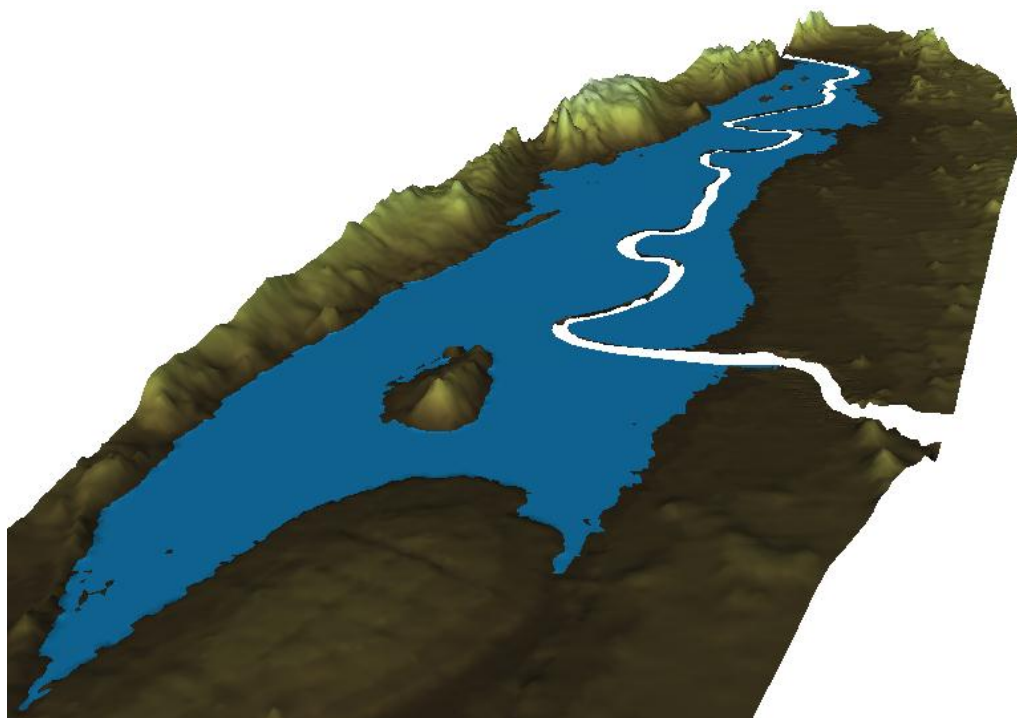

RAPPORT

UPPDRAGSNUMMER 2156059

ÖVERSVÄMNINGSKARTERING TIDAN, ÖSTEN - ULLERVAD



STOCKHOLM

2012-04-18

SWECO INFRASTRUCTURE AB
VATTENKRAFT & DAMMAR

JOAKIM HOLMBOM & ANDERS SÖDERSTRÖM

1 (25)

Sweco
Gjörwellsgatan 22
Box 34044
SE-100 26 Stockholm, Sverige
Telefon +46 (0)8 6956000
Fax +46 (0)8 6956010
www.sweco.se

Sweco Infrastructure AB
Org.nr 556507-0868
Styrelsens säte: Stockholm

En del av Sweco-koncernen

Joakim Holmbom
Civilingenjör
Vattenkraft & Dammar
Telefon direkt +46 (0)8 6956338
Mobil +46 (0)767714463
joakim.holmbom@sweco.se

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1	Inledning	3
1.1	Bakgrund	3
1.2	Höjd- och koordinatsystem	3
2	Metod	4
2.1	Underlag	4
2.2	Modellbeskrivning	4
3	Beräkningar	6
3.1	Kalibrering mot pöglar	6
3.2	Översvämningen juli 2007	9
3.3	100-årsflöde	14
3.4	Klass I-flöde	16
3.5	Sammanställning beräknade nivåer	19
4	Åtgärdsalternativ	20
4.1	Muddring/schaktning	20
4.2	Invallning	23
5	Kommentarer	24
6	Referenser	25

1 Inledning

Sweco har på uppdrag av Tidans Vattenvårdsförbund upprättat en hydraulisk beräkningsmodell över Tidån, från sjön Östen till Ullervad kraftverk.

Syftet med beräkningsmodellen är att visa på översvämningrisker vid höga flöden samt att lokalisera dämmande sektioner.

1.1 Bakgrund

Under juni och juli 2007 föll flera kraftiga regn i området runt Tidån. Låglänta områden runt Tidån drabbades av stora översvämningar, speciellt drabbat var sträckan Tidavad – Ullervad. Vattenföringen i Tidån motsvarade ungefär 20-årsflödet vid tillfället, men lokala kraftiga regn förvärrade situationen ytterligare. Uppemot 120 mm regn lär ha fallit på en dag i närområdet enligt uppgifter från boende i området. Vägar och broar blev avskurna och stora åkermarker översvämmade.

Riskområde vid översvämning har tidigare tagits fram för Tidån (Räddningsverket, 2006). Den studien baserades på Lantmäteriets äldre höjdmodell som ofta är för grov för noggranna översvämningstudier, noggrannheten är $\pm 2,5$ meter i höjd. I och med översvämningen 2007 blev det tydligt att så var fallet runt Ullervad och Tidavad. Här blev den översvämmade ytan avsevärt större än vad som skulle vara fallet vid 100-årsflöde enligt räddningsverkets rapport.

1.2 Höjd- och koordinatsystem

Redovisade nivåer är angivna i RH 2000 och koordinatsystem är SWEREF 99 13 30.

Omräkning till RH 2000 har gjorts enligt Tabell 1, värdena adderas till nivån i äldre höjdsystem.

Tabell 1. Skillnad mellan RH 2000 och övriga höjdsystem.

Höjdsystem	Omräkning till RH 2000 (m)	Källa
RH 1900	+0,38	Mariestads kommun
RH 1970	+0,17	Mariestads kommun
Lokalt system (fix +11,41 m vid Tidavad kraftverk)	+54,48	Höjdsystem Östen (odaterat dokument, bekräftat i NNH)

2 Metod

Beräkningsmodellen är upprättad i Mike Flood. Ett hydrauliskt beräkningsprogram utvecklat av DHI (Dansk Hydraulisk Institut). Mike Flood kombinerar endimensionell (1D) hydraulisk vattendragsberäkning med tvådimensionell (2D) strömningsberäkning.

Mike Flood länkar samman programmen MIKE11 och MIKE21.

2.1 Underlag

Som underlag för modellen ligger:

- Ny nationell höjdmodell (Lantmäteriet). Noggrannhet cirka $\pm 0,5$ meter i höjd.
- Ekolodning sträckan Tidavad – Ullervad (utförd av Tidans Vattenförbund, våren 2011)
- Ekolodning sträckan Östen – Tidavad (utförd av Sweco, 2011-10-11)
- Broritningar (Trafikverket)
- Ritning över Tidavads dammar (Fortum)
- Ritningar på tvärsektioner över Tidån på sträckan Tidavad kraftverk – Ullervad kraftverk, inklusive Kottholmskanalen
- Pegeldata från fem peggår på sträckan Tidavad – Ullervad, samt från en pegel vid sjön Östen
- Flödesdata från Tidavads kraftverk (Fortum)
- Vattenföringsdata och avrinningsområden från SMHI (SMHI, 1994 och SMHI, 1996)
- 100-årsflöde och Klass I-flöde (beräknat högsta flöde) (Räddningsverket, 2006)
- Vattenföring i Kräftån och lokal tillrinning för kalibreringsperioden från SMHI (SMHI VattenWeb)

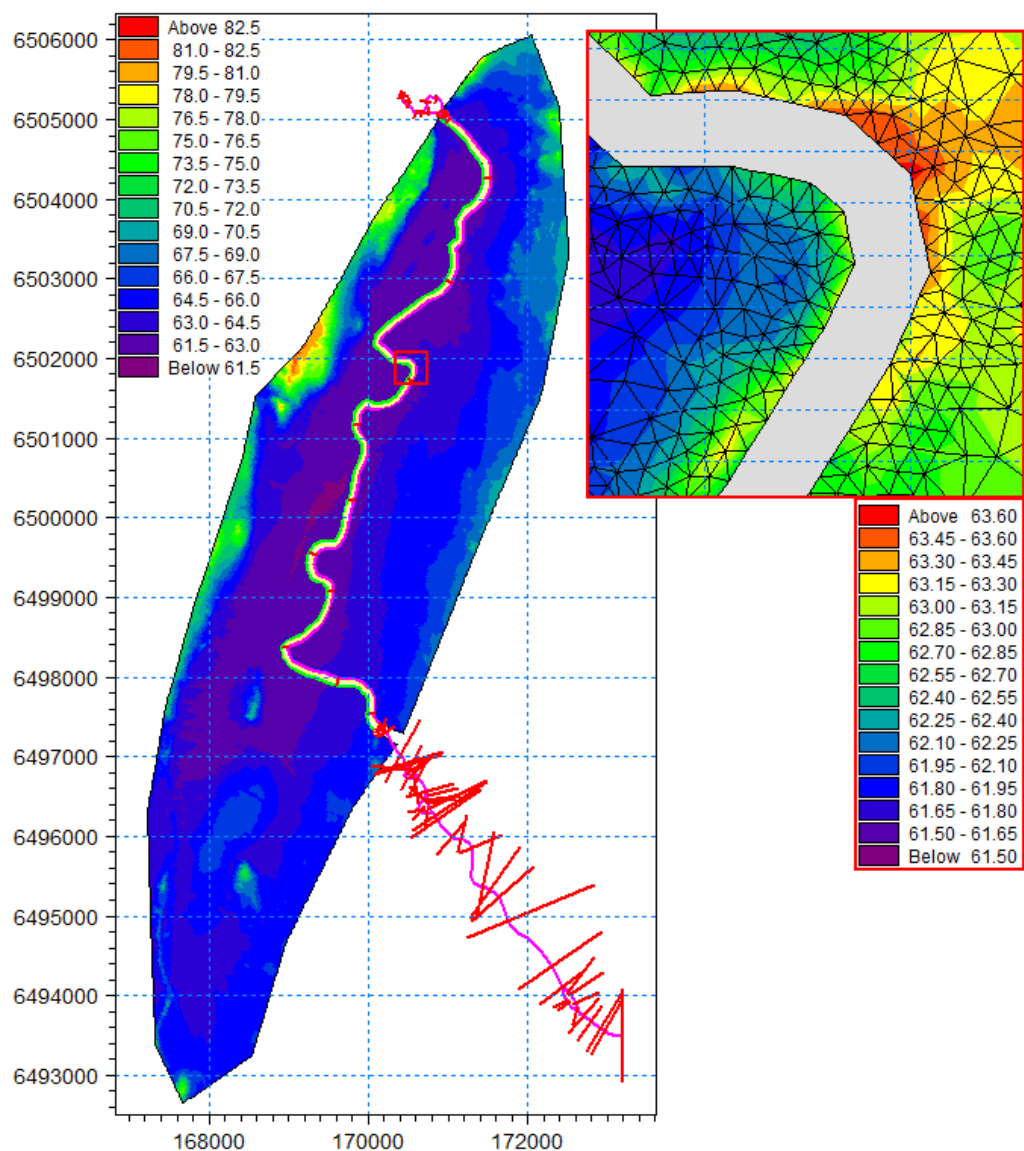
2.2 Modellbeskrivning

Beräkningsmodellen (Figur 1) består till ena delen av en 1D-modell över Tidån som stäcker sig från sjön Östen till Ullervad kraftverk. Nedan Tidavad kraftverk kopplas 1D-modellen samman med en 2D-modell, som baseras på topografin runtomkring vattendraget. När 1D-modellen (vattendraget) överströmmas rinner vatten ut i 2D-modellen, där vattnet tillåts att strömma fritt i terrängen.

1D-modellen innefattar huvudfåran och förgreningarna vid Karlsholme, Tidavad samt Näset vid Ullervad och består av totalt 77 tvärsektioner.

2D-modellen består av 32431 triangulära beräkningsceller med varierande storlek, finare runt vattendraget och grövre i omgivningarna (Figur 1).

Efter kalibrering är Mannings tal satt till $15 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ i terrängen och $22 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ i huvuddelen av vattendraget. I Kottholmskanalen är Mannings tal satt till $10 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ och uppströms Tidavad kraftverk $15 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$.

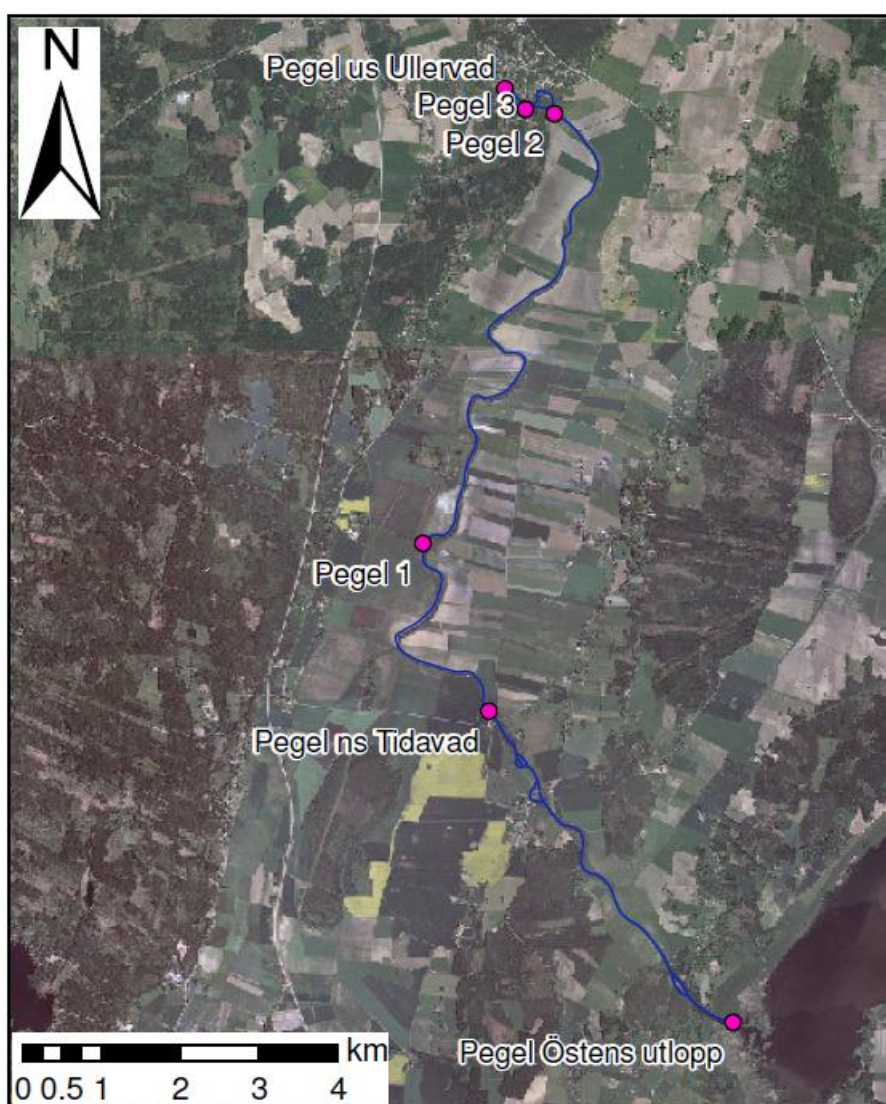


Figur 1. Modellöversikt (RH 2000, Sweref 99 13 30).

3 Beräkningar

3.1 Kalibrering mot pglar

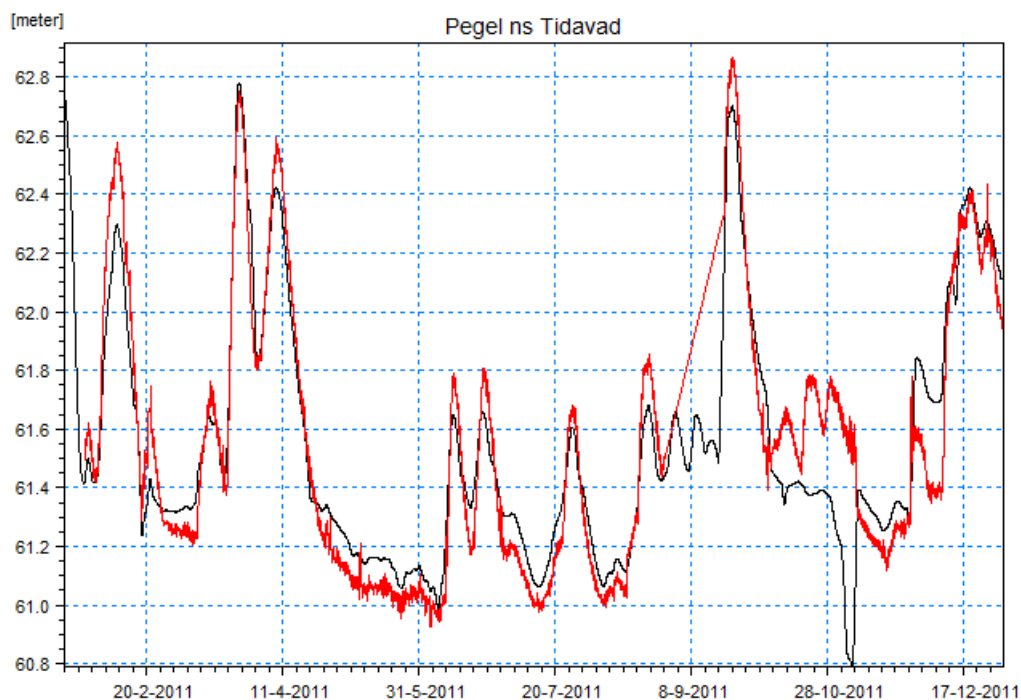
Modellen har kalibrerats mot samtliga pglar (Figur 2), förutom pglen uppströms Ullervad kraftverk som istället används som nedströms randvillkor. Som uppströms randvillkor har flödesdata från Tidavads kraftverk används. Därutöver har vatten tillförts vid Kräftåns utlopp i Tidan och som lokal tillrinning distribuerat över sträckan Tidavad – Ullervad. Kräftåns vattenföring och lokal tillrinning har hämtats från SMHIs VattenWeb.



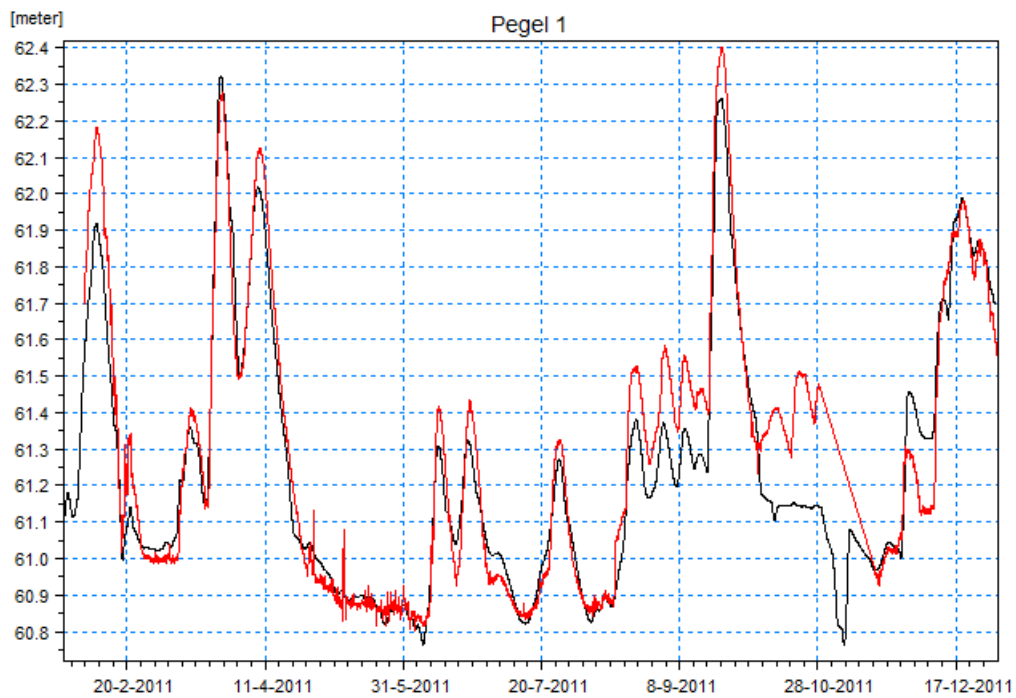
Figur 2. Pglarnas ungefärliga placering. (ns=nedströms, us=uppströms)

Beräkningsperiod har varit hela år 2011. Jämförelse mellan den kalibrerade modellen och pglar visas i Figur 3 - Figur 6. Noggrannheten är normalt inom 5 cm och inom 10 cm vid flödestoppar. Mätvärden för pglen vid Östens utlopp finns ej digitalt, därför redovisas ej jämförelse mot denna grafiskt. En jämförelse har ändå gjorts där som visar att beräknad nivå ligger inom samma noggrannhet som för övriga pglar.

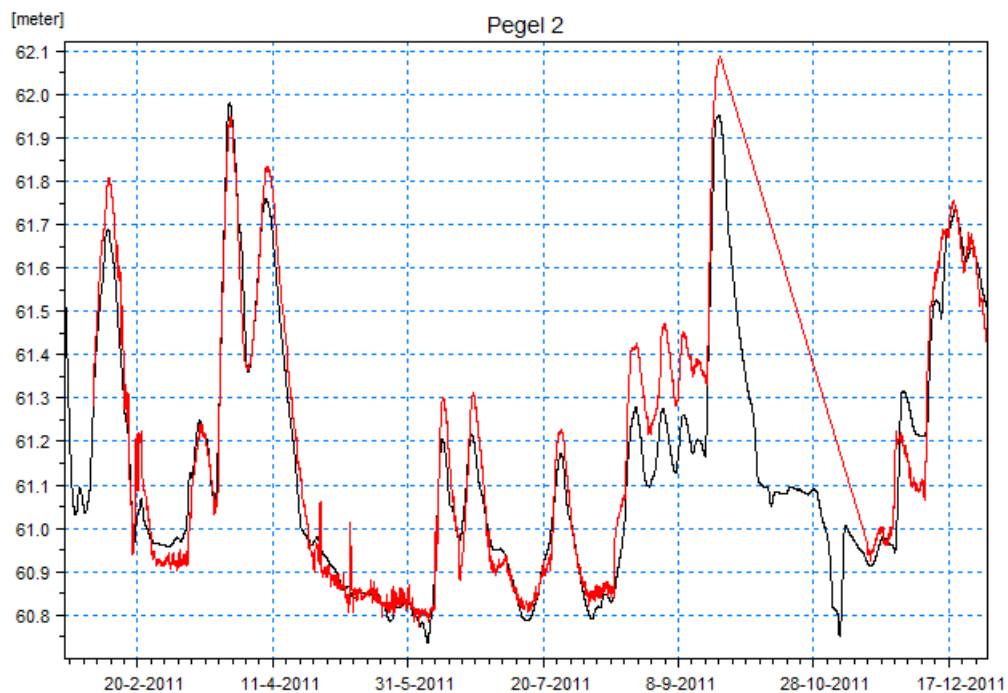
Någonting hände med flera av pglarna under oktober 2011 som gjorde att de slutade att fungera fram tills att de återställdes.



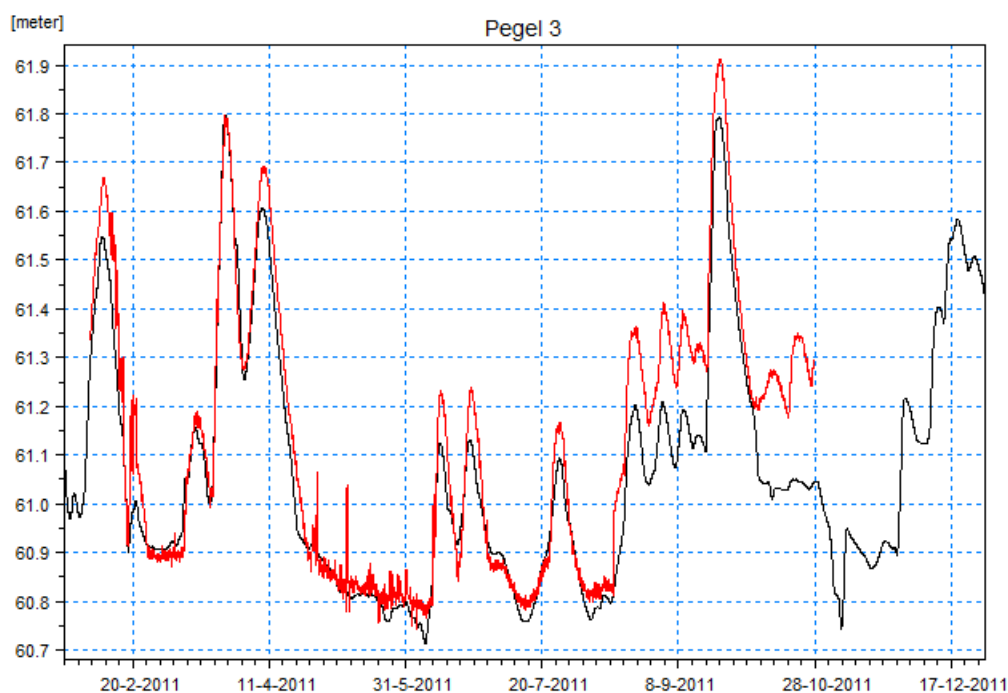
Figur 3. Jämförelse mellan beräkning (svart) och pglen ns Tidavad (röd).



Figur 4. Jämförelse mellan beräkning (svart) och pegel 1 (röd).



Figur 5. Jämförelse mellan beräkning (svart) och pegel 2 (röd).



Figur 6. Jämförelse mellan beräkning (svart) och pegel 3 (röd).

3.2 Översvämningen juli 2007

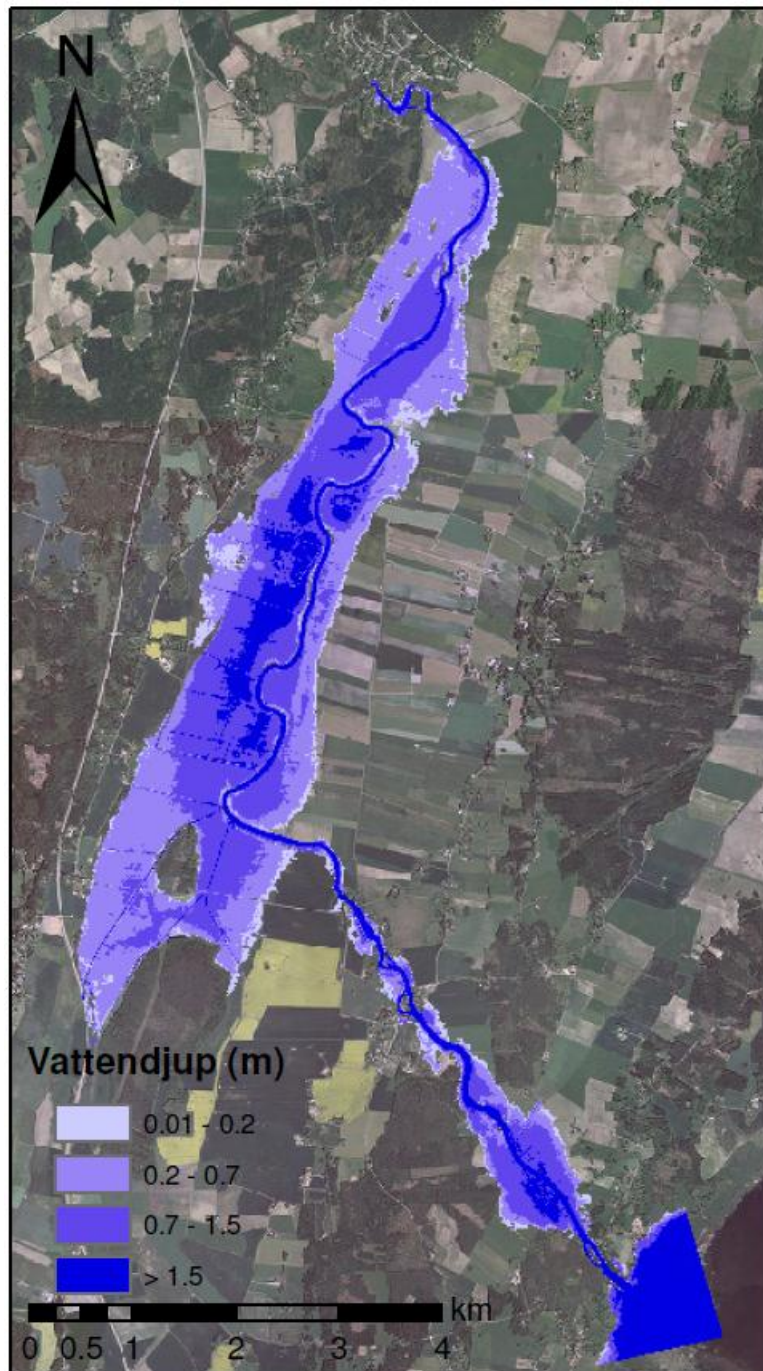
Översvämningen under juli månad 2007 har beräknats (Figur 7).

Som uppströms randvillkor används flödesdata från Tidavads kraftverk. Till modellen tillförs även Kräftåns vattenföring och lokal tillrinning hämtad från SMHI VattenWeb. Som nedströms randvillkor har en fast vattenyta antagits, +61,7 m.

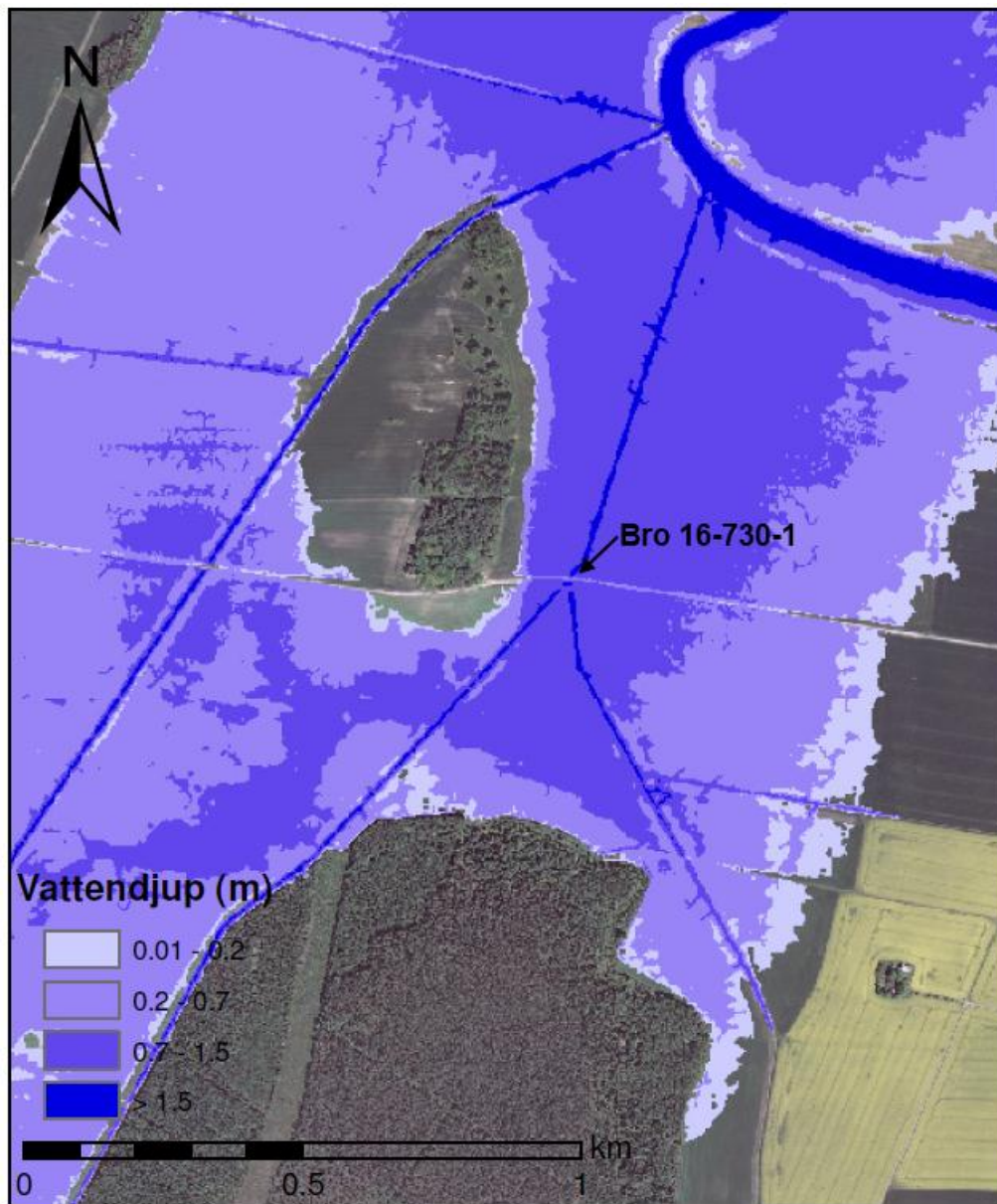
En kontrollpunkt för beräkningen är bro 16-730-1 (Figur 8). Vid bron finns foton tagna under översvämningen (Figur 9 och Figur 10). När vattnet stod som högst ska vattenytan nått ungefär till nivå +63,3 m, vilket kan jämföras med den beräknade nivån +63,4 m (Figur 11).

Nivåprofil för beräkningen visas i Figur 12.

När flödet är som störst går ca 76 m³/s genom Kottholmskanalen och ca 52 m³/s i den gamla åfåran runt Kottholmen.



Figur 7. Beräknat högsta vattendjup under översvämningen 2007.



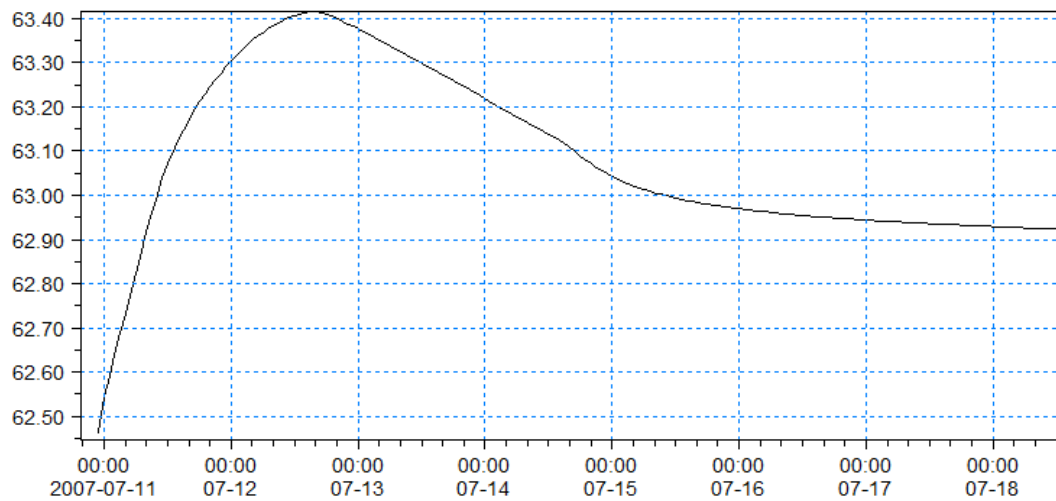
Figur 8. Beräknat högsta vattendjup under översvämningen 2007 vid bro 16-730-1.



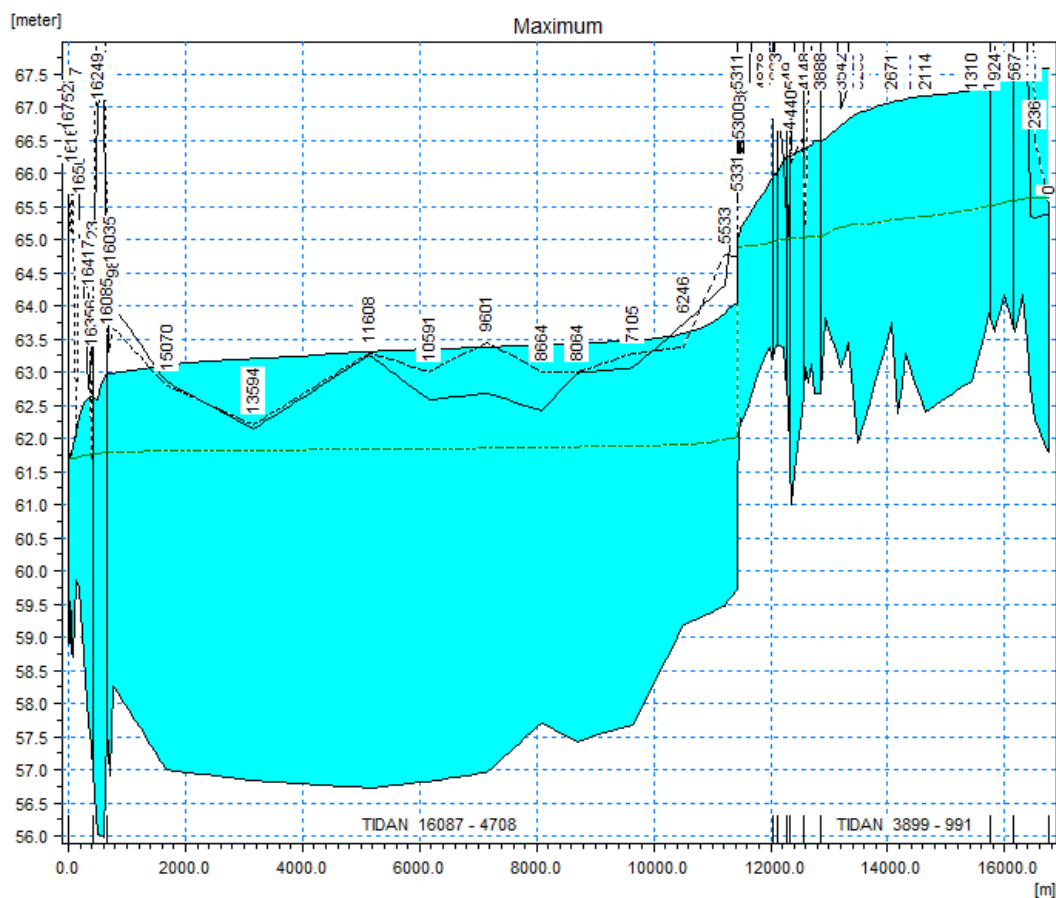
Figur 9. Foto från bro 16-730-1 mot nordväst.



Figur 10. Foto från bro 16-730-1 mot sydöst.



Figur 11. Beräknad vattennivå vid bro 16-730-1. Observerad nivå var cirka +63,3.



Figur 12. Beräknad nivåprofil under översvämningen juli 2007. Ullervads kraftverk är vid 0 m, Östens utlopp vid ca 16950 m.

3.3 100-årsflöde

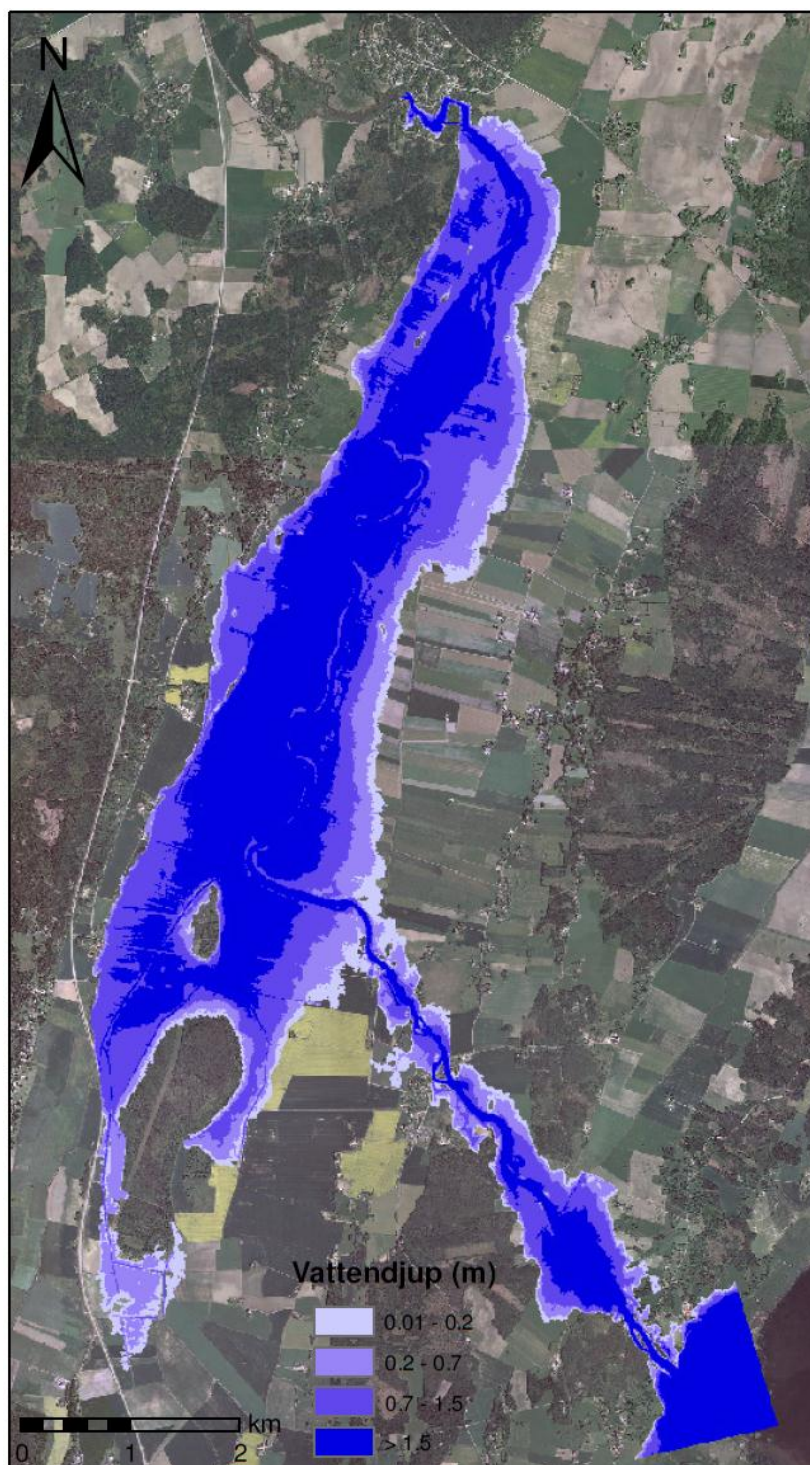
Översvämningen vid 100-årsflödet har beräknats (Figur 13).

100-årsflödet baseras på ett tidigare framtaget 100-årsflöde (Räddningsverket, 2006), men har här viktats utifrån avrinningsområdet (SMHI, 1996). 100-årsflödet blir då 244 m³/s, vilket används som uppströms randvillkor. Dessutom tillförs 9,3 m³/s från Kräftån. Som nedströms randvillkor har en relation mellan flöde och vattennivå används. Flöde-vattennivårelation baseras på avbördningsformel för skarpkantat överfall (Johannesson & Vretblad, 2006):

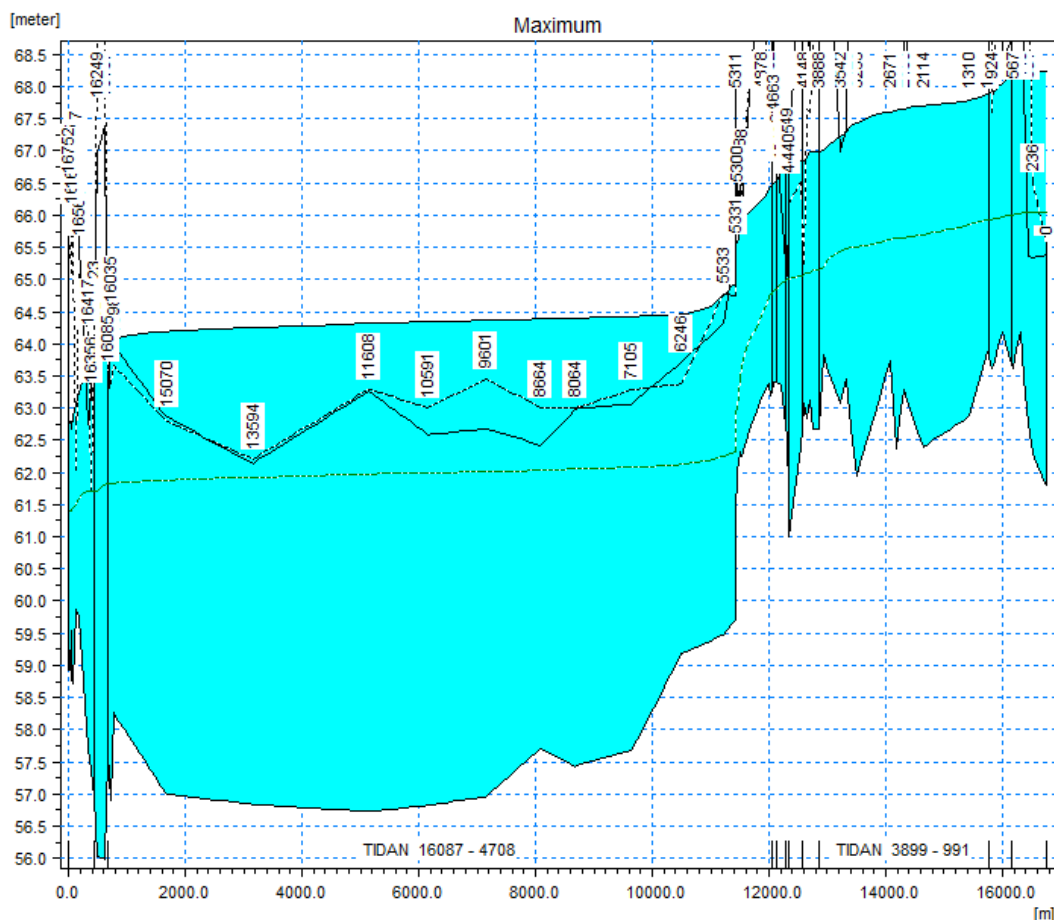
$$q = \frac{2}{3} \mu b \sqrt{2gh}^{3/2}$$

Där q = flödet, μ = avbördningskoefficienten, b = utskovets bredd, g = tyngdaccelerationen och h = överfallshöjden.

Nivåprofil för 100-årsflödesberäkningen visas i Figur 14.



Figur 13. Beräknat vattendjup vid 100-årsfloden.



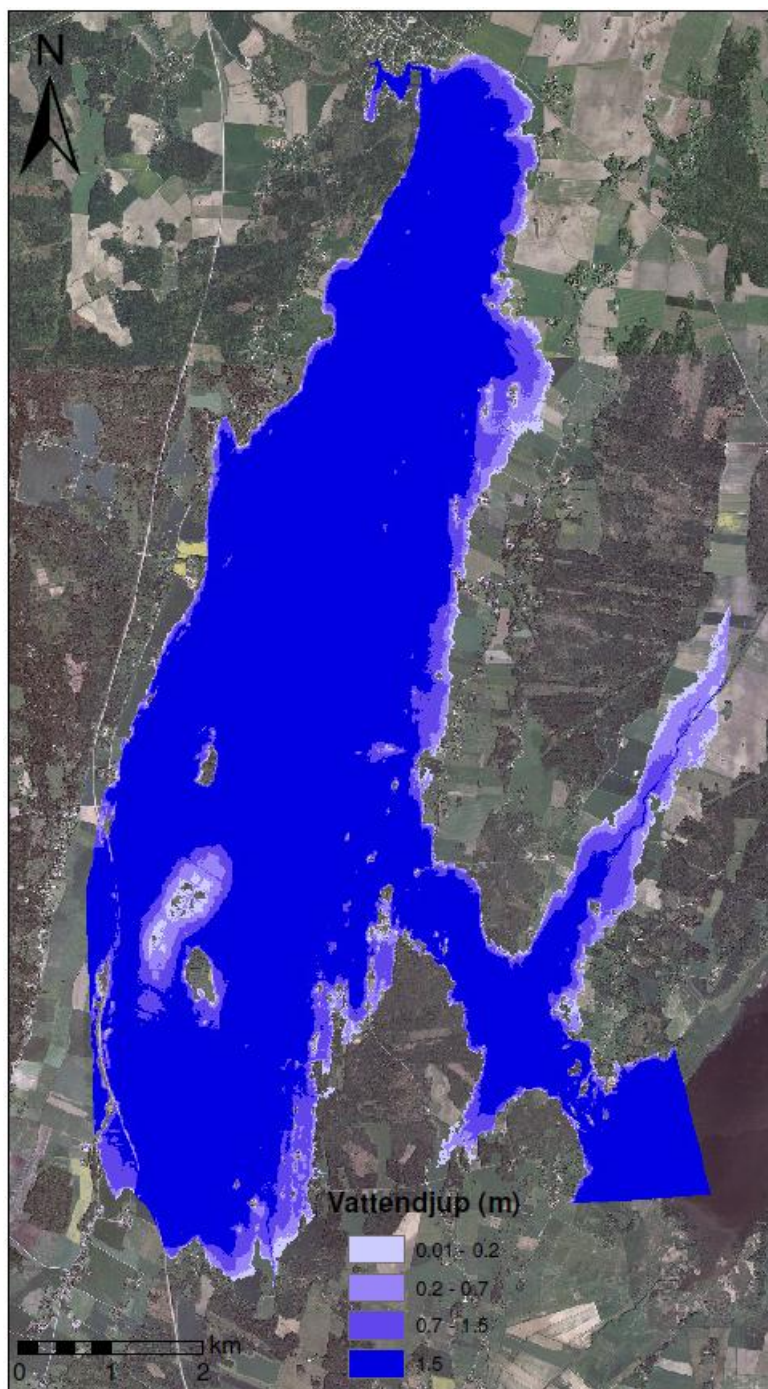
Figur 14. Beräknad nivåprofil vid 100-årsflöde. Ullervads kraftverk är vid 0 m, Östens utlopp vid ca 16950 m.

3.4 Klass I-flöde

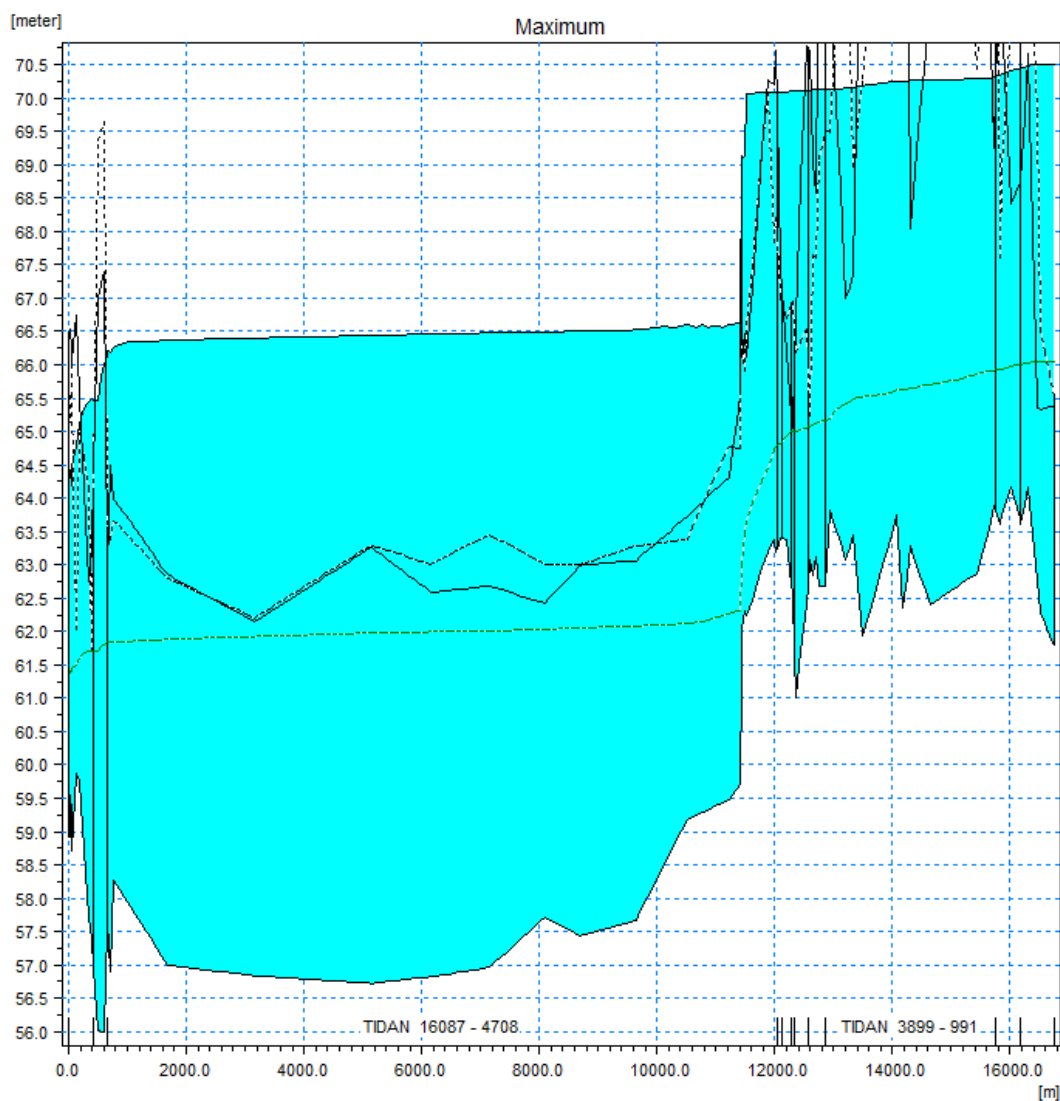
Översvämningen vid Klass I-flödet (även kallat 10 000-årsflöde eller beräknat högsta flöde) har beräknats (Figur 15). Observera att översvämningen enbart baseras på beräkning i Tidan. Om ett Klass I-scenario inträffar bör även mindre vattendrag i området översvämmas.

Klass I-flödet baseras på ett tidigare framtaget Klass I-flöde (Räddningsverket, 2006), men har här viktats utifrån avrinningsområdet (SMHI, 1996). Klass I-flödet utgörs av en hydrograf med maximum på 705 m³/s. Klass I-flödet används som uppströms randvillkor, dessutom tillförs 34 m³/s från Kräftån. Som nedströms randvillkor har en relation mellan flöde och vattennivå används, samma som för 100-årsflödet (3.3).

Nivåprofil för Klass I-flödesberäkningen visas i Figur 16.



Figur 15. Beräknat vattendjup vid Klass I-flöde.



Figur 16. Beräknad nivåprofil vid Klass I-flöde. Ullervads kraftverk är vid 0 m, Östens utlopp vid ca 16950 m.

3.5 Sammanställning beräknade nivåer

En sammanställning av de beräknade vattennivåerna i pegellägena har gjorts (Tabell 2).

Tabell 2. Sammanställning av beräknade vattennivåer vid pegellägena.

Plats	Högsta nivå vid beräkningsfall (RH2000):			
	2011	2007	100-årsflöde	Klass I-flöde
Östens utlopp	+66,62	+67,60	+68,25	+70,51
ns Tidavad	+62,78	+64,04	+64,93	+66,62
Pegel 1	+62,32	+63,42	+64,39	+66,49
Pegel 2	+61,98	+62,97	+64,06	+66,14
Pegel 3	+61,80	+62,60	+63,55	+65,45

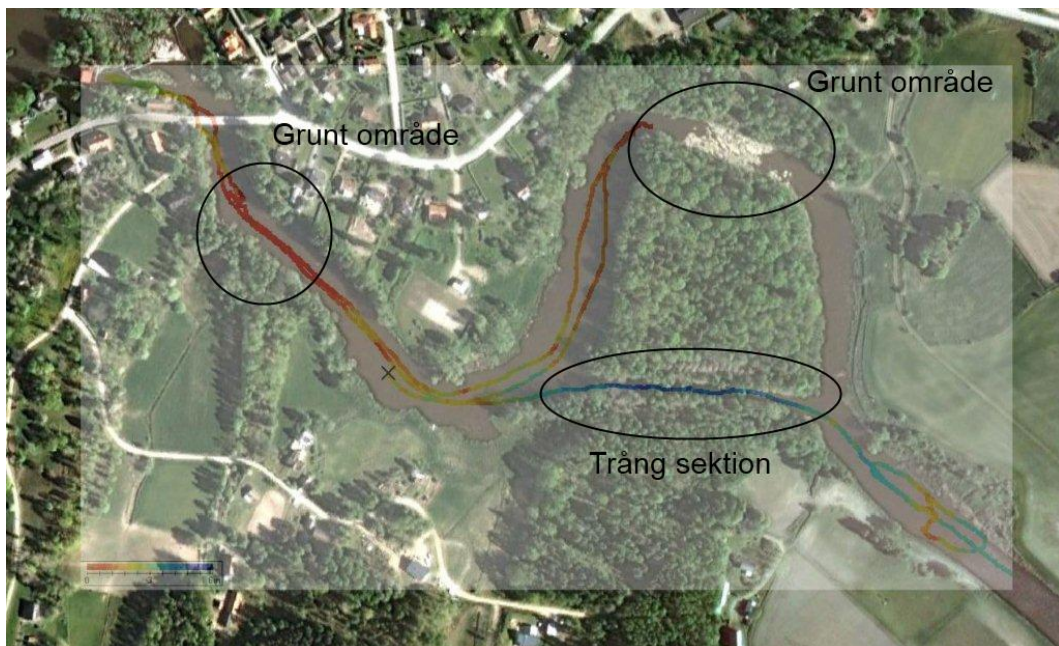
4 Åtgärdsalternativ

Här kommenteras möjliga åtgärder utifrån de hydrauliska förutsättningarna. Inga ekonomiska faktorer har vägts in.

4.1 Muddring/schaktning

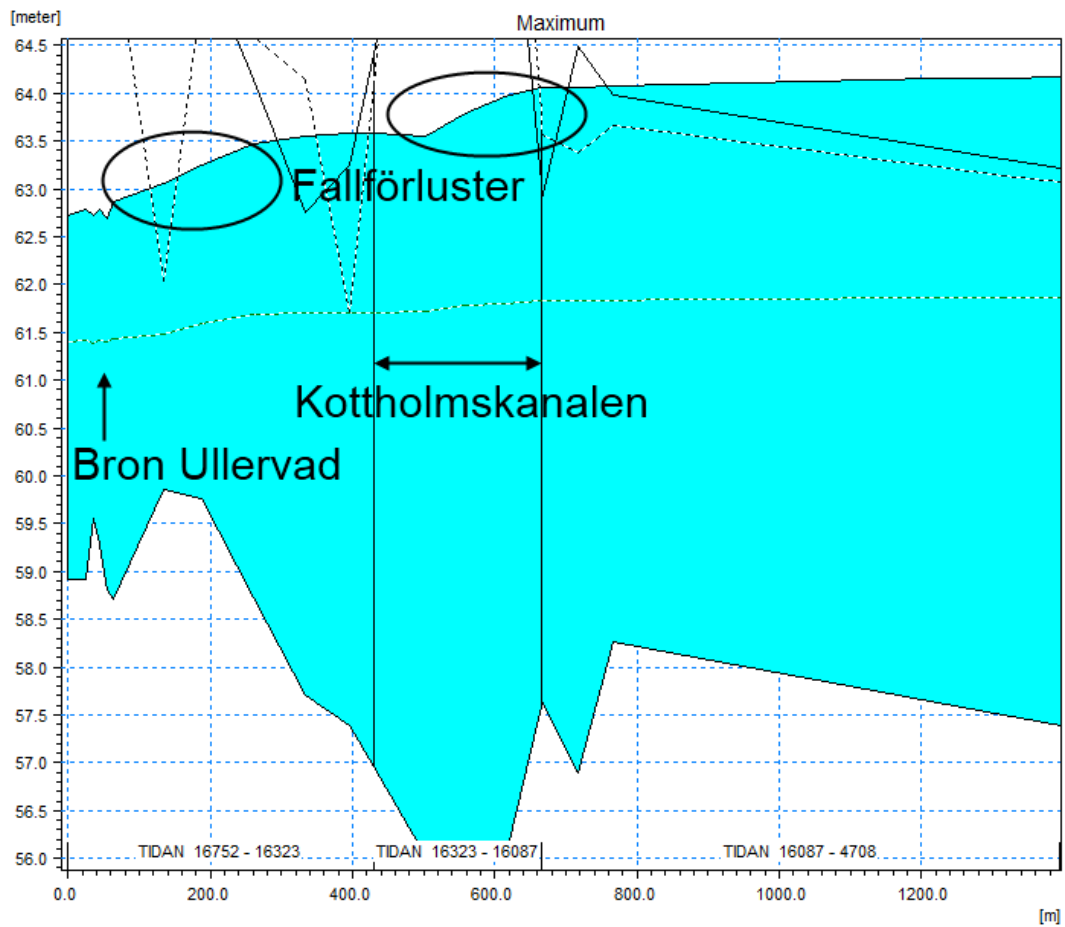
En åtgärd som kan vidtas för att minska risken för översvämning är att öka bredden eller djupet på vattendraget. Sektioner som är trånga eller grunda dämmer upp vattendraget vid höga flöden. Trånga och dämmande sektioner har identifierats på följande platser (Figur 17):

- Uppströms bron Ullervad
- Kottholmskanalen
- Högflödesfåran runt näset

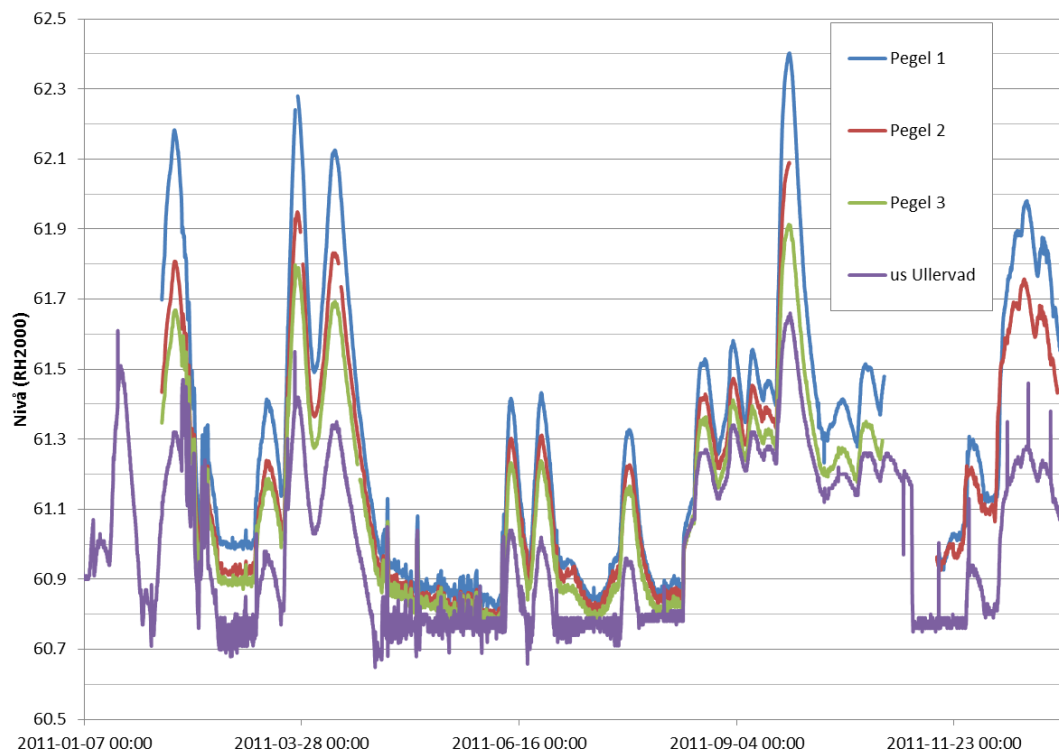


Figur 17. Översikt ekolodning och trånga/grunda sektioner vid Ullervad. Röd färg 0-1 m vattendjup, gul ca 2 m, blå 3-6 m.

Att dessa sektioner dämmer vid höga flöden framgår av beräkningen (Figur 18). I pegelmätningarna syns att dessa sektioner (Figur 19) även dämmer vid vanliga högflöden.



Figur 18. Beräknade fallförluster (dämmande sektioner) vid 100-årsflöde.



Figur 19. Uppmätta vattennivåer, peglarnas placering framgår i Figur 2.

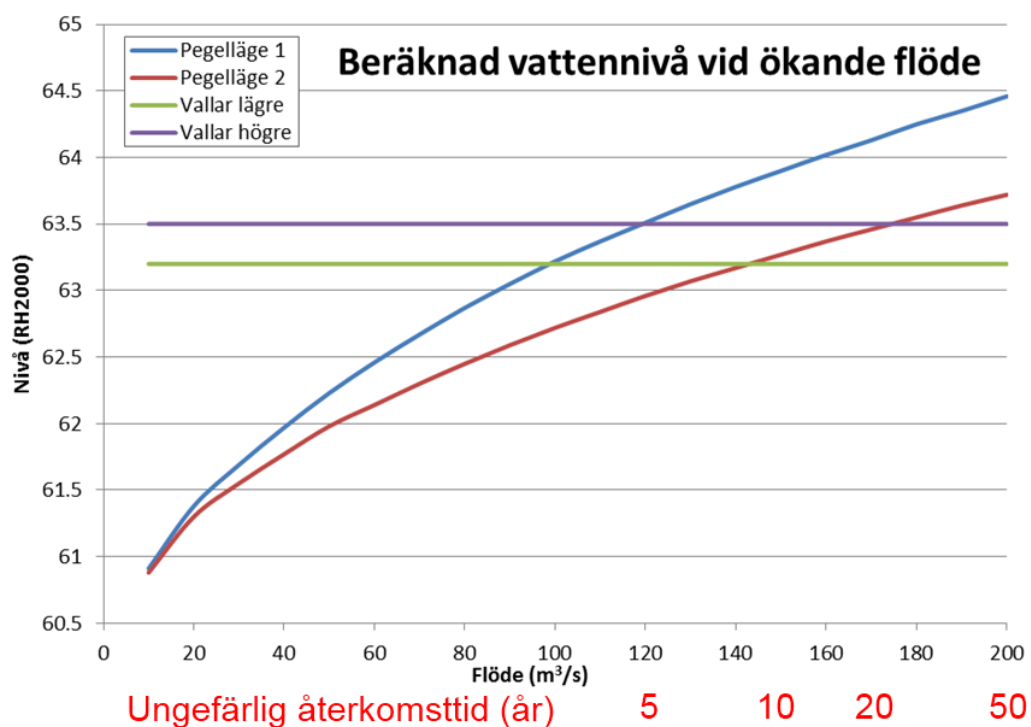
4.2 Invallning

En annan åtgärd för att minska risken för översvämning är att valla in känsliga områden. För att studera till vilken nivå vallar skulle behöva byggas, för att klara olika flöden har en beräkning gjorts med långsamt ökande flöde (Figur 20).

För att uppskatta återkomsttid för flödena mellan Tidavad och Ullervad så har återkomsttiderna för Moholms station areaviktats för Tidavad.

I figuren framgår att för att skydda mot 50-årsflödet så måste vallar byggas upp till nivå +54,5 m, vilket innebär en höjning av dagens högsta vallnivå med ca 1 m.

En geotekniska undersökning och utredning bör bekräfta begränsningarna med detta alternativ. Både avseende stabilitet/skredrisk om befintliga vallar höjs ytterligare samt att vallar inte får vara för genomsläppliga för vatten om de ska fungera väl. Där blir materialtillgång och transporter en viktig fråga.



Figur 20. Beräknad vattennivå vid pegel 1 och 2 vid olika flöden och ungefärlig återkomsttid. Vallar lägre och Vallar högre avser ungefärlig lägsta och högsta nivå på dagens invallning.

5 Kommentarer

Mindre vattendrag som rinner in i Tidan inom beräkningsområdet är endast med som tillägg till vattenföringen i Tidan. Ingen hydraulisk beräkning har gjorts i dessa vattendrag. Troligtvis svämmar även dessa över vid höga flöden, vilket medför att den verkliga utbredningen på översvämningen är större uppströms dessa vattendrag än vad som visas i denna studie.

Fortums uppgifter om vattenföringen vid Tidavad innehåller osäkerheter, speciellt vid höga flöden. Osäkerheterna beror på att ingen egentlig flödesmätning sker utan flödet beräknas i en avbördningsformel utifrån uppströms vattenyta.

En annan osäkerhet i modellen är nedströms randvillkor vid Ullervad kraftverk. För 100-årsflödet och Klass I-flödet antas fritt överfall vid dammen. Dock finns risken vid höga flöden att dammen blir indämd vilket i så fall påverkar avbördnings.

6 Referenser

Johannesson P & Vretblad B (2006) Byggformler och tabeller. Liber.

Räddningsverket (2006) Översiktlig översvämningskartering längs Tidan. Rapport nr 49, 2006-09-29.

SMHI (1994) Svenskt vattenarkiv Vattenföring i Sverige. Nr 43, 1994.

SMHI (1996) Svenskt vattenarkiv Avrinningsområden i Sverige. Nr 70, 1996.