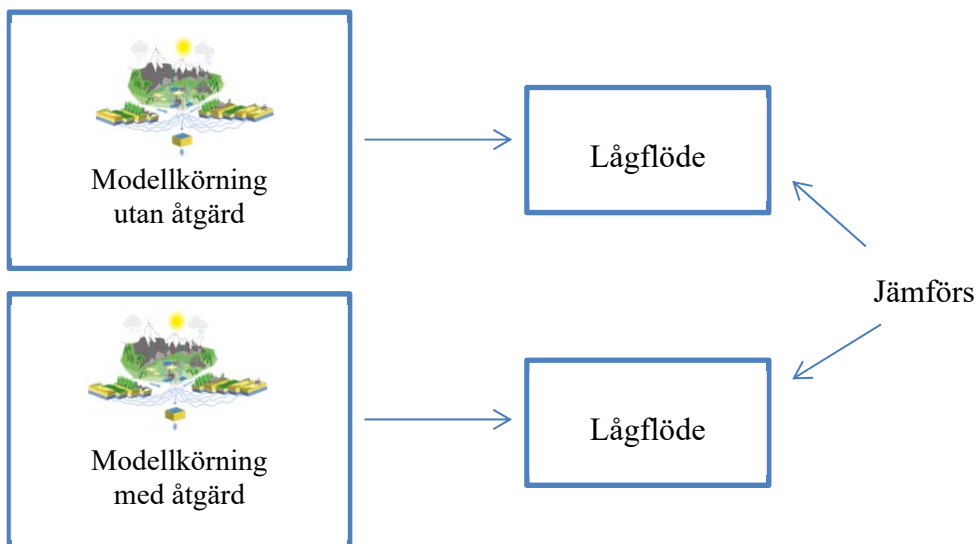
Det finns litteratur där det beskrivs att anläggning av hårdgjorda ytor minskar grundvattenbildningen (Kyllmar, 2018). Därför utvärderas hårdgjorda ytors effekt på lågflöden i denna studie.



Figur 7. Hårdgjord yta i en stad.

2 Metodbeskrivning

Den hydrologiska modellen HYPE användes för att utvärdera olika åtgärders effekt på lågflöden med syfte att undvika vattenbrist i ytvattentäkter. Modellen kördes först utan åtgärd och sedan med åtgärd. Vattenföringen för de två beräkningarna jämfördes sedan (Figur 8).



Figur 8. Schematisk skiss över modellberäkningen.

2.1 Tekniska begränsningar

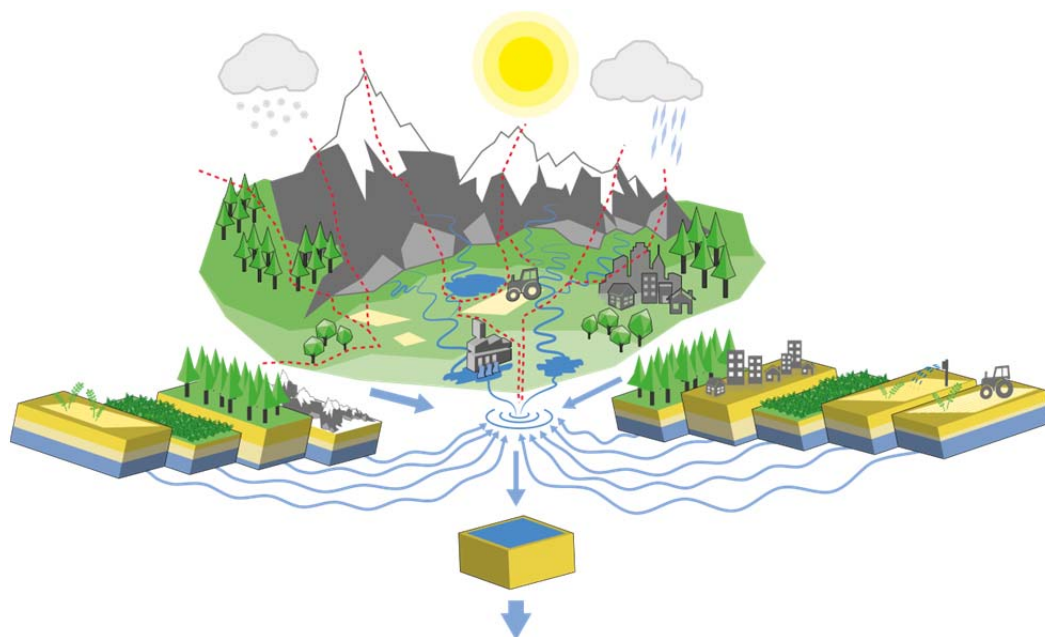
Utvärderingen är gjord med hjälp av en hydrologisk modell. En modell är en förenklad beskrivning av verkligheten vilket medför begränsningar.

- Modellen är uppbyggd för att beskriva naturliga hydrologiska förhållanden. Den fungerar bäst i områden med liten påverkan av människan och där det finns observationer av vattenflödet som modellresultatet kan jämföras mot. I små områden som är starkt påverkade av människan är det generellt svårare att beskriva hydrologiska förlopp med hög träffsäkerhet.
- Lågflöden överskattas generellt av modellen och därför utvärderas åtgärdernas påverkan i relativa termer.

Tekniska begränsningar som är specifika en viss åtgärds beskrivs för respektive åtgärd.

2.2 HYPE-modellen

Den hydrologiska modell som användes för utvärderingen kallas HYPE (HYdrological Predictions for the Environment) (Figur 9). HYPE är en modell som beskriver hydrologin, det vill säga vattnets väg från det att det faller som nederbörd till att det rinner ut i havet. Grundidén är att beskriva processer så enkelt som möjligt och förfina beskrivningen där den enkla beskrivningen inte uppnår tillfredsställande resultat (Lindström m.fl. 2010). I HYPE delas marken in i ett stort antal markklasser som bygger på kombinationer av jordart och markanvändning. Varje markklass fördelas på ett, två eller tre skikt på valbart djup i modellen.



Figur 9. Schematisk bild över olika processer i HYPE. Utifrån tidsserier av nederbörd och temperatur beräknar modellen andelen vatten som avdunstar, lagras i snö, mark eller i sjöar, eller rinner vidare genom landskapet.

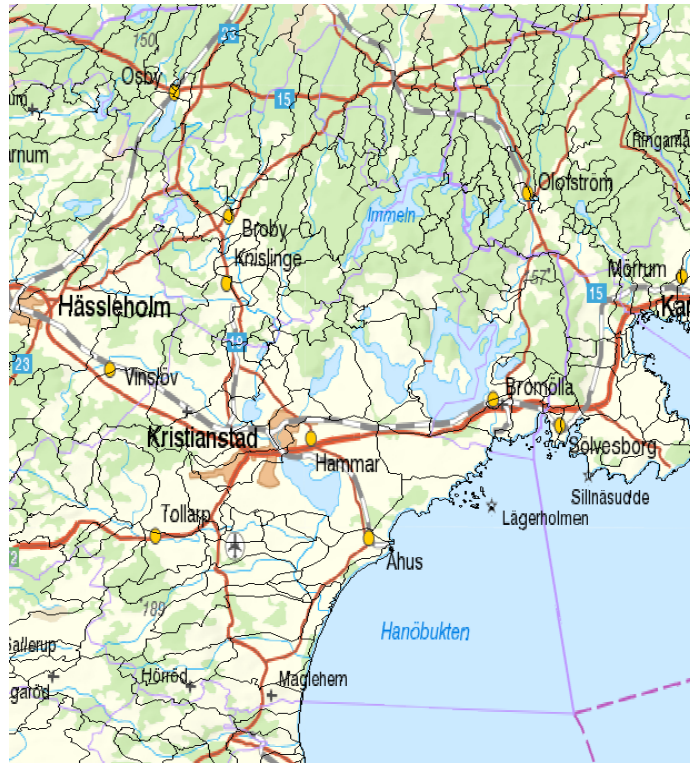
I detta projekt används en uppsättning av HYPE som betecknas Sverige-HYPE eller kortare, S-HYPE. Den version som använts för de flesta beräkningar i denna studie är S-HYPE_2012 som delar in Sverige i 36 693 områden (Figur 10) som i genomsnitt är 13 km² och medianen är cirka 6 km². Storleken på delavrinningsområdena varierar dock mellan mindre än 1 km² till över 1000 km² (Figur 11). Den modellversion som användes är specialkalibrerad för att ge bättre resultat vid låga flöden. Det är också samma version som använts vid framtagande av riskmeddelanden "Risk för Vattenbrist" som SMHI och SGU ger ut om risk föreligger.

Vid enstaka tillfällen har S-HYPE_2016 använts. Det framgår då att en annan version använts.

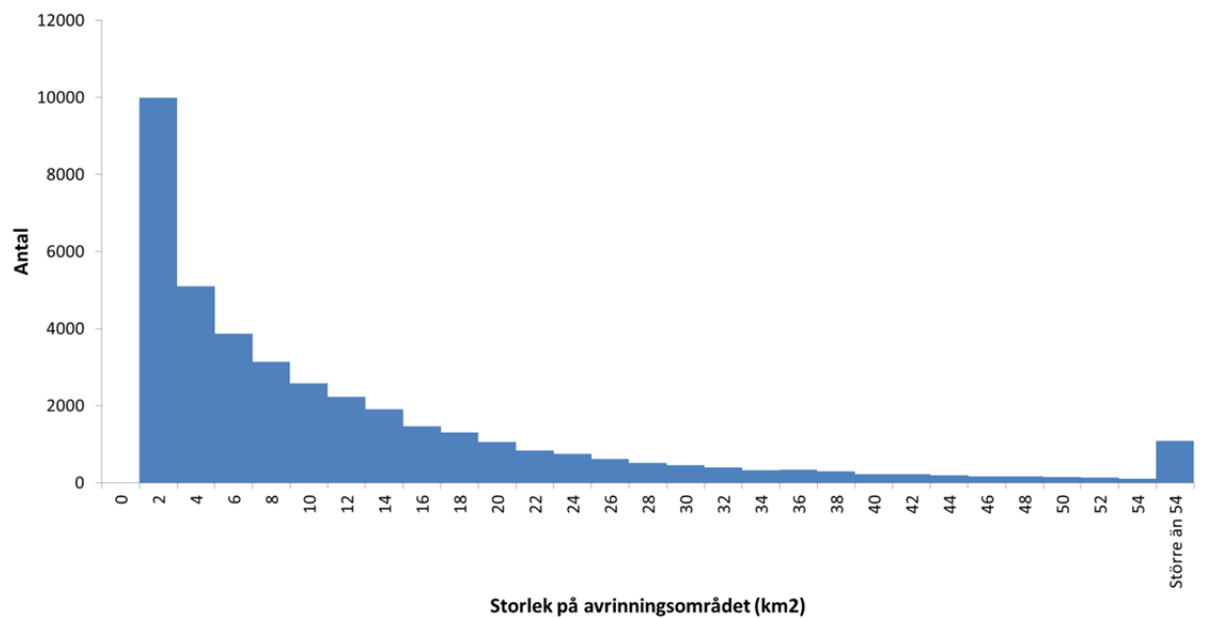
Risk för vattenbrist

SMHI och SGU ger gemensamt ut meddelande om risk för vattenbrist

[Risk för vattenbrist på smhi.se](http://smhi.se)



Figur 10. Exempel på upplösningen i S-HYPE 2012. Delavrinningsområdena avgränsas av de svarta linjerna i kartan.



Figur 11. Fördelning som visar hur storleken varierar för avrinningsområden i S-HYPE_2012 (SMHI, 2019a).

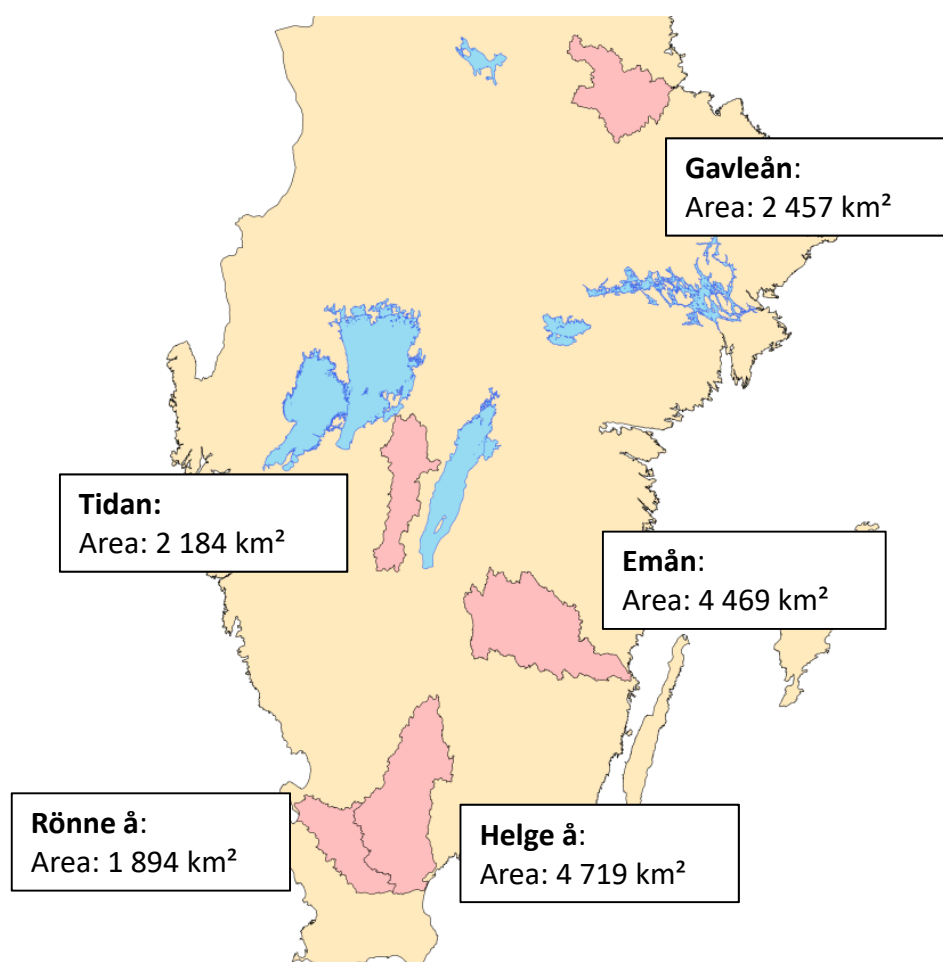
2.3 Testområden

Fem testområden valdes ut för att representera olika typer av områden och för att de var lämpliga för utvärderingen (Figur 12). För att visa på effekten av respektive åtgärd undersöktes påverkan på lågflödet vid utloppet av testområdet. I vissa fall användes mindre områden inuti testområdena. Studien har alltså inte gjorts på en specifik vattentäkt utan resultatet får översättas till en åtgärds möjlighet att påverka en vattentäkt i ett liknande område. I Bilaga 1 visas de vattenskyddsområden som finns att hitta i Naturvårdsverkets kartverktyg ”Skyddad natur” samt testområdena.

Testområdena valdes efter:

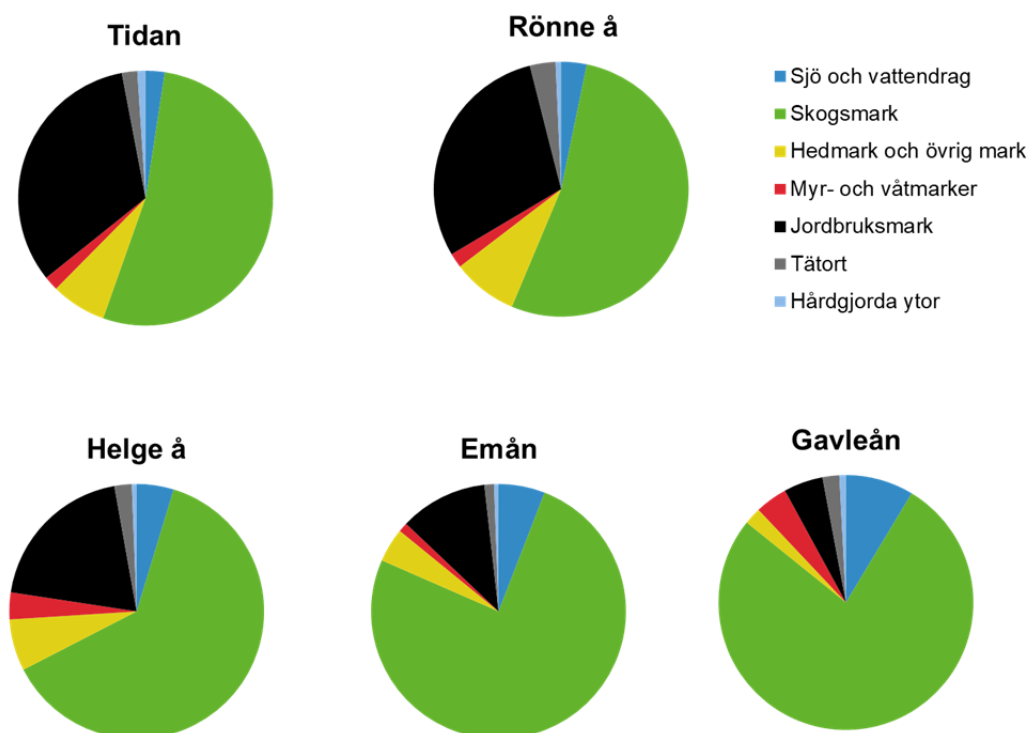
- om det rapporterats ha förekommit problem med vattentillgång i ytvattentäkter¹.
- om det fanns olika aktörer (industri, kommun, jordbruk, privatpersoner, m.fl.) med diverse intressen i vattenresurser inom avrinningsområdet, och det därmed fanns risk för vattenbrist.
- utifrån tillgänglighet av information av bland annat vattenuttag.

Markanvändning och jordart eller marktyp skiljer sig mellan testområdena, se Figur 13 och Figur 14.

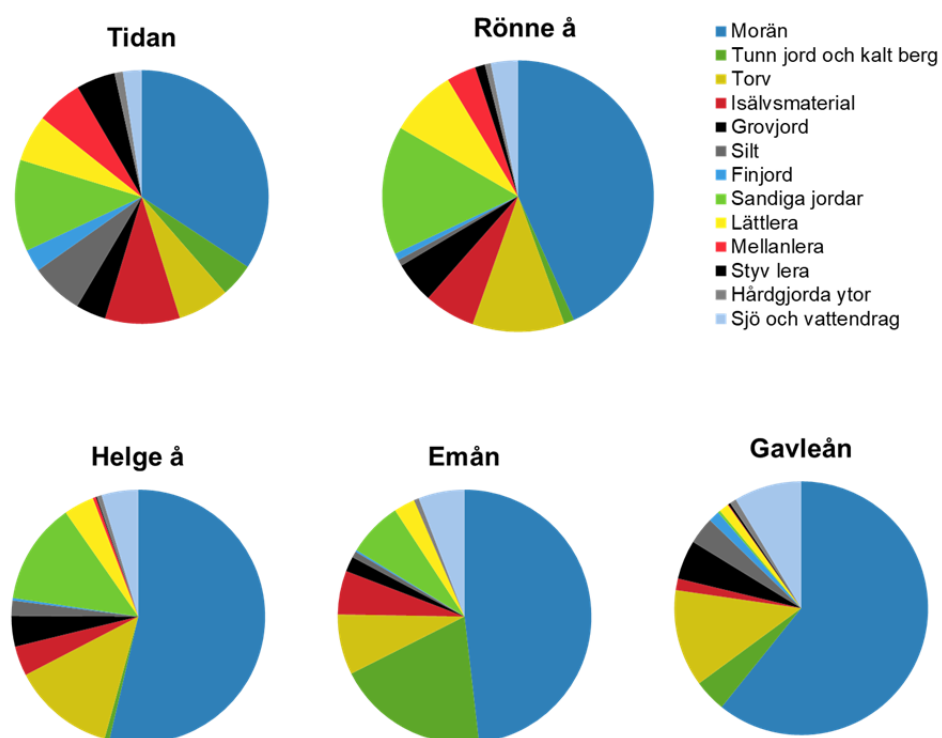


Figur 12. Testområden för utvärdering av åtgärder för att öka vattentillgång vid lågflöden.

¹ Befintliga regionala vattenförsörjningsplaner undersöktes för detta. En nulägesbeskrivning av de regionala vattenförsörjningsplanerna vid författandet av denna rapport finns bland annat i ”Regionala vattenförsörjningsplaner – Nulägesanalys av länsstyrelsernas arbete” (HaV, 2018b).



Figur 13. Andelen av olika markanvändning i testområdena (SMHI, 2019a).



Figur 14. Andelen av olika jordarter eller marktyp i testområdena (SMHI, 2019a).

2.4 Hur de olika åtgärderna utvärderats med HYPE-modellen

Det som studerades var flödet (m^3/s) vid varje avrinningsområdes utlopp. Mest vikt lades på medellågvattenföringen (MLQ) som beräknats som medelvärde av alla års lägsta flöden under referensperioden. Den referensperiod som användes var 1963–1992 (30 år) för att värdet skulle kunna jämföras med framtagna länsvisa klimatanalyser (SMHI, 2015).

Som mått användes påverkan på MLQ direkt och hur varaktigheten av MLQ påverkades. Varaktigheten utvärderades genom att jämföra hur många dagar per år som flödet understigit MLQ samt antal år som flödet understigit MLQ vid något tillfälle. Perioden för den jämförelsen var 1963–2017.

2.4.1 Reglering

I detta projekt har befintliga regleringars påverkan på vattenflödet jämförts med modellerad naturlig vattenföring, det vill säga utan regleringar.

För att få en mer detaljerad kunskap om hur stor effekten av regleringar bör mer detaljerade studier genomföras. Detta har inte gjorts i detta projekt. Däremot presenteras resultatet från ett antal tidigare studier i avsnitt 3.1.

2.4.2 Anläggning av våtmark

För att simulera våtmarker skapades många små reservoarer, alltså sjöar. Den mark som ersattes vid anläggandet av sjö var torvmark. Detta ansågs lämpligt med tanke på att många befintliga torvmarker är utdikade våtmarker. Det finns även ett intresse att återvåta torvmarker ur bland annat klimatsynpunkt (Jordbruksverket, 2018a). Torvmark finns i modellen både i skog och öppen mark och dessa utvärderades separat för att se om det eventuellt skulle vara någon skillnad mellan marktyperna. Öppen mark är främst jordbruksmark.

Djupet på de många små sjöar som anlades sattes till fem meter. Enligt statistik från inrapporterade anlagda våtmarker är medeldjupet 0,6 m (SMHI, 2019b). Djupet på en sjö är i sig inte det viktiga då det endast är skillnaden i vattennivå för sjön/våtmarken som påverkar flödet och antagandet om att sjöarna/våtmarkerna är djupare i modellen än i verkligheten påverkar inte resultatet nämnvärt.

Anledningen till att små sjöar användes istället för våtmarker är av modelltekniska skäl men det medför några begränsningar:

- I modellen antas våtmarken inte torka ut vilket de kan göra i verkligheten.
- I den modelluppsättning som användes var utloppet likvärdigt med utlopp för sjöar. Detta är en förenkling och sjöars utlopp är sannolikt smalare än utlopp för våtmarker som ofta ligger i en mer öppen terräng. I en studie utförd av SMHI (2019c) ändrades utloppets förmåga att transportera vatten för att just simulera våtmarker.

Ovan nämnda skillnader mellan modell och verklighet innebär att det finns en risk för att resultaten i denna rapport är något överskattade. Det vill säga att våtmarker uppskattas ha en mer positiv effekt på lågflöden än de har i verkligheten.

2.4.3 Återmeandring av vattendrag

För att simulera återmeandring av vattendrag gjordes huvudfårans längd dubbelt så lång. Detta är i linje med tidigare utredningar (Saxån-Braåns vattenvårdskommitté, 2004). Mindre vattendrag och diken påverkades inte med denna metod.

2.4.4 Åtgärder på markavvattning

Diken

Effekten av diken har i denna studie utretts genom att både öka och minska djupet av vattendragen. I modellen går det inte att skilja på vattendrag och diken. Förändringen var både en ökning och en minskning med 10 centimeter och 20 centimeter. Det vill säga, befintliga vattendrag och diken gjordes alla 10 eller 20 centimeter djupare och grundare.

Dräneringsrör

I modellen beskrivs ett dräneringsrör genom att grundvatten dräneras via röret om det ligger under grundvattennivån. Grundvattennivån sänks därför av till dräneringsrörets djup med en hastighet som beror på hur djupt röret är under grundvattenytan (SMHI, 2019d). Om nederbörden under en period är låg kan grundvattennivån sjunka under dräneringsröret.

Borttagning av dräneringsrör utreddes som åtgärd för att behålla vattnet i landskapet. Dräneringsrör togs i studien helt bort i hela avrinningsområdet. Dräneringsrör finns enbart i jordbruksmark.

2.4.5 Vattenuttag

I modellen finns mänsklig påverkan såsom punktutsläpp från reningsverk beskrivna för att kunna beskriva vattenkvaliten. I S-HYPE kan även vatten tas från sjöar eller vattendrag för att beskriva vattenuttag. På grund av att det saknas uppgifter om vattenuttag finns idag endast enstaka vattenuttag med i modellen. Däremot erhöles uppgifter om vattenuttag för Emåns avrinningsområde. Dessa lades till i modellen. Olika scenarier testades:

- Hur påverkas flödet om alla tillståndsgivna uttag används?
- Hur påverkades flödet av de uttag som rapporterats in under åren 2015–2017?

Att enbart beräkningar gjordes för Emån beror på att vi inte haft tillgång till data för andra områden.

2.4.6 Hårdgjorda ytor

Hårdgjorda ytor omnämns ibland ha effekt på grundvattenbildningen och på lågflöden. Därför utvärderades dess effekt med modell. Det som undersöktes var hur en förändring av markanvändningen i mindre områden nära en stad påverkade vattenflödet. Arean med hårdgjorda ytor ökades med 5 procent och minskades jämnt från alla andra markklasser i området (både skog och öppet land).

Denna åtgärd undersöktes enbart som lokal åtgärd, det vill säga bara för ett delavrinningsområde, men inte för hela testområdet.

3 Resultat

3.1 Reglering av sjöar uppströms vattentäkt

Regleringar kan ha mycket stor effekt för att öka lågflöden och bibehålla vattennivåer i sjöar under torrperioder. På så sätt kan vattenbrist i ytvattentäkter motverkas.

I Tabell 1 jämförs modellberäknad medellågvattenföring, MLQ, med och utan regleringar. Jämförelsen görs vid utloppet av respektive avrinningsområde i mynningen vid havet eller i Tidans fall, i mynningen vid Vätern. Resultatet bör ses som en fingervisning om regleringens påverkan idag för testområdena.

Det är tydligt att regleringar har en stor effekt. I Gavleån är MLQ mer än dubbelt så hög på grund av regleringar. Effekten av regleringar i sjöar är mycket beroende av specifika förutsättningar, som sjöarnas storlek och de tillstånd som är kopplad till regleringarna. Vissa sjöar är reglerade för att producera vattenkraft medan andra regleras för att hålla lågflöden uppe.

Tabell 1. Medellågvattenföring, MLQ i utloppet av testområden med reglering som finns beskrivna i modellen jämfört med om det var oreglerat. Perioden för utvärderingen är 1981–2010. Den modellversion som använts vid denna uträkning är S-HYPE2016_version_2_0_2.

Testområde	MLQ (m ³ /s) Med regleringar	MLQ (m ³ /s) Utan regleringar	Skillnad (%)	Syfte med reglering
Gavleån	5,3	2,4	120 %	Mestadels kraftproduktion
Emån	8,9	7,5	18 %	Kraftproduktion, industri, dricksvatten (Emåförbundet, 2019a och Personlig kommentar Emåförbundet)
Helge å	12,9	12,9	0 %	Mestadels kraftproduktion (Energimyndigheten, 2018)
Rönne å	6,2	3,6	71 %	Vattenkraft och dricksvattenproduktion (Vattenmyndigheterna, 2015)
Tidan	5,0	3,9	30 %	Mestadels kraftproduktion

I denna jämförelse har enbart dygnsvärden jämförts. Korttidsreglering fås inte med, vilket ibland kan ha effekt på lågflöden under kort tid.

3.1.1 Diskussion och litteratur – Effekt av regleringar för att öka lågflöden

I denna studie har vi enbart jämfört effekten av regleringar genom att jämföra oreglerade förhållanden med reglerade med hjälp av en modell. Någon djupare analys har inte gjorts för respektive testområde. Vi har inte bedömt hur regleringar kan anpassas för till exempel både dricksvattenändamål och vattenkraftsändamål. Vi har inte heller gått djupare in på hur reglering av sjöar kan påverka djur och växtliv. En reglering kan innebära ett hinder för vattenlevande djur och växter. Vandringshinder kan stänga ute exempelvis fiskar från viktiga lekområden. Detta är en viktig aspekt att tänka på när man utformar exempelvis en damm eller omprövar en vattendom (Länsstyrelsen i Stockholms län, 2005).

Om förutsättningar finns ger reglering av sjöar goda förutsättningar för att bibehålla eller öka lågflöden, men detta gäller främst om det finns större sjöar uppströms vattentäkten. Mindre vattendrag kan påverkas om en mindre damm finns direkt uppströms men då blir effekten lokal. Många sjöar i södra Sverige är redan reglerade. En förutsättning är att de tillstånd som finns kring regleringen, är skrivna så att detta kan göras eller så behöver domarna omprövas. SMHI ser att detta är en aspekt som borde tas hänsyn till i områden som riskerar vattenbrist, nu när vattendomar omprövas i stor skala inom den nationella planen för hållbar vattenkraft.

I södra Sverige väntas vattentillgången öka under vinterhalvåret och minska under sommarhalvåret. Då blir förutsättningarna större att lagra vatten i sjöar under vintern och använda det för att öka flödena under sommarhalvåret.

Det finns flera exempel på regleringar som syftar till att öka lågflödet eller där man undersökt möjligheter för att öka lågflöden:

- Regleringarna i Emån har utvärderats i tidigare undersökningar. Resultaten visade att det går att öka lägsta vattenföringen kraftigt (SMHI, 2000). De metoder som användes var ändrade regleringsstrategier, samordning av regleringar, inrättande av magasin i oreglerade sjöar och utökad magasinering i reglerade sjöar (de två senare kräver dock ny vattendom).
- Lyckebyån i Blekinge har nyligen studerats ur ett vattenbalansperspektiv (DHI, 2017). Studien identifierade ett antal reglerade sjöar med potential att öka lågflödet med det dubbla i ån under tre månader. En slutsats av studien var dock att mindre dammar (med liten dämningvolym) har begränsade möjligheter att påverka vattentillgången vid längre perioder med lite nederbörd.
- Regleringen av Vombsjön är utformad för att säkra tillgången till vatten i Vombsjön. Regleringen innebär att vattennivån tillåts variera mer men garanterar också ett högre lågflöde i Kävlingeån (Sydvatten, 2019; Ekologgruppen, 2017).
- Hagbyån i Kalmar län regleras för att trygga dricksvattenförsörjningen i Kalmar (Kalmar Vatten, 2019).

3.2 Anläggning av våtmarker

Om våtmarker anläggs så att områdets vattenhållande förmåga ökar, kan deras magasiniserande effekt ge ökade lågflöden. Det krävs dock mycket stora ytor och vattenståndsvariationer för att effekten ska vara märkbar, detta på grund av att våtmarker inte kan lagra särskilt stora volymer vatten.

I Tabell 2 presenteras hur medellågvattenföringen påverkas vid anläggning av våtmarker. Det är tydligt att det krävs mycket stora ytor för att våtmarker ska ge effekt på lågflödet. Ingen större skillnad kan ses om våtmarken anläggs på jordbruksmark jämfört med i skogsmark.

I Gavleån blir effekten på utloppet försumbart på grund av att testområdet är så kraftigt reglerat. Regleringen har större påverkan och tar bort effekten av våtmarkerna. Vi har valt att ändå presentera resultaten på detta sätt eftersom det inte är rimligt att modellera området som oreglerat.

Tabell 2. Förändring av medellågvattenföring, MLQ utifrån anläggning av våtmark på torvmark i skog respektive på jordbruksmark. Modellerad period 1963-2017. MLQ är beräknad på perioden 1963-1992.

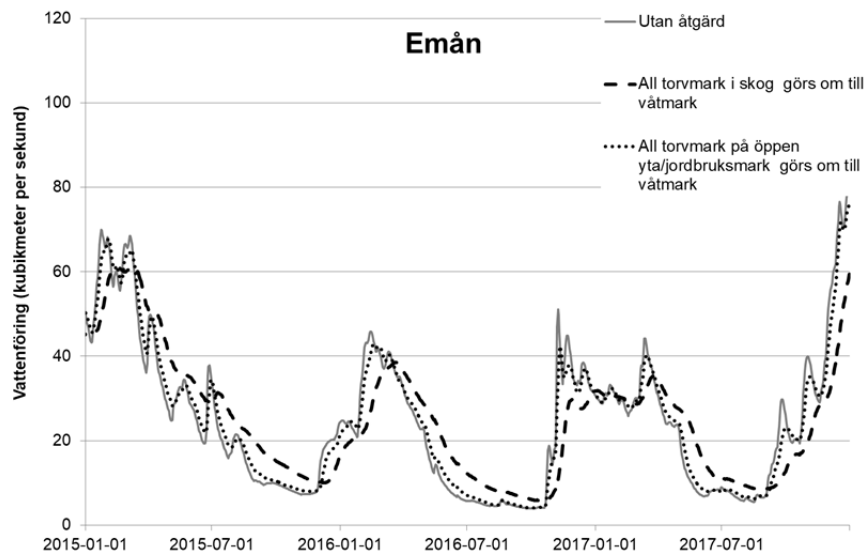
	Helge å	Emån	Tidan	Rönne å	Gavleån
Avrinningsområdets yta (km²)	4 720	4 469	2 184	1 894	2 457
MLQ (1963-1992) (m³/s)	10,6	7,3	3,7	4,9	5,1
Ökning MLQ (m ³ /s) per ökad våtmark (km ²) på torvmark i skog.	0,027 m ³ /s	0,013 m ³ /s	0,011 m ³ /s	0,044 m ³ /s	0 m ³ /s
Ökning MLQ (m ³ /s) per ökad våtmark (km ²) på torvmark på jordbruksmark.	0,030 m ³ /s	0,014 m ³ /s	0,020 m ³ /s	0,055 m ³ /s	0 m ³ /s

I Figur 15 och Figur 16 illustreras hur vattenföring vid utloppet av Emån respektive Tidan förändras om all torvmark i skog respektive jordbruksmark inom området gjordes om till våtmark. Rent modelltekniskt beskrivs våtmarker som små sjöar så resultatet överskattar sannolikt våtmarkers effekt. Mängden torvmark är större i skog (Tabell 3). Effekten i skogsområden är därför större på grund av att större yta har gjorts om till våtmark.

Tabell 3. Andel och total yta över torvmark i respektive Testområde (SMHI, 2019a).

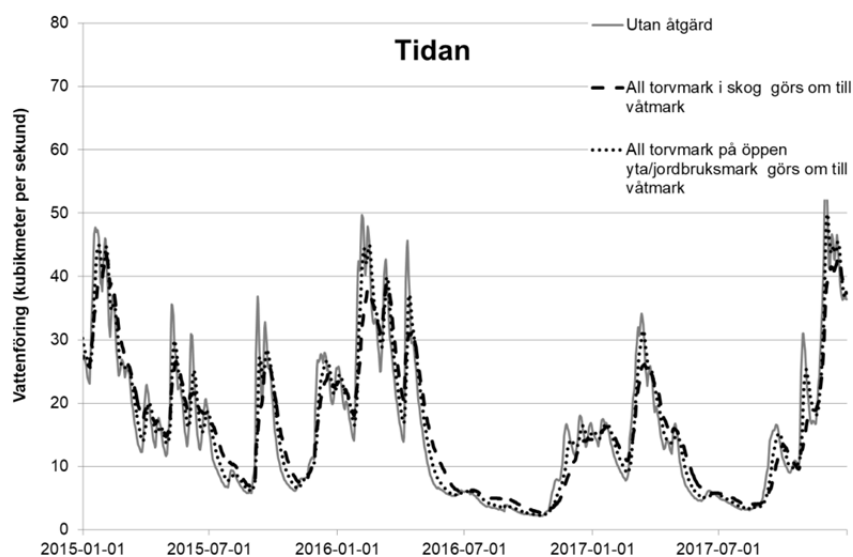
	Helge å	Emån	Tidan	Rönne å	Gavleån
Andel torv i skogsmark (%)	9,24	6,45	4,81	8,11	9,82
Torv i skogsmark (km²)	436	288	105	154	241
Andel torv på öppen mark/jordbruksmark (%)	1,78	1,16	1,01	1,72	0,47
Torv i jordbruksmark (km²)	84	52	22	33	12

Figurerna visar tydligt att det sker en flödesutjämning vid både hög- och lågflöden men det bör återigen poängteras att figurerna visar ett scenario där all torvmark görs om till våtmark, en mycket stor yta (Tabell 3).



Figur 15. Vattenföring vid utloppet av testområdet Emån med tre scenarier; utan åtgärd samt att all torvmark i skogsmark respektive jordbruksmark görs om till våtmark.

I Emåns huvudavrinningsområde uppskattas cirka 20 600 hektar eller 206 km² våtmark ha dikats ut sedan 1885. Detta har inneburit en förlust på cirka 44 procent av våtmarksytan (Länsstyrelsen Kalmar Län, 2016). För att sätta detta i relation till resultaten har vi i räkneexemplet ovan återskapat 288 km² våtmark i skogsmark och 52 km² på åkermark.



Figur 16. Vattenföring vid utloppet av testområdet Tidan med tre scenarier; utan åtgärd samt att all torvmark i skogsmark respektive jordbruksmark görs om till våtmark.

Jämfört med Emån har mindre ytor våtmark återskapats och effekten på vattenflödet blir inte lika tydlig (Figur 16). För Tidan motsvarar de ytor våtmark som anlagts i modellen med 3,7 respektive 0,7 Hornborgasjöar för skog respektive över jordbruksmark. Hornborgasjön har en yta på 28 km² (SMHI, 2019a).

I Tabell 4 visas statistik över hur många dagar per år som flödet är lågt respektive hur många år som flödet är lågt för tre scenarier; utan åtgärd, all torvmark i skog görs om till våtmark och all torvmark på öppen mark görs om till våtmark.

Notera att betydligt mycket mer torvmark existerar i skogsområde och därför har större yta gjorts om till våtmark där (Tabell 3). Det är tydligt att om mycket stora områden våtmark anläggs i skogsmark så minskar antalet dagar som flödet är lågt samt år med lågflöden.

För jordbruksmark är resultatet inte lika tydligt. Enligt resultaten är antal dagar per år med lågflöde fler med våtmarker. Antal år med lågflöden är däremot färre. Resultaten skulle behövas analyseras mer, men resultatet kan bero på att jordbruksmark har en annan typ av marktjocklek, dränering samt att avdunstningen ökar då våtmarker anläggs.

Tabell 4. Påverkan på antal dagar ett genomsnittligt år då flödet understiger MLQ och antal år som flödet någon gång understiger MLQ utifrån åtgärden att all torvmark i respektive testområde görs om till våtmark. Modellerad period 1963–2017. MLQ är beräknad på perioden 1963–1992. Observera att det är en mycket stor åtgärd att blötlägga all torvmark i området.

	Helge å	Emån	Tidan	Rönne å	Gavleån
Antal dagar (genomsnitt) per år som flödet understiger MLQ					
Utan åtgärd	46	57	46	23	25
Våtmark på all torvmark i skog	0	43	49	0	22
Våtmark på all torvmark på jordbruksmark	48	62	52	24	29
Antal år som flödet någon gång understiger MLQ					
Utan åtgärd	32	34	23	30	8
Våtmark på all torvmark i skog	0	5	9	0	13
Våtmark på all torvmark på jordbruksmark	15	23	17	4	7

3.2.1 Effekt i mindre områden

Våtmarkers effekt på vattenflödet i mindre områden (delavrinningsområdesskala, se avsnitt 1.2) undersöktes. Resultatet visade att det spelar stor roll vilken yta som ersätts av våtmark. För att se effekten på delavrinningsområdesskala behöver dock ytterligare studier göras.

3.2.2 Diskussion – Effekt av anläggning av våtmarker

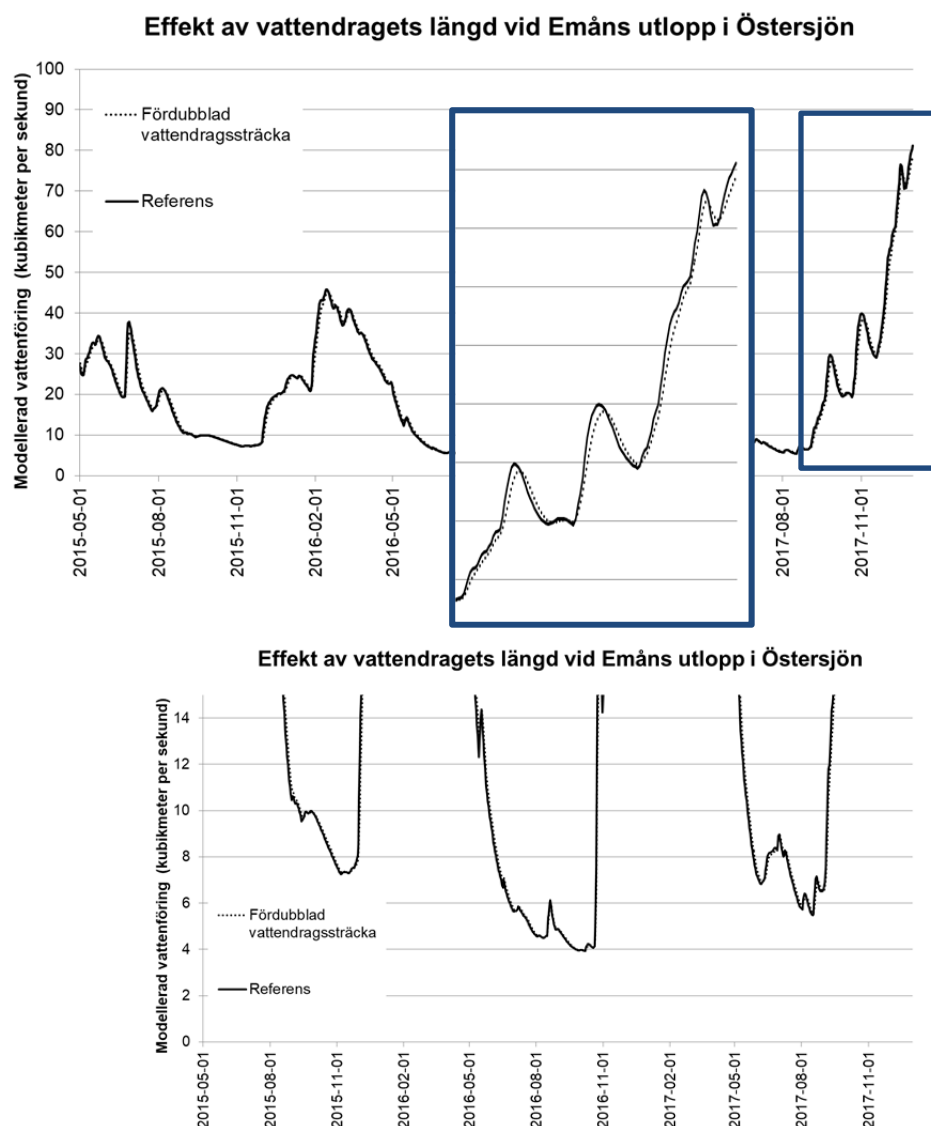
Våtmarker framställs ofta som en lösning på vattenbrist, men det är viktigt att veta hur och på vilket sätt de har effekt på just lågflöden. Enligt resultaten från studien krävs att mycket stora ytor med våtmarker anläggs för att det ska ge effekt på lågflöden. Man måste även komma ihåg att våtmarker med öppen vattenyta, precis som sjöar, exponeras för avdunstning under långa torrperioder vilket kan ge ökade vattenförluster från systemet.

Sannolikt överskattar modellen effekten av våtmarker något (se avsnitt 2.4.2).

3.3 Vattendragsrestaurering, exempelvis återmeandering av uträtade vattendrag

Det finns många positiva effekter av att återställa vattendrag, men det har dock marginell påverkan på vattenflödet.

Med den hydrologiska modellen S-HYPE gjordes huvudfåran i varje testområde dubbelt så lång. Modellutvärderingen visade enbart på en marginell effekt med denna åtgärd. Detta gällde både på stor skala (hela avrinningsområdet) och mindre skala (ett delavrinningsområde). Det beror sannolikt på att den magasineringsvolym som förändring av vattendrag ger, är alldeles för liten för att påverka lågflöden. En viss fördröjning av vattenföringen kan anas i vattenföringen vilket blir naturligt med en större vattendragslängd (Figur 17). Återmeandering av vattendrag kan ge andra positiva effekter såsom längre uppehållstid i vattendraget och minskad erosion, men har alltså mycket liten effekt på lågflöden. Det kan även resultera i en större vattenvolym i vattendraget under lågflöden, vilket gynnar växter och djur, men då rör det sig om en hydraulisk effekt och inte en hydrologisk effekt.



Figur 17. Exempel på modellerad vattenföring med och utan påverkan på vattendragets längd. Exemplet är taget för Emåns avrinningsområde. Enligt modellen syns en viss fördröjning i vattenflödet då vattendragets längd ökar (övre bild) medan det inte påverkar lågflöden (nedre bild).

Tabell 5. Statistik över hur fördubblad vattenfåra påverkar medellågvattenföring, MLQ, antal dagar ett genomsnittligt år då flödet understiger MLQ och antal år som flödet någon gång understiger MLQ. Modellerad period 1963–2017. MLQ är beräknad på perioden 1963–1992.

Helge å	Utan påverkan	Fördubblad vattenfåra (huvudvattendraget)
Huvudfårans längd för respektive avrinningsområde (km)	1 071	2 141
MLQ (m ³ /s) (1963–1992)	10,63	10,77
Påverkan på MLQ (%)	–	1 %
Antal dagar med flöde lägre än MLQ under perioden 1963–2017.	46	46

Emån	Utan påverkan	Fördubblad vattenfåra (huvudvattendraget)
Huvudfårans längd för respektive avrinningsområde (km)	1 095	2 190
MLQ (m ³ /s) (1963–1992)	7,30	7,38
Påverkan på MLQ (%)	–	1 %
Antal dagar med flöde lägre än MLQ under perioden 1963–2017.	57	57

Tidan	Utan påverkan	Fördubblad vattenfåra (huvudvattendraget)
Huvudfårans längd för respektive avrinningsområde (km)	5 69	1 138
MLQ (m ³ /s) (1963–1992)	3,71	3,77
Påverkan på MLQ (%)	–	2 %
Antal dagar med flöde lägre än MLQ under perioden 1963–2017.	46	45

Rönne å	Utan påverkan	Fördubblad vattenfåra (huvudvattendraget)
Huvudfårans längd för respektive avrinningsområde (km)	521	1 042
MLQ (m ³ /s) (1963–1992)	4,94	5,00
Påverkan på MLQ (%)	–	1 %
Antal dagar med flöde lägre än MLQ under perioden 1963–2017.	46	45

Gavleån	Utan påverkan	Fördubblad vattenfåra (huvudvattendraget)
Huvudfårans längd för respektive avrinningsområde (km)	8 99	1 798
MLQ (m ³ /s) (1963–1992)	5,08	5,09
Påverkan på MLQ (%)	–	0 %
Antal dagar med flöde lägre än MLQ under perioden 1963–2017.	46	45

3.4 Förändring av markavvattning – diken och dräneringsrör

Det är svårt att påvisa vilken effekt förändrad markavvattning har på vattenföringen i stor skala. Sannolikt ger en förändrad markavvattning effekt på markvattenhalt och grundvattennivå i direkt anslutning till det område där åtgärden genomförs. Vi har dock inte kunnat visa på någon större effekt på lågvattenflödet för större områden.

3.4.1 Diken

Med den hydrologiska modellen S-HYPE utvärderades dikens effekt genom att dess djup ökades eller minskades. I modellen räknas diken och vattendrag på samma sätt. En viss tendens kan ses att om vattendragens/dikens djup ökar så ökar MLQ marginellt. En förklaring skulle kunna vara att det ger området en något ökad magasineringseffekt, det vill säga förmåga att hålla vatten, på liknande sätt som för återmeandering av vattendrag. Å andra sidan borde grundare diken öka markens förmåga att hålla vatten då grundvattennivån lokalt höjs, men detta motsägs av resultaten.

Resultaten gäller inte för mindre diken som modellen inte tar hänsyn till. Sannolikt borde effekten av påverkan på mindre diken likna effekten av påverkan på dräneringsrör (se Tabell 7).

Tabell 6. Statistik över hur vattendrag/dikens djup påverkar medellågvattenföring, MLQ vid utloppet av respektive testområde.

MLQ (m ³ /s) (1963–1992)	Utan åtgärd	Alla diken görs 10 cm grundare	Alla diken görs 20 cm grundare	Alla diken görs 10 cm djupare	Alla diken görs 20 cm djupare
Helge å	10,6	10,5	10,4	10,8	10,9
Emån	7,3	7,2	7,2	7,4	7,4
Tidan	3,7	3,6	3,5	3,8	3,9
Rönne å	4,9	4,9	4,8	5,0	5,1
Gavleån	5,1	5,1	5,1	5,1	5,1

3.4.2 Dräneringsrör

I studien undersöktes effekten på medellågvattenföring med hydrologisk modell om dräneringsrören togs bort. Effekten som fås om dräneringsrör tas bort är marginell, se Tabell 7.

Tabell 7. Statistik över hur borttagning av dräneringsrör påverkar medellågvattenföring, MLQ, antal dagar ett genomsnittligt år då flödet understiger MLQ och antal år som flödet någon gång understiger MLQ. Modellerad period 1963–2017. MLQ är beräknad på perioden 1963–1992.

Helge å	Med dräneringsrör	Utan dräneringsrör
MLQ (m ³ /s) (1963–1992)	10,63	10,73
Antal dagar med flöde lägre än MLQ	46	46
Antal år som flödet någon gång understiger MLQ för perioden 1963–2017	32	32
Emån	Med dräneringsrör	Utan dräneringsrör
MLQ (m ³ /s) (1963–1992)	7,30	7,40
Antal dagar med flöde lägre än MLQ	57	56
Antal år som flödet någon gång understiger MLQ för perioden 1963–2017	34	33
Tidan	Med dräneringsrör	Utan dräneringsrör
MLQ (m ³ /s) (1963–1992)	3,71	3,75
Antal dagar med flöde lägre än MLQ	46	45
Antal år som flödet någon gång understiger MLQ för perioden 1963–2017	23	23
Rönne å	Med dräneringsrör	Utan dräneringsrör
MLQ (m ³ /s) (1963–1992)	4,94	4,99
Antal dagar med flöde lägre än MLQ	23	22
Antal år som flödet någon gång understiger MLQ för perioden 1963–2017	30	29
Gavleån	Med dräneringsrör	Utan dräneringsrör
MLQ (m ³ /s) (1963–1992)	5,08	5,08
Antal dagar med flöde lägre än MLQ	25	25
Antal år som flödet någon gång understiger MLQ för perioden 1963–2017	8	8

3.5 Förändrade vattenuttag – Pilotstudie Emån

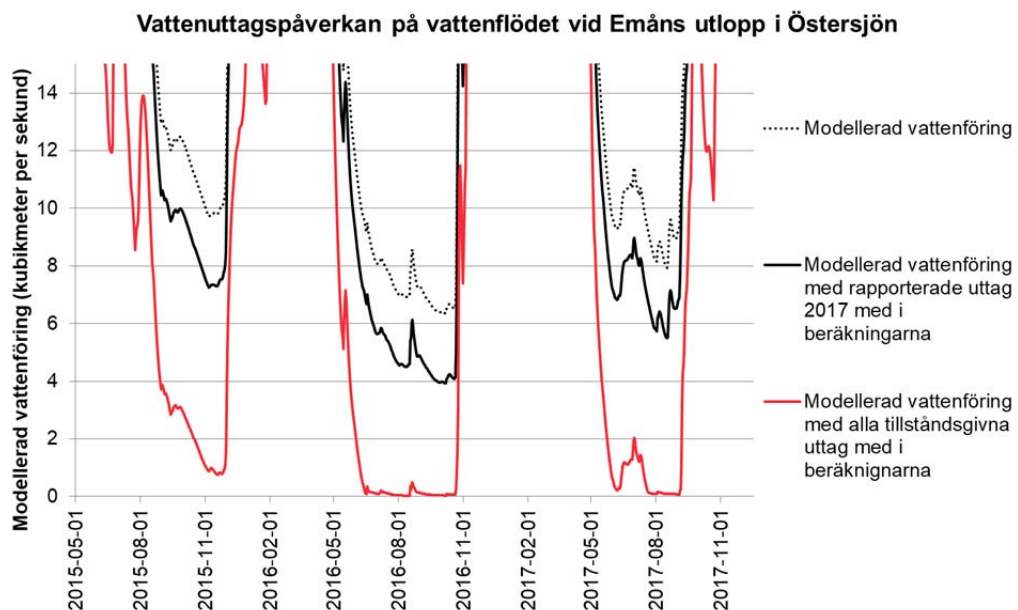
Vattenuttag kan ha stor påverkan på lågvattenföringen. Detta gäller både tillståndsgivna uttag och mindre vattenuttag som inte är kopplade till tillstånd. Denna studie har även visat att det finns tillstånd för att ta ut vatten i Emån som vida överstiger tillgången vid lågvattenföring.

Med en hydrologisk modell utvärderades hur lågvattenföringen i Emån påverkas av vattenuttag. Information om vattenuttag från bevattning och industri kopplade till tillstånd erhöles från Emåförbundet. Underlaget täcker dock inte in alla vattenuttag i Emån. Ett tillstånd, eller vattendom som det ofta kallas, är en juridisk handling som utgör beslut och tillstånd för en vattenverksamhet. Dessa reglerar exempelvis vattenuttag. Följande frågor utvärderades:

1. Hur påverkas lågvattenföringen om alla tillstånd för vattenuttag används?
2. Hur påverkades vattenflödet av de vattenuttag som rapporterats in under 2017?
3. Hur stora var vattenuttagen totalt, med både tillståndsgivna uttag och icke tillståndsgivna uttag?

Resultaten visar följande (se Figur 18)

- Om alla tillstånd som finns i Emån används, så tar vattnet bokstavligen slut sommartid (röd linje). Detta ligger långt från verkligheten då det finns vattendomar som inte längre används. Dessutom skulle så låga flöden rent praktisk innebära problem för exempelvis pumpar.
- En annan slutsats man kan dra från resultaten visar att de mängder som rapporteras in (grå linje för 2017) har påverkan på vattenföringen vid lågflöden.



Figur 18. Modellerad vattenföring om alla tillståndsgivna uttag används (röd linje), vattenföring med uttag (svart linje) samt om de uttag som rapporterats till Emåförbundet 2017 inte nyttjats (prickad linje).

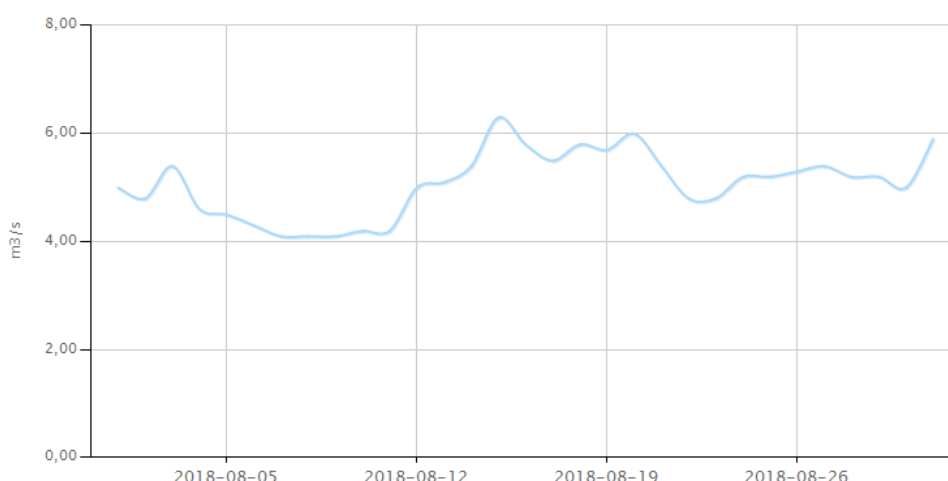
I beräkningarna användes enbart vattenuttag som uppskattas avdunsta helt såsom uttag för bevattning eller industriändamål där vi fått klarhet i att vattnet avdunstar och inte förs tillbaka till vattendraget. Vattenuttag som leds tillbaka till vattendraget användes inte. Vattenuttag som helt/delvis leds tillbaka till vattendraget påverkar endast vattentillgången lokalt mellan uttag och återförsel. Om sådana uttag skulle inkluderas är påverkan lokalt större än den som visas i dessa beräkningar.

3.5.1 Hur påverkar de många mindre uttag som görs men som inte rapporteras?

De uttag som rapporteras till Emåförbundet är reglerade via tillstånd. Det sker många mindre uttag som inte är kopplade till tillstånd (vattendom) och som tillsammans får påverkan på vattenföringen vid lågflöden. Nedan förs ett resonemang för att få en uppfattning om hur stor påverkan de många mindre uttagen har på vattenföringen vid lågflöden.

1. **Resonemang utifrån mätdata.** Under sommaren 2018 tappades cirka 6 m³/s från magasinen i Emån medan enbart 4,2 m³/s mättes nedströms i Emsfors. Skillnaden på 1,8 m³/s kan troligtvis inte enbart förklaras med mätosäkerhet, avdunstning eller tillståndsgivna vattenuttag. Därför är det sannolikt att fler vattenuttag sker. Hur stora dessa är, är svårt att svara på med de siffror som finns.
2. **Resonemang baserat på ökning av flöde vid regntillfälle.**
I vattenflödesdiagrammet (Figur 19) för Emsfors går det att se en ökning av vattenflödet på cirka 2 m³/s under helgen 11–12 augusti 2018. Ökningen kan inte helt förklaras av de regn som föll. Sannolikt ledde regnet till att vattenuttagen för bevattning temporärt minskade vilket fick en direkt påverkan på vattenflödet.

Emsfors Flöde / Augusti 2018



Figur 19. Vattenflöde vid Emsfors utifrån data från Emåförbundet (Emåförbundet, 2019b).

3.5.2 Diskussion – Hur kan vattenuttag påverkas i praktiken?

Vi kan konstatera att begränsningar i vattenuttag skulle kunna vara ett sätt att minska vattenbrist. Det är dock svårt att genomföra dessa begränsningar i praktiken bland annat beroende på att kunskapen om vattenuttagen är bristfällig.

Bevattningsdammar kan användas för att öka ytvattenmagasinet och jämna ut vattentillgången (Jordbruksverket, 2018b). Vatten samlas upp vid tillfällena med överskott på vatten och sparas sedan i dammarna. Då kan uttag för bevattning göras från dessa och vatten behöver inte därmed tas från närliggande vattendrag specifikt under lågflödesperioden. Denna typ av dammar finns i till exempel Kävlingeåns

avrinningsområde (Ekologgruppen, 2016). Denna typ av åtgärd har inte utvärderats i denna studie men kan ha effekt på lågflöden om det anläggs i stor skala.

Havs- och Vattenmyndigheten, HaV undersökte 2017 om det går att motverka allvarlig vattenbrist genom att införa begränsningsregler för vattenuttag vid lågflöden. Deras slutsatser visar att det saknas verktyg och förutsättningar för sådana åtgärder. Det finns inte tillräcklig information om när eller hur mycket vatten som tagits ut. Dessutom är inte alla uttag kopplade till ett tillstånd vilket gör dem än svårare att få överblick över (HaV, 2018c).

Enligt HaV är inte lösningen att införa begränsningsregler utan att snarare arbeta med andra åtgärder. Däremot finns ett stort behov av ökad kunskap om vattenuttag, särskilt i bristområden. Det uttrycks bland annat av följande myndigheter:

- För att förebygga vattenbrist på grund av för höga uttag behövs kunskap om uttagen och sedan planering och utvärdering av möjliga uttagsmängder av vatten. Om möjligt kan kapaciteten för viss typ av vattenuttag säkras genom att sammankoppla ledningsnät över större regioner. Vattendomar, övervakning av vattentillgångar, samt analys av alternativa vattenbesparingsmetoder är andra viktiga delar då vattenbrist ska motverkas (Länsstyrelsen Blekinge län, 2019).
- För att få en säkrare vattenförsörjning i framtiden föreslår till exempel länsstyrelsen i Östergötland (2013) att man i områden med problem med vattentillgång gör en planering av vattenresurserna. Genom att samla in data, erfarenheter och undersökningar fås en förståelse för vattentillgången i avrinningsområdet. Alternativa vattenresurser bör också utredas som en del i denna planering. Efter det kan en plan för fördelning av vattnet tas fram baserat på vattenbehov och vattentillgång (Länsstyrelsen i Östergötland, 2013).
- Andra åtgärder som föreslagits för att motverka vattenbristsituationer är bland andra att registrera och sammanställa vattenuttag, anpassa vattendomar, planera vattenförsörjningen och anpassa denna för framtida förutsättningar och att förstärka grundvattenbildning, där detta lämpar sig (Livsmedelsverket, 2017).

Kunskapen om vattenuttag är bristfällig men SMHI arbetar tillsammans med flera andra myndigheter med denna fråga i ett annat projekt.

3.6 Hårdgjorda ytor

Hårdgjorda ytor i städer ökar risken för lokala översvämningar vid skyfall men effekter på lågflöden är mycket lokala.

Hårdgjorda ytors påverkan på lågflödet undersöktes. Denna åtgärd utvärderades i den minsta skala som var möjlig med modellen, det vill säga delavrinningsområde. Se Tabell 8 för storlek.

3.6.1 Modellresultat

I Tabell 8 nedan finns en sammanställning av modellresultaten när hårdgjorda ytor ökades med fem procentenheter. Där kan man se att de ökade hårdgjorda ytorna har minskat antalet dagar med flöden under medellågvattenflödet (MLQ) i alla de studerade fallen utom ett, där antalet dagar var samma.

Tabell 8. Statistik över hur en ökning av hårdgjorda ytor påverkar medellågvattenföring, MLQ, antal dagar ett genomsnittligt år då flödet understiger MLQ och antal år som flödet någon gång understiger MLQ. Modellerad period 1963–2017. MLQ är beräknad på perioden 1963–1992.

Helge å (SUBID: 410 vid Hässleholm)		
Area: 74,05 km ²	Utan påverkan	5 procentenheter mer hårdgjort
Hårdgjord yta (%)	4,85	9,85
MLQ (1963–1992) (m ³ /s)	0,05	0,06
Antal dagar med flöde under MLQ	25	17
Antal år med flöde under MLQ (1963–2017)	34	26

Emån (SUBID: 2419 norr om Vetlanda)		
Area: 22,014 km ²	Utan påverkan	5 procentenheter mer hårdgjort
Hårdgjord yta (%)	4,75	9,75
MLQ (1963–1992) (m ³ /s)	0,03	0,03
Antal dagar med flöde under MLQ	34	27
Antal år med flöde under MLQ (1963–2017)	32	29

Tidan (SUBID: 4417 vid Tidan)		
Area: 52,668	Utan påverkan	5 procentenheter mer hårdgjort
Hårdgjord yta (%)	0	5
MLQ (1963–1992) (m ³ /s)	0,02	0,02
Antal dagar med flöde under MLQ	42	17
Antal år med flöde under MLQ (under perioden 1963–2017)	23	18

Rönne å (SUBID: 535 vid Munka-Ljungby)		
Area: 36,55	Utan påverkan	5 procentenheter mer hårdgjort
Hårdgjord yta (%)	0	5
MLQ (1963–1992) (m ³ /s)	0,04	0,04
Antal dagar med flöde under MLQ	30	30
Antal år med flöde under MLQ (under perioden 1963–2017)	29	16

Gavleån (SUBID: 11175 vid Årsunda)		
Area: 22,836	Utan påverkan	5 procentenheter mer hårdgjort
Hårdgjord yta (%)	0	5
MLQ (1963–1992) (m ³ /s)	0,03	0,03
Antal dagar med flöde under MLQ	45	31
Antal år med flöde under MLQ (under perioden 1963–2017)	23	19

3.6.2 Diskussion – Hårdgjorda ytor

En större andel hårdgjorda ytor gav en viss ökning av lågflödet i varierande grad. Detta kan verka motsägelsefullt då en hårdgjord yta minskar infiltrationen av vatten, men den hårdgjorda ytan ersätter annan yta som exempelvis skog, vall eller åkermark. Denna mark har en naturlig avdunstning som inte den hårdgjorda ytan har. En hårdgjord yta minskar alltså avdunstningen men påverkar inte infiltrationen sett över ett större område. Vid ett regn på hårdgjorda ytor kan vattenmassor ansamlas men samlas sedan upp och rinner ned i närliggande mark eller vattendrag. Dagvattensystem som leder vattnet till reningsverk undantas.

På en liten skala hindrar hårdgjorda ytor infiltration och är därför viktiga att ta hänsyn till då de kan skapa lokala översvämningar vid skyfall. För lågflöden verkar de däremot ha svagt positiv effekt på lokal skala. Det har inte varit rimligt att utvärdera denna åtgärd på en större skala.

4 Diskussion

Denna studie har gjort en ansats att utvärdera olika åtgärders potential för att öka lågflöden i ytvatten med syfte att ge underlag för vidare arbete. Fokus har legat på de åtgärder som har effekt på stor skala, men för vissa åtgärder har påverkan på mindre skala utvärderats.

Att modellera lokala åtgärder med en hydrologisk modell har sina begränsningar. Modellen beskriver vattenflöden i stor skala bra, men osäkerheten i mindre skala är ibland stor. Därför är effekten av många men mindre åtgärder svår att kvantifiera. Detta gäller till exempel åtgärder som inte orsakar stor magasinförändring såsom meandering av vattendrag, igensättning av diken eller påverkan på dränering av mark. Enligt modellen ger dessa åtgärder marginell effekt. Å ena sidan verkar det rimligt då det inte skapar mer magasinering av vatten, men samtidigt finns det eventuellt små bieffekter som kan ha påverkan på lågflödet som inte fångas upp med denna typ av storskalig modellering.

Som nämnt tidigare är effekten av våtmarker svår att bedöma. Modellen visar, med viss risk för överskattning, att om en mycket stor yta görs om till våtmark finns en potential att öka lågflöden på en större skala.

4.1 Framtida arbete

Det som påverkar lågflöden mest är vädret. I ett framtida klimat kommer varmare väder att leda till en ökad avdunstning vilket till stor del kan påverka lågflöden. Vi har inte jämfört storleken på åtgärders effekter med effekten av framtida klimat, men även det är värt att undersökas vidare då det kan underlätta för beslutsfattande om åtgärder att veta åtgärdens koppling till varmare klimat.

Utvärderingen baseras på hur medellågvattenföringen påverkas samt ibland hur längden på perioder med lågflöden påverkas. För vissa ändamål kan det vara intressant att gå vidare från att ha undersökt hur medellågvattenföring påverkas till att se hur de lägsta vattenföringarna påverkas. Ett annat sätt att mäta en åtgärds effekt är att beräkna hur många dagar som MLQ upprätthålls på grund av åtgärdens effekt.

Syftet med denna studie är att lägga grunden för uppbyggnaden av ett interaktivt verktyg där kommuner eller verksamhetsutövare själva ska kunna bedöma vattentillgången vid specifika platser och tidpunkter utifrån uppgifter om olika vattenuttag och regleringar inom avrinningsområdet.

Det pågående arbetet med att motverka vattenbrist i ytvattentäkter fokuserar på att utveckla en metodik för hållbar vattenresursförvaltning. Denna rapport har visat att förmågan att sammanställa och analysera effekterna av den totala vattenanvändningen i avrinningsområdet i relation till vattentillgången är en viktig förutsättning för att motverka vattenbrist. Användare av verktyget med lokal kännedom, till exempel verksamhetsutövare eller handläggare, behöver kunna justera information om vattenuttag och regleringar så att bilden stämmer överens med verkligheten. Den pågående klimatförändringen gör dessutom att analyserna måste kunna göras utifrån både ett historiskt och ett framtida klimat. Alla dessa komponenter ska göra det möjligt att använda verktyget för att utvärdera åtgärder som kan motverka vattenbristsituationer.

Det är tydligt att det behövs gemensamt arbete över alla sektorer med vattenresursplanering i ett avrinningsområde. Det verktyg som nu utvecklas bidrar till att vattenresursplaneringen underlättas och att vattenresurserna kan förvaltas på ett långsiktigt hållbart sätt.

5 Slutsats från modellstudie

Åtgärder för att minska vattenbrist i ytvattentäkter kan göras i förebyggande syfte och till viss del även under en bristsituation.

Den effektivaste åtgärden för att utnyttja ett områdes vatten är att använda sjöar som reglermagasin för att säkra vattentillgången i vattentäkten, men det förutsätter att det finns sjöar att reglera. I södra Sverige finns oftast en god tillgång på vatten vintertid medan bristsituationer förekommer under sommaren och början av hösten. Med regleringar kan en del av vattnet från perioder med hög tillgång på vatten samlas i sjöar och tappas av under perioder med låg vattentillgång. Vattenregleringar är vanliga idag, främst för vattenkraftändamål, men förekommer även för dricksvattenförsörjning.

Att utföra åtgärder på diken och andra vattendrag kan ha en lokal effekt, men ger inte tillräckligt stor effekt för att påverka vattenflödena i större skala. Att anlägga våtmarker har också främst en lokal effekt, eftersom det krävs så stora arealer våtmark för att ge effekt på vattentillgången i ytvattentäkter.

I områden med stora vattenuttag påverkas lågflödet om dessa ändras. Eftersom kunskap ofta saknas om vattenuttagens storlek är det svårt att veta hur stor denna effekt blir. Det är också svårt att ta fram föreskrifter som gör att begränsningarna kan genomföras i praktiken. Åtgärder som att införa bevattningsdammar kan ha stor potential förutsatt att de fylls på under tid av högflöden och töms under lågflöden. Effekten blir då att vattenuttag från det naturliga vattendraget minskar vid lågflöden.

I Tabell 9 illustreras olika åtgärders effekt på mindre och större skala. Med mindre skala menas ett enskilt delavrinningsområde, ofta kring tolv kvadratkilometer. Den större skalan avser ett huvudavrinningsområde som i denna undersökning är mellan cirka 2000–4000 kvadratkilometer (se avsnitt 2.3). I tabellen nedan visas också om åtgärden har en verkan på akuta lågflödessituationer.

Tabell 9. Åtgärder för att minska vattenbrist i ytvattentäkter och vilken effekt de kan ha.
 Blå – Stor effekt
 Grön – Märkbar effekt
 Gul – Liten effekt
 Vit – Ingen effekt / Åtgärd inte aktuell

Åtgärd	Förebyggande effekt på lågflöden i ytvattentäkter		Åtgärdens effekt i en akut lågflödessituation
	Mindre skala (delavrinningsområde)	Större skala (huvudavrinningsområde)	
Reglering av sjöar uppströms vattentäkt	Stor effekt men effekten är beroende av att det finns sjöar att reglera.	Stor effekt men effekten är beroende av att det finns sjöar att reglera.	Stor effekt men effekten är beroende av att det finns sjöar att reglera.
Förändrade vattenuttag	Märkbar effekt men förutsätter att det finns möjlighet att begränsa uttagen.	Märkbar effekt men förutsätter att det finns möjlighet att begränsa uttagen.	Märkbar effekt men förutsätter att det finns möjlighet att begränsa uttagen.
Anläggande av våtmark/småsjöar	Effekten varierar beroende på var och hur våtmarken anläggs. Effekten kan vara både positiv och negativ.	Stora ytor krävs för effekt.	Inte aktuellt
Ökad andel hårdgjorda ytor	Marginell lokal effekt	Ingen effekt	Inte aktuellt
Återmeandring av vattendrag	Viss lokal effekt	Marginell effekt på lågflöden i ytvattentäkter	Inte aktuellt
Borttagning av dräneringsrör	Viss lokal effekt	Marginell effekt på lågflöden i ytvattentäkter	Inte aktuellt
Återställning av diken	Viss lokal effekt	Marginell effekt på lågflöden i ytvattentäkter	Inte aktuellt

6 Referenser

- Blanchette, M., Rousseau, A. N., Savary, É. F. S., Poulin, M. (2019) "What would have been the impacts of wetlands on low flow support and high flow attenuation under steady state land cover conditions?," Journal of Environmental Management, Volume 234, Pages
- Bullock, Andrew & Acreman, Mike. (2003). "The Role of Wetlands in the Hydrological Cycle." Hydrology and Earth System Sciences. 7. 10.5194/hess-7-358-2003.
- DHI. (2017) Rapport – Vattenbalansberäkningar i Blekinge län Lyckebyån. (Framtagen för Länsstyrelsen i Blekinge).
- Ekologgruppen. (2003) "Segeå-projektet Våtmarker och hydrologiska effekter" Uppdragsrapport utförd åt Segeåns Vattendragsförbund, Segeå projektet. Landskrona.
- Ekologgruppen. (2016) "Höga och låga vattenflöden i vattendrag i Kävlingeåns avrinningsområde" Rapport för Kävlingeåns Vattenråd.
http://kavlinge.se/rapporter/Floedesrapport_ver_september20160928.pdf
- Ekologgruppen. (2017) "Vombsjön Faktasammanställning 2017", Uppdragsrapport för Kävlingeåns Vattenråd, Landskrona 2017
http://kavlinge.se/rapporter/Vombsjoen_Faktasammastallning_2017_03_30.pdf
- Emåförbundet. (2019a) "Vattenhushållning" Sidan besöktes 2019-04-23
<http://www.eman.se/sv/vattenhushallning/>
- Emåförbundet. (2019b) "Historiska vattenflöden". Sidan besöktes 2019-05-01
<http://www.eman.se/sv/vattenhushallning/vattenfloden-och-nivaer/historik/>
- Energimyndigheten. (2018) "Helge Å" Värdebeskrivning Sidan besökt: 2019-08-12
(<http://www.energimyndigheten.se/globalassets/fornybart/riksintressen/2018/vardebeskrivning-helgea.pdf>)
- Esseen, P-A., Glimskär, A., Ståhl, G. (2004) "Linjära landskapselement i Sverige: skattningar från 2003 års NILS-data.". SLU, Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för skoglig resurshushållning, Arbetsrapport 127 2004, ISSN 1401-1204, ISRN SLU-SRG--AR--127—SE https://pub.epsilon.slu.se/8648/1/Essen_PA_et_al_120322.pdf
- Grip, H., Rodhe, A., (1985). "Vattnets väg från regn till bäck." Uppsala universitet. ISBN 978-91-639-0456-1
- HaV. Havs- och Vattenmyndigheten. (2018a) "Identifiering av vattenskyddsområden med låg risk för påverkan av växtskyddsmedel". CKB rapport 2018:1, ISBN HaV rapport: 978-91-88727-04-6, ISBN CKB rapport: 978-91-576-9558-1
- HaV. Havs- och Vattenmyndigheten. (2018b) "Regionala vattenförsörjningsplaner - Nulägesanalys av länsstyrelsernas arbete" Rapportnummer 2018:17
<https://www.havochvatten.se/hav/uppdrag--kontakt/publikationer/publikationer/2018-05-15-regionala-vattenforsorjningsplaner---nulagesanalys-av-lansstyrelsernas-arbete.html>
- Havs- och Vattenmyndigheten (2018c) "Fördelning av vatten i torkans spår - möjligheter att använda föreskrifter för att motverka allvarlig vattenbrist" Rapportnummer 2018:03.
<https://www.havochvatten.se/hav/uppdrag--kontakt/publikationer/publikationer/2018-02-02-fordelning-av-vatten-i-torkans-spar---mojligheter-att-anvanda-foreskrifter-for-att-motverka-allvarlig-vattenbrist.html>
- Jordbruksverket. (2018a) "Återvätning av organogen jordbruksmark som klimatåtgärd". Rapport 2018:30.
https://www2.jordbruksverket.se/download/18.398404781668c84d6edeac8c/1540291633301/ra18_30.pdf

Jordbruksverket. (2018b) "Jordbrukets behov av vattenförsörjning" Rapport 2018:18
https://www.jordbruksverket.se/download/18.5bd82a281633701bda755f7a/1525768183053/ra18_18.pdf

Kalmar vatten. (2019) "Hultebraän" Sidan besökt 2019-04-23
<https://www.kalmarvatten.se/vart-vatten/dricksvatten/hultebraan>

Kyllmar, K., Wesström, I. (2018). "Vattenfördröjande åtgärder i landskapet – Förstudie och förslag på pilotområden i Kalmar län". Ekohydrologi, 152 • ISSN 0347-9307.
<https://www.regionkalmar.se/Documents/Samarbetsportalen/Regional%20utveckling/Milj%C3%B6%20och%20h%C3%A5llbarhet/Vatten%20sj%C3%B6ar%20och%20hav/Vattenf%C3%B6rdr%C3%B6jande%20%C3%A5tg%C3%A4rder%20i%20landskapet%20Kalmar%20l%C3%A4n.pdf>

Lindström, G., Pers, C., Rosberg, J., Strömquist, J. & Arheimer, B. 2010, "Development and testing of the HYPE (Hydrological Predictions for the Environment) water quality model for different spatial scales." Hydrology Research, 41(3-4): 295-319

Livsmedelsverket. (2017) "Slutrapport - Hur möter Sverige nästa torka?" Dricksvatten - Krisberedskap – Rapport <https://www.livsmedelsverket.se/bestall-ladda-ner-material/sok-publikationer/artiklar/2017/2017-torka-uppdraget-2017-hur-moter-sverige-nasta-torka>

Livsmedelsverket. (2018) "Vid vattenbristsituationer – några råd från VAKA – version 20180810" VAKA-gruppens råd - Livsmedelsverkets Guide

Livsmedelsverket. (2019) "Handbok för klimatanpassad dricksvattenförsörjning"
<https://www.livsmedelsverket.se/globalassets/publikationsdatabas/handbocker-verktyg/handbok-for-klimatanpassad-dricksvattenforsorjning-2019.pdf>

Länsstyrelsen i Blekinge län (2019) Vad behövs för en trygg dricksvattenförsörjning? – Regional vattenförsörjningsplan för Blekinge län. Rapport 2019:4.
<https://www.lansstyrelsen.se/blekinge/tjanster/publikationer/2019/20194-vad-behovs-for-en-trygg-dricksvattenforsorjning---regional-vattenforsorjningsplan-for-blekinge-lan.html>

Länsstyrelsen i Kalmar län. (2016) "Värdering av ekosystemtjänster och samhällsnyttor i och i anknytning till Emån" Uppdragsrapport utförd av WSP. Uppdragsnummer 10242111

Länsstyrelsen i Stockholms län. 2005, "Vandringshinder för djur i vattendrag", Rapport 2005:22, ISBN: 91-7281-194-3, <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:851991/FULLTEXT01.pdf>

Länsstyrelsen i Östergötlands län. 2013, "Regional vattenförsörjningsplan Östergötlands län", Rapport nr 2013:19, ISBN 978-91-7488-337-4

Naturvårdsverket. (2007). "Återställning av älvar som använts för flottning – En vägledning för restaurering." Rapport 5649.

Naturvårdsverket (2019) "Kartverktyget Skyddad natur". Sidan besökt 2019-08-07
<https://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Kartor/Kartverktyget-Skyddad-natur/>

Regeringen (2018) "Regleringsbrev för budgetåret 2018 avseende Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut", Miljö-och Energidepartementet
<https://www.esv.se/statsliggaren/regleringsbrev/?RBID=19395>

Rodhe, A., Seibert, J. (1999) "Wetland occurrence in relation to topography: a test of topographic indices as moisture indicators" Agricultural and Forest Meteorology, Volumes 98–99, Pages 325-340, ISSN 0168-1923, [https://doi.org/10.1016/S0168-1923\(99\)00104-5](https://doi.org/10.1016/S0168-1923(99)00104-5) .

Saxån-Braåns vattenvårdskommitté. (2004) "Åmansboken – Vård, skötsel och restaurering av åar i jordbruksbygd", ISBN 91-631-4875-7, Landskrona

SCB. (2017) "Vattenanvändningen i Sverige 2015" URN:NBN:SE:SCB-2017-MIFTBR1701_pdf

SFS 1998:808. Miljöbalken. https://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/miljobalk-1998808_sfs-1998-808#K11

SGU (2017) "Våtmarker och grundvattenbildning – om möjligheten till ökad kapacitet vid grundvattentäkter på Gotland". SGU Rapport 2017:01. <http://resource.sgu.se/produkter/sgurapp/s1701-rapport.pdf>

Skogsstyrelsen. (2019) "Dikesrensning" Broschyr ur serien Skog till nytta för alla. <https://www.skogsstyrelsen.se/globalassets/bruka-skog/dikning/dikesrensning.pdf> Sidan besökt 2019-08-15

SMHI. (1993). "Modelling the effects of wetland drainage on high flows". SMHI REPORTS HYDROLOGY No. 8. ISSN-0283-1104. Norrköping

SMHI. (1995) "Sänkta och Torrlagda sjöar" Hydrologi nr 62. ISSN: 0283-7722

SMHI. (2000) "Förslag till Vattenhushållningsplan för Emån, hydrologiska förutsättningar" Rapport Nr 2000 Nr.61. Uppdragsrapport åt Emåförbundet.

SMHI. (2015) "Länsvisa klimatanalyser" <http://www.smhi.se/klimat/framtidens-klimat/lansanalyser/>

SMHI. (2019a) "Vattenwebb" <https://www.smhi.se/klimatdata/hydrologi/vattenwebb>

SMHI. (2019b) "Anlagda Våtmarker" <https://vattenwebb.smhi.se/wetlands/>

SMHI. (2019c) "Hydrologiska aspekter på åtgärder mot vattenbrist och torka inom avrinningsområden." SMHI Rapport Hydrologi Nr. 122. ISSN: 0283-7722

SMHI. (2019d) "The HYPE wiki pages -Land Routines" Sidan besöktes 2018-10-01 http://www.smhi.net/hype/wiki/doku.php?id=start:hype_model_description:hype_land

Svensk Vatten. (2016) "Produktion av dricksvatten" Sidan uppdaterades 2016-05-19 Sidan besöktes 2019-04-29 <http://www.svensktvatten.se/fakta-om-vatten/dricksvattenfakta/produktion-av-dricksvatten/>

Sydvatten. (2019) "Vattennivåerna i Vombsjön och Bolmen" Sidan besökt 2019-04-23 <https://sydvatten.se/vattennivaerna-i-vombsjon-och-bolmen/>

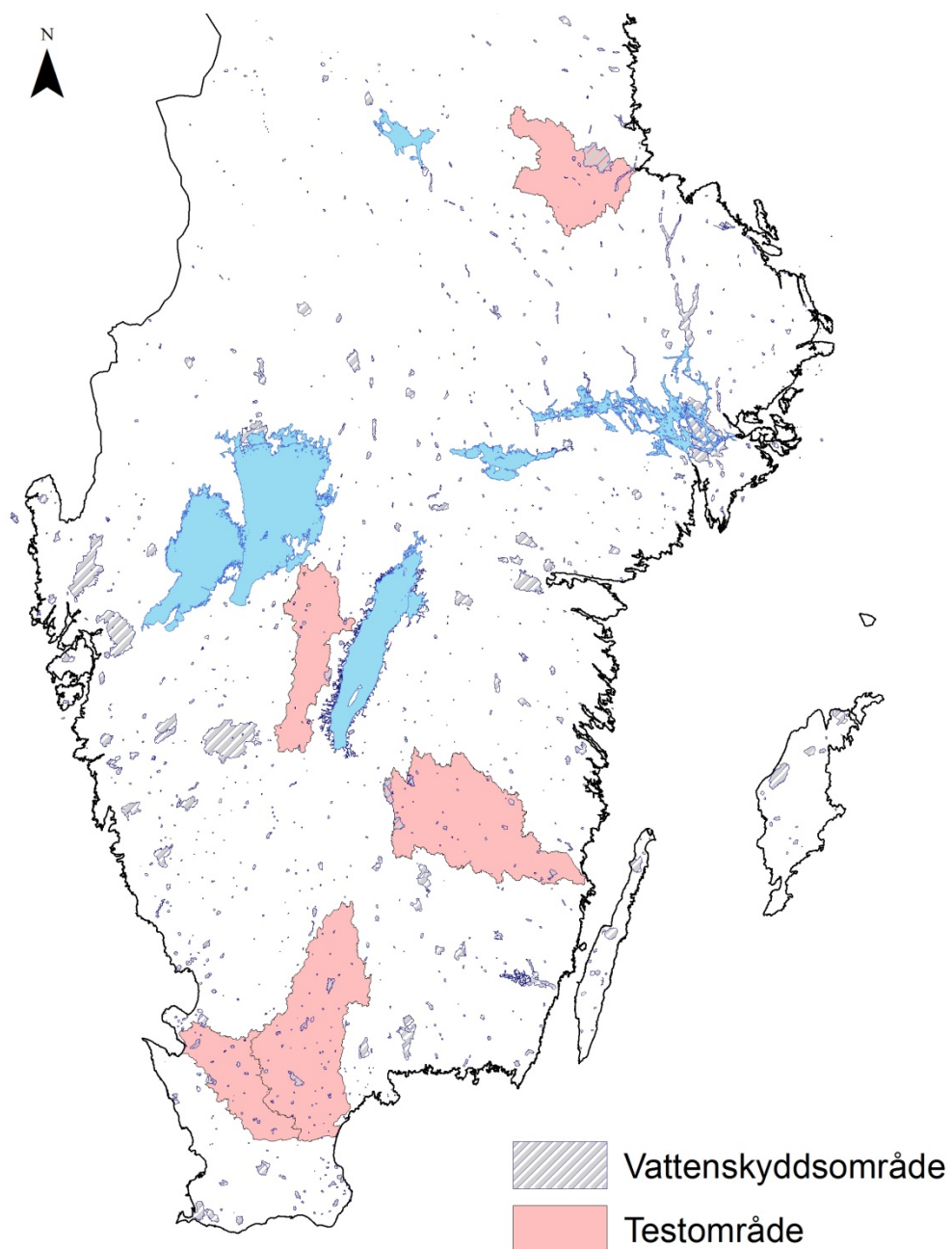
Vattenmyndigheterna (2015) "Sammanställning för åtgärdsområde 27. Rönne å". <http://www.vattenmyndigheterna.se/SiteCollectionDocuments/sv/vasterhavet/sammanstallning-atgardsomrade/27-ronne-a.pdf>

Wikipedia. (2019) "Eggelats utlopp" Sidan besökt 2019-08-09. https://sv.wikipedia.org/wiki/Fil:Eggelats_utlopp.jpg

6.1 Personliga Kommentarer

Emåförbundet. (2019) Ilan Leshem. Verksamhetsansvarig Emåförbundet.

Bilaga 1 – Testområden och Vattenskyddsområden



Figur. Testområden och vattenskyddsområden i Sverige (Naturvårdsverket, 2019).

SMHIs publiceringar

SMHI ger ut sju rapportserier. Tre av dessa, R-serierna är avsedda för internationell publik och skrivs därför oftast på engelska. I de övriga serierna används det svenska språket.

Seriernas namn	Publiceras sedan
RMK (Report Meteorology and Climatology)	1974
RH (Report Hydrology)	1990
RO (Report Oceanography)	1986
METEOROLOGI	1985
HYDROLOGI	1985
OCEANOGRAFI	1985
KLIMATOLOGI	2009

I serien HYDROLOGI har tidigare utgivits

1. Bengt Carlsson (1985)
Hydrokemiska data från de svenska
fältforskningsområdena
2. Martin Häggström och Magnus
Persson (1986)
Utvärdering av 1985 års
vårflödesprognoser
3. Sten Bergström, Ulf Ehlin, SMHI, och
Per-Eric Ohlsson, VASO (1986)
Riktlinjer och praxis vid
dimensionering av utskov och dammar
i USA. Rapport från en studieresa i
oktober 1985
4. Barbro Johansson, Erland Bergstrand
och
Torbjörn Jutman (1986)
Skåneprojektet - Hydrologisk och
oceanografisk information för
vattenplanering - Ett pilotprojekt
5. Martin Häggström (1986)
Översiktlig sammanställning av den
geografiska fördelningen av skador
främst på dammar i samband med
septemberflödet 1985
6. Barbro Johansson (1986)
Vattenföringsberäkningar i
Södermanlands län - ett försöksprojekt
7. Maja Brandt (1986)
Areella snöstudier
8. Bengt Carlsson, Sten Bergström, Maja
Brandt och Göran Lindström (1987)
PULS-modellen: Struktur och
tillämpningar
9. Lennart Funkquist (1987)
Numerisk beräkning av vågor i
kraftverksdammar
10. Barbro Johansson, Magnus Persson,
Enrique Aranibar and Robert Llobet
(1987)
Application of the HBV model to
Bolivian basins
11. Cecilia Ambjörn, Enrique Aranibar and
Roberto Llobet (1987)
Monthly streamflow simulation in
Bolivian basins with a stochastic model
12. Kurt Ehlert, Torbjörn Lindkvist och
Todor Milanov (1987)
De svenska huvudvattendragens namn
och mynningspunkter
13. Göran Lindström (1987)
Analys av avrinningsserier för
uppskattning av effektivt regn
14. Maja Brandt, Sten Bergström, Marie
Gardelin och Göran Lindström (1987)
Modellberäkning av extrem effektiv
nederbörd
15. Håkan Danielsson och Torbjörn
Lindkvist (1987)
Sjökarte- och sjöuppgifter. Register
1987
16. Martin Häggström och Magnus
Persson (1987)
Utvärdering av 1986 års
vårflödesprognoser

17. Bertil Eriksson, Barbro Johansson, Katarina Losjö och Haldo Vedin (1987)
Skogsskador – klimat
18. Maja Brandt (1987)
Bestämning av optimalt klimatstationsnät för hydrologiska prognoser
19. Martin Häggström och Magnus Persson (1988)
Utvärdering av 1987 års vårflödesprognoser
20. Todor Milanov (1988)
Frysförluster av vatten
21. Martin Häggström, Göran Lindström, Luz Amelia Sandoval and Maria Elvira Vega (1988)
Application of the HBV model to the upper Río Cauca basin
22. Mats Moberg och Maja Brandt (1988)
Snökartläggning med satellitdata i Kultsjöns avrinningsområde
23. Martin Gotthardsson och Sten Lindell (1989)
Hydrologiska stationsnät 1989. Svenskt Vattenarkiv
24. Martin Häggström, Göran Lindström, Luz Amelia Sandoval y Maria Elvira Vega (1989)
Aplicacion del modelo HBV a la cuenca superior del Río Cauca
25. Gun Zachrisson (1989)
Svåra islossningar i Torneälven. Förslag till skadeförebyggande åtgärder
26. Martin Häggström (1989)
Anpassning av HBV-modellen till Torneälven
27. Martin Häggström and Göran Lindström (1990)
Application of the HBV model for flood forecasting in six Central American rivers
28. Sten Bergström (1990)
Parametervärden för HBV-modellen i Sverige. Erfarenheter från modellkalibreringar under perioden 1975 – 1989
29. Urban Svensson och Ingemar Holmström (1990)
Spridningsstudier i Glan
30. Torbjörn Jutman (1991)
Analys av avrinningens trender i Sverige
31. Mercedes Rodriguez, Barbro Johansson, Göran Lindström, Eduardo Planos y Alfredo Remont (1991)
Aplicacion del modelo HBV a la cuenca del Río Cauto en Cuba
32. Erik Arnér (1991)
Simulering av vårflöden med HBV-modellen
33. Maja Brandt (1991)
Snömätning med georadar och snötaxeringar i övre Luleälven
34. Bent Göransson, Maja Brandt och Hans Bertil Wittgren (1991)
Markläckage och vattendragstransport av kväve och fosfor i Roxen/Glan-systemet, Östergötland
35. Ulf Ehlin och Per-Eric Ohlsson, VASO (1991)
Utbyggd hydrologisk prognos- och varningstjänst. Rapport från studieresa i USA 1991-04-22—30
36. Martin Gotthardsson, Pia Rystam och Sven-Erik Westman (1992)
Hydrologiska stationsnät 1992/Hydrological network. Svenskt Vattenarkiv
37. Maja Brandt (1992)
Skogens inverkan på vattenbalansen
38. Joakim Harlin, Göran Lindström, Mikael Sundby (SMHI) och Claes-Olof Brandesten (Vattenfall Hydropower AB) (1992)
Känslighetsanalys av Flödeskommitténs riktlinjer för dimensionering av hel älv

39. Sten Lindell (1993)
Realtidsbestämning av arealnederbörd
40. Svenskt Vattenarkiv (1995)
Vattenföring i Sverige. Del
1. Vattendrag till Bottenviken.
41. Svenskt Vattenarkiv (1995)
Vattenföring i Sverige. Del
2. Vattendrag till Bottenhavet.
42. Svenskt Vattenarkiv (1993)
Vattenföring i Sverige. Del
3. Vattendrag till Egentliga Östersjön
43. Svenskt Vattenarkiv (1994)
Martin Vattenföring i Sverige. Del 4.
Vattendrag till Västerhavet
44. Martin Häggström och Jörgen Sahlberg
(1993)
Analys av snösmältningsförlopp
45. Magnus Persson (1993)
Utnyttjande av temperaturens
persistens vid beräkning av
volymprognoser med HBV-modellen
46. Göran Lindström, Joakim Harlin och
Judith Olofsson (1993)
Uppföljning av Flödeskommitténs
riktlinjer
47. Bengt Carlsson (1993)
Alkalinitets- och pH-förändringar i
Ume-älven orsakade av
minimitappning
48. Håkan Sanner, Joakim Harlin and
Magnus Persson (1994)
Application of the HBV model to the
Upper Indus River for inflow
forecasting to the Tarbela dam
49. Maja Brandt, Torbjörn Jutman och
Hans Alexandersson (1994)
Sveriges vattenbalans. Årsmedelvärden
1961 - 1990 av nederbörd, avdunstning
och avrinning
50. Svenskt Vattenarkiv (1994)
Avrinningsområden i Sverige. Del 3.
Vattendrag till Egentliga Östersjön och
Öresund
51. Martin Gotthardsson (1994)
Svenskt Vattenarkiv.
Översvämningsskänsliga områden i
Sverige
52. Åsa Evremar (1994)
Avdunstningens höjdberoende i
svenska fjällområden bestämd ur
vattenbalans och med modellering
53. Magnus Edström och Pia Rystam
(1994)
FFO - Stationsnät för fältforsknings-
områden 1994
54. Zhang Xingnan (1994)
A comparative study of the HBV
model and development of an
automatic calibration scheme
55. Svenskt Vattenarkiv (1994)
Svenskt dammregister - Södra Sverige
56. Svenskt Vattenarkiv (1995)
Svenskt dammregister - Norra Sverige
57. Martin Häggström (1994)
Snökartering i svenska fjällområdet
med NOAA-satellitbilder
58. Hans Bertil Wittgren (1995)
Kvävetransport till Slätbaken från
Söderköpingsåns avrinningsområde
59. Ola Pettersson (1995)
Vattenbalans för
fältforskningsområden.
60. Barbro Johansson, Katarina Losjö, Nils
Sjödin, Remigio Chikwanha and
Joseph Merka (1995)
Assessment of surface water resources
in the Manyame catchment -
Zimbabwe
61. Behzad Koucheiki (1995)
Älvtemperaturers variationer i Sverige
under en tioårsperiod
62. Svenskt Vattenarkiv (1995)
Sänkta och torrlagda sjöar

63. Malin Kanth (1995)
Hydrokemi i fältforskningsområden
64. Mikael Sundby, Rikard Lidén, Nils Sjödin, Helmer Rodriguez, Enrique Aranibar (1995)
Hydrometeorological Monitoring and Modelling for Water Resources Development and Hydropower Optimisation in Bolivia
65. Maja Brandt, Kurt Ehlert (1996)
Avrinningen från Sverige till omgivande hav
66. Sten Lindell, Håkan Sanner, Irena Nikolushkina, Inita Stikute (1996)
Application of the integrated hydrological modelling system IHMS-HBV to pilot basin in Latvia
67. Sten Lindell, Bengt Carlsson, Håkan Sanner, Alvina Reihan, Rimma Vedom (1996)
Application of the integrated hydrological modelling system IHMS-HBV to pilot basin in Estonia
68. Sara Larsson, Rikard Lidén (1996)
Stationstäthet och hydrologiska prognoser
69. Maja Brandt (1996)
Sedimenttransport i svenska vattendrag exempel från 1967-1994
70. Svenskt Vattenarkiv (1996)
Avrinningsområden i Sverige. Del 4. Vattendrag till Västerhavet
71. Svenskt Vattenarkiv (1996)
Svenskt sjöregister. 2 delar
72. Sten Lindell, Lars O Ericsson, Håkan Sanner, Karin Göransson SMHI Malgorzata Mierkiewicz, Andrzej Kadlubowski, IMGW (1997)
Integrated Hydrological Monitoring and Forecasting System for the Vistula River Basin. Final report
73. Maja Brandt, Gun Grahn (1998)
Avdunstning och avrinningskoefficient i Sverige 1961-1990. Beräkningar med HBV-modellen
74. Anna Eklund (1998)
Vattentemperaturer i sjöar, sommar och vinter - resultat från SMHIs mätningar
75. Barbro Johansson, Magnus Edström, Katarina Losjö och Sten Bergström (1998)
Analys och beräkning av snösmältningsförlopp
76. Anna Eklund (1998)
Istjocklek på sjöar.
77. Björn Bringfelt (1998)
An evapotranspiration model using SYNOP weather observations in the Penman-Monteith equation
78. Svenskt Vattenarkiv (1998)
Avrinningsområden i Sverige. Del 2 Vattendrag till Bottenhavet
79. Maja Brandt, Anna Eklund (1999)
Snöns vatteninnehåll
Modellberäkningar och statistik för Sverige
80. Bengt Carlsson (1999)
Some facts about the Torne and Kalix River Basins.
A contribution to the NEWBALTIC II workshop in Abisko June 1999
81. Anna Eklund (1999)
Isläggning och islossning i svenska sjöar
82. Svenskt Vattenarkiv (2000)
Avrinningsområden i Sverige. Del 1. Vattendrag till Bottenhavet
83. Anna Eklund, Marie Gardelin, Anders Lindroth (2000)
Vinteravdunstning i HBV-modellen - jämförelse med mätdata
84. Göran Lindström, Mikael Ottosson Löfvenius (2000)
Tjäle och avrinning i Svartberget – studier med HBV-modellen
85. Bengt Carlsson och Göran Lindström (2001)
HBV-modellen och flödesprognoser

86. Josef Källgård (2001)
Snow distribution in a mountainous region. A remote sensing study
87. Johan Andréasson, Anders Gyllander, Barbro Johansson, Josef Källgård, Sten Lindell, Judith Olofsson, Angela Lundberg (2001)
Snötaxering med georadar - Bättre vårflödesprognoser med HBV-modellen?
88. Deliang Chen, Barbro Johansson (2003)
Temperaturens höjdberoende – En studie i Indalsälvens avrinningsområde
89. Agne Lärke, Håkan Sanner, Anna Johnell (2003)
Utvärdering av SMHI:s prognos- och varningstjänsts verksamhet under flödena januari t o m mars 2002 i sydvästra Sverige
90. Johan Jansson (2003)
Satellite data on snow cover in the HBV model. Method development and evaluation
91. Charlotta Pers (2003)
BIOLA – BIOgeochemical LAke Model
Manual
92. Carl Granström (2003)
Utvärdering av SMHI:s prognos- och varningstjänsts verksamhet under flödet i området runt Emån juli 2003
93. Carl Granström (2003)
Modell för prognos av tidpunkt och karaktär för islossningen i Torne älv
94. Maja Brandt och Gun Grahm, SMHI. Erik Årnfelt och Niclas Bäckman, Länsstyrelsen Östergötland (2004)
Anpassning av TRK-systemet från nationell till regional nivå samt scenarioräkningar för kväve – Tester för Motala Ström
95. Carl Granström (2004)
Utvärdering av SMHI:s hydrologiska prognos- och varningstjänst under flödet i södra Lappland juli 2004
96. Carl Granström (2004)
Utvärdering av SMHI:s hydrologiska prognos- och varningstjänst under flödet i Småland juli 2004
97. Carl Granström (2004)
Utvärdering av SMHI:s hydrologiska prognos- och varningstjänst under flödet i nordvästra Lappland juli 2004
98. Tahsin Yacoub, Ylwa Westman, Håkan Sanner, Bernth Samuelsson (2005)
Detaljerad översvämningskarta för Eskilstunaån. Ett projekt inom KRIS-GIS
99. Carl Granström (2005)
Utvärdering av SMHI:s hydrologiska prognos- och varningstjänst under vårfloden i fjällen juni 2005
100. Tahsin Yacoub, Håkan Sanner (2006)
Vattenståndsprognoser baserade på översiktlig kartering. En fallstudie
101. Göran Lindström (2006)
Regional kalibrering av HBV-modellen
102. Kurt Ehlert (2006)
Svenskt Vattendragsregister
103. Charlotta Pers (2007)
HBV-NP Model Manual
104. Barbro Johansson, Göran Lindström, Jonas Olsson, Tahsin Yacoub, Günter Haase, Karin Jacobsson, Anna Johnell, Håkan Sanner (2007)
Översvämningsprognoser i områden med ofullständiga data. Metodutveckling och utvärdering
105. Carl Granström, Anna Johnell, Martin Häggström (2007)
Utvärdering av SMHI:s hydrologiska prognos- och varningstjänst under höga flöden i sydvästra Sverige - nov 2006 till jan 2007

106. Johan Andréasson, Sara-Sofia Hellström, Jörgen Rosberg, Sten Bergström (2007)
Översiktlig kartpresentation av klimatförändringars påverkan på Sveriges vattentillgång - Underlag till Klimat- och sårbarhetsutredningen”
107. Berit Arheimer, Charlotta Pers (2007)
Kväveretention i svenska sjöar och vattendrag – betydelse för utsläpp från reningsverk
108. Calle Granström, Martin Häggström, Sten Lindell, Judith Olofsson, Anna Eklund (2007)
Utvärdering av SMHIs hydrologiska prognos- och varningstjänst under höga flöden i Götaland – juni och juli 2007
109. Niclas Hjerdt, Markus Andersén, Christer Jonsson och Dan Eklund (2007)
Hydraulik i Klarälvens torrfåra vid tappningar från Höljes kraftverksdamm
110. Sara-Sofia Hellström, Göran Lindström (2008)
Regional analys av klimat, vattentillgång och höga flöden
111. Calle Granström, Linda Gren, Magdalena Dahlin, Sara-Sofia Hellström (2008)
Utvärdering av SMHIs hydrologiska prognos- och varningstjänst under höga flöden under vårfloden 2008
112. Gitte Berglöv, Jonas German, Hanna Gustavsson, Ulrika Harbman, Barbro Johansson (2009)
Improvement HBV model Rhine in FEWS. Final report
113. Katarina Norén, Carl Granström, Roger Eriksson (2010)
Utvärdering av SMHIs hydrologiska prognos- och varningstjänst under vårfloden i södra Sverige 2010
114. Katarina Norén, Carl Granström, Roger Eriksson (2010)
Utvärdering av SMHIs hydrologiska prognos- och varningstjänst under vårfloden i Norrland 2010
115. Gunn Persson, Sara-Sofia Asp, Karin Dyrestam, Dan Eklund, Anders Gyllander, Kristoffer Hallberg, Anna Johnell, Yacoub Tahsin och Else-Marie Wingqvist (2011)
Detaljerad översvämningskartering av nedre Torneälven
116. Jonas Olsson, Johan Södling, Fredrik Wetterhall (2011)
Högupplösta nederbördsdata för hydrologisk modellering: en förstudie
117. Sven Fremling, Thore Karlin, Birgitta Raab, Eva Edquist, Anna Eklund (2012)
Is på sjöar och älvar
118. Gunn Persson (2011)
Islossning i Torneälven
119. Göran Lindström, Alena Bartosova, Niclas Hjerdt och Johan Strömqvist (2017)
Uppehållstider i ytvatten i relation till vattenkvalitet -NET, ett generellt uppskalningsverktyg
120. Katarina Stensen, Aino Krunegård, Kristina Rasmusson, Bettina Matti, Niclas Hjerdt (2019)
Sveriges vattentillgång utifrån perspektivet vattenbrist och torka – Delrapport 1 i regeringsuppdrag om åtgärder för att motverka vattenbrist i ytvattentäkter.
121. Katarina Stensen, Bettina Matti, Kristina Rasmusson, Niclas Hjerdt (2019)
Modellstudie för att undersöka åtgärder som påverkar lågflöden – Delrapport 2 i regeringsuppdrag om åtgärder för att motverka vattenbrist i ytvattentäkter.



Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut
601 76 NORRKÖPING
Tel 011-495 80 00 Fax 011-495 80 01

ISSN 0283-7722