

PM MODELLBESKRIVNING RÖNNE Å

UPPDRAG Löpande rådgivning översvämningsfrågor	UPPDRAGSLEDARE Beatrice Nordlöf	DATUM 2021-03-26
UPPDRAGSNUMMER 13012932	UPPRÄTTAD AV Fainaz Inamdeen Beatrice Nordlöf	GRANSKAD AV Charlotta Lövestedt

Inledning

Detta PM utgör en teknisk sammanfattning av arbete som genomförts av Lunds tekniska högskola (LTH) för Ängelholms kommuns räkning gällande översvämningsmodellering för Rönne å. Detta PM har huvudsakligen författats av Fainaz Inamdeen, LTH, och översatts till svenska av Sweco. PM:ets struktur och innehåll har tagits fram i samråd mellan Ängelholms kommun, Sweco och LTH. Sweco ansvarar inte för den modell som beskrivs i PM, och tar ej ansvar för modellens resultat eller riktighet. Swecos arbete är begränsat till att strukturera detta PM, översätta och samordna mellan Ängelholms kommun och LTH.

Bakgrund

Ängelholms kommun arbetar med ett flertal detaljplaner i anslutning till Rönne å. I samband med planarbetet behöver översvämningsrisker från vattendraget beaktas. Kommunen har tidigare utgått från en kartering framtagen av SMHI vid bedömning av översvämningsrisker från Rönne å. Inom ramarna för ett examensarbete vid LTH (Inamdeen, 2020) togs en hydraulisk modell över Rönne å fram baserat på nyare och mer högupplöst underlag än den tidigare modellen från SMHI. Syftet med LTH:s modell var att beskriva erosionsrisker längs med vattendraget. För att möjliggöra en mer detaljerad beskrivning av översvämningsrisker längs med Rönne å har denna modell uppdaterats och anpassats. Modellen skiljer sig från tidigare framtagna modeller och utredningar genom att utgå från mer högupplöst underlagsdata i form av en undervattensskanning av Rönne ås bottenpografi. Hydrauliska modeller kräver generellt tillförlitliga data över bottenpografi och markhöjder för att ge tillförlitliga resultat. Vidare har en omfattande analys av indata i form av flöden och vattenstånd gjorts, denna analys ligger till grund för val av beräkningsscenario till modellen. Modellen har använts för att beräkna ett stort antal scenarion som inte beräknats med tidigare modeller. Modellen har även kalibrerats och validerats för en längre period.

Detta PM innehåller en beskrivning av hur modellen tagits fram samt en sammanställning av ett antal scenarion som beräknats med modellen.

Inom ramarna för detta arbete har två typer av simuleringar genomförts:

- Simulering av historiska data för perioden 1981–2019
- Simulering av utvalda karaktäristiska scenarion

Modellbeskrivning

Hydraulisk modell

Modellen över Rönne å är framtagen med modellverktyget HEC-RAS. Modellen är endimensionell och täcker en 12 km lång sträcka av vattendraget.

HEC-RAS är ett hydrauliskt modelleringsprogram med öppen källkod utvecklat av US Army Corps of Engineers. HEC-RAS används för att genomföra endimensionella beräkningar av stationära och gradvis varierande flöden utifrån från följande antaganden (Brunner, 2016):

1. Flödet är stationärt och därmed är hydrauliska egenskaper tidsberoende
2. Flödet är endimensionellt, endast en flödesriktning beaktas i beräkningen
3. Vattendragets lutning är flackare än 0,1.

Modellgeometri

Höjddata och bottentopografi

Bottentopografidata för Rönne å kommer från en mätning genomförd av MarCon Teknik AB på uppdrag av Ängelholms kommun (Grännsjö, 2020). Insamlingen genomfördes från oktober 2019 till april 2020. Mätningen genomfördes med multibeam ekolod och omfattade en sträcka av 12 km från mynningen i Skälderviken till bron vid väg E6. Höjddata i vattendraget har en upplösning på 0,5x0,5 m.

Höjddata utanför vattendraget baseras på Lantmäteriets höjdmodell Laserdata skog med upplösning 1x1 m, inskanning av det aktuella området skedde under 2019.

All höjddata är i koordinatsystem SWEREF 99 och höjdsystem RH2000. Samtliga höjdangivelser i detta PM är i höjdsystem RH2000.

Uppbyggnad av modellgeometri

Modellgeometrin byggdes upp med hjälp av HEC-RAS GIS-verktyg RAS Mapper. Bottentopografidata och höjddata laddades in i RAS Mapper, därefter definierades tvärsektioner manuellt längs med vattendraget. Tvärsektionernas läge bestämdes utifrån områdets topografi. Tvärsektionernas bredd anpassades för att omfatta hela det översvämningssområde som kan uppstå vid högre flöden, detta gjordes utifrån antaganden om vilka sekundära flödesvägar som kan uppstå utanför huvudfåran i samband med högflöde. Modellens tvärsektioner visas i Figur 1.



Figur 1 Översiktsbild över modellens tvärsektioner (gröna linjer).

Den berörda sträckan av Rönne å korsas av 16 broar, dessa har inkluderats i den hydrauliska modellen.

Randvillkor

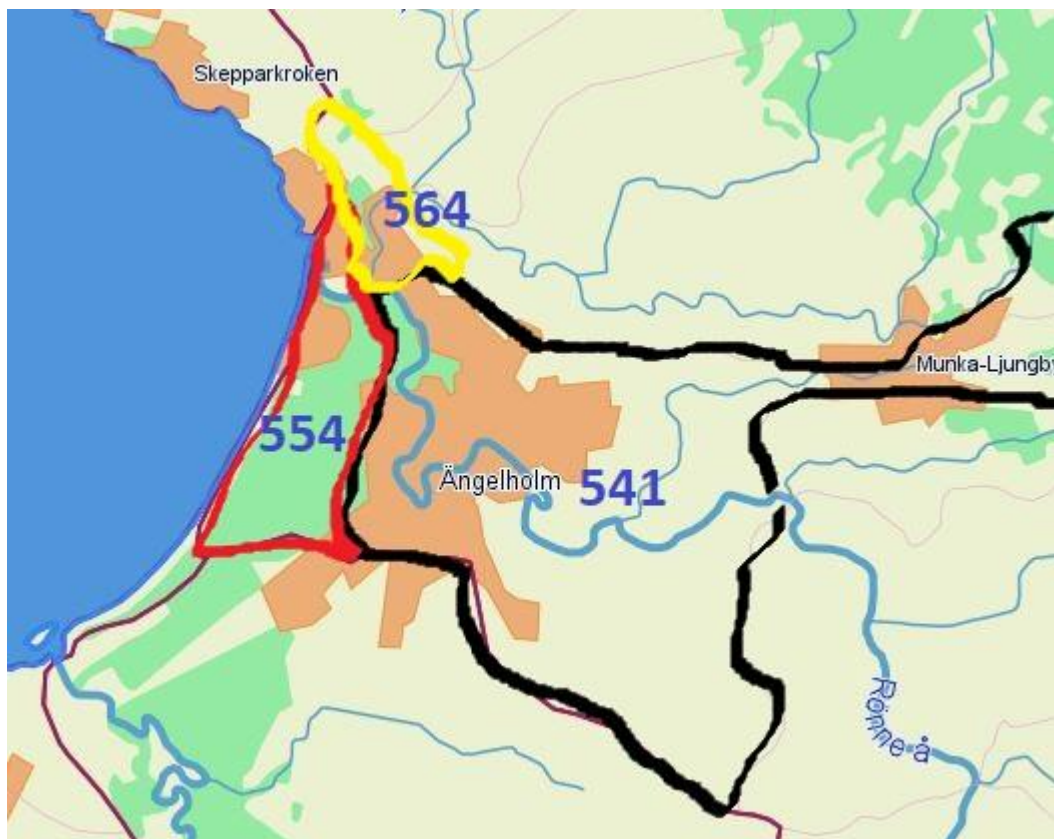
Randvillkor i form av flödesdata har lagts in i enskilda tvärsektioner i modellen baserat på de delavrinningsområden som visas i Figur 2. Havsvattennivån i Skälderviken används som nedströms randvillkor. Nedan beskrivs vilket underlag som använts för framtagande av randvillkor till modellen.

Flödesdata

Flödesdata för Rönne å har beräknats med SMHI:s modell S-HYPE och inhämtats från vattenwebb (SMHI, 2020). Det finns inga mätstationer för flöde i anslutning till modellområdet. Den närmast belägna mätstationen är Forsmöllans Krv, denna är belägen cirka 32 km uppströms den berörda sträckan av vattendraget, vilket gör att data från denna mätstation inte kan antas representera förhållandena i modellområdet.

Data har hämtats från tre av S-HYPE modellens delavrinningsområden, dessa är markerade i Figur 2 nedan. Flödet ut från delavrinningsområde 554 representerar det ackumulerade totala flödet i Rönne å.

Dataserien för flödesdata täcker perioden 1981-2019.



Figur 2 Delavrinningsområden i anslutning till den modellerade sträckan av Rönne å. Bildkälla: (Inamdeen, 2020)

Havsvattenstånd

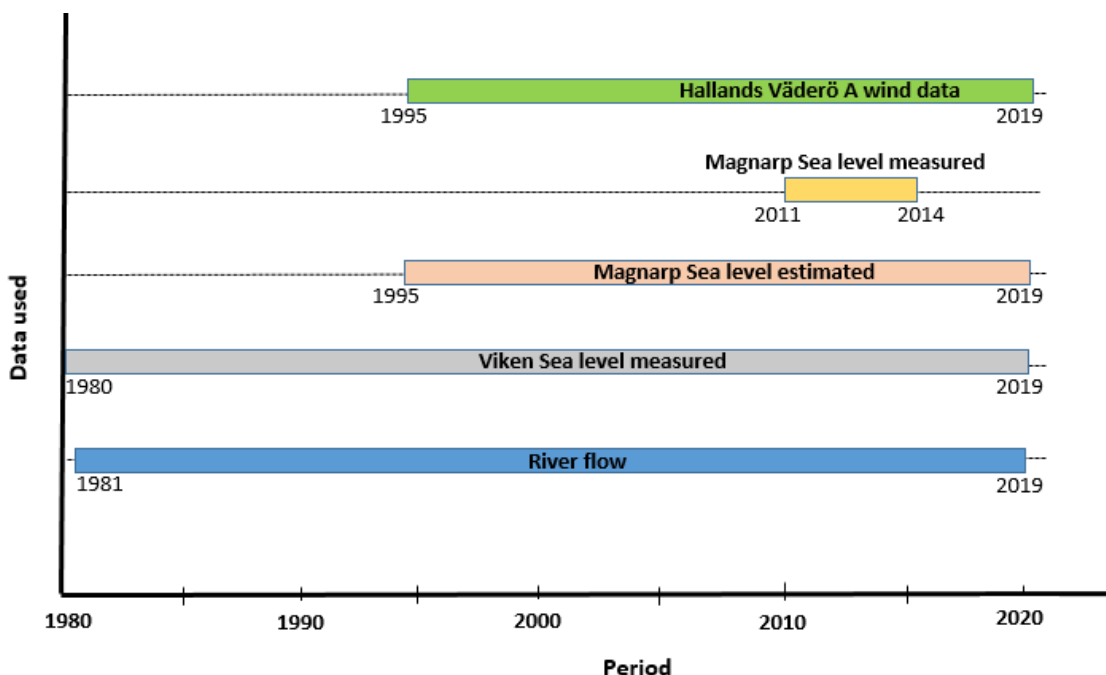
Havsnivån är en viktig parameter vid översvämningsmodellering i kustnära områden, och används som nedströms randvillkor i modellen. Havsvattenståndet i mynningen påverkar de beräknade vattennivåerna längs Rönne å, särskilt i samband med lågflöde. Påverkan är störst i de nedströms delarna av vattendraget, längre uppströms är effekten mindre märkbar.

Den närmast belägna mätaren för havsvattenstånd är SMHI:s mätstation i Magnarp i Skälderviken som var i drift under perioden 2011-03-23 – 2014-05-07. Den närmaste aktiva mätstationen för havsvattenstånd är SMHI:s station Viken belägen cirka 20 km söder om Ängelholm. Havsvattenståndet i Skälderviken för den period som inte omfattas av mätserien från Magnarp har uppskattats utifrån mätdata från Viken och vinddata från SMHI:s mätstation

Hallands Väderö A. Ett samband mellan vattenståndet i Magnarp, vattenståndet i Viken och vinden i Hallands Väderö A togs fram med regressionsanalys (Inamdeen, 2020).

Mätserien från Viken täcker perioden 1976-09-21 – 2019-12-31. Vinddataserien från Hallands Väderö täcker perioden 1961-01-01 – 1965-05-31 och 1995-08-01 – 2019-12-31, dataserierna överlappar således endast under perioden 1995 – 2019. För att erhålla en dataserie med havsvattenstånd som täcker hela perioden 1981 – 2019 där flödesdata finns tillgänglig användes mätdata från Viken för åren 1981 – 1995, då det saknas vinddata för denna period.

Figur 3 visar en sammanställning av de mätserier som används som underlag i analysen och för vilken tidsperiod dessa finns tillgängliga.



Figur 3 Sammanställning av data som används som underlag till analysen.

Kalibrering

Modellen kalibrerades genom justering av Mannings tal för huvudfåran och svämplanet. Mannings tal är ett mått på flödesmotståndet i vattendraget till följd av bottenytans råhet. Som underlag till kalibreringen användas vattenståndsdata från Pyttebron 4650 m uppströms mynningen. Uppmätta maximala dygnsvärden vid Pyttebron jämfördes med modellerade dygnsmaxima för perioden 2011-03-08 till 2014-05-07. Kalibreringsperioden valdes för att kunna använda mätdata från SMHI:s havsvattenståndsmätaren i Magnarp som randvillkor, vilket innebär att osäkerheten i indata är lägre för denna period.

Mannings tal för huvudfåran respektive bankerna antogs vara homogen längs vattendraget, värdet kalibrerades till 0,002 i huvudfåran och 0,004 på svämplanet. R^2 värdet för uppmätt och simulerade data är 0.94 efter kalibrering.

Flödet och havsvattenståndets inverkan på beräknad vattennivå

Havsvattenståndet kan ha stor påverkan på vattenståndet i Rönne å. Därför gjordes en analys av havsvattenståndets och flödets inverkan på vattenståndet i olika delar av vattendraget genom dominansanalys. 45 modellsimuleringar med olika kombinationer av havsvattenstånd och flöde användes i analysen. Flödet varierades mellan höga och låga flöden, och havsvattenståndet varierades från högt till lågt (över 0 m RH2000). Tabell 1 visar en sammanställning av relativ påverkan från havsvattenstånd och flöde längs Rönne å.

Tabell 1 Relativ påverkan av flöde respektive havsvattenstånd på beräknat vattenstånd i olika delar av Rönne å. KPxxxx anger antal meter från mynningen, dvs KP1000 är beläget 1000 m från mynningen.

Läge	Relativ påverkan %	
	Havsnivå	Flöde
KP1000	91,7	8,3
KP2000	83,7	16,3
KP3000	74,6	25,4
KP4000	66,8	33,2
KP5000	60,1	39,9
KP6000	50,4	49,6
KP7000	39	61
KP8000	32,6	67,4
KP9000	30,6	69,4
KP10000	28	72
KP11000	25,6	74,4

Frekvensanalys och beräkning av återkomsttider

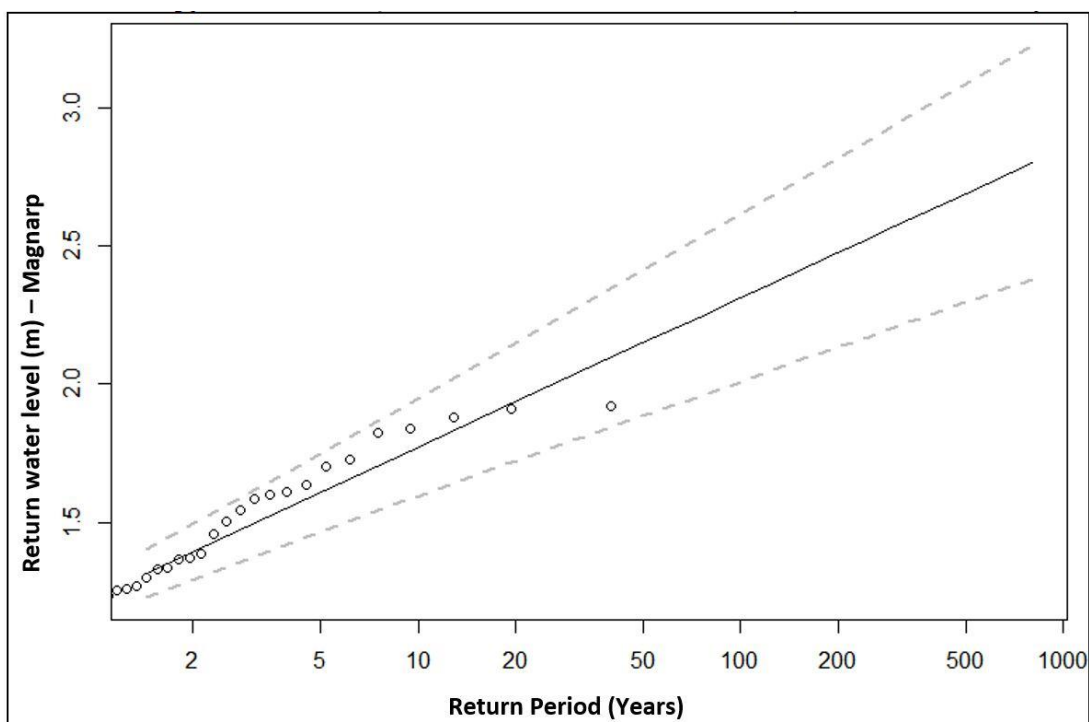
Frekvensanalyser har genomförts för havsvattenståndet i Skälderviken, flödet i vattendraget samt för modellerade vattenstånd i vattendraget. Syftet med frekvensanalyserna är att beräkna karaktäristiska vattenstånd och flöden och ge underlag för modellering av specifika scenarion.

Sweco vill som kommentar till nedanstående stycken poängtera att det är förknippat med mycket stora osäkerheter att extrapolera fram extrema händelser från korta mätserier. En tumregel är att en frekvensanalys ger tillförlitliga uppskattningar av händelser med ungefär dubbelt så långa återkomsttider som mätseriens längd. Detta innebär att händelser med kortare än cirka 80–100 års återkomsttid är lämpliga att extrapolera från den 39 år långa mätserien. Sweco rekommenderar därför att nedanstående beräkningar av flöden med mycket långa återkomsttider tolkas med försiktighet.

Havsvattenstånd

Frekvensanalysen för havsvattenstånd baseras på den 39 år långa serie bestående av mätdata från Magnarp, beräknade vattennivåer i Magnarp samt vattennivåer från Viken som beskrivs ovan. Årsmax från dataserien anpassades till en Gumbelfördelning, resultaten visas i Figur 4. I Tabell 2 presenteras beräknade återkomstnivåer.

Den högsta vattennivå som inträffat under den 39 år långa serien är +1,91 m. Denna nivå uppmättes i Magnarp den 27:e november 2011 i samband med den så kallade Första adventsstormen. Den observerade vindstyrkan i Ängelholm var över 30 m/s. Enligt SMHI ledde de starka vindarna till vinduppstuvning och höga vågor längs hela Skånes kust.



Figur 4 Resultat från frekvensanalys av havsvattenståndsdata. X-axeln visar återkomsttid och y-axel visar nivå. Den anpassade Gumbelfördelningen visas som svart linje, streckade linjer visar 95 % konfidensintervall. Prickar markerar indata.

Tabell 2 Beräknade återkomstnivåer för havsvattenstånd i Magnarp

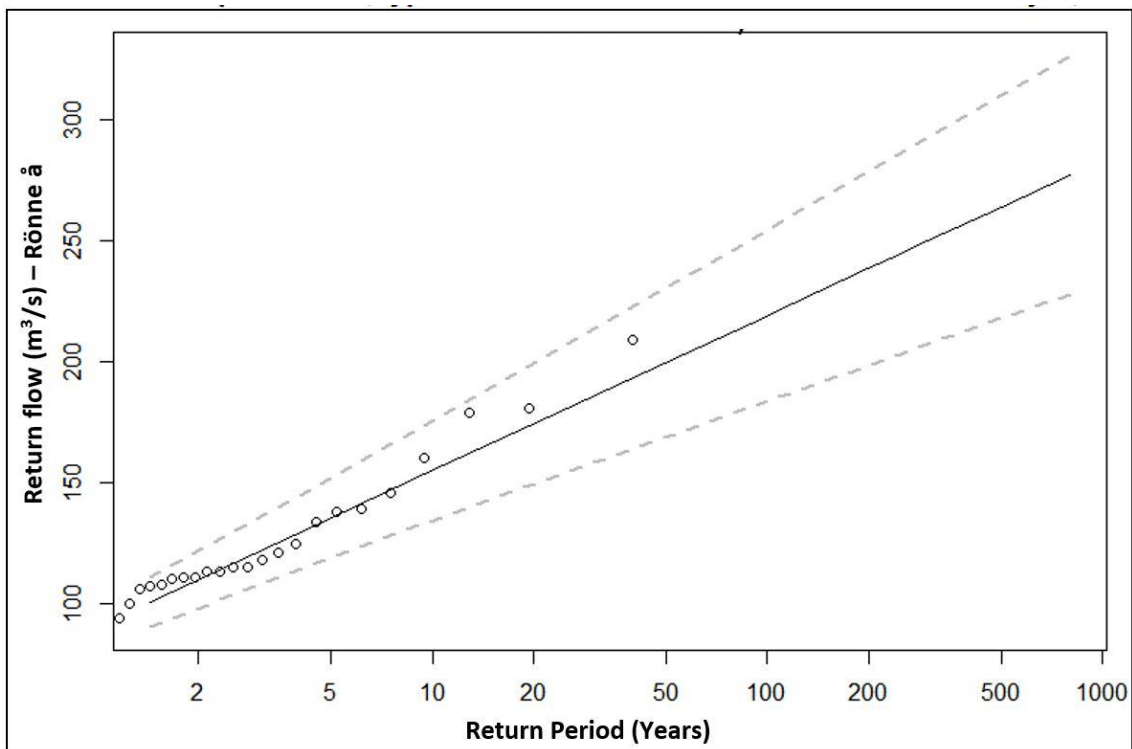
	Beräknade återkomstnivåer från Gumbelfördelning						
	10 år	25 år	50 år	100 år	500 år	1000 år	10 000 år
Vattenivå (m)	1,76	1,98	2,15	2,31	2,69	2,85	3,39
95% Övre konfidensnivå	1,59	1,76	1,88	2,01	2,30	2,42	2,83
95% Lägre konfidensnivå	1,93	2,21	2,41	2,61	3,08	3,29	3,96

Flöde

Frekvensanalysen för flöde i Rönne å baseras på 39 års modellerad data från SMHI:s S-HYPE-modell. Flödet hämtades från delavrinningsområde 554 som representerar det ackumulerade flödet i åns utlopp i Skälderviken. Årsmax från dataserien anpassades till en Gumbelfördelning, resultaten presenteras i Figur 5. I Tabell 3 presenteras beräknade återkomstnivåer.

Det högsta flödet som inträffat under den 39 år långa serien är 209 m³/s. Detta flöde inträffade den 7 juli 2007. Under sommaren 2007 föll ovanligt stora nederbördsmängder över Rönne ås avrinningsområde. Månadsnederbörden var över 200 mm, vilket är 250 % över normal nederbörd i juli månad. Enligt SMHI föll över 70 mm nederbörd över avrinningsområdet under 2 dagar, vilket motsvarar 9 % av årsnederbörden.

Utifrån frekvensanalysen har en uppskattning gjorts av återkomsttiden för det beräknade högsta flödet (BHF) i Rönne å. BHF har beräknats av SMHI till 623 m³/s och använts i tidigare översvämningsmodeller för vattendraget (Björn & Bergreen-Clausen, 2016) (Räddningsverket, 2002). Frekvensanalysen visar att återkomsttiden för detta flöde är i storleksordningen 200 000 000 år. Detta innebär att sannolikheten för att detta flöde ska inträffa ett givet år är $5 \cdot 10^{-7}$ %, och sannolikheten att det inträffar under en 100-årsperiod är $5 \cdot 10^{-5}$ %. Sweco vill kommentera att den uppskattade återkomsttiden för BHF inte är relevant, då det krävs en mycket lång extrapolering för att nå denna nivå. Swecos medskick är den slutsats som kan dras från ovanstående analys är att BHF är ett mycket osannolikt flöde.



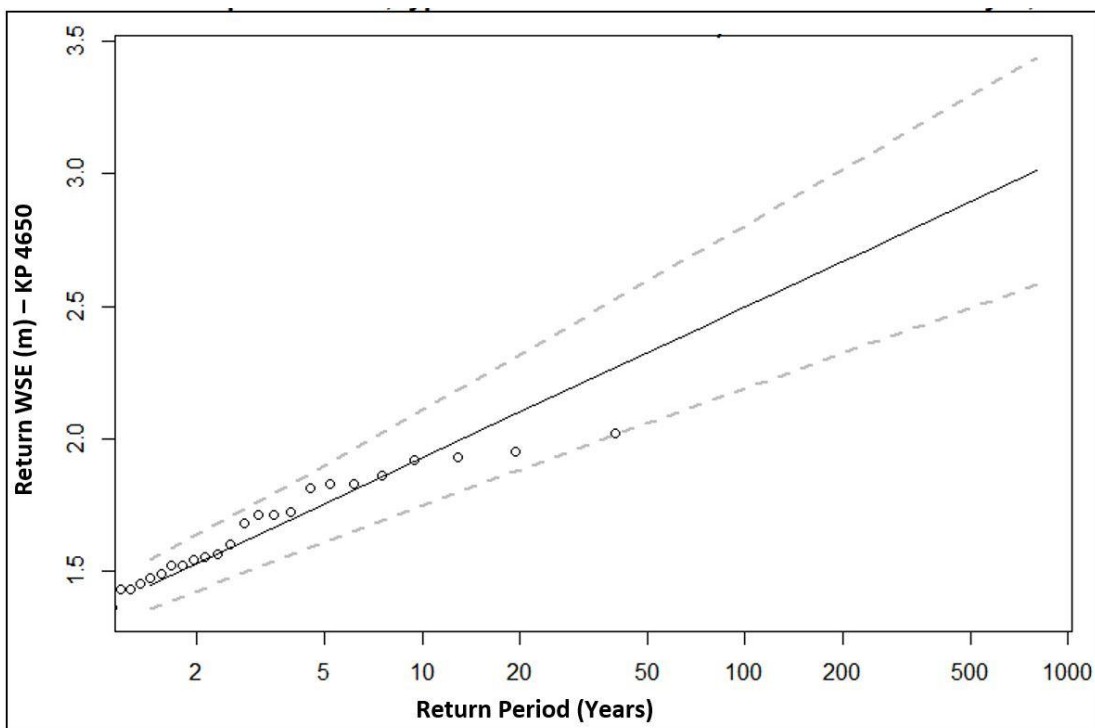
Figur 5 Resultat från frekvensanalys av flödesdata. X-axeln visar återkomsttid och y-axel visar nivå. Den anpassade Gumbelfördelningen visas som svart linje, streckade linjer visar 95 % konfidensintervall. Prickar markerar indata.

Tabell 3 Beräknade återkomstflöden i Rönne å

Återkomstflöde Rönne å			
Återkomsttid	Flöde (m ³ /s)	95 % lägre nivå	95 % övre nivå
25 år	180	154	206
50 år	199	169	230
100 år	219	184	254
500 år	264	218	310
1000 år	283	233	334
10 000 år	348	281	414
100 000 år	412	330	494
1 000 000 år	476	379	574
5 000 000 år	521	412	630
10 000 000 år	541	427	654
100 000 000 år	605	476	734
200 000 000 år	624	490	758
1 000 000 000 år	669	524	814

Vattenstånd i Rönne å

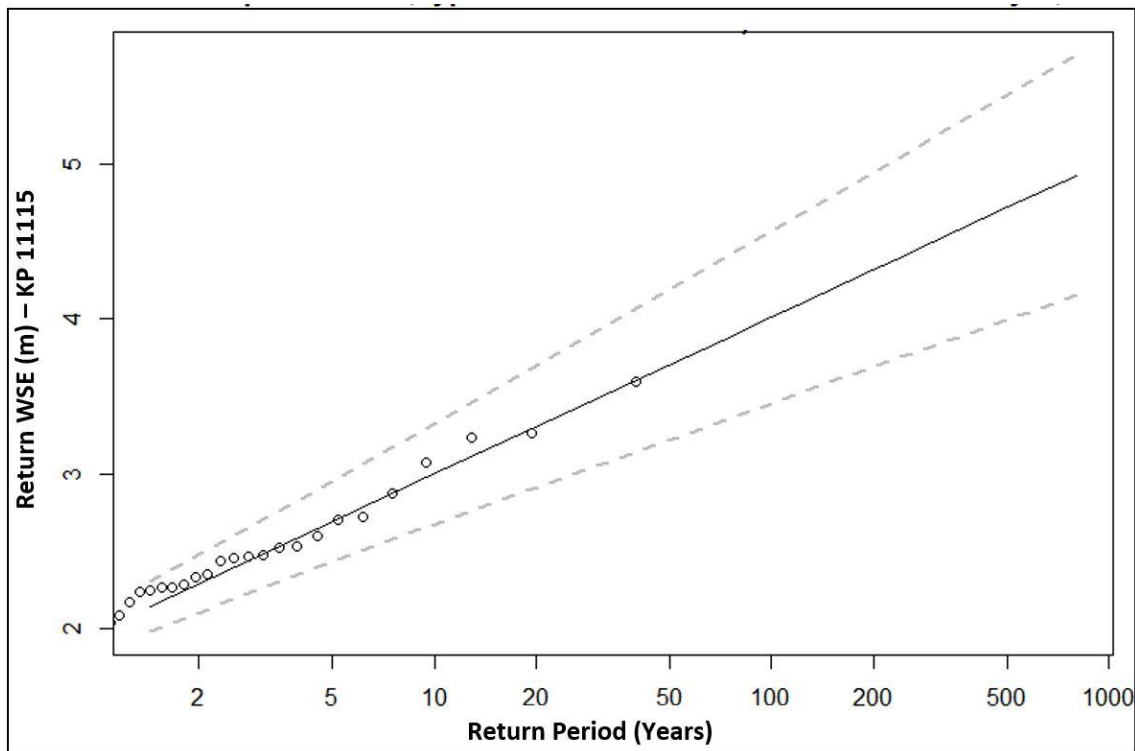
En frekvensanalys för vattenståndet i Rönne å har tagits fram baserat på resultat från HEC-RAS modellen för den 39 år långa modelleringsperioden. Årliga modellerade maxvärden har anpassats till en Gumbelfördelning. Nedan presenteras beräkningsresultat för Pyttebron ca 4,6 km från mynninge, och för den längst uppströms belägna sektionen i modellen, cirka 11 km från mynningen.



Figur 6 Resultat från frekvensanalys av modellerade vattenståndsdata vid Pyttebron. X-axeln visar återkomsttid och y-axel visar nivå. Den anpassade Gumbelfördelningen visas som svart linje, streckade linjer visar 95 % konfidensintervall. Prickar markerar indata.

Tabell 4 Beräknade återkomstnivåer för vattennivån vid Pyttebron.

Beräknade återkomstnivåer från Gumbelfördelning								
	25 år	50 år	100 år	500 år	1000 år	10 000 år	100 000 år	1 000 000 år
Vattennivå KP 4650, Pyttebron (m)	2,15	2,32	2,50	2,90	3,07	3,64	4,21	4,78
95% Lägre konfidensnivå	1,92	2,05	2,19	2,49	2,63	3,06	3,50	3,93
95% Övre konfidensnivå	2,38	2,59	2,80	3,30	3,51	4,21	4,92	5,62



Figur 7 Resultat från frekvensanalys av modellerade vattenståndsdata cirka 11 km från mynningen. X-axeln visar återkomsttid och y-axel visar nivå. Den anpassade Gumbelfördelningen visas som svart linje, streckade linjer visar 95 % konfidensintervall. Prickar markerar indata.

Tabell 5 Beräknade återkomstnivåer ca 11 km från mynningen.

Beräknade återkomstnivåer från Gumbelfördelning								
	25 år	50 år	100 år	500 år	1000 år	10 000 år	100 000 år	1 000 000 år
Vattennivå KP 11115	3,4	3,7	4,0	4,7	5,0	6,0	7,07	8,06
95% Lägre konfidensnivå	3,0	3,2	3,5	4,0	4,2	5,0	5,76	6,53
95% Övre konfidensnivå	3,8	4,2	4,6	5,4	5,8	7,1	8,33	9,59

Beräknade scenarion

Tolv scenarion har beräknats med den hydrauliska modellen, dessa är sammanfattade i Tabell 6. 1000- och 10 000-årsflödet har beräknats med frekvensanalysen som beskrivs ovan. Dessa flöden kombineras med vattennivå 0 m, vattennivå +1 m vilket är i samma storleksordning som en framtida medelvattennivå år 2100, och nivå +2,31 m vilket motsvarar ett 100-årshögvatten i dagens klimat beräknat med frekvensanalysen som beskrivs ovan.

Scenariot FQ100+FW100+100-årsvind är ett scenario som modellerats i en tidigare modell över vattendraget framtagna av SMHI (Björn & Bergreen-Clausen, 2016). Syftet med denna modellberäkning är att ge underlag till jämförelse mot tidigare modeller.

BHF-scenarion har beräknats med flöde framtagna av SMHI år 2002 (Räddningsverket, 2002).

Medelflöde (MQ), medellågföde (MLQ) och medelhögflöde (MHQ) har hämtats från SMHI för delavrinningsområde 554 vid Rönne ås mynning (SMHI, 2021). Flöden har applicerats vid den uppströms randen.

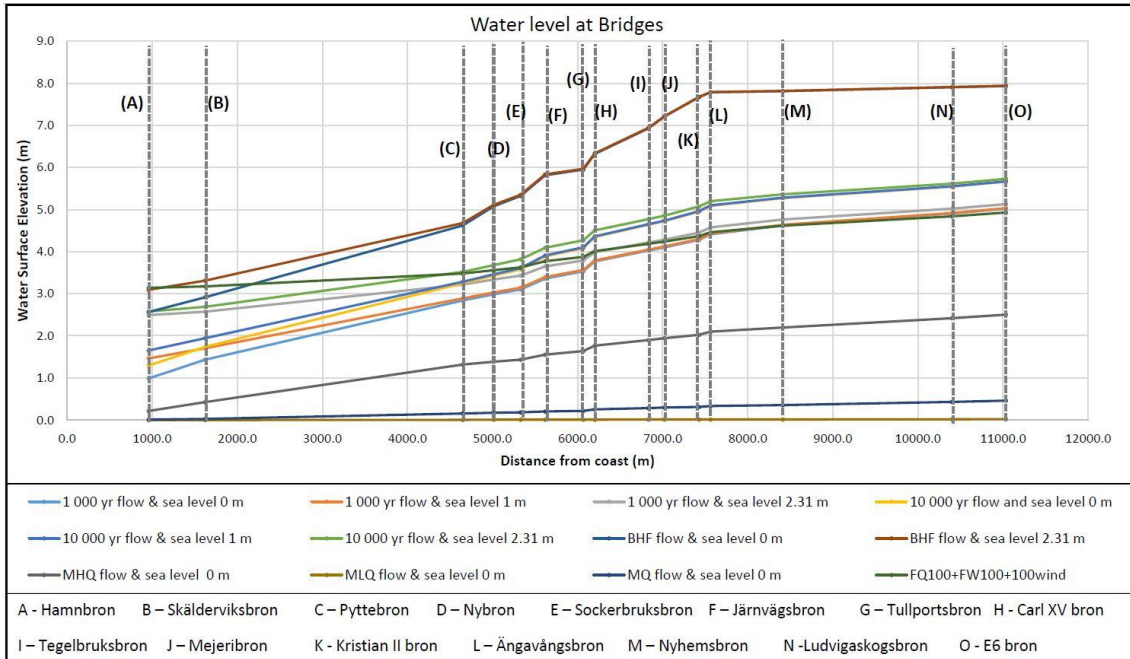
Tabell 6 Sammanställning av scenarion som beräknats med den hydrauliska modellen.

Scenario	Flöde i Rönne å (m ³ /s)	Vattennivå Skälderviken (m, RH 2000)
1 000 år - 1	283,0	0,0
1 000 år - 2	283,0	+ 1,0
1 000 år - 3	283,0	+ 2,31
10 000 år - 1	348,0	0,0
10 000 år - 2	348,0	+ 1,0
10 000 år - 3	348,0	+ 2,31
FQ100+FW100+100-årsvind	248,0	+ 3,05
BHF-1	623,0	0,0
BHF-2	623,0	+ 2,31
MQ	24,081	0,0
MLQ	4,483	0,0
MHQ	107,646	0,0

Resultat

I detta kapitel presenteras resultat för de modellerade scenarierna.

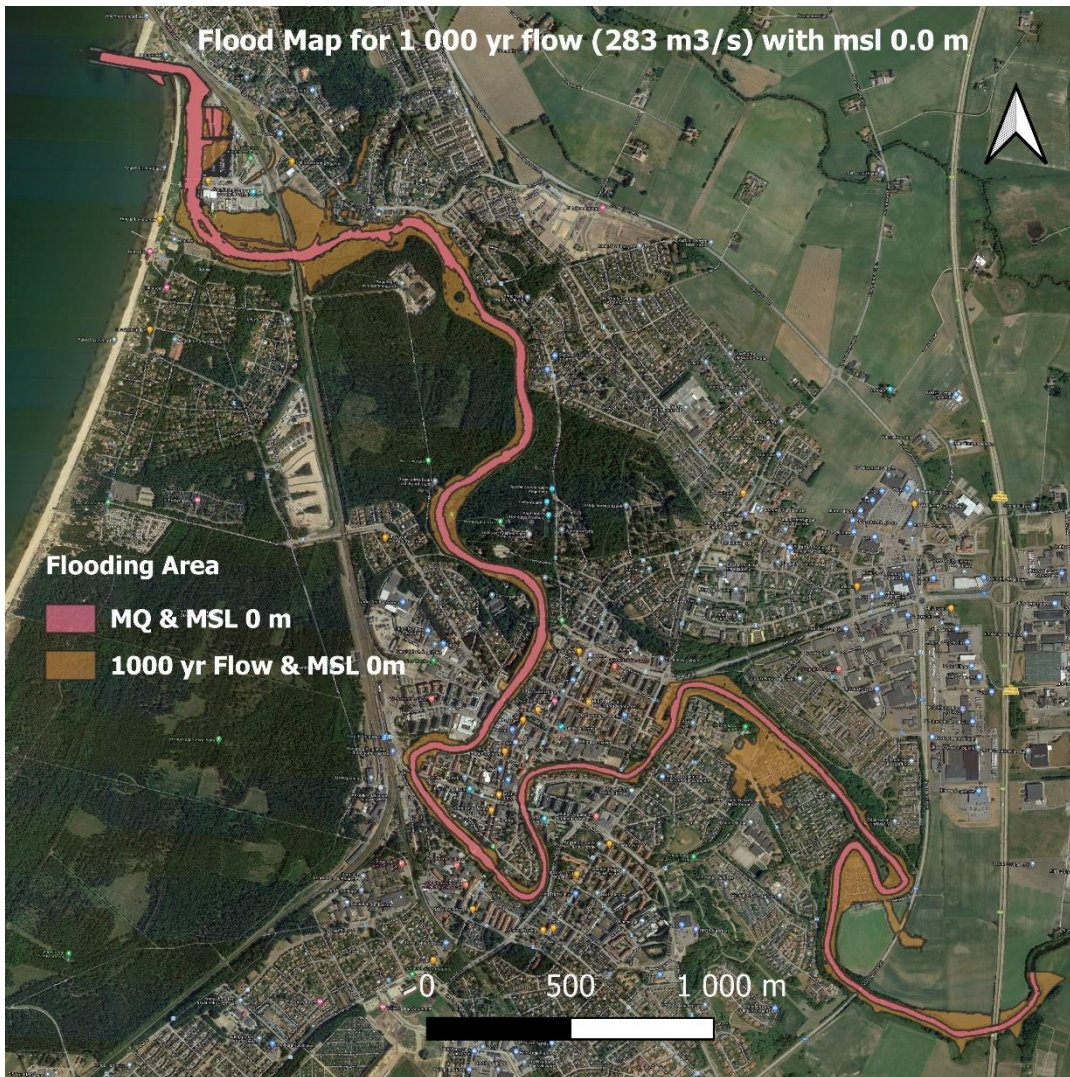
Beräknade vattennivåer längs med vattendraget för samtliga scenarion visas i Figur 8. Beräknade vattennivåer presenteras separat för respektive scenario i tabellform i appendix. Översvämningsskator presenteras för 9 av de 12 scenarierna, MQ, MLQ och MHQ inte ger upphov till översvämning därför presenteras inga kartor för dessa scenarion.



Figur 8 Beräknad vattennivå längs med Rönne å för de tolv modellerade scenarierna. Läget för broar längs med vattendraget är markerade i figuren.

1000-årsflöde

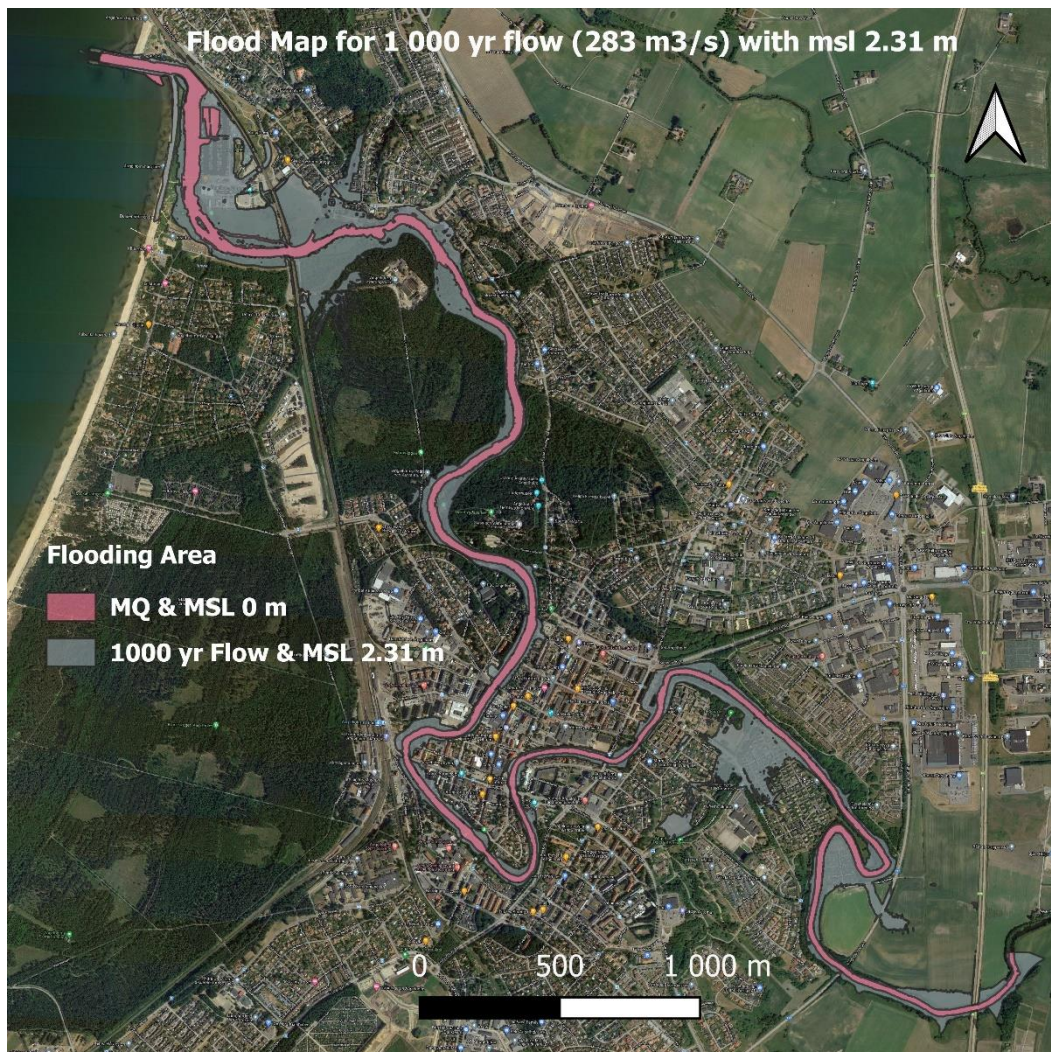
Figur 9 till Figur 11 visar översvämningsskator i Rönne å vid det modellerade 1000-årsflödet i kombination med olika vattennivåer i mynningen i Skälderviken.



Figur 9 Översvämningsutbredning vid ett 1000-årsflöde med vattennivå +0,0 m (RH2000) i Skälderviken. Rosa fält visar vattenytan vid medelflöde.



Figur 10 Översvämningsutbredning vid ett 1000-årsflöde med vattennivå +1,0 m (RH2000) i Skälderviken. Rosa fält visar vattenytan vid medelflöde.



Figur 11 Översvämningsutbredning vid ett 1000-årsflöde med vattennivå +2,31 m (RH2000) i Skälderviken. Rosa fält visar vattenytan vid medelflöde.

10 000-årsflöde

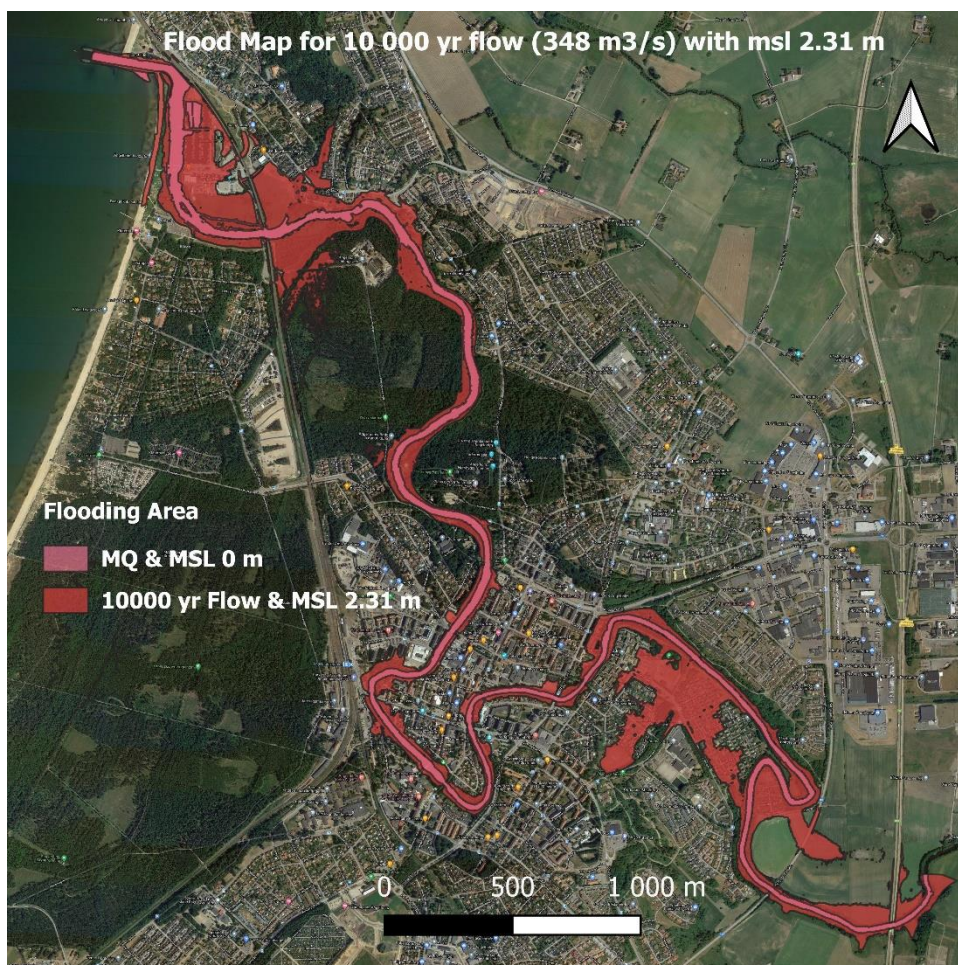
Figur 12 till Figur 14 visar översvämningsutbredningen i Rönne å vid det modellerade 10 000-årsflödet i kombination med olika vattennivåer i mynningen i Skälderviken.



Figur 12 Översvämningsutbredning vid ett 10 000-årsflöde med vattennivå +0,0 m (RH2000) i Skälderviken. Rosa fält visar vattenytan vid medelflöde.



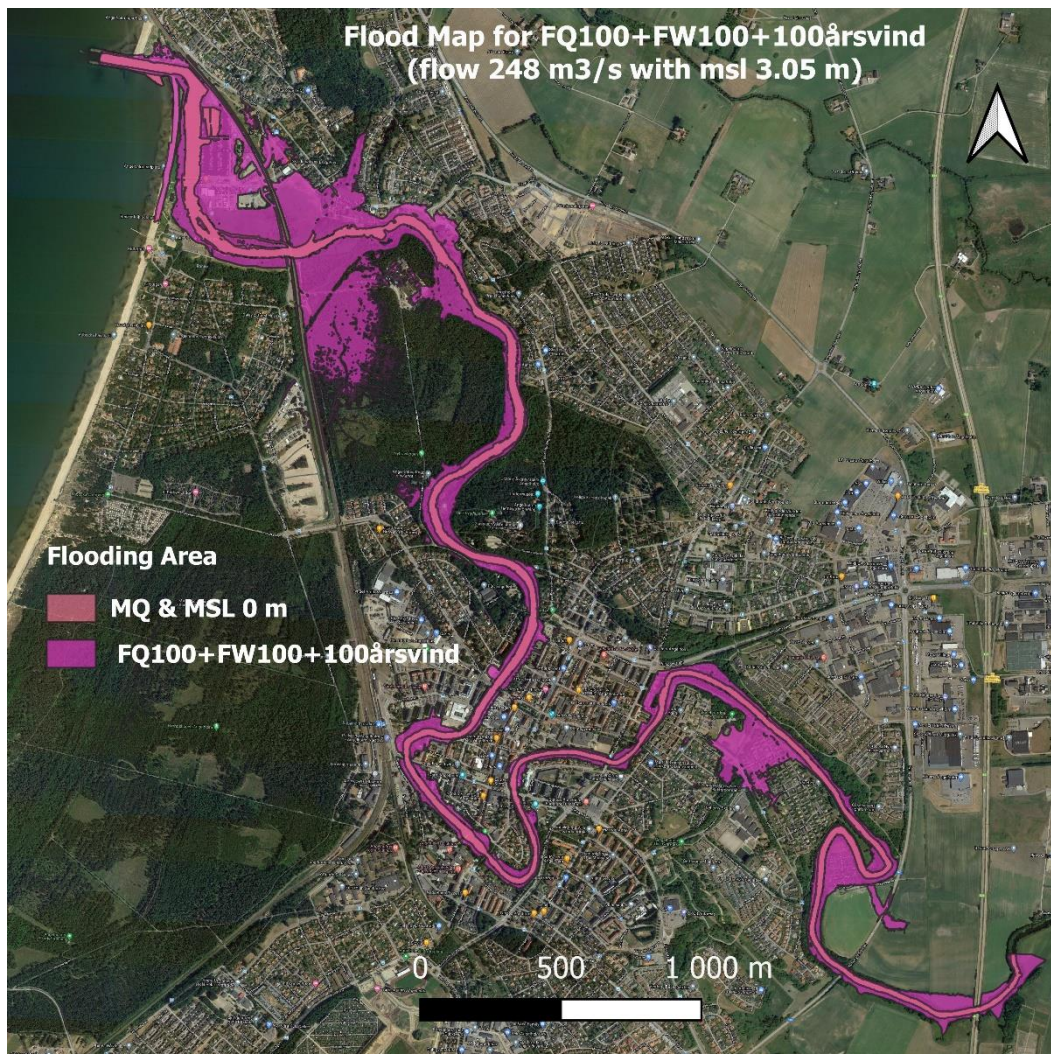
Figur 13 Översvämningsutbredning vid ett 10 000-årsflöde med vattennivå +1,0 m (RH2000) i Skälderviken. Rosa fält visar vattenytan vid medelflöde.



Figur 14 Översvämningsutbredning vid ett 10 000-årsflöde med vattennivå +2,31m (RH2000) i Skälderviken. Rosa fält visar vattenytan vid medelflöde.

FQ100+FW100+100-årsvind

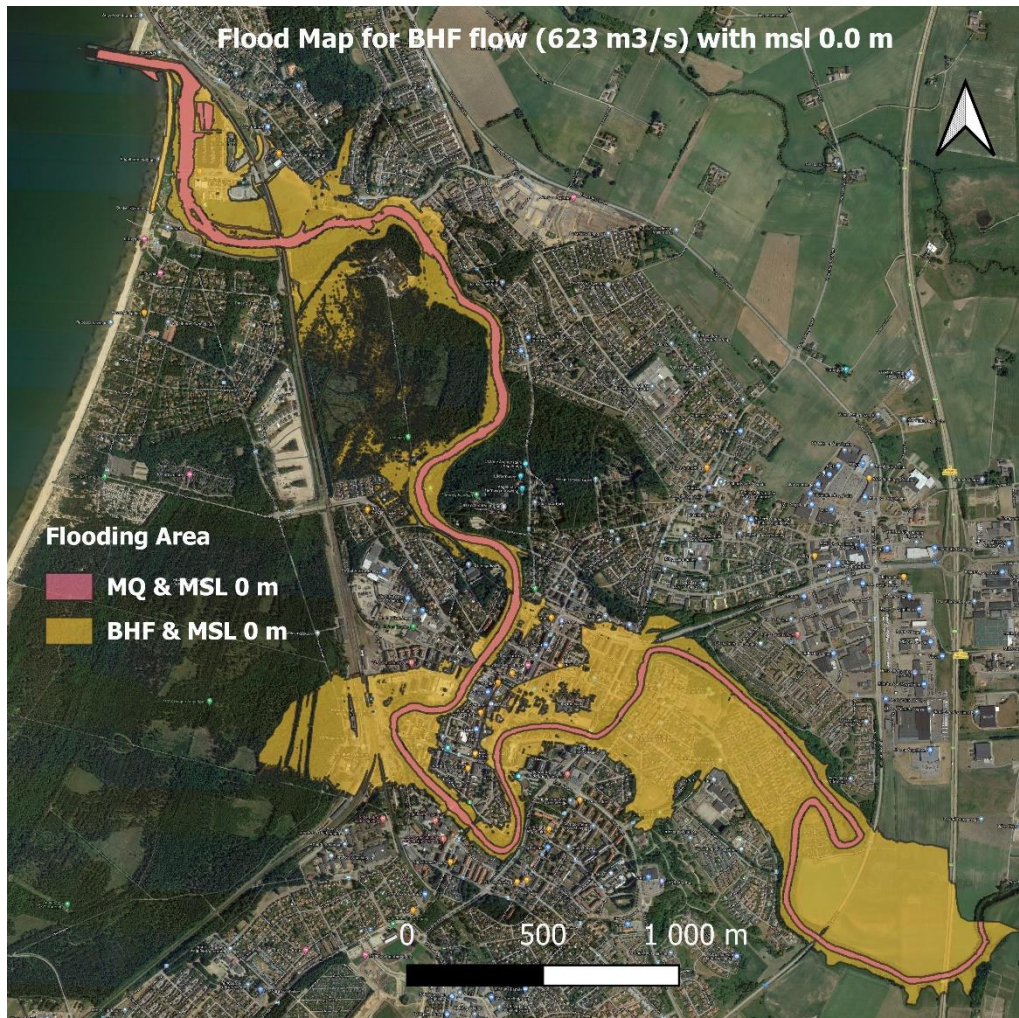
Figur 15 visar översvämningsutbredningen i Rönne å vid det modellerade scenariot, scenariot och antaganden som ligger till grund för scenariot är beskrivna i (Björn & Bergreen-Clausen, 2016).



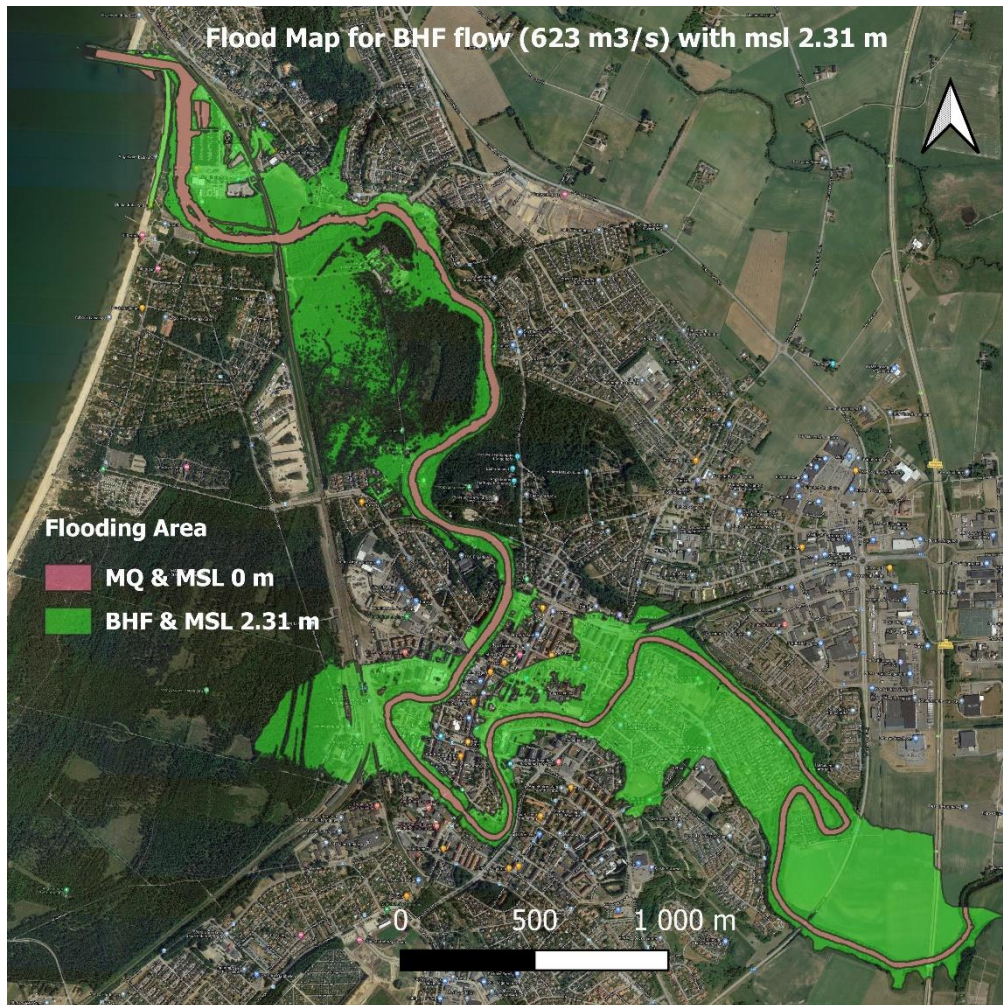
Figur 15 Översvämningsutbredning vid scenariot FQ100+FW100+100-årsvind. Rosa fält visar vattenytan vid medelflöde.

BHF

Figur 16 visar översvämningsutbredningen i Rönne å vid det ett BHF-scenario motsvarande 623 m³/s i kombination med olika vattennivåer i mynningen i Skälderviken.



Figur 16 Översvämningsutbredning vid BHF med vattennivå +0,0 m (RH2000) i Skälderviken. Rosa fält visar vattenytan vid medelflöde.



Figur 17 Översvämningsutbredning vid BHF med vattennivå +2,31 m (RH2000) i Skälderviken. Rosa fält visar vattenytan vid medelflöde.

Tillämpning och analys av modellresultat

Denna del av PM är författad av Sweco, och syftar till att stötta Ängelholms kommun i tolkningen av resultaten från denna modellering i förhållande till det kommande detaljplanearbetet i Stationsområdet.

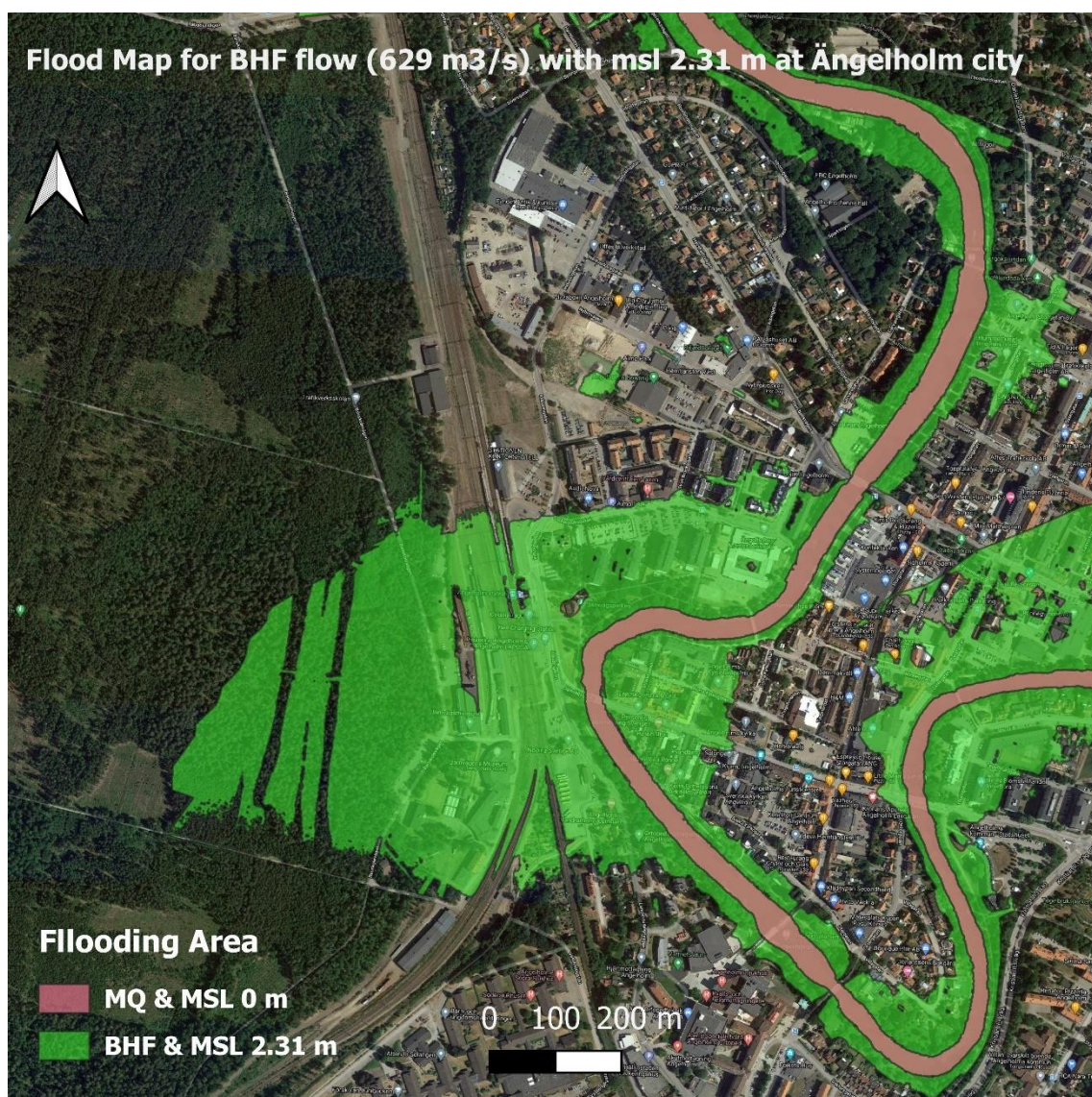
Figur 18 visar en översikt över de pågående detaljplaneärendena i området.



Figur 18 Översikt över pågående planer vid Stationsområdet. Bilden är ett skärmbild från Ängelholms kommuns hemsida.

Stationsområdets befintliga marknivåer varierar mellan cirka +4,4 till +5,5 m (RH2000). De översvämningskarteringar som tagits fram och som presenteras i detta PM visar att delar av området riskerar att översvämmas i samband med BHF. Vid lägre flöden är BHF påverkan liten, inget av de övriga modellerade scenarierna ger omfattande översvämning vid Stationsområdet.

Figur 19 visar översvämningsutbredningen i området vid BHF i kombination med ett 100-årshögvattnet. Den beräknade vattennivån vid de översvämmade områdena är cirka +5,3 meter. Även tidigare översvämningskarteringar (Björn & Bergreen-Clausen, 2016) har visat att området ligger inom riskområde för översvämmning vid BHF. Resultaten från LTH:s modellering skiljer sig något från resultaten från SMHI:s tidigare modell över området. Detta kan bero på flera faktorer. Exempel på faktorer som kan påverka resultatet är skillnader i indata, där LTH:s modell bygger på nyare och mer högupplöst data, och skillnader i modelluppsättning och definition av modellgeometri och tvärsnitt.



Figur 19 Översvämningsutbredning vid Stationsområdet vid BHF och havsnivå +2,31 m. Scenariot med havsnivå +0 m ger snarlik utbredning.

Tabell 1 visar att havsnivåns relativa påverkan på vattennivån vid Stationsområdet är mellan 50–60 %. Trots detta ger scenariot där BHF kombinerats med havsnivå 0 m en snarlik översvämningsutbredning, den beräknade vattennivån skiljer sig endast med ett par centimeter. Detta innebär att havsnivån har mycket liten påverkan på vattennivån vid Stationsområdet vid så pass extrema flöden som BHF.

Klimatförändringarna väntas leda till högre havsvattennivåer. Medelvattennivån i Ängelholm väntas stiga till cirka +1,15 m (RH2000) till år 2100 och till cirka +1,8 m (RH2000) till år 2150. För närmare beskrivning av beräknade framtida vattenstånd i Ängelholm hänvisas till (Sweco, 2021). LTH har beräknat översvämningen vid höga flöden i Rönne i å i kombination med en vattennivå i havet på +2,31 m (RH2000), motsvarande ett 100-årshögvatten i dagens klimat. Den förväntade medelvattennivån år 2150 ligger således inom det spann av scenarion som modellerats av LTH. LTH:s modellering visar att översvämningen i Stationsområdet påverkas marginellt av vattennivån i havet när denna varierar mellan 0 och +2,31 m (RH2000), vilket kan tolkas som att området är förhållandevis okänsligt för effekten av stigande medelvattenstånd i kombination med höga flöden, även i ett längre tidsperspektiv fram till år 2150.

En översiktlig analys i SCALGO Live visar att området påverkas vid vattennivåer kring cirka +4,6 m (RH2000). För att analysera hur troligt det är att detaljplanerna vid Stationsområdet översvämmas vid höga flöden har en frekvensanalys av vattenståndet i anslutning till detaljplaneområdet tagits fram. Frekvensanalysen är framtagen av LTH, och bygger på analys av modellerade vattenståndsdata för den 39 år långa mätserien. Frekvensanalysen har gjorts för en tvärsektion belägen 5656 meter uppströms mynningen. GEV-fördelning och Gumbelfördelning anpassades till de beräknade vattenstånden, båda fördelningarna gav godtagbara anpassningar.

Frekvensanalysen visar att det är mycket osannolikt att vattennivåer över +4,6 m kommer inträffa i området. Den maximala vattennivån som inträffar under den 39 år långa simuleringsperioden är +2,36 m. Detta är således cirka 2 meter lägre nivåer än vad som krävs för att översvämma området. Detta medför att en mycket lång extrapolering krävs för att uppnå vattennivåer på +4,6 m. Med GEV-fördelningen når vattennivån aldrig upp till nivå +4,6 m, och med Gumbelfördelningen krävs extrapolering till en 100 000-årshändelse. Det är inte möjligt att använda dessa underlag för att beräkna en sannolikhet för översvämning av detaljplaneområdet, då det krävs en orimligt lång extrapolering.

Det kan konstateras att området inte översvämmats någon gång under de 39 år som modellen beräknats för. Vidare visar de modellberäkningar som gjorts visar att området inte översvämmas vid det uppskattade 10 000-årsflödet (348 m³/s), varken i kombination med högvatten eller vid normala vattenstånd. Då det är stora osäkerheter kopplat till beräkningen av ett flöde med 10 000-års återkomsttid går resultaten dock inte att direkt tolka som att sannolikheten för en översvämning är mindre än 1/10 000. Swecos sammantagna bedömning är att det är osannolikt att Stationsområdet översvämmas i samband med höga flöden i Rönne å, men att det inte är möjligt att beräkna en exakt sannolikhet för att det inträffar.

Referenser

- Björn, H., & Bergreen-Clausen, S. (2016). *Detaljerad översvämningskartering längs Rönne å - uppdatering*. SMHI.
- Brunner, G. W. (2016). *HEC-RAS River Analysis System: User's Manual, Version 5.0m US Army Corps of Engineers, Institute for Water Resources, Hydrologic Engineering Center*.
- Grännsjö, S. (2020). *Rapport Rönne Å*. Ängelholms kommun: MTE.
- Inamdeen, F. (2020). *Evaluation of Local Scour along Rönne Å at Ängelholm - Application of detailed bathymetric data in combination with HEC RAS modeling*. Lund: TVRL, LTH.
- Räddningsverket. (2002). *Översiktlig översvämningskartering längs Rönne å sträckan från och med Västra Ringsjön till Kattegatt*.
- SMHI. (den 25 11 2020). *Ladda ner oceanografiska observations*. Hämtat från <https://www.smhi.se/data/oceanografi/ladda-ner-oceanografiska-observationer#param=seatemperature,stations=all>
- SMHI. (den 25 11 2020). *Vattenwebb - modelldata per område*. Hämtat från <https://vattenwebb.smhi.se/modelarea>
- SMHI. (den 09 02 2021). *Hydrologiskt nuläge*. Hämtat från <https://vattenwebb.smhi.se/hydronu/>
- Sweco. (2021). *Högvattenberäkningar Ängelholm*.

Appendix

Beräknade vattenstånd längs vattendraget

I nedanstående tabell presenteras beräknade vattennivåer längs vattendraget för samtliga beräknade scenarion. Tabellen kan läsas som ett komplement till de profiler och översvämningskartor som presenterats.

Distance from coast (m)	WS B-1000 FLW & MSL 0m	WS B-1000 FLW & MSL 1m	WS B-1000 FLW & MSL 2.31 m	WS B-10000 FLW & MSL 0m	WS B-10000 FLW & MSL 1m	WS B-10000 FLW & MSL 2.31 m	WS B-BHF-FLW & MSL 0m	WS B-BHF-FLW & MSL 2.31m	WS B-MHQ-FLW & MSL 0m	WS B-MLQ-FLW & MSL 0m	WS B-MQ-FLW & MSL 0m	
	WSE, m (RH 2000)	WSE, m (RH 2000)	WSE, m (RH 2000)	WSE, m (RH 2000)	WSE, m (RH 2000)	WSE, m (RH 2000)	WSE, m (RH 2000)	WSE, m (RH 2000)	WSE, m (RH 2000)	WSE, m (RH 2000)	WSE, m (RH 2000)	
0,00	0,000	1,000	2,310	0,000	1,000	2,310	1,924	2,310	0,000	0,000	0,000	
511,70	0,724	1,323	2,445	1,009	1,477	2,513	2,315	2,945	0,126	0,000	0,007	
959,10	0,989	1,464	2,492	1,295	1,653	2,580	2,566	3,094	0,216	0,000	0,012	Hamnbron
1021,20	1,019	1,485	2,500	1,332	1,681	2,592	2,603	3,115	0,225	0,000	0,012	
1622,30	1,434	1,706	2,574	1,738	1,943	2,690	2,916	3,314	0,426	0,001	0,029	Skäldeviksbron, Flygarebron
1648,10	1,456	1,713	2,575	1,748	1,948	2,691	2,919	3,316	0,447	0,001	0,030	
2001,10	1,755	1,904	2,618	2,026	2,146	2,742	3,019	3,332	0,668	0,002	0,052	
2448,10	1,952	2,064	2,683	2,235	2,322	2,831	3,230	3,456	0,839	0,003	0,072	
3001,40	2,174	2,257	2,778	2,473	2,537	2,951	3,462	3,618	0,961	0,003	0,087	
3517,70	2,397	2,466	2,912	2,736	2,786	3,117	3,713	3,809	1,069	0,004	0,106	
4029,00	2,536	2,593	2,987	2,875	2,917	3,207	3,875	3,951	1,184	0,005	0,131	
4514,50	2,697	2,747	3,101	3,066	3,102	3,358	4,194	4,256	1,268	0,006	0,148	
4625,90	2,785	2,833	3,174	3,182	3,217	3,462	4,520	4,578	1,299	0,006	0,153	Pyttebron
4649,80	2,842	2,888	3,219	3,251	3,285	3,521	4,623	4,678	1,318	0,006	0,156	
5014,10	2,988	3,030	3,337	3,433	3,463	3,680	5,080	5,112	1,386	0,007	0,171	Nybron
5057,40	2,993	3,034	3,339	3,435	3,465	3,681	5,090	5,122	1,391	0,007	0,173	
5292,90	3,099	3,138	3,429	3,570	3,598	3,800	5,288	5,317	1,438	0,007	0,182	Sockerbruksbron
5328,80	3,101	3,141	3,433	3,579	3,607	3,817	5,324	5,350	1,433	0,007	0,181	
5497,40	3,235	3,271	3,540	3,727	3,752	3,940	5,373	5,396	1,511	0,008	0,199	

5619,60	3,361	3,394	3,648	3,888	3,912	4,095	5,816	5,837	1,554	0,008	0,205	Järnvägs- bron
5645,70	3,367	3,401	3,654	3,898	3,923	4,106	5,808	5,829	1,554	0,008	0,204	
5993,50	3,481	3,512	3,748	4,018	4,040	4,216	5,878	5,896	1,614	0,009	0,216	
6065,70	3,534	3,564	3,793	4,080	4,101	4,271	5,950	5,967	1,636	0,009	0,219	Tullports- bron
6082,50	3,528	3,558	3,789	4,075	4,096	4,267	5,944	5,961	1,633	0,009	0,218	
6202,50	3,767	3,792	3,988	4,345	4,362	4,505	6,321	6,334	1,768	0,010	0,254	Carl XV bron
6218,30	3,768	3,793	3,990	4,349	4,366	4,509	6,331	6,345	1,768	0,010	0,254	
6515,30	3,796	3,821	4,011	4,367	4,384	4,523	6,288	6,302	1,796	0,011	0,264	
6832,20	4,026	4,048	4,219	4,638	4,653	4,772	6,928	6,942	1,899	0,012	0,284	Tegel- bruks- bron
6879,90	4,058	4,080	4,250	4,674	4,688	4,812	7,023	7,035	1,910	0,012	0,287	
6999,20	4,068	4,091	4,260	4,694	4,710	4,831	7,172	7,179	1,925	0,012	0,292	
7021,90	4,100	4,122	4,286	4,721	4,737	4,857	7,213	7,219	1,946	0,013	0,296	Mejeri- bron
7043,80	4,091	4,113	4,279	4,714	4,729	4,849	7,174	7,181	1,944	0,013	0,296	
7426,30	4,279	4,300	4,454	4,949	4,963	5,074	7,672	7,677	2,025	0,013	0,312	Kristian II bron
7449,60	4,259	4,280	4,434	4,921	4,936	5,047	7,663	7,668	2,022	0,013	0,311	
7505,10	4,235	4,255	4,412	4,900	4,914	5,030	7,760	7,764	2,013	0,013	0,311	
7564,10	4,411	4,431	4,578	5,088	5,101	5,196	7,786	7,791	2,100	0,014	0,331	Änga- vångsbron
7994,00	4,560	4,577	4,707	5,211	5,223	5,308	7,802	7,806	2,160	0,015	0,343	
8412,30	4,622	4,638	4,763	5,270	5,281	5,362	7,812	7,816	2,196	0,016	0,356	Nyhems- bron
8452,80	4,616	4,633	4,757	5,264	5,275	5,357	7,810	7,814	2,203	0,016	0,358	
8512,20	4,617	4,633	4,758	5,263	5,275	5,356	7,808	7,813	2,207	0,016	0,359	
8991,40	4,672	4,688	4,805	5,300	5,311	5,388	7,826	7,831	2,247	0,016	0,370	
9504,30	4,813	4,828	4,939	5,469	5,479	5,549	7,882	7,886	2,313	0,017	0,390	
9992,00	4,816	4,830	4,939	5,460	5,470	5,541	7,878	7,883	2,362	0,019	0,412	
10400,90	4,906	4,920	5,022	5,543	5,552	5,616	7,907	7,911	2,420	0,020	0,432	Ludviga- skogsbron
10515,70	4,938	4,952	5,052	5,580	5,589	5,652	7,911	7,915	2,440	0,020	0,436	
11000,70	4,988	5,001	5,100	5,641	5,650	5,711	7,935	7,939	2,491	0,021	0,457	
11035,40	5,020	5,033	5,130	5,661	5,670	5,730	7,935	7,939	2,504	0,022	0,461	E6 bron
11057,20	5,036	5,049	5,146	5,694	5,702	5,762	7,936	7,940	2,507	0,022	0,464	
11328,30	5,147	5,160	5,252	5,814	5,822	5,876	7,974	7,978	2,551	0,023	0,487	
11370,20	5,161	5,173	5,265	5,829	5,837	5,891	7,986	7,990	2,559	0,023	0,490	