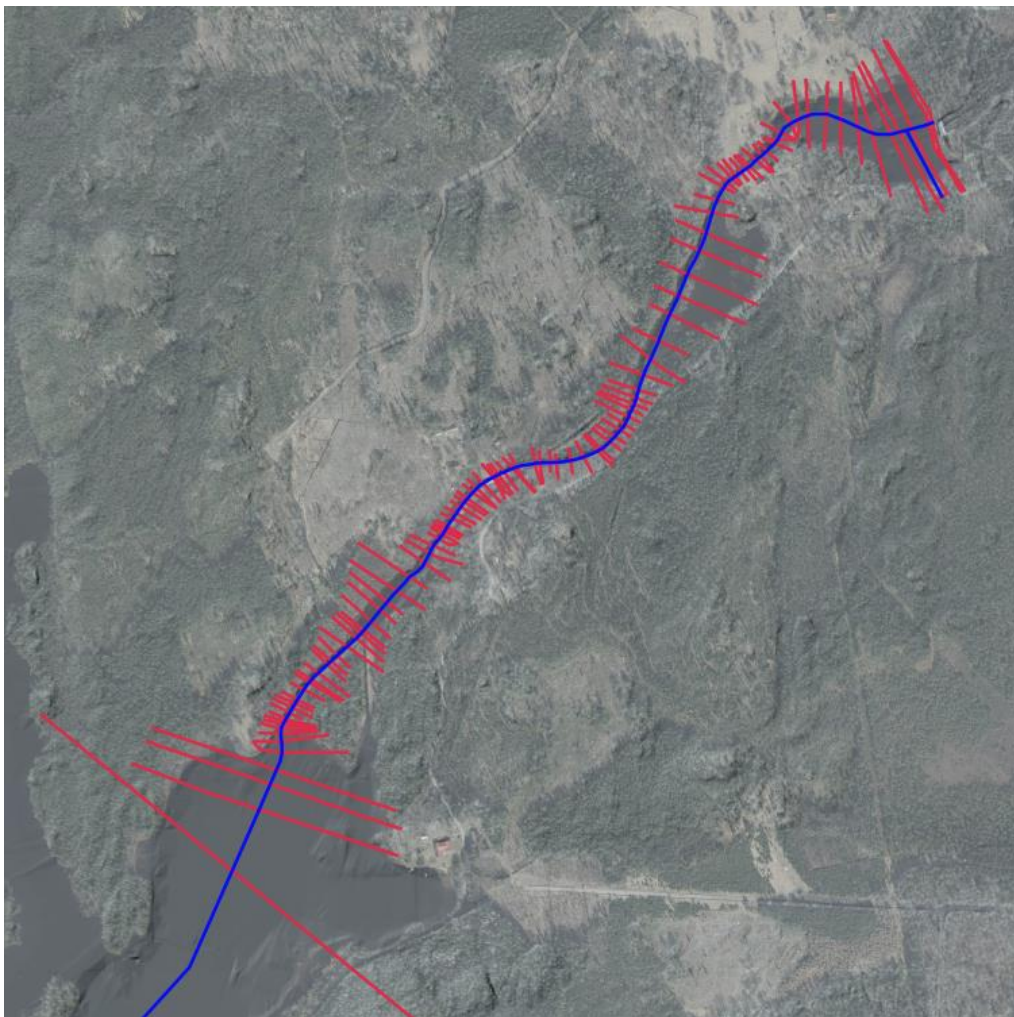


## PM Ökat vattenuttag från Tisaren – Hydrologisk och hydraulisk utredning

Lisa Orrheim



**Pärmbild**

Framtagen av Lisa Orrheim, Översiktsbild på vattendragsmodellen för Tisarens utlopp

**RAPPORT NR 2024–05****TITEL**

PM Ökat vattenuttag från Tisaren – Hydrologisk och hydraulisk utredning

**FÖRFATTARE**

Lisa Orrheim, SMHI

**UPPDRAGSGIVARE**

Calluna AB, 211 28 MALMÖ

Ivar Olsson (kontaktperson)

E-post ivan.olsson@calluna.se

**PROJEKTANSVARIG**

Lisa Orrheim SMHI 426 71 VÄSTRA FRÖLUNDA

E-post lisa.orrheim@smhi.se

**KLASSIFICERING**

Affärssekreteress

**SMHI DIARIENUMMER**

2023/2540/9.5

---

**VERSION 02 – 2024-01-29****Version**

01

**Datum**

2024-01-25

Hydrologi del och hydraulisk del granskad

**Granskad av**

Jonas German & Hans Björn



## Innehåll

<b>1</b>	<b>Bakgrund</b> .....	<b>1</b>
1.1	Områdesbeskrivning .....	1
1.2	Vattenhantering .....	2
<b>2</b>	<b>Metodik</b> .....	<b>4</b>
2.1	Underlag .....	4
2.2	Vattenbalansberäkning för Tisaren vid lågflödesperiod .....	4
2.3	Hydraulisk modellering av Tisarens utlopp .....	5
2.3.1	Modellområde .....	5
2.3.2	Höjdmodell och bearbetning av ekolodade bottendata .....	6
2.3.3	Randvillkor .....	7
2.3.4	Startvattenstånd i Tisaren .....	8
2.3.5	Känslighetsanalys .....	8
2.4	Beräkning av tillgänglig reglervolym i Tibon och Bladsjön .....	8
<b>3</b>	<b>Resultat</b> .....	<b>9</b>
3.1	Tisarens vattenbalans .....	9
3.2	Resultat från den hydrauliska modellen vid en lågflödesperiod .....	11
3.3	Resultat från beräkning av uppströmsliggande sjöars möjlig inverkan på Tisarens vattennivå .....	13
<b>4</b>	<b>Diskussion</b> .....	<b>14</b>
<b>5</b>	<b>Referenser</b> .....	<b>15</b>



# 1 Bakgrund

Inom förstudierna gällande förändrat råvattenuttag i Tisaren har en hydrologisk och en hydraulisk utredning utförts för att utreda påverkan på magasinsnivån från ett ökat råvattenuttag vid en torrperiod. Den hydrologiska och den hydrauliska utredningen har som syfte att:

1. Med en vattenbalans utreda om ett ökat vattenuttag förorsakar nivå-sänkningar som ligger under Tisarens sänkingsgräns (SG) i samband med perioder associerade med liten tillrinning och hög avdunstning (torka).
2. Med en hydraulisk modell beräkna om ett ökat vattenuttag är möjligt i Masugnsdammen, givet Skogaåns morfologi (grundare profil), i samband med perioder associerade med liten tillrinning och hög avdunstning (torka).
3. Med analys av regleringsvolymen utreda om vattenförsörjningen till sjön Tisaren kan stärkas genom reglering av uppströms belägna sjöar (Tibon och Bladsjön).

## 1.1 Områdesbeskrivning

Sjön Tisaren ingår i Nyköpingsåns huvudavrinningsområde och består av två delavrinningsområden. Sjön har en sjöarea om ca 13,29 km<sup>2</sup>, vilket utgör ca 14 % av Tisarens totala avrinningsområde (108,56 km<sup>2</sup>) och ca 20% av Tisarens delavrinningsområde. Tisaren mynnar ut i Skogaån och ca 1,4 km nedströms sjön ligger regleringsdammen Masugnsdammen och tillhörande kraftstation. Vid dammen pumpas råvatten bort till Blacksta vattenverk i Kumla kommun.

Sjön Tibon är belägen ca 3,5 km uppströms Tisaren och har en sjöarea om ca 7,49 km<sup>2</sup>, vilket utgör ca 3,8 % av Tibons totala avrinningsområde (19,64 km<sup>2</sup>). Sjöns norra del består av Bladsjön där utloppet och regleringsdammen finns belägen. I Figur 1 nedan visas sjöarna och flödesvägen ned till Masugnsdammen vid Tisarens utlopp.



Figur 1. Översiktsbild på sjöarna Tibon/Bladsjön samt Tisaren. Masugnsdammen som reglerar Tisaren är markerad med gul symbol. Flödesvägen mellan sjöarna visas med blå pilar. Bakgrundskarta: Lantmäteriet.



## 1.2 Vattenhantering

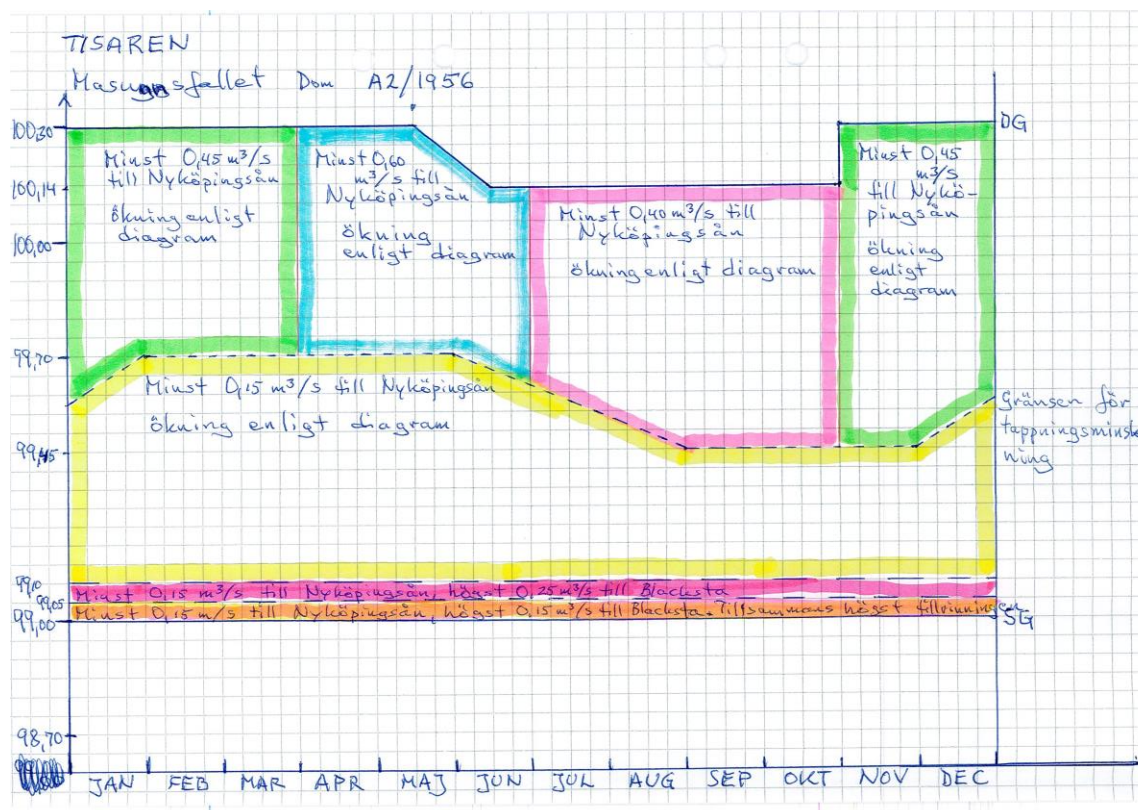
Under sommarhalvåret pumpas det idag ut som medel ca 0,1 m<sup>3</sup>/s (360 m<sup>3</sup>/h) råvatten avsedd för produktion av dricksvatten. Samtidigt pumpas det även ut som medel ca 0,08 m<sup>3</sup>/s (300 m<sup>3</sup>/h) råvatten till industrin i Kvarntorp. Därtill finns det ett krav på minimitappning om minst 0,15 m<sup>3</sup>/s (540 m<sup>3</sup>/s) från dammen till Nyköpingsån.

Storleken på det framtida råvattenuttaget avsett för dricksvatten är inte fastställt men för följande studie har Kumla kommun angivit att de vill undersöka effekterna om uttaget ökar med ca 0,11 m<sup>3</sup>/s (400 m<sup>3</sup>/h). Det totala framtida råvattenuttaget för dricksvatten och industrin uppgår därmed till ca 0,29 m<sup>3</sup>/s (1060 m<sup>3</sup>/h). Medelvattenföringen vid Tisarens utlopp är ca 1 m<sup>3</sup>/s. Medeluttagen sommartid och minimitappningen från Tisaren sammanställs i Tabell 1 nedan.

Tabell 1. Sammanställning av medeluttagen sommartid via pumpstationen samt minimitappning från Tisaren.

Utfloeden från Tisaren	m <sup>3</sup> /h	m <sup>3</sup> /s
Dagens uttag för dricksvatten	360	0,10
Dagens uttag för industri Kvarntorp	300	0,08
Ökning av uttag för dricksvatten	400	0,11
<b>Total framtida råvattenuttaget</b>	<b>1060</b>	<b>0,29</b>
Minimitappning	540	0,15
<b>Framtida utflöde</b>	<b>1600</b>	<b>0,44</b>

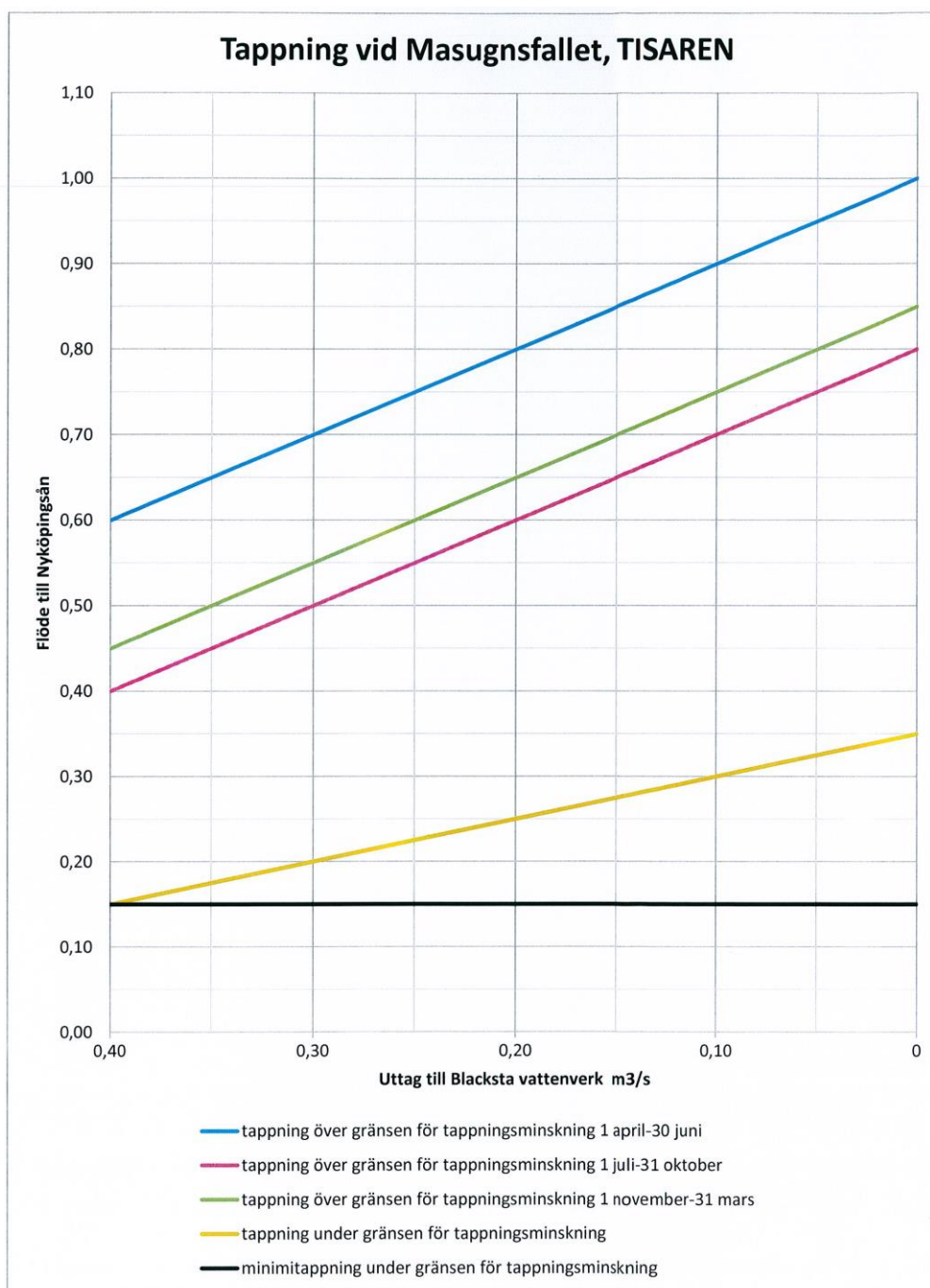
Tisaren regleras efter en tappningsställare fastställd i Tisarens vattendom A2/1956, se Figur 2. Nivåerna i tappningsställaren är angivna i RH00. Tisarens sänkningsgräns är belägen på nivån +99 m (RH00) och dämningens gräns (DG) varierar mellan +100,14 m och +100,30 m (RH00) beroende på årstiden.



Figur 2. Tappningsställare för Tisaren.



I tappningsställaren finns det angivet den lägsta tillåtna tappningen till Nyköpingsån samt det högsta råvattenuttaget till Blacksta vattenverk (totala uttaget avsett för både dricksvatten samt till industrin) som varierar med hänsyn till magasinsnivån samt till tiden på året. I tappningsställaren syns texten ”ökning enligt diagram”, vilket syftar på att tappningen från dammen även ska ta hänsyn till föregående månads medeluttag av råvatten. Relationen mellan medelpumpputtaget till Blacksta vattenverk och tappningen till Nyköpingsån visas i Figur 3 nedan. Linjerna i färg motsvarar färgblocken i tappningsställaren vid nivåer ovan +99,1 m (RH00). Mellan magasinsnivån +99,1 m och +99,05 m (RH00) får pumpputtaget som högst uppgå till 0,25 m<sup>3</sup>/s. Mellan magasinsnivån +99,05 m och +99,0 m (RH00), dvs sänkingsgränsen, får pumpputtaget som högst uppgå till 0,15 m<sup>3</sup>/s.



Figur 3. Relationen mellan tappningen till Nyköpingsån och månadsmedeluttag av råvatten till Blacksta vattenverk (totala mängd råvatten till dricksvattenproduktion och till industri), från Tisarens vattendom A2/1956.

Uppgifter om regleringen, så som nivåer för sänkningsgräns eller dämningssgräns av Tibon och Bladsjön har ej funnits att tillgå. Enligt damminventeringsprotokollet från Länsstyrelsen i Örebro län (Länsstyrelsen i Örebro län, 1981) består avbördningsanordningen av två utskov, där den högsta höjden mellan luckornas tröskelnivå och dämningssgränsen är 1 m.

## 2 Metodik

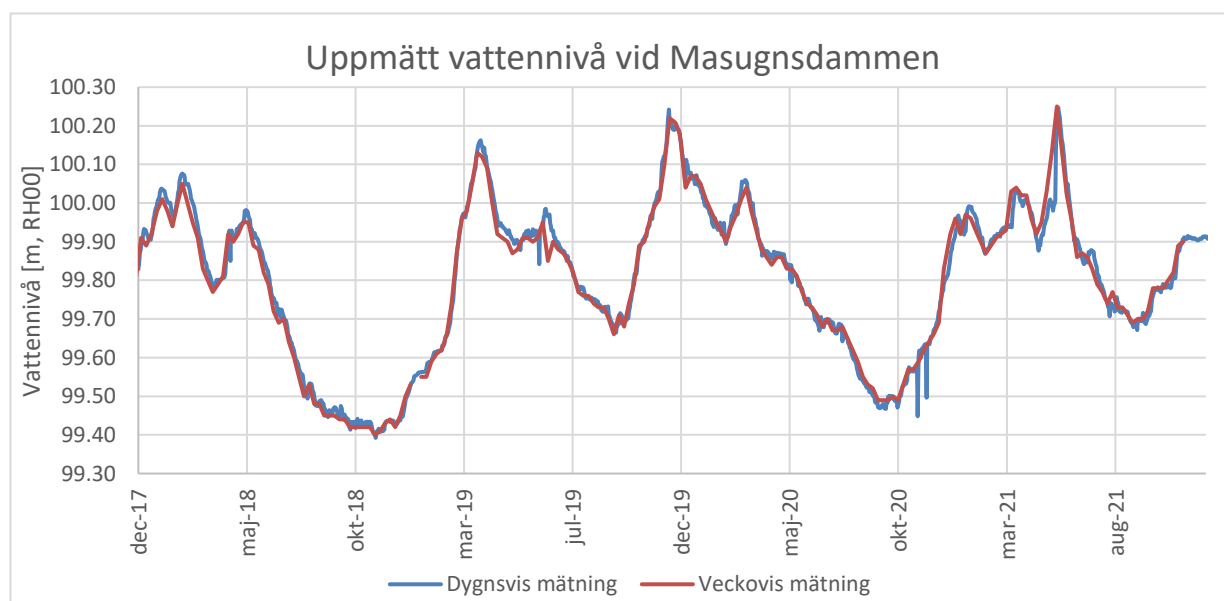
### 2.1 Underlag

Följande underlag har använts i utredningen:

- Veckovisa uppmätta vattennivåer år 2008 – 2021, samt dygnsvis uppmätta vattennivåer 2018 – 2023. Pegeln är belägen vid Masugnsdammen.
- Veckovisa värden för tappningen i Masugnsdammen år 2008 – 2021.
- Ekolodade bottendata längs Skogaån fram till Masugnsdammen, utförd av Norconsult 2022-08-26. Dokumentation om avvikelse i höjd mot uppmätt nivå har ej funnits att tillgå.
- Laserskannade höjddata utförd av Lantmäteriet, utförd 2023-04-16. Generell avvikelse i höjd mot uppmätta nivåer var angiven till 3,4 cm (Lantmäteriet, 2023).
- Information om Masugnsdammens tappningsställare samt damminventeringsprotokollet från Länsstyrelsen i Örebro län.

### 2.2 Vattenbalansberäkning för Tisaren vid lågflödesperiod

I ett första skede jämfördes de överlappande dataserierna med uppmätta pegelnivåer utförda veckovis samt dygnsvis. De veckovisa pegelvärdena motsvarade medelnivån för varje vecka. Jämförelsen visade på god överensstämmelse vilket medförde att den längre tidsserien (2008 – 2021) där både uppmätta veckovisa vattennivåer och tappningsdata kunde användas till vattenbalansen då det är låga flödesförhållanden som ska analyseras.



Figur 4. Jämförelse mellan vattennivåer uppmätta dygnsvis (blått) och veckovis (rött) visade på en god överensstämmelse.

Vattenbalansen för Tisaren kan formuleras som summan av olika flöden:

$$Q_{in} = Q_{tappning} + Q_{uttag} + \Delta S_{sjö} \quad \text{Ekv 1}$$

Där, för period t:  $Q_{in}$  [ $m^3/t$ ] är tillrinningen till sjön,  $Q_{tappning}$  [ $m^3/t$ ] är vattenflödet som tappas till Nyköpingsån,  $Q_{uttag}$  [ $m^3/t$ ] är det sammanlagda pumputtaget till dricksvattenproduktion och industri och  $\Delta S_{sjö}$  [ $m^3/t$ ] är lagringsändringen inom sjön som kan beskrivas enligt följande:

$$\Delta S_{sjö} = (VY_{sjö t} - VY_{sjö t-1}) \times Area \quad \text{Ekv 2}$$

Där,  $VY_{sjö t}$  och  $VY_{sjö t-1}$  [ $m$ ] är sjöns vattennivå i slutet och början av den betraktade perioden t och Area [ $m^2$ ] är sjöytan. Förändringen i vattennivå inkluderar påverkan från nederbörd på och avdunstning från sjön samt till- och frånflöde av grundvattnet. Förändringen i sjöyta med hänsyn till vattenståndet antas vara försumbar. Tappningsdata och uppmätta pegelnivåer användes i Ekvation 1 och ett konstant uttag av råvatten ansattes till det angivna medelvärdet om 0,18  $m^3/s$ . Tillsammans kunde en tidsserie av tillrinningen  $Q_{in}$  till Tisaren under åren 2008 – 2021 beräknas. Tillrinningen beräknades som medeltillrinningen [ $m^3/s$ ] per vecka. Därefter jämfördes samtliga års beräknade tillrinningar och den sammanhållna period som hade lägst flöde under längst tid identifierades som den torraste lågflödesperioden.

Till sist beräknades vattenståndsförändringen under lågflödesperioden utifrån Ekvation 1 och 2 för ett framtida råvattenuttag om 0,29  $m^3/s$ .  $Q_{tappning}$  ansattes till minimitappningen 0,15  $m^3/s$  för att beräkna den teoretiskt minsta vattennivåförändringen vid lågflödesperiodens slut.

## 2.3 Hydraulisk modellering av Tisarens utlopp

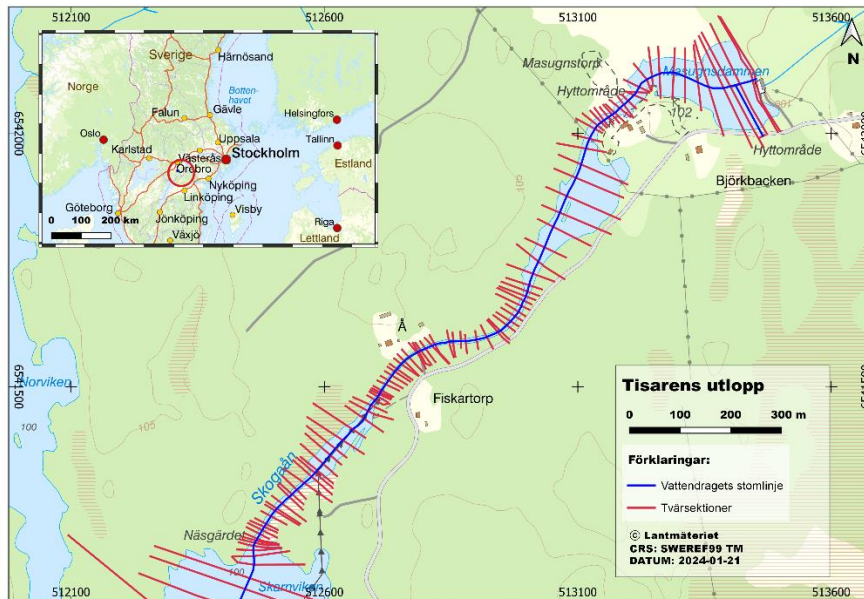
Den hydrauliska modellen upprättades i beräkningsprogrammet HEC-RAS 6.3.1 och är en endimensionell modell. En endimensionell modell består av en uppsättning av tvärsektioner som beskriver vattendragets topografi och omgivande terräng. Varje tvärsektion representerar en kort delsträcka av vattendraget och vattendragets längd beskrivs med en stomlinje. Modellen beräknar vattennivån i varje enskild tvärsektion för ett angivet flöde och tillsammans utgör dessa nivåer en vattenståndsprofil längs modellsträckan. För mer information om beräkningsprogrammet hänvisas till HEC-RAS Reference Manual (US Army Corps of Engineering, 2024).

Modellen är uppsatt i höjdsystem RH2000. Konvertering mellan höjdsystemen är ca  $RH2000 = RH00 + 0,5$  m, baserat på konverteringsfaktor från Lantmäteriets närliggande stompunkter 095\*1\*6502 Vid Hjortkvarns f.d station samt 7958290 Tisarstrand (Lantmäteriet, 2023)

### 2.3.1 Modellområde

Modellen sträcker sig från Tisarens inlopp ned till Masugnsdammen vid utloppet av sjön och består av totalt 107 tvärsektioner. Tisarens sjövolym uppströms mynningen till Skogaån är beskriven som en balja med två tvärsektioner. Sjövolymen är beräknad utifrån regleringsamplituden mellan SG och DG multiplicerat med sjöarealen uppströms Skogaån. Förändringen i sjöyta med hänsyn till vattenståndet antas vara försumbar. Resterande tvärsektioner beskriver Tisarens utlopp längs Skogaån ned till Masugnsdammen.

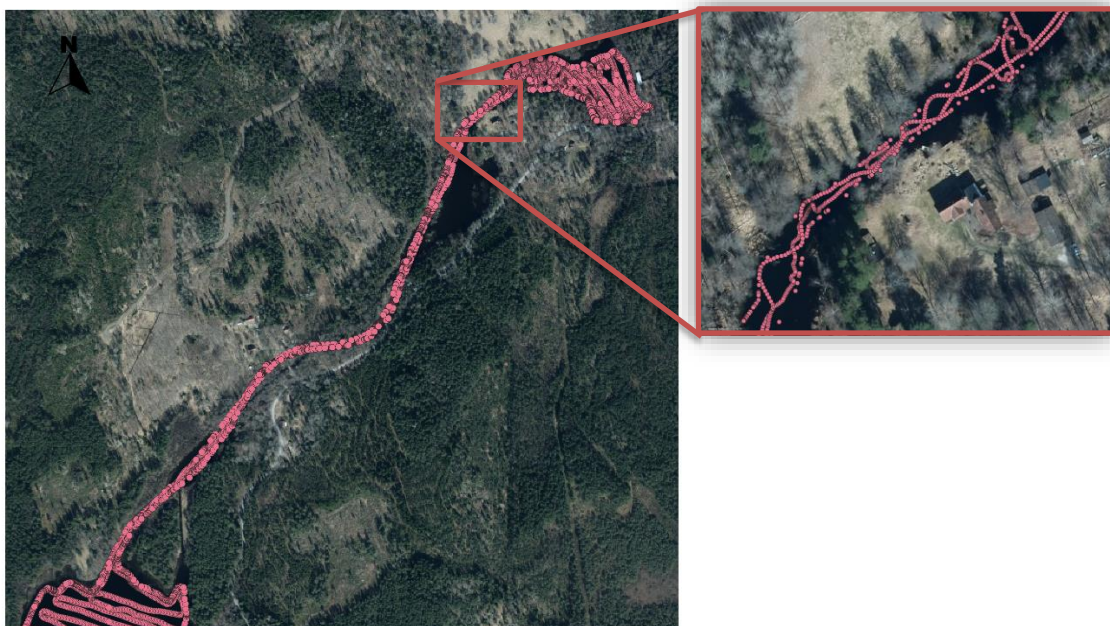
Det finns en bro belägen mitt i utloppssträckan. Information om broöppningens geometri har ej varit tillgänglig i föreliggande utredning. Inmätta bottennivåer alldeles intill bron visade något lägre nivåer än resterande bottennivåer. Baserat på detta och det faktum att det är låga flöden som ska simuleras antas broöppningen inte utgöra en begränsning för flödet och har därmed ej beskrivits i modellen med en brostruktur.



Figur 5. Tvärsektioner (röda) beskriver en kort delsträcka av åfåran och dess omgivande terräng. Stomlinjen (blå) beskriver vattendragets längd i modellen. Bakgrundskarta: Lantmäteriet.

### 2.3.2 Höjdmodell och bearbetning av ekolodade bottendata

Höjdmodellen utgör ett viktigt underlag till beräkningsmodellen då det är denna som ligger till grund för topografien som beskrivs i modellen. Det är från höjdmodellen som höjddata extraheras till tvärsektionerna i beräkningsmodellen. Höjdmodellen består av ett raster med upplösningen 1 x 1 m, vilket innebär att varje rastercell innehåller en höjdnivå som representerar ett 1 m<sup>2</sup> stort kvadratisk område. Höjdnivåerna i terrängen baseras på laserskannad höjddata (Laserdata Nedladdning Skog) utförd av Lantmäteriet (Lantmäteriet, 2023).

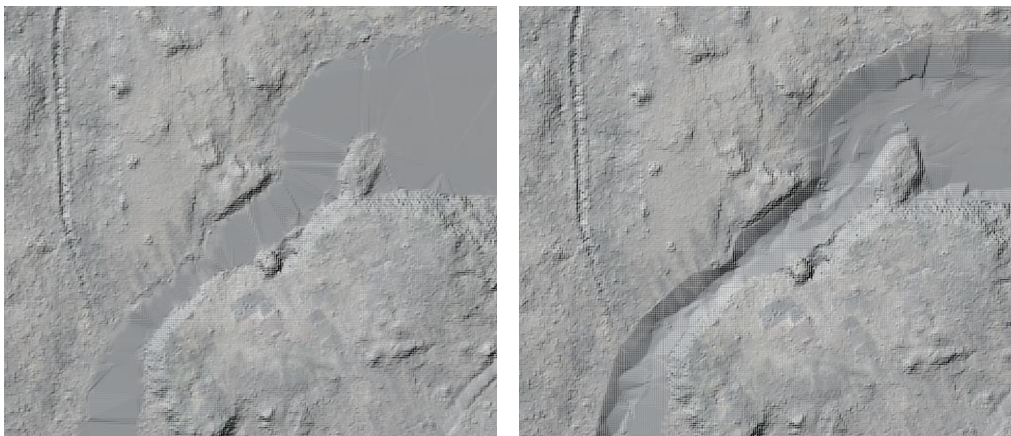


Figur 6. Ekolodning av Tisarens utlopp, utförd av Norconsult 2022-08-26. Varje punkt utgör en inmätt bottennivå i vattendraget. Bakgrundskarta: Google Satellite.



Ekolodad bottendata längs Tisarens utlopp fram till Masugnsdammen fanns att tillgå. Ekolodning utfördes av Norconsult den 26 augusti 2022. I Figur 6 visas en översiktsbild över ekolodningen längs Tisarens utlopp samt en inzoomad bild på inmätningarna. Avståndet mellan punkterna i ekolodets färdriktning var ca 1 m. Någon dokumentation med beskrivning av inmätningen eller information om dess noggrannhet i höjddled har ej funnits att tillgå.

Den laserskannade höjddata, som höjdmodellen baseras på, innehåller ingen information om vattendragets bottennivåer utan enbart den nivån som vattenytan låg på vid laserskanningstillfället. Därför sänktes vattendraget ned i höjdmodellen baserat på de ekolodade bottennivåerna, se Figur 7.

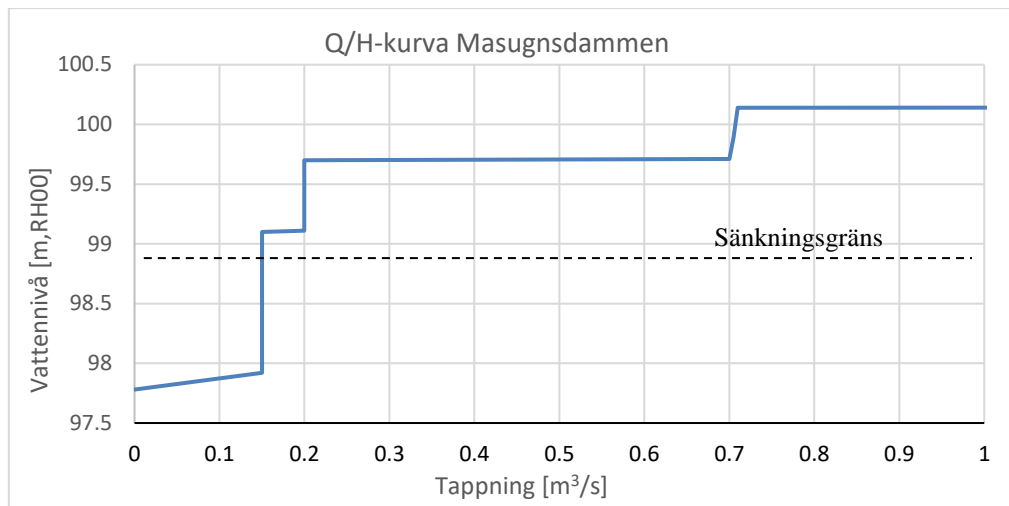


**Figur 7. Den vänstra bilden visar höjdmodellen som enbart är baserad på laserskannade höjddata. Den högra bilden visar höjdmodellen efter att vattendragets botten har sänkts ned till de ekolodade bottennivåerna. Bakgrundskarta: Google Satellite.**

### 2.3.3 Randvillkor

Uppströms randvillkor i modellen utgjordes av en flödeshydrograf som var inlagd vid modellens början dvs vid Tisarens inlopp. Hydrografen var den tillrinning under lågflödesperioden som beräknades fram enligt beskrivningen i avsnitt 2.2. Flödeshydrografen visas i Figur 9, där flödet för vecka 20-40 användes som indata. Flödet utgjordes av medeltillrinningen [ $\text{m}^3/\text{s}$ ] per vecka.

Beräkningsmodellen innehöll två nedströms randvillkor. Den ena randen utgjordes av en Q/H-kurva som reglerade avbördningen vid Masugnsdammens och var randvillkoret som var bestämmande för vattennivån strax uppströms dammen. Q/H-kurvan var framtagen utifrån informationen som fanns tillgänglig i tappningsställaren och baserades på regleringsstrategin vid månadsskiftet mellan maj och jun, se Figur 8. För att avgöra tappningen utifrån Figur 3 gjordes antagandet om att medeluttaget den föregående månaden var ca  $0,3 \text{ m}^3/\text{s}$ . Detta innebar att för vattennivåer mellan  $+99,7 \text{ m}$  (RH00) och DG var tappningen  $0,6 \text{ m}^3/\text{s}$  (rosa linje i Figur 3) och för nivåer mellan  $+99,1 \text{ m}$  och  $+99,7 \text{ m}$  (RH00) var tappningen  $0,2 \text{ m}^3/\text{s}$  (gul linje i Figur 3). Mellan SG och  $+99,1 \text{ m}$  (RH00) var tappningen  $0,15 \text{ m}^3/\text{s}$ , dvs minimitappningen.



**Figur 8. Masugnsdammens Q/H-kurva utgjorde ett av de nedströms randvillkoren och var styrande för vattennivån strax uppströms dammen. Regleringen baseras på regleringsstrategin för månadsskiftet maj till juni beskrivet i tappningsställaren.**

Den andra nedströmsliggande randen utgjordes av uttaget till Blacksta vattenverk. En beräkningsgren skapades, belägen uppströms Masugnsdammen med två fiktiva tvärsnitt. Den nedströms randen utgjordes av en Q/H-kurva som angav ett konstant vattenuttag om  $0,29 \text{ m}^3/\text{s}$  för alla vattennivåer ovan den angivna tröskelnivån för pumpen  $+98,66 \text{ m}$  (RH00) enligt vattendomen.

### 2.3.4 Startvattenstånd i Tisaren

Tisarens magasin snivå ansattes till  $+99,89 \text{ m}$  (RH00) vid starten av beräkningen. Nivån motsvarade vattennivån som uppmättes vecka 20 år 2018. Den genomsnittliga magasin snivån under åren 2008-2021, exkluderat år 2016, låg på  $+99,90 \text{ m}$  (RH00) vecka 20. År 2016 har exkluderats från medelvärdesberäkningen då Tisaren sänktes av medvetet det året.

### 2.3.5 Känslighetsanalys

För att öka tillförlitligheten till resultatet är det önskvärt att kalibrera en beräkningsmodell mot observerade data. För att kalibrera modellen så att den presterar bättre vid låga flöden är det att föredra att använda data från ett observerat lågflödetillfälle. För uppdraget har det ej funnits att tillgå uppmätta vattennivåer av den typen längs med Skogaån och modellen har därför inte genomgått en kalibrering. Vattennivån längs Skogaån i den laserskannade höjddatan var konstant längs hela utloppet fram till Masugnsdammen och visade inga fallförluster vid skanningstillfället. Därmed kunde denna inte heller användas som kalibreringsunderlag. Istället har en känslighetsanalys utförts där strömningsmotståndet i åfåran har testats med olika Mannings tal:  $n = 0,033$ ,  $n = 0,04$  och  $n = 0,05$ .

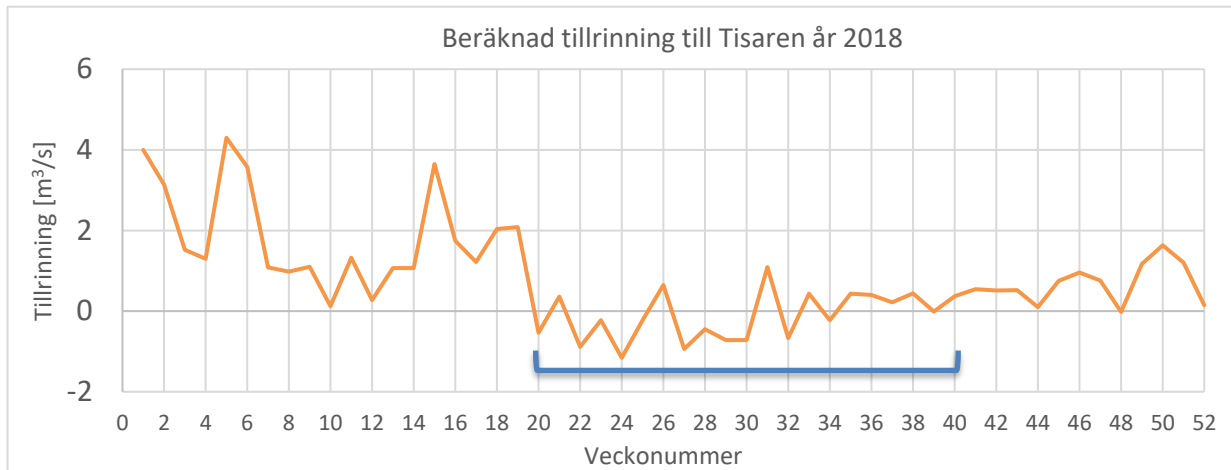
## 2.4 Beräkning av tillgänglig reglervolym i Tibon och Bladsjön

Utförlig information om Tibons och Bladsjöns reglering har ej funnits att tillgå och uppgifter om aktuell sänkningsgräns eller dämningssgräns saknades. Enligt damminventeringsprotokollet avbördas vatten från Bladsjön med två utskov där höjden mellan dammtröskeln samt dämningssgränsen är angiven till  $1 \text{ m}$  respektive  $0,7 \text{ m}$ . För att få en uppfattning om hur stor inverkan som reglervolymen i Tibon/Bladsjön kan ha på Tisarens vattennivå beräknades en teoretisk reglervolym ut för sjöarna med hänsyn till olika regleringsamplituder. I avsaknad av en magasinsskurva för sjöarna antogs sjöarealen vara konstant med varierande höjd. Den beräknade reglervolymen ställdes i relation till Tisarens sjöareal för att beräkna hur många cm som Tibon/Bladsjön kunde bidra med för att öka vattenståndet i Tisaren.

### 3 Resultat

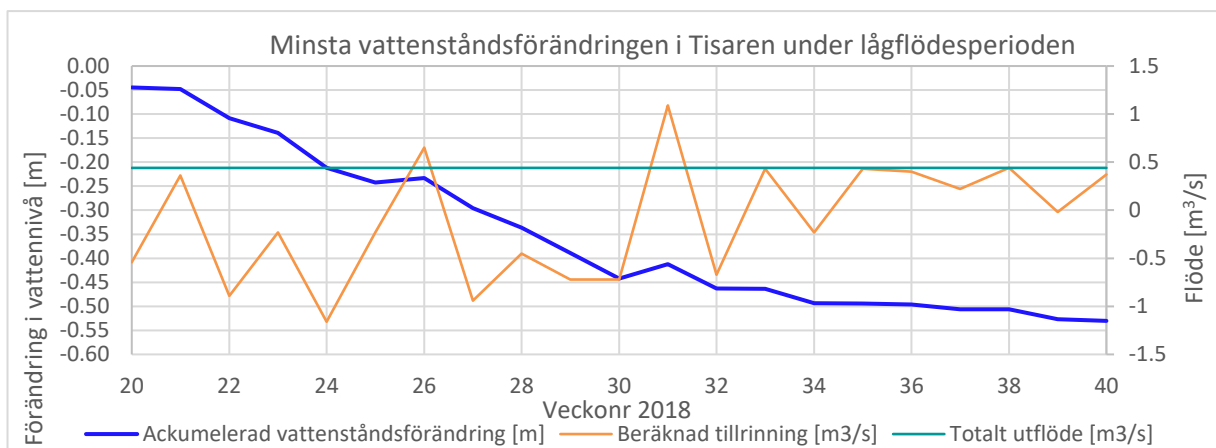
#### 3.1 Tisarens vattenbalans

Genom att sätta upp en vattenbalans för Tisaren kunde först en serie av tillrinningen till Tisaren beräknas för åren 2008 – 2021 då uppmätta pegelnivåer och observerad tappning fanns att tillgå. Den beräknade tillrinningen tillsammans med uppmätta pegelnivåer och det totala utflödet (observerad tappning samt medeluttag av råvatten om  $0,18 \text{ m}^3/\text{s}$ ) från sjön redovisas i Figur 11. Utifrån tidsserien av tillrinningen identifierades vecka 20 – 40, år 2018, som lågflödesperioden med den längsta sammanhållna perioden med minsta totala tillrinning, se Figur 9. Tillrinningen motsvarar medeltillrinningen  $[\text{m}^3/\text{s}]$  per vecka. Under 10 av veckorna beräknades tillrinningen till negativ, vilket innebär att inflöden och nederbörd är mindre än avdunstningen från sjön.



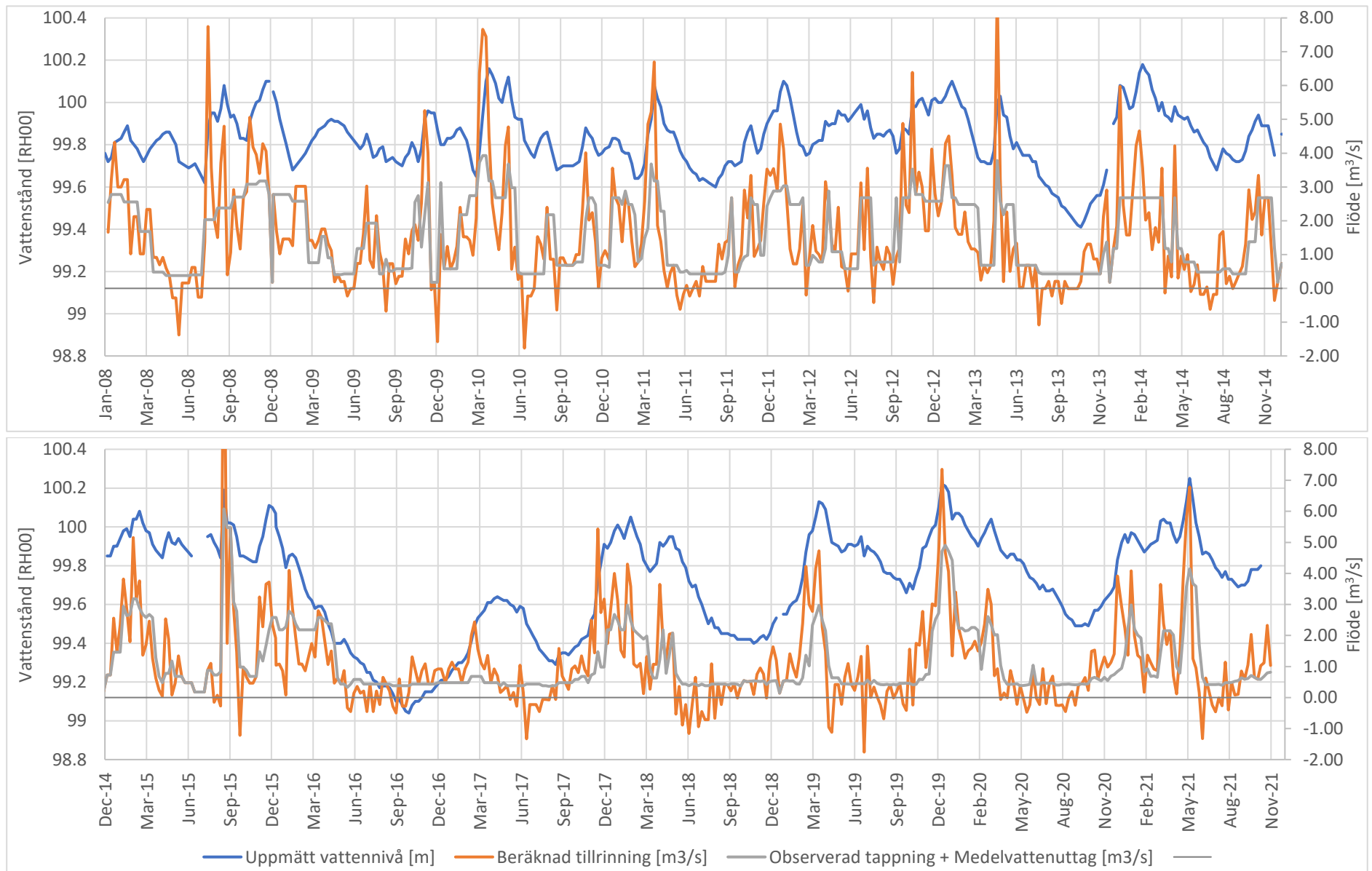
Figur 9. Den beräknade tillrinningen (medeltillrinningen  $[\text{m}^3/\text{s}]$  per vecka) år 2018. Lågflödesperioden som identifierades som den längsta sammanhållna perioden med minsta totala tillrinning var från vecka 20 – 40 (blå markering).

Resultatet från beräkningen av den minsta vattenståndsförändringen i Tisaren under lågflödesperioden redovisas i Figur 10. Det minsta möjliga uttaget under perioden var  $0,44 \text{ m}^3/\text{s}$  och utgjordes av minimitappningen till Nyköpingsån på  $0,15 \text{ m}^3/\text{s}$  samt det framtida råvattenuttaget på  $0,29 \text{ m}^3/\text{s}$ . Vid vecka 40 beräknades den totala vattennivåavsänkning till  $0,53 \text{ m}$ .



Figur 10. Minsta vattenståndsförändringen i Tisaren (m, blå) tillsammans med det lägsta möjliga utflödet från sjön ( $\text{m}^3/\text{s}$ , grön) samt den beräknade tillrinningen ( $\text{m}^3/\text{s}$ , orange) till Tisaren under lågflödesperioden.



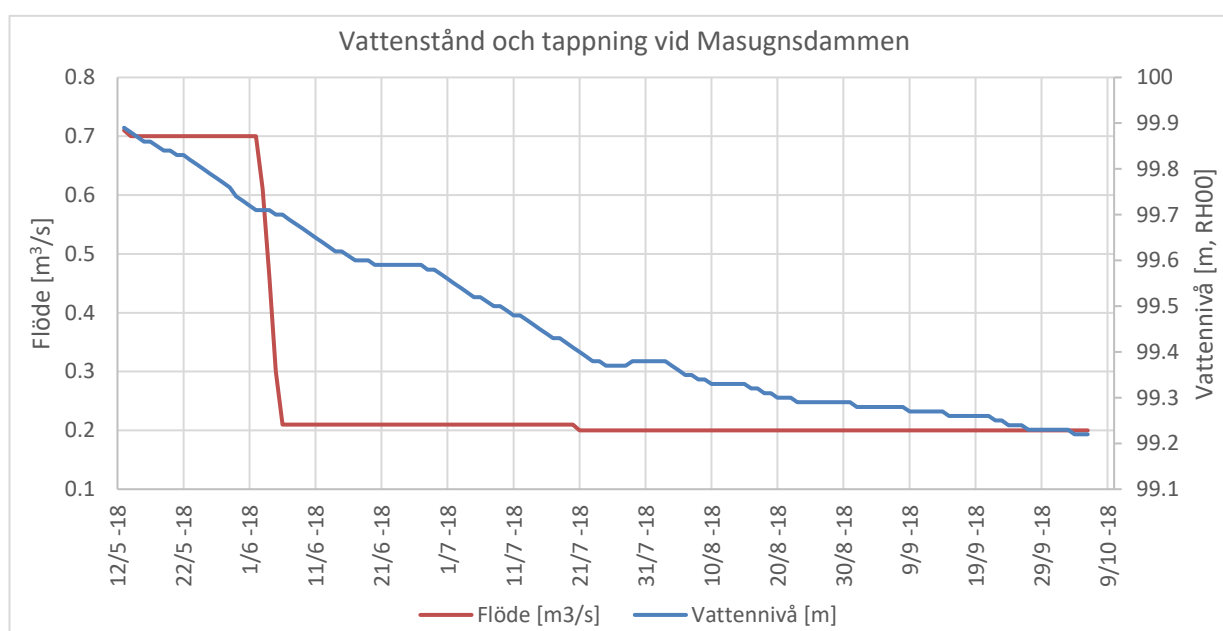


Figur 11. Tidserie för perioden 2008 – 2021 med uppmätta vattennivåer (blå) och beräknad tillrinning (orange) samt utflödet (grå) från Tisaren.

### 3.2 Resultat från den hydrauliska modellen vid en lågflödesperiod

En simulering utfördes där den beräknade tillrinningen under veckorna 20-40, år 2018, lades in vid Tisarens inlopp i modellen. En Q/H-kurva hämtad från tappningsställaren styrde tappningen från Masugnsdammen ned till Nyköpingsån och under hela beräkningsperioden skedde ett konstant råvattenuttag om 0,29 m<sup>3</sup>/s strax uppströms Masugnsdammen. Känslighetsanalysen av Mannings tal visade att parametern för strömningsmotståndet ej hade en signifikant påverkan på resultatet vid låga flöden då vattennivåskillnaden beräknades till som högst 3 cm.

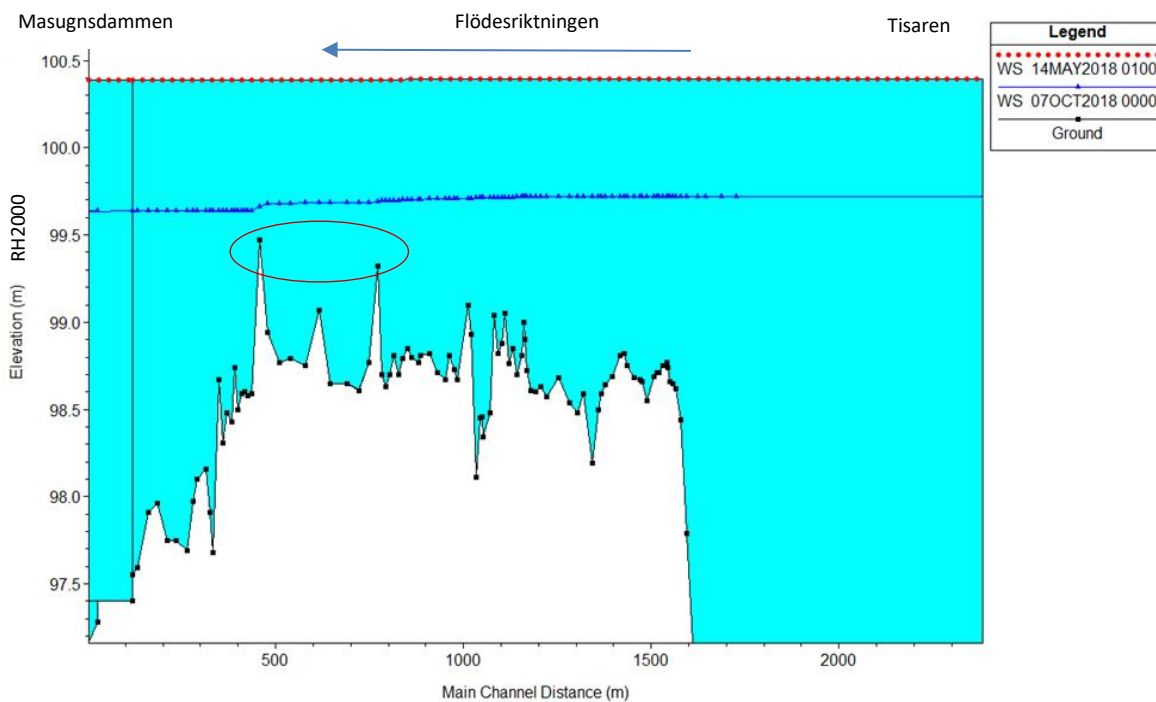
I slutet av vecka 40 år 2018 beräknades vattennivån ligga på +99,22 m om magasinsnivån låg på +99,89 m (RH00) vid starten av lågflödesperioden, vecka 20. I Figur 12 nedan redovisas resultatet från en tvärsektion belägen strax uppströms Masugnsdammen, där den beräknade vattennivån visas med blå linje och tappningen från dammen till Nyköpingsån visas med röd linje. Vattennivån och tappningen i simulationen följde ganska väl hur tappningsställaren i Figur 2 beskriver att regleringen ska gå till under perioden.



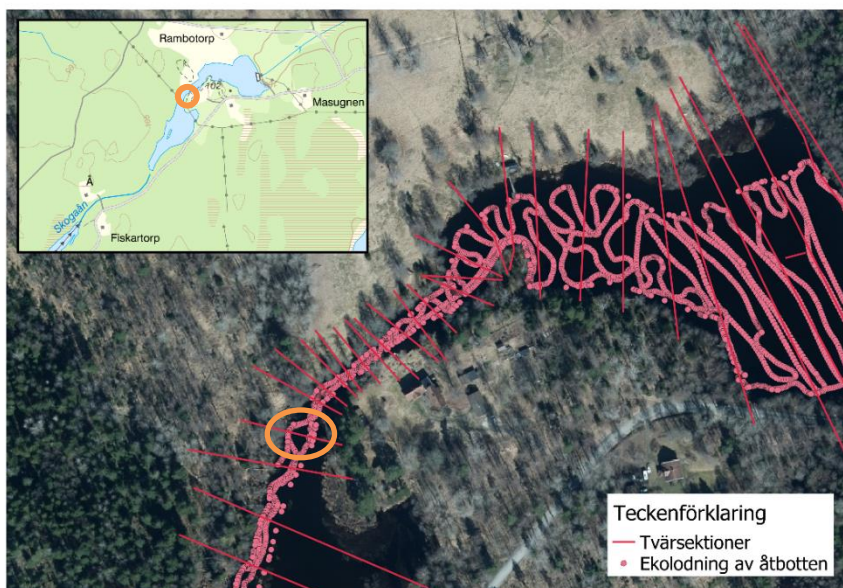
Figur 12. Resultatet för vattennivå och tappning hämtad från en punkt belägen strax uppströms Masugnsdammen i den hydrauliska modellen.

I Figur 13 visas en vattenståndprofil över Tisarens utlopp ned till Masugnsdammen, hämtad från den hydrauliska modellen. Flödesriktningen går från höger till vänster i bilden, Masugnsdammen utgör slutet av modellen längst till vänster i profilen. Den blå arean motsvarar vattennivån vid början av simulationen, alltså den 14 maj 2018. Den mörkblå linjen visar vattennivåprofilen vid slutet av lågflödesperioden i slutet vecka 40, dvs den 7 oktober 2018. Vattenfårans lägsta bottenivåer visas med svarta cirklar och linjer, en cirkel motsvarar en tvärsektions lägsta bottenivå. Observera att nivåerna är angivna i höjdsystem RH2000, för nivåer i RH00 subtraheras värdena med 0,5 m.

Längs med bottenprofilen finns två trösklar som är inringade i Figur 13. Tröskeln närmast Masugnsdammen (längst till vänster i bilden) är belägen vid koordinaterna 513117, 6541990, Sweref99 TM och visas i Figur 14. Den lägsta bottenivån är uppmätt till ca +99,5 m i RH2000, motsvarande ca +99 m i RH00 och är samma nivå som sänkingsgränsen. Det är möjligt att inmätningen är felaktig eller att ekolodet har missat att mäta in den lägsta nivån i sektionen men detta är svårt att avgöra baserat på tillgängligt underlag. Om bottenivån är riktig innebär det att vattendjupet vid slutet av lågflödesperioden är ca 2 dm i den här sektionen.

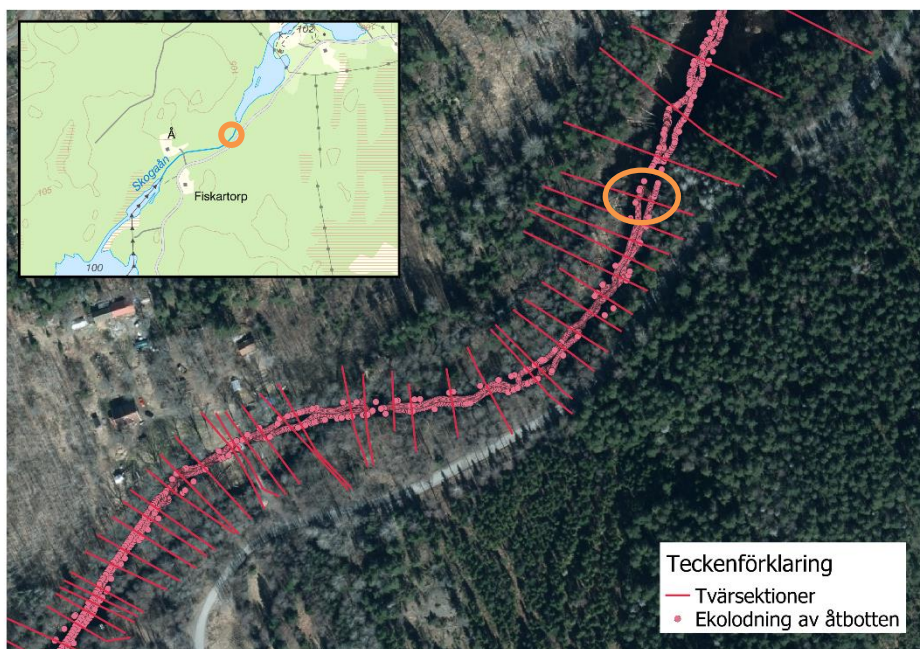


Figur 13. Vattenståndprofil över Tisarens utlopp ned till Masugnsdammen, hämtad från den hydrauliska modellen. Flödesriktningen går från höger till vänster i bilden. Masugnsdammen utgör slutet av modellen längst till vänster i profilen. Nivåerna är angivna i höjdsystem RH2000. Längs bottenprofilen syns två trösklar som är inringade i bilden.



Figur 14. Tröskel närmast Masugnsdammen baserat på tillgängliga ekolodade bottendata. Bakgrundskarta: Google Satellite.

Den andra tröskeln är belägen vid koordinaterna 512999, 6541699, Sweref99 TM och visas i Figur 15. Den lägsta bottennivån är uppmätt till ca +99,3 m i RH2000, motsvarande ca +98,8 m i RH00. Det lägsta vattendjupet vid lågflödesperiodens slut beräknades till ca 4 dm.



Figur 15. Tröskel nedströms bron baserat på tillgängliga ekolodade bottendata. Bakgrundskarta: Google Satellite.

### 3.3 Resultat från beräkning av uppströmsliggande sjöars möjlig inverkan på Tisarens vattennivå

Resultatet från volymbereäkningen av Tibons och Bladsjöns regleringsvolym för olika regleringsamplituder samt den teoretiskt möjliga inverkan denna volymen skulle kunna ha på Tisarens vattenstånd presenteras i Tabell 2.

Tabell 2. Inverkan från Tibons och Bladsjöns regleringsvolym på Tisarens vattenstånd

<i>Regleringsamplitud [m]</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
<i>Regleringsvolym Tibon/Bladsjön [Mm<sup>3</sup>]</i>	0,75	1,50	2,25
<i>Inverkan på Tisarens vattenstånd [cm]</i>	5,6	11,3	16,9

Om Tibon och Bladsjön sänks av 1 m skulle det kunna motsvara ca 6 cm på vattennivån i Tisaren. Vid beräkningarna har antagandet gjorts att Tibons och Bladsjöns sjöareal är konstant oavsett vattennivå, vilket antas medför en överskattning av inverkan på den beräknade vattenståndsförändringen i Tisaren.

## 4 Diskussion

Föreliggande utredning har fokuserat på att utreda de hydrologiska effekterna av ett framtida råvattenuttag på vattennivåer i Tisaren vid en period av långvarig torka. I ett första skede behövdes perioden av torka identifieras genom att beräkna en tillrinning till sjön Tisaren motsvarande en historisk lågflödesperiod. Denna lågflödesperioden inträffade sommarhalvåret år 2018. En vattenbalans ställdes upp för att beräkna den minsta vattennivåsänkningen av sjön efter periodens slut. Om enbart minimitappning var tillåten under hela torkan samtidigt som det framtida råvattenuttaget skedde konstant, beräknades vattennivåsänkningen i Tisaren till ca 0,53 m vid torkans slut. Det innebär att för att undvika att SG (+99,0 m, RH00) underskrids måste Tisarens vattennivå ligga högre än +99,53 m (RH00) i början av maj. Hänsyn har inte tagits till tappningsställaren vid vattenbalansberäkningen för att visa på den teoretiskt minsta nivåsänkningen.

Huruvida det ökade vattenuttaget orsakar nivåsänkningar under SG beror inte bara på magasinens nivå vid starten av torrperioden utan även på tillrinningen. Perioden med tillgång till uppmätt data täcker det välkända torråret 2018 och perioden 2016-2018 som var torr i sin helhet. Underlaget är dock inte tillräckligt för att bestämma sannolikheten för dessa händelser. Under den senaste 50-årsperioden har det varit två perioder som varit mycket torra och orsakat problem med vattentillgång på många ställen, förutom ovan nämnda också 1974-1976, med svårast förhållanden under 1976. Vilket tillfälle som skulle varit värst för Tisaren går inte säga, inte heller sannolikheten för händelserna. Det finns ett par alternativ för att beräkna/bedöma de riskerna, antingen att etablera en hydrologisk modell för området där tillgängliga data används för kalibrering och det sedan går att beräkna utfallet för en längre tidsperiod (inkluderande 1976). Eller leta efter en lång mätserie från en annan liknande plats i regionen och utifrån den bedöma hur extremt 2018 var.

Den totala nivåsänkningen under perioden för torka beräknades till 0,7 m och den lägsta vattennivån vid Masugnsdammen beräknades till +99,2 m (RH00) vid slutet av simuleringen. En vattennivå på +99,2 m (RH00) innebär att avståndet till SG (+99 m RH00) uppgår till cirka 20 cm och 10 cm till +99,1 m (RH00) vilket är en kritisk nivå som dikterar ett högsta tillåtna råvattenuttag till 0,25 m<sup>3</sup>/s. Vid denna nivå är det alltså ej längre tillåtet att ta ut det önskvärda 0,29 m<sup>3</sup>/s. Till skillnad från vattenbalansen togs hänsyn till tappningsställarens bestämmelser vid beräkningen med den hydrauliska modellen. I verkligheten kan tappningen te sig annorlunda än den teoretiska tappningen beskriven i modellen och för att knyta an till ovanstående stycke så kan torkan vara värre än den som simulerades i beräkningsscenarioet. I relation till osäkerheterna så är marginalerna är därför små för att vattennivån når till kritiska nivåer för att ett fortsatt vattenuttag är möjligt.

Hänsyn togs till vattendragets morfologi vid beräkningarna med den hydrauliska modellen. Två trösklar identifierades längs utloppssträckan där den högsta tröskeln var inmätt till att ligga på samma nivå som sänkingsgränsen. Under lågflödesperioden beräknades det högsta vattendjupet vid tröskeln till ca 2 dm och vatten kunde passera till Masugnsdammen. Marginalerna är dock små. Skulle en värre period av torka inträffa eller vid igensättning av bråte så kan trösklarna längs Skogaån utgöra hinder för vatten att passera. För att fastställa att dessa trösklar verkligen existerar rekommenderas att dessa platser mäts in på nytt på ett sätt så att hela vattendragets tvärsnitt fångas.

Analysen om uppströmsliggande sjöar kan stärka upp vattenförsörjningen till Tisaren visade på att avsänkningar i Tibon och Bladsjön inte bidrar till betydande vattennivåhöjningar i Tisaren. Osäkerheterna hos beräkningsresultatet från den hydrauliska modellen bedöms vara större än de 6 cm som en 1 m avsänkning i Tibon och Bladsjön bidrar till Tisarens nivåhöjning. Dessutom krävs det att magasinerna är uppfyllda vilket kan vara svåruppnåeligt vid en längre tid av torka. Om detta är ett spår som önskas utreda ytterligare rekommenderas att en magasinsskurva tas fram för sjöarna då det finns risk för att föreliggande beräkningar är överskattade.

## 5 Referenser

- Länsstyrelsen i Örebro län. (1981). *Del 5 Inventering av dammar i Nyköpingsåns avrinningsområde, Daminventering M M 1980 I Örebro län.*
- Lantmäteriet. (den 2 November 2023). Hämtat från Laserdata nedladdning Skog:  
<https://www.lantmateriet.se/sv/geodata/vara-produkter/produktlista/laserdata-nedladdning-skog/>
- Lantmäteriet. (den 20 12 2023). *Hitta Stompunkt*. Hämtat från <https://stompunkt.lantmateriet.se/>
- US Army Corps of Engineering. (den 18 Janurari 2024). *HEC-RAS Hydraulic Reference Manual*. Hämtat från <https://www.hec.usace.army.mil/confluence/rasdocs/ras1dtechref/latest>





SMHI har en livsviktig roll som pålitlig expertmyndighet. Genom vår gedigna kunskap om väder, vatten och klimat bidrar vi till att öka hela samhällets hållbarhet.

Vi samlar in mängder av data som vi bearbetar, modellerar och visualiserar utifrån olika scenarier. Vi följer omvärldens utveckling och genom vår egen forskning utvecklar och sprider vi kunskap och tjänster som bygger på vetenskaplig grund. Vi utvärderar, analyserar, prognostiserar och följer upp. Varje dag, dygnet runt, året om.

Därför vågar vi lova dig ständigt aktuella beslutsunderlag som gör det lättare att planera på både kort och lång sikt – allt från din utflykt till framtidens infrastruktur. Våra underlag hjälper samhället att nå de nationella miljökvalitetsmålen och hantera morgondagens globala utmaningar.

SMHI omsätter 916 miljoner kronor och har cirka 670 medarbetare. Huvudkontoret finns i Norrköping. SMHI har också kontor i Göteborg och Uppsala.

SMHI. Alltid de bästa underlagen för dina beslut.

# SMHI

**SMHI – SVERIGES METEOROLOGISKA OCH HYDROLOGISKA INSTITUT**

601 76 Norrköping • Besöksadress Folkborgsvägen 17 • Telefon 011-495 80 00 • E-Post [smhi@smhi.se](mailto:smhi@smhi.se) • [www.smhi.se](http://www.smhi.se)