



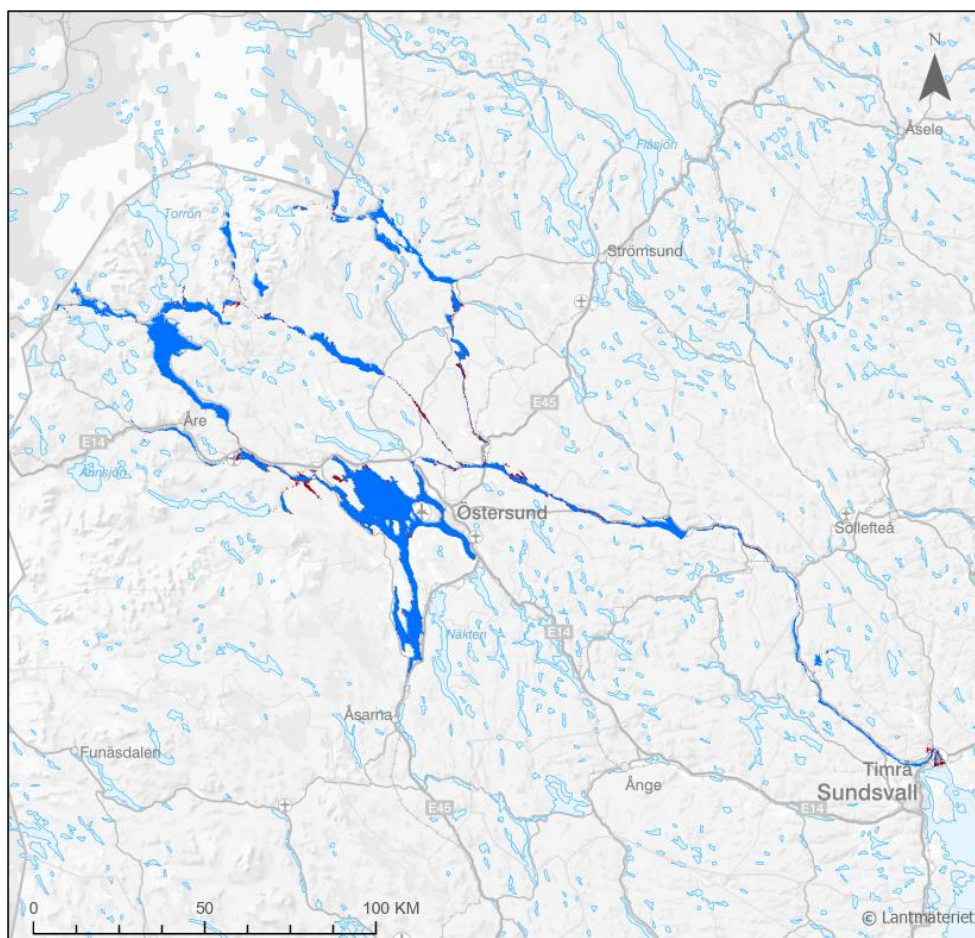
Myndigheten för
samhällsskydd
och beredskap

Översvämningskartering utmed Indalsälven

Sträckan omfattar hela Indalsälven

2022-06-15

reviderad 2023-10-27



Projekt: Översiktlig översvämningskartering 2021/2022

Rapporten har tagits fram på uppdrag av Myndigheten för samhällsskydd och beredskap,

651 81 Karlstad, Tel 0771-240 240,

av WSP Sverige AB, Arenavägen 7, 121 88 Stockholm-Globen, Tel + 46 10

7225000. Rapporten sammanställer resultat från projektet *Underlag för beredskapsplanering i Indalsälven – Hydraulisk modell* som WSP utförde

2009-2012 på uppdrag av Indalsälvens Vattenregleringsföretag och som samfinansierats av Indalsälvens Vattenregleringsföretag och Svenska kraftnät.

Att mångfaldiga det innehåll i denna rapport som tillhör Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, helt eller delvis, är tillåtet förutsatt att MSB anges som källa.

MSB diariernr 2022-09053

Innehållsförteckning

Sammanfattning	4
1. Inledning	5
2. Allmänt om översvämningskartering	6
2.1 Flöden och återkomsttid	6
2.2 Användning av översvämningskartor.....	7
2.3 Immateriella rättigheter	7
2.4 Nyttjande av hydraulisk modell	7
3. Beräkningar – förutsättningar och genomförande	8
3.1 Flöden.....	8
3.2 Modellbeskrivning av vattendraget.....	8
3.3 Hydrauliska beräkningar	9
3.3.1 Antaganden.....	9
3.3.2 Kalibrering	10
3.4 Framtagning av översvämnings-skikt	10
4. Transformerings av höjdsystem	11
5. Resultat	12
6. Litteraturförteckning	13
Bilaga 1: Beskrivning av digitaltmaterial	14
Bilaga 2: Kompletta flödestabell	15
Bilaga 3: Metodbeskrivning för transformering av höjdsystem från RH70 till RH2000	16

Till denna rapport hör GIS-skikt där översvämningszonerna finns i format för ArcGIS för GIS-användning. GIS-skikten laddas ner via översvämningsportalen

<https://gisapp.msb.se/apps/oversvamningsportal/>

Sammanfattning

Svenska kraftnät och Myndigheten för samhällsskydd och beredskap samarbetar för att sprida information kring de översiktliga översvämningskarteringar som tagits fram inom ramen för projekt för utveckling av samordnad beredskap för dammhaveri och höga flöden i kraftverksälvar. Beredskapsprojekt har genomförts för ett tjugotal stora och medelstora kraftverksälvar. Karteringarna har bekostats av vattenkraftföretag/vattenregleringsföretag med bidrag från Svenska kraftnät.

Föreliggande rapport avser Indalsälven och redovisar de delar i beredskapsprojektet som avser översvämning vid höga flöden. Resultat kopplade till analys av dammhaveriscenarier omfattas inte.

Indalsälven sträcker sig drygt 430 km i väst-östlig riktning från jämtländska fjällen ner till utloppet i havet vid Sundsvall i Västernorrlands län. Större biflöden till Indalsälven är Storån, Åreälven, Långan, Hårkan och Ammerån.

Kartläggningen kan användas för insatsplanering av räddningstjänstens arbete och som underlag vid kommunens riskhantering och samhällsplanering.

Slutprodukten är kartor med översvämningszoner vid normalflöde, 100-årsflöde och klass I-flöde (beräknat högsta flöde). Översvämningszonerna levereras som kartsikt i digital form för hantering i Geografiska Informations System (GIS). Vidare redovisas en fil med information om högsta vattennivå för respektive flöde i punkter längs vattendraget.

Alla nedladdningsbara skikt anges i koordinatsystemet SWEREF99 TM och i höjdsystemet RH2000. De digitala översvämningsytorna kan användas tillsammans med användarnas egna digitala bakgrundskartor för analyser och presentationer.

Den terrängmodell och hydrauliska datamodell som tagits fram under karteringsarbetet ägs gemensamt av Indalsälvens Vattenregleringsföretag och Svenska kraftnät och förvaltas av WSP. För tillgång till modellerna hänvisas till WSP.

1. Inledning

Svenska kraftnät (Svk) och Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB) samarbetar för att sprida information kring de översiktliga översvämningskarteringar som tagits fram inom ramen för projekt för utveckling av samordnad beredskap för dammhaveri och höga flöden i kraftverksälvar. Beredskapsprojekt har genomförts för ett tjugotal stora och medelstora kraftverksälvar. Karteringarna har bekostats av vattenkraftföretag/vattenregleringsföretag med bidrag från Svenska kraftnät.

WSP har av MSB fått en beställning för att tillgängliggöra den översiktliga översvämningskarteringen längs Indalsälven för sträckan från Jämtländska fjällen till utloppet i havet vid Sundsvall. Större biflöden till Indalsälven är Storån, Åreälven, Långan, Härkan och Ammerån. Älvsystemets totala längd är drygt 430 km och innehåller ca 60 dammanläggningar, varav 43 är medtagna i modellen.

Rapporten innehåller en metodbeskrivning för översvämningskarteringen av Indalsälven. Karteringen som från början är framtagen som underlag för beredskapsplanering omfattar både naturliga flöden och flöden uppkomna genom dammhaveri. För mer information om det projektet hänvisas till rapporten *Underlag för samordnad beredskapsplanering för höga flöden och dammbrott i Indalsälven, daterad 2012-06-18* (se [Samordnad beredskapsplanering - dammhaveri | Svenska kraftnät \(svk.se\)](#)). I det material som tillhandahålls av MSB redovisas endast översvämnings till följd av naturliga flöden, dvs. översvämnings som förorsakats av dammhaveri redovisas ej.

Karteringsarbetet består av flera delmoment som omfattar framtagande av en digital höjdmodell, hydrauliska modellberäkningar och GIS-hantering. De vattennivåer som erhålls ur de hydrauliska beräkningarna läggs ut på en digital höjdmodell och översvämningsens utbredning skapas. Vattenutbredning redovisas som ett separat skikt för varje flöde; normalflöde, 100-årsflöde och klass I-flöde (beräknat högsta flöde). Flödesuppgifterna har erhållits av Indalsälvens vattenregleringsföretag. De hydrauliska beräkningarna och GIS-arbetet har utförts av WSP. WSP har samordnat projektet och svarat för dokumentationen.

2. Allmänt om översvämningskartering

För att kunna beräkna vattennivåer och utbredningen av en översvämning för ett flöde med en viss återkomsttid används en hydraulisk datamodell. Modellen innehåller information om flöden, höjddata och strukturer i vattendraget såsom broar och dammar samt andra fysiska strukturer som påverkar vattnets rörelser. Modellen innehåller också uppgifter om vattendragets övriga egenskaper som lutning och bottenfriktion samt landskapets topografi, geometri och friktion. Kartläggning av översvämmat område sker med hjälp av GIS.

2.1 Flöden och återkomsttid

Som mått på översvämningsrisken används ofta begreppet återkomsttid, vilket betecknar den genomsnittliga tiden mellan två översvämningar av samma omfattning. Begreppet återkomsttid kan ibland ge en falsk känsla av säkerhet, eftersom det anger sannolikheten för ett enda år och inte den sammanlagda sannolikheten för en period av flera år.

Tabell 1 visar den sammanlagda sannolikheten för att ett flöde med en viss återkomsttid ska överskridas under en längre tidsperiod. Ett flöde med återkomsttiden 100 år har till exempel 39 % sannolikhet att inträffa under en 50-årsperiod och ett flöde med återkomsttiden 10 000 år har 1 % sannolikhet att inträffa under en 100-årsperiod.

Tabell 1

Sannolikhet för ett visst flöde uttryckt i % under en period av år.

Flöde	Period av år					
	10 år	50 år	100 år	200 år	500 år	1 000 år
20-årsflöde	40	92	99	100	100	100
50-årsflöde	18	64	87	98	100	100
100-årsflöde	10	39	63	87	99	100
200-årsflöde	5	22	39	63	92	99
1 000-årsflöde	1	5	10	18	39	63
10 000-årsflöde	0,1	0,5	1	2	5	9,5

Beräkning av 100-årsflöde och 200-årsflöde görs normalt genom statistisk analys av observerade vattenföringsserier. När det gäller beräknat högsta flöde blir en sådan uppskattning alltför osäker då det inte finns tillgång till tillräckligt långa observationsserier. Normalt finns det mindre än 100 års observationer att utgå ifrån.

Beräknat högsta flöde tas istället fram med en hydrologisk modell avsedd för beräkning av högvattenföringar. Modellen kallas HBV [1] och beräkningsmetodiken motsvarar den teknik som används inom vattenkraft- och gruvindustrin för bestämning av dimensionerande flöde för dammanläggningar i den högsta flödesdimensioneringsklassen [2].

Sannolikheten för att ett beräknat högsta flöde ska inträffa kan inte bestämmas, men frekvensanalyser indikerar att flöden som beräknas enligt riktlinjerna i genomsnitt har återkomsttider på över 10 000 år.

2.2 Användning av översvämningsskartor

Vid användning av översvämningsskartorna bör hänsyn tas till att det finns osäkerheter i de hydrauliska beräkningarna och att karteringen har utförts med ett gridnät som är 5x5 m. Det innebär att översvämningsskartorna användningsområde är begränsat till övergripande planering till exempel insatsplanering av räddningstjänstens arbete och som underlag vid kommunens riskhantering och samhällsplanering.

2.3 Immateriella rättigheter

Svenska kraftnät och Indalsälvens Vattenregleringsföretag har gemensam upphovsrätt till de av framtagna översvämningsskarteringarna som skyddas av upphovsrättslagen (1960:729). Innehållet i GIS-skikten får mångfaldigas, helt eller delvis, förutsatt att Svenska kraftnät och Indalsälvens Vattenregleringsföretag anges som källa. Allt ansvar vid nyttjandet av GIS-skikten vilar på användaren. Svenska kraftnät och Indalsälvens Vattenregleringsföretag fräntar sig allt ansvar för produktens funktion eller användbarhet för något visst ändamål.

Att mångfaldiga innehållet i denna rapport som tillhör Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, helt eller delvis, är tillåtet förutsatt att MSB anges som källa.

Rättigheter till underlagskartor i rapporten tillhör Lantmäteriet och får inte nyttjas utan Lantmäteriets tillstånd.

Rättigheterna till den flödesdata som har använts för att producera rapporten ägs av Indalsälvens Vattenregleringsföretag.

2.4 Nyttjande av hydraulisk modell

Ett godkännande via medgivande behövs innan tillgång till data kan erhållas för den hydrauliska modellen. Det kan även tillkomma en kostnad för framtagande av data. För tillgång till modellen hänvisas till WSP.

3. Beräkningar – förutsättningar och genomförande

3.1 Flöden

Översvämningskartering har gjorts för tre nivåer som motsvarar ett normalflöde i älven, ett flöde med 100 års återkomsttid (100-årsflödet), respektive ett beräknat högsta flöde (klass I-flöden enligt riktlinjerna).

I de översiktliga översvämningskarteringar som tas fram på uppdrag av MSB har 100-årsflödet och 200-årsflödet normalt anpassats till ett förväntat klimat år 2098. Detta gäller dock inte det material som tagits fram för Indalsälven. För Indalsälven har 100-årsflöde och BHF utan klimatanpassning använts.

De flödesuppgifter som har använts i modellen har erhållits av Indalsälvens vattenregleringsföretag. Normalflöden och 100-årsflöden har anpassats så att de alltid ökar nedströms. Uppgifter om flöden för respektive anläggning finns i Bilaga 2.

Normalflöde

Medelvattenföringen för kraftstationerna i älven har använts som normalflöde. Flödet har antagits vara stationärt. Uppgifterna om medelvattenföring har hämtats från *Schematisk bild av Indalsälven*, Indalsälvens Vattenregleringsföretag daterad 2012-04-20.

100-årsflöde

100-årsflöden har antagits vara konstanta under så lång tid att stationära förhållanden hinner etableras, det vill säga att tappning från ett magasin blir lika stor som tillrinningen. 100-årsflödena har hämtats från en sammanställning med namnet Indalsälven *Sammanställning av Riskklass I-flöden 2009-01-30* från Indalsälvens Vattenregleringsföretag.

Beräknat högsta flöde (klass I-flöde)

Beräknat högsta flöde (klass I-flöde) för respektive anläggning har erhållits från Indalsälvens vattenregleringsföretag som flödessekvenser över en 14-dagarsperiod. I beräkningarna har ett stationärt grundflöde motsvarande medelvärdet av de uppmätta årsmaxima (MHq) antagits gälla i älven när klass I-sekvensen börjar. Klass I-flödet har hämtats från *Sammanställning av Riskklass I-flöden 2009-01-30* från Indalsälvens Vattenregleringsföretag.

Inom projektet har dessa flödessekvenser använts för att beräkna vattennivåer och därefter skapat översvämningsskikt.

3.2 Modellbeskrivning av vattendraget

I översvämningskarteringen av Indalsälven har en endimensionell hydraulisk modell använts. I endimensionella hydrauliska modeller beskrivs vattendraget med hjälp av tvärsektioner som läggs vinkelrätt tvärs över huvudfåran och eventuella förgreningar. Tvärsektionerna ska täcka in den översvämmade sektionen vid höga flöden och måste därför sträcka sig tillräckligt långt utanför

den normala å- eller älvsektionen. Vattendragets råhet (friktion) beskrivs med en råhetsparameter (vanligen ett s.k. Mannings tal), vilken justeras när modellen kalibreras in mot kända flöden och vattennivåer.

Modellen över Indalsälven omfattar 430 km inkl. sidofårorna Storån, Åreälven, Långan, Hårkan och Ammerån. Modellen har byggts upp av ca 2 500 tvärsektioner med medelavstånd ca 500 m. Hög upplösning (dvs. täta sektioner) har använts vid broar eller andra förträngningar, samt vid ändringar i älvbottens lutning.

I modellen finns 43 dammanläggningar och 119 broar inlagda. För beskrivning av broar har sammanställningsritningar från Vägverket och Banverket (idag Trafikverket) använts. I de fall ritningar inte har funnits har överkant brobana uppskattats från laserskannade data. Spännvidden har uppskattats genom att jämföra flygfoton och laserskannade data. För beskrivning av dammar har uppgifter erhållits från dammägarna vilket inkluderar utdrag från kraftindustrins dammregister för de olika anläggningarna, samt viss flödes- och vattenståndsstatistik.

Den hydrauliska modellen är framtagen med hjälp av en terrängmodell som upprättats inom projektet. Terrängmodellen har byggts upp av två delar; en markmodell och en bottenmodell med strandlinjen som begränsningslinje. Markmodellen är uppbyggd av flygburen laserskanning. De laserskannade punkterna är tagna från en flyghöjd på 2 000 m med täckning som motsvarar 0,3 punkter/m².

Underlaget för bottenmodellen kommer mestadels från analoga kartor (papperskopior) med bottennivåkurvor eller punktdata. För de områden där ekolodad bottendata funnits tillgänglig har detta använts. Utöver djupkartor har bottenprofiler från exempelvis broritningar och dammritningar använts. En del av älven saknar dock bottenunderlag.

Terrängmodellen har formatet ESRI GRID 5 m upplösning.

3.3 Hydrauliska beräkningar

För vattenståndsberäkningarna har WSP använt det hydrodynamiska modellverktyget MIKE11 som har utvecklats av DHI Water & Environment. MIKE11 är en endimensionell modell som bygger på Saint-Venants ekvationer. För en ingående beskrivning av modellen hänvisas till MIKE11 Reference Manual [3] och MIKE11 User Manual [4].

3.3.1 Antaganden

Följande antaganden har gjorts vid beräkningarna:

- Turbintappning medräknas inte som tappning vid flöden större än normalflödet.
- Bropelare och brofundament kan ge dämning, men dämning från brobanan medräknas inte, dvs. brobanan antas spolas bort när vattnet når underkanten. Detta är ett antagande som skiljer sig från MSB:s övriga översiktliga översvämningsskarteringar där brobanan antas vara kvar och kan verka dämmande.
- Älvfåran antas ha konstant geometri genom beräkningarna och påverkas alltså inte av erosion eller tillfälliga fördämningar. Mindre dammar som

överspolas vid höga flöden antas dock eroderas ner vilket även innebär att den volym som däms inne av dessa dammar frisläpps i beräkningarna. Detta antagande skiljer sig från MSB:s egna karteringar.

- Ingen hänsyn har tagits till eventuella vågor och vindsnedställning i magasinen.

Karakteristiska värden för havsvattenstånd är erhållna från SMHI [5]. Havsvattennivån har satts till MW, medelvattenstånd (0 m (RH70)) vid beräkning av normalflöde i älven och till HHW₁₀₀, hundraårsvattenstånd (+1,26 m (RH70)) vid beräkning av höga flöden i älven (Q₁₀₀ och beräknat högsta flöde (BHF)) vilket är det högsta vattenstånd som uppmätts i Spikarna nära Ångermanälvens utlopp i havet (1984-01-14).

Beräkningarna har utförts i höjdsystemet RH70, och omvandlats till RH2000 vilket resultatet från översvämningsskarteringarna presenteras i. Observera att andra kombinationer av högflöden och havsvattenstånd har använts i MSB:s övriga översiktliga översvämningsskarteringar.

3.3.2 Kalibrering

Vid kalibrering försöker man återskapa ett tidigare känt flödestillfälle. För Indalsälven har det dock inte funnits tillräckligt med samtidiga mätningar vid ett flödestillfälle. WSP gör bedömningen att dammanläggningarna bestämmer vattennivån i stora delar av vattendraget. Det finns mycket god kännedom om dammarnas avbördningsförmåga vilket har gett bra precision för stora delar av vattendraget.

Kontroll av modellen har gjorts iterativt i beräkningarna genom jämförelse av den beräknade normalvattenytans utbredning och flygfoton. Justering av tvärsektioner har även gjorts genom jämförelse med flygfoton och med hänsyn till kommentarer på vattenutbredningsskikten för QN och Q₁₀₀ erhållna från kommuner och dammägare.

Injustering av modellen har gjorts genom justering av tvärsektioner samt i några fall genom justering av Mannings tal. Mannings tal, som beskriver vattendragets råhet har satts i intervallet 20-35. Som utgångsvärde har $M=30$ använts för hela älven.

För övriga hydrauliska parametrar (t.ex. accelerations- och retardationsförlustkoefficienter) har defaultvärden i MIKE 11 använts.

Översvämningsskarteringen är utförd med ett övergripande perspektiv för vattendraget som helhet. För detaljplanering av bostäder och verksamheter samt detaljerade riskbedömningar bör modellen/karteringens kvalitet i det område som är aktuellt kontrolleras och eventuellt kompletteras med mer detaljerat underlag.

3.4 Framtagning av översvämningsskikt

Det geografiska informationssystemet ArcGIS har använts för interpolering av beräknade vattenstånd mellan tvärsektionerna och jämförts med höjddmodellen för att få fram översvämningens geografiska utbredning. I de biflöden där inga tvärsektioner har använts för att beskriva fåran har beräknade vattennivåer från huvudfåran använts för att kartera biflödenas mynning i huvudfåran. För beskrivning av topografin har samma höjddata använts som vid konstruktionen av tvärsektioner för den hydrauliska modelleringen.

4. Transformerering av höjdsystem

Transformereringen av vattennivåer från höjdsystem RH70 till RH2000 utfördes i GIS (ArcGIS Pro) för GIS-skikt i punktformat och innebar:

- En uppskattning av skillnaden i höjd mellan höjdsystemen RH70 och RH2000 i närheten av vattennivåpunkter
- En addition av den uppskattade skillnaden till vattennivåer beräknat i RH70.

Transformereringen baserades på stompunktsdata framtaget av Lantmäteriet och utfördes enligt följande steg:

1. Höjdskillnaden mellan två höjdsystem räknades fram för alla stompunkter.
2. Kvalitetskontroll av stompunktsdata utfördes utifrån rumsliga variationer av höjdskillnader.
3. Närhetsanalys, dvs definiering av den närmaste stompunkten, genomfördes för varje vattennivåpunkt med hjälp av verktyget "Create Thiessen polygons"
4. Höjdskillnaden från den närmaste stompunkten adderades till vattennivån beräknat i RH70.
5. Analys av eventuella brister i metoden genomfördes.

De vattennivåer som ingick i analysen var:

- Normalvattenflöde (QN)
- 100-årsflöde (Q100)
- Beräknat högsta flöde (QKlassI).

En mer detaljerad beskrivning av transformeringsmetoden hittas i Bilaga 3.

5. Resultat

Resultatet av de hydrauliska beräkningarna består av:

- Vattenutbredningsskikt som visar den maximala utbredningen vid respektive scenario.
- Vattennivåer för beräkningssektionerna redovisat i punktskikt, punkterna innehåller information om maximal vattennivå för aktuellt scenario; normalvattennivå, vattennivå för Q100 och vattennivå för beräknat högsta flöde (BHF) i RH2000.

6. Litteraturförteckning

- [1] Bergström, S. 1992. *The HBV Model – its structure and applications.* SMHI RH, No. 4.
- [2] Svensk Energi, Svenska Kraftnät och SveMin. *Riktlinjer för bestämning av dimensionerade flöden för dammanläggningar – Nyutgåva 2007.*
- [3] Danish Hydraulic Institute, 1995. *Mike 11 Reference Manual.*
- [4] Danish Hydraulic Institute, 1995. *Mike 11 User Manual.*
- [5] SMHI, *Havsvattenstånd, Station Spikarna (med stöd av Draghällan), daterad 2011-01-17*

Bilaga 1: Beskrivning av digitalt material

Översvämningskarteringarna finns tillgängliga som digitala geografiska data i koordinatsystem i plan SWEREF99 TM och höjdsystem RH2000. Data levereras som shapefiler (.shp).

För det karterade vattendraget levereras tre ytskikt, ett för varje flödesscenario och ett punktskikt, som innehåller alla flödesscenario.

Ytskikten består av resultatfiler.

ArcGIS-format:

Ytskikt	Filnamn
Översvämningsytan för normalflöde	QN
Översvämningsytan för 100-årsflöde	Q100
Översvämningsytan för beräknat högsta flöde.	QKlassIMax

Punktskikt	Filnamn
Punktskikt för vattennivåer för normalflöde, 100-årsflöde och beräknat högsta flöde.	Indalsalven_QN_Q100_QklassI_RH2000

Bilaga 2: Kompletta flödestabell

Tabellen innehåller samtliga flöden som har använts i arbetet med karteringen. Tabellen presenterar flöden vid dammanläggningarna i älven som presenteras i ordningen de ligger i från uppströms till nedströms. För källa för de olika flödena hänvisas till kapitel 3.1 i rapporten.

Dammanläggning	Normalflöde*	100-årsflöde	Klass I-flöde
Torrön	49	320	520
Juveln	60	345	550
Rensjöarna	3,1	27	48
Anjan	15	115	190
Järpströmmen	93	485	795
Greningen Övre	0,6	7	16
(Greningen Nedre)	0,6	7	-
Helgesjön	1,3	20	45
(Slagsån)	1,3	20	-
Mörsil	162	1180	2040
Häckren	25	305	560
(Sällsjön)	26	325	605
Hissmofors	238	1035	1690
Kattstrupeforsen	239	1035	1690
Granboforsen	237	1040	1695
Midskog	373	1885	3085
Näverede	368	1885	3085
Stugun	358	1890	3100
Krångede	392	1880	3075
Gammelänge	392	1880	3080
Hammarforsen	434	2100	3405
Svarthålsforsen	440	2110	3435
Stadsforsen	433	2115	3445
Höllforsen	409	2115	3455
Järkvissle	427	2115	3455
Bergeforsen	419	2160	3475
Skälsjön	1,1	25	33
Oxsjön	2,4	42	49
Stora Stensjön	8,4	83	140
(Nedre Lilla Stensjön)	9,2	93	140
Rörvattnet (Kvarnfallsdammen)	19	215	350
Stor-Foskvattnet	2,7	64	105
(Lilla Foskvattnet)	3,1	70	-
(Hotagen)	67	805	1290
Näsaforsen	74	810	1300
Högfors	77	855	1370
Burvattnet	4,1	44	75
Stora Mjölkvattnet	10,3	110	195
Övre Lilla Mjölkvattnet	12,4	130	235
Korsvattnet	3,4	42	77
Övre Oldsjön	7,4	65	110
(Rönnöfors)	29	305	540
Landösjön	33	306	500
(Långforsen)	-	-	-

Värdena är för dagens klimat och ingen hänsyn har tagits till klimatscenarier

Bilaga 3: Metodbeskrivning för transformering av höjdsystem från RH70 till RH2000

Transformeringen av vattennivåer från höjdsystem RH70 till RH2000 utfördes i GIS (ArcGIS Pro) för GIS-skikt i punktformat och innebär:

- En uppskattning av skillnaden i höjd mellan höjdsystem RH70 och RH2000 i närheten av vattennivåpunkter
- En addition av den uppskattade skillnaden till vattennivåer beräknat i RH70.

De vattennivåer som ingår i analysen är:

- Normalvattenflöde (QN)
- 100-årsflöde (Q100)
- Beräknat högsta flöde (QKlassI).

Underlag

Transformeringen baserades på *stompunktdata* (bild 1) som tagits fram och ständigt uppdateras av Lantmäteriets Geodesienheten. En stompunkt är en fast markerad punkt med noggrant definierade plan- och höjdkoordinater.

Stompunktdata utgör ett irreguljärt nätverk där de flesta punkterna ligger längs vägar.

För transformeringen används ett utdrag från stompunkt-databas i form av *.csv fil som innehåller stompunkt ID, plankoordinater i SWEREF99 och höjdkoordinater i RH70, RHB70 och RH2000.

RHB70 är beteckningen för höjder som har beräknats i systemet RH70, men med nya mätningar av god kvalitet från den tredje precisionsavvägningen. Men andra ord är det en förtätning av RH70 som resulterar i att det finns mer punkter med högre kvalitet i RHB70 i jämförelse med RH70. På grund av detta utgått transformeringen från höjder i RHB70.

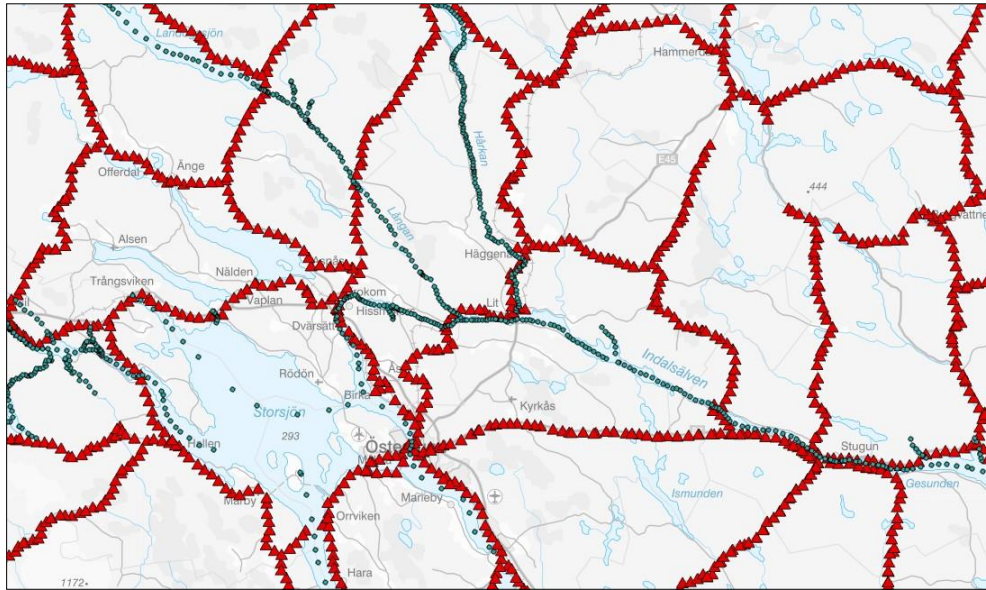


Bild 1 Stompunktnät (röda trianglar) längs Indalsälven. Punktskikt med vattennivåer visas i blå.

Metod

Transformeringen utfördes enligt följande steg:

1. Skillnaden i höjden mellan RHB70 och RH2000 räknades fram i attributtabeln för alla stompunkter inom en 30-km radie från vattennivå-lager.

$$\Delta H = H_{RH2000} - H_{RHB70}$$

Det visade sig att höjdskillnaden varierar från 0.11 till 0.31 m inom utredningsområdet.

2. Kvalitetskontroll av underlagsdata genomfördes för att ta bort eventuella artefaktvärden (dvs. värden med stor avvikelse från närliggande värden som förekommer på grund av mätfel). Analysen av den beräknade höjdskillnaden har visat att det brukar finnas en väldigt låg variation (högst flera cm) mellan de stompunkterna som ligger nära varandra (bild 2).

Det leder till två viktiga slutsatser.

- Om det förekommer en skärpt ändring av höjdskillnaden (mer än 1 dm) i en punkt fast andra punkter i omgivningen har ungefär samma värde, kan den här stompunkten räknas som en artefakt och tas bort från analysen.
- Om stompunktdata rensas från artefakter, ska höjdskillnaden från en stompunkt (den närmaste) användas för att göra transformeringen av en vattennivåpunkt. Med andra ord behövs inget genomsnittsvärde av flera angränsande stompunkter tas fram för att höjdskillnaderna mellan de punkterna kan försummas.

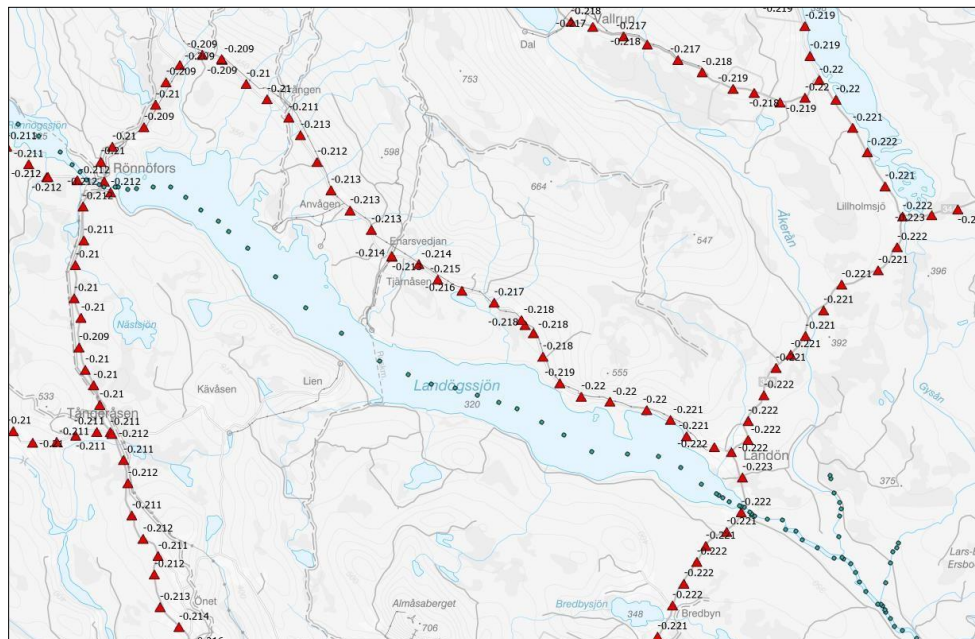


Bild 2 Beräknad höjdskillnad (m) mellan RH2000 och RHB70. Variation i värde inom den närmaste omgivningen av varje punkt ligger på cm nivå.

Den andra slutsatsen gör att det metodmässigt är mer fördelaktigt att först hitta de närmaste stompunkterna och sedan utföra kvalitetskontroll på dem för att minimera antal analyserade stompunkter.

3. Närhetsanalys, dvs. definiering av den närmaste punkten, har genomförts i GIS med hjälp av verktyget "Create Thiessen polygons". Detta verktyg delar upp area som täcks av ett ingångspunktlager i proximala zoner där alla belägenheter inom en zon är närmare till den associerade ingångspunkten än till någon annan ingångspunkt. Thiessen polygoner har skapats utifrån stompunktlager och ärvt höjdskillnaden mellan RHB70 och RH2000 som ett attribut. En vattennivåpunkts belägenhet inom en Thiessen polygon betyder alltså att denna vattennivåpunkt ligger närmast till en stompunkt kopplad till den här Thiessen polygonen och ärver samma höjdskillnad i sin tur.
4. Ett urval av Thiessen polygoner som innehåller en vattennivåpunkt gjordes med hjälp av verktyget "Select by Location" (Vattennivåpunkterna borde korsa Thiessen polygoner). En kvalitetskontroll av höjdskillnader utfördes med hjälp av en färgskala. Metoden har tydligt belyst artefakter i stompunktsdata (bild 3). Artefaktvärden har ersatts med genomsnittsvärde av de närmaste punkterna. Totalt har 11 artefakter justeras för samtliga älven.

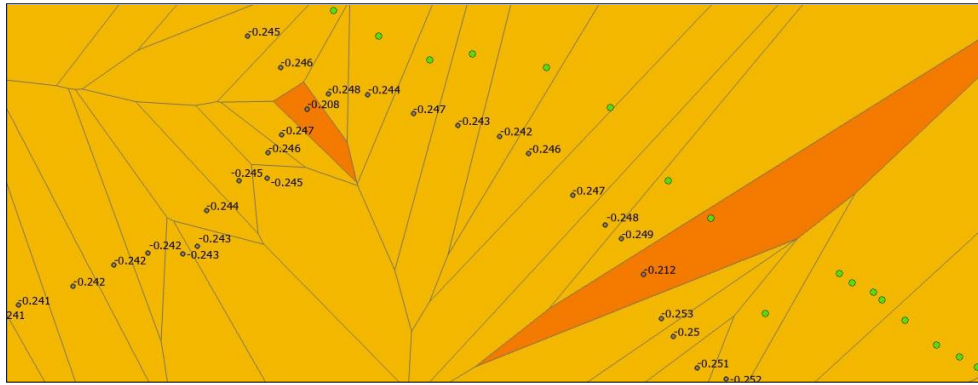


Bild 3 Thiessen polygoner framtagna utifrån stompunktdata (gråa punkter). Färgerna visar höjdskillnaden mellan RH70 och RH2000. Vattennivåpunkterna visas i grön.

5. Höjdskillnaden har kopplats till vattennivåpunkter med hjälp av verktyget "Spatial Join". Verktöget kopplar attribut av objekt från två lager om det finns vissa topologiska relationer mellan dessa objekt. I detta fall borde vattennivåpunkt befinna sig inom en Thiessen polygon.
6. Till sist har höjdskillnaden lagts till vattennivåer av olika scenarier. Tre nya attributfält har tagits fram som innehåller höjder för vattennivåer i RH2000. Fast höjdskillnaden för stompunkterna finns i mm, redovisas vattennivåer i RH2000 i cm med tanke på lägre upplösning av de ursprungliga vattennivåerna i RH70.

Eventuella brister

Den genomförda transformeringen av höjdsystem baseras på den närmsta kända höjdskillnaden till varje vattennivåpunkt som innebär att kvalitet av transformeringen varierar från punkt till punkt och beror bland annat på distans mellan vattennivåpunkt och den närmaste stompunkten. Denna distans varierar från 10 m till 22 km (upp i fjällen). Stompunktnätet, som är mycket irreguljärt och har stora håll speciellt i den norra delen av landet, är den första källan till osäkerheter i transformeringen. Men samtidigt är det den bästa möjliga "gissning" i brist på bättre underlagsdata.

Den genomförda transformeringen avser inte redigeringen av de vattennivåerna som blev tidigare framtagna i RH70. Alla eventuella brister t.ex. kopplade till begränsningar i modellering som gäller vattennivåer i RH70, är också aktuella för vattennivåer i RH2000.

Små variationer i höjdskillnaden vid olika stompunkterna resulterar ibland att vattennivåer får högre värde i en punkt som ligger nedströms i jämförelse med en angränsade punkt uppströms. Sådana avvikelser överstiger inte 1-2 cm och påverkar därför inte den översiktliga vattenströmning.

