

Väg 263 ny bro Erikssund

Sigtuna och Upplands-Bro kommuner, Stockholms län

PM Hydrologi och dämpningsberäkningar 2017-06-27

Projektnummer: 152559



Dokumenttitel: Väg 263 ny bro Erikssund, PM Hydrologi och dämningberäkning
Skapat av: Fredrik Ulinder, ÅF International Division
Dokumentdatum: 2017-06-27
Dokumenttyp: PM
Ärendenummer: TRV2016/11210
Projektnummer: 152559
Version: 2.0

Publiceringsdatum:
Utgivare: Trafikverket
Kontaktperson: Åsa Eriksson, Trafikverket
Uppdragsansvarig: Ulrika Burman, ÅF Infrastructure AB
Distributör: Trafikverket, Adress, Post nr Ort, telefon: 0771-921 921
Omslagsbild: ÅF Infrastructure AB

Innehåll

1	Inledning och omfattning	4
1.1	Höjd- och koordinatsystem	4
2	Underlag och förutsättningar för dimensionering	4
2.1	Dimensioneringsförutsättningar	5
2.2	Hydrologi	5
2.3	Brogeometri befintlig utformning	8
2.4	Brogeometri förslag på ny utformning	8
2.5	Beräkningsscenarier	9
3	Metod	10
4	Resultat	10
4.1	Befintligt broläge och broutformning	10
4.2	Nytt broläge och broutformning	11
5	Slutsats	11
5.1	Dämningseffekt	11
5.2	Dimensionerande vattennivå	12
5.3	Diskussion	12
6	Referenser	13

1 Inledning och omfattning

Detta PM sammanställer hydrologiskt underlag för ombyggnad av bro över Erikssund, i Sigtuna kommun.

Läge för befintlig bro över Erikssund framgår av Figur 1-1 nedan, ungefärliga koordinater 6614257, 647083. Projekt för ersättning av befintlig bro pågår, vilket innebär att exakt utformning och läge för ny bro ej är fastställt. Jämförande beräkning av påverkan på vattennivåer har utförts för dels den befintliga utformningen och dels för ny utformning (förslag). Syftet är dels att ge underlag på dimensionerande vattennivå och vattenhastighet för olika delar av utformning brokonstruktionen, och dels att bedöma vilken påverkan på vattenströmningen bron kan utgöra. Det senare syftar till att vara en del i den beskrivning av miljöpåverkan som görs i anmälan vattenverksamhet.



Figur 1-1: Bro över Erikssund, översikt.

1.1 Höjd- och koordinatsystem

Samtliga nivåer i detta dokument anges i höjdsystem RH2000 om inte annat anges. Plankoordinater anges i Sweref 99 TM.

Ritningar över befintlig broformning anger nivåer i ett ej specificerat höjdsystem, som ej har kunnat knytas till RH2000. Beräkningarna för befintlig broformning berör enbart brons relativa påverkan vilket innebär att det ej är nödvändigt att relatera dessa nivåer.

2 Underlag och förutsättningar för dimensionering

Det underlag som legat till grund för beräkningen sammanställs i avsnitten nedan.

2.1 Dimensioneringsförutsättningar

Utgångspunkten för dimensioneringen är Trafikverkets tekniska krav Bro 11 [1]. I den anges att broar med sammanlagd fri bredd större än 15 m ska dimensioneras utifrån ett 100-årsflöde (broar med mindre fri bredd ska dimensioneras utifrån ett 50-årsflöde).

Dimensioneringsförutsättningar i Bro 11 enligt ovan är i ett vattendrag och broläge liggandes långt ifrån damm eller sjö entydigt: i ett lutande vattendrag som inte påverkas av reglering är sambandet mellan vattenföring och vattenstånd en entydig funktion. Högre vattenföringar ger högre vattennivåer. Hur funktionen ser ut beror på flertalet parametrar såsom vattendragets lutning, bredd, m.m.

I ett broläge som påverkas av reglering från en damm som också har en stor magasinsarea, uppstår vissa oklarheter. Dels kan en damm reglera utflödet utifrån villkoren i vattendomen: om det för bron dimensionerande flödet är inom det intervall som dammens regleringsamplitud kan avbörda är inte sambandet mellan vattenstånd och flöde entydigt. Magasin- eller sjöareal kan också påverka hur tydligt ett flöde korrelerar med vattennivån. I stora sjöar blir dämpning och tidsfaktorn därmed en parameter som påverkar.

Aktuell broläge ligger i en del av Mälaren, vilket innebär att vattennivån påverkas både ur aspekten att det är en stor sjöareal som dämpar tillrinnande flöde till sjön och att utloppet ur Mälaren regleras genom Slussen i Stockholm. För Slussen pågår dessutom ett projekt för ombyggnad vilket kommer att markant förbättra avbördningskapaciteten därigenom och således påverka Mälarens vattennivåer vid högflöden till att bli lägre.

Utifrån ovanstående har i projektet beslutats av Trafikverket att Slussens vattendomnivå +1,39 m ska användas som randvillkor och utgångspunkt för bestämning av HHW för bron. Kommande avsnitt som redovisar hydrologiunderlag för Mälaren visar hur det med olika beräkningar och statistisk bearbetning av mätdata på olika sätt kan relatera vattennivå i Mälaren till olika sätt att se återkomsttid och flöde. Vattendomnivån +1,39 m är bara något lägre än högsta uppmätta vattenstånd, HHW, på +1,42 m. Efter Slussens ombyggnation är det långt mer osannolikt att erhålla vattennivåer i denna storleksordning, då den ökade avbördningskapaciteten innebär att högflöden kan avbördas vid lägre nivåer än idag.

2.2 Hydrologi

På grund av att bron går över en del av Mälaren, Ekolns utlopp ut och in i Mälaren, får, förutom vattenföringen förbi broläget, också vattenståndet i Mälaren en stor inverkan på resultatet i beräkningen. Mälarens avrinningsområde är betydligt större än det avrinningsområde går förbi Erikssund, varför Mälarens vattennivå till största del styr vattennivån i broläget.

Karaktäristiska tillrinningar förbi broläget sammanfattas i Tabell 2-1 nedan. På grund av beräkningspunkternas speciella lägen har karaktäristiska lågflöden (MLQ och LQ50) ej kunnat beräknas med tillfredsställande noggrannhet och har därför utelämnats. [2]

Tabell 2-1: Karaktäristiska tillrinningar förbi broläget i Erikssund.

Tillrinning	Uppgift	Kommentar
HQ100	200 m ³ /s	Dimensioneringsunderlag SMHI [2] <i>Ej möjligt att bestämma med tillförlitlig noggrannhet, SMHI [2]</i>
HQ50	180 m ³ /s	
MHQ	90 m ³ /s	
MQ	26 m ³ /s	
MLQ	- m ³ /s	
LQ50	- m ³ /s	

Mälarens sjö- och avrinningsområde har studerats åtskilligt, inte minst med anledning av projektet med ombyggnationen av Slussen i Stockholm, ur vilken tappningen och regleringen av Mälaren sker. I Tabell 2-2 sammanställs avrinningsområdenas arealer och karaktäristiska vattenstånd för Mälaren baserat på observerade vattenstånd perioden 1968-2003. [3]

Tabell 2-2: Avrinningsområden och karaktäristiska vattenstånd för Mälaren.

Avrinningsområde/ vattennivå	Uppgift	Kommentar
Avrinningsomr. Erikssund	3414 km ²	Dimensioneringsunderlag SMHI [2]
Avrinningsomr. Mälaren	22 650 m ³ /s	Översvämningsutredning Mälaren [4]
Karaktäristiska vattenstånd Mälaren		Konsekvensbedömning ny reglering Mälaren [3]
HHW	+1,42 m	Högsta högvattenstånd
MHW	+1,15 m	Medelhögvattenstånd
MW	+0,86 m	Medelvattenstånd*
MLW	+0,69 m	Medellågvattenstånd
LLW	+0,41 m	Lägsta lågvattenstånd

* Uppgifter förekommer också med värde +0,87 m RH2000.

Genom statistisk bearbetning av mätdata kan återkomsttider på observerade nivåer beräknas. I

Tabell 2-3 sammanställs högvattenstånd med olika återkomsttider i Mälaren beräknade genom frekvensanalys av årshögsta vattenstånd 1976-2005 och i Tabell 2-4 vattenstånd i Mälaren till följd av att ett flöde med en viss återkomsttid ska avbördas genom Slussen. Redovisningen är för dels det i Slussenprojektet s.k. nollalternativet, där modellberäkningar utgår från dagens utformning Slussen, samt för huvudalternativet för Slussenprojektet där avbördningskapaciteten är klart förbättrad.

Modellberäkningarna går strikt på bestämmelserna i vattendom och tillrinning respektive avbördning från sjön – i den verkliga avtappningen har ett visst läckage och

viss frihet i tappningsbestämmelser kring nivån +0,8 - +0,9 ingått vilket ger att beräknade värden kan skilja sig något from observerade i Tabell 2-2. [3]

Tabell 2-3: Beräknade vattenstånd för Mälaren sett utifrån återkomsttider för högvatten. Observera att värdena är beräknade, se förklaring i löptext samt referens.

Vattennivå	Nollalt.	Huvudalt.	Kommentar
Återkomsttid för högvattenstånd			Konsekvensbedömning ny reglering Mälaren [3]
HW _{1,01}	+0,88 m	+0,93 m	
HW ₂	+1,13 m	+1,13 m	
HW ₅	+1,26 m	+1,19 m	
HW ₁₀	+1,33 m	+1,22 m	
HW ₅₀	+1,46 m	+1,25 m	
HW ₁₀₀	+1,51 m	+1,26 m	

Tabell 2-4: Beräknade vattenstånd för Mälaren sett utifrån att ett tillrinnande flöde med en viss återkomsttid ska avböras genom Slussen. Observera att värdena är beräknade, se förklaring i löptext samt referens.

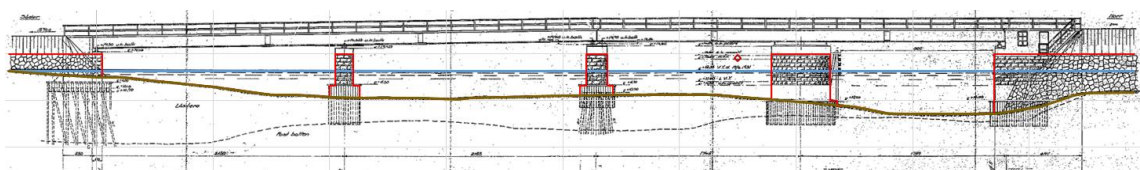
Vattennivå	Nollalt.	Huvudalt.	Kommentar
Återkomsttid för högvattenstånd			Konsekvensbedömning ny reglering Mälaren [3]
HW _{Q 100}	+1,86 m	+1,28 m	
HW _{Q 1 000}	> +2,7 m	+1,33 m	
HW _{Q 10 000}	> +2,7 m	+1,47 m	

Av hydrologisammanställningen ovan framgår att det finns olika sätt att kvantifiera och beräkna samt jämföra vattennivåerna i Mälaren. Kraven i Bro 11 om att ett 100-årsflöde ska användas vid dimensionering kan tolkas på flera sätt, t.ex.: som beräknat högvattenstånd utifrån ett *tillrinnande flöde* med återkomsttid 100 år (HW_{Q 100}), som den **vattennivå** som utifrån mätdata statistiskt har en beräknad återkomsttid om 100 år (HW₁₀₀), eller som att 100-årsflödet förbi **broläget** (HQ100) är det primära och att randvillkor som i detta fall måste bedömas utifrån förutsättningar i projektet.

Sett till ovanstående bedöms i projektet valt randvillkor +1,39 m vara rimligt, då det dels är den nivå som nuvarande vattendom anger ej ska överskridas (vilket innebär att det ska ske en tillrinning som överstiger avbörningskapaciteten under en längre tid om så ska ske), och dels är den nivå som enligt uppgift också ska gälla under Slussens ombyggnation. Efter att Slussenprojektet är genomfört kommer avbörningskapaciteten markant förbättras, och nivån +1,39 m motsvarar enligt underlaget då ett beräknat tillrinnande flöde >1000 års återkomsttid vilket vida överstiger dimensioneringskraven i Bro 11.

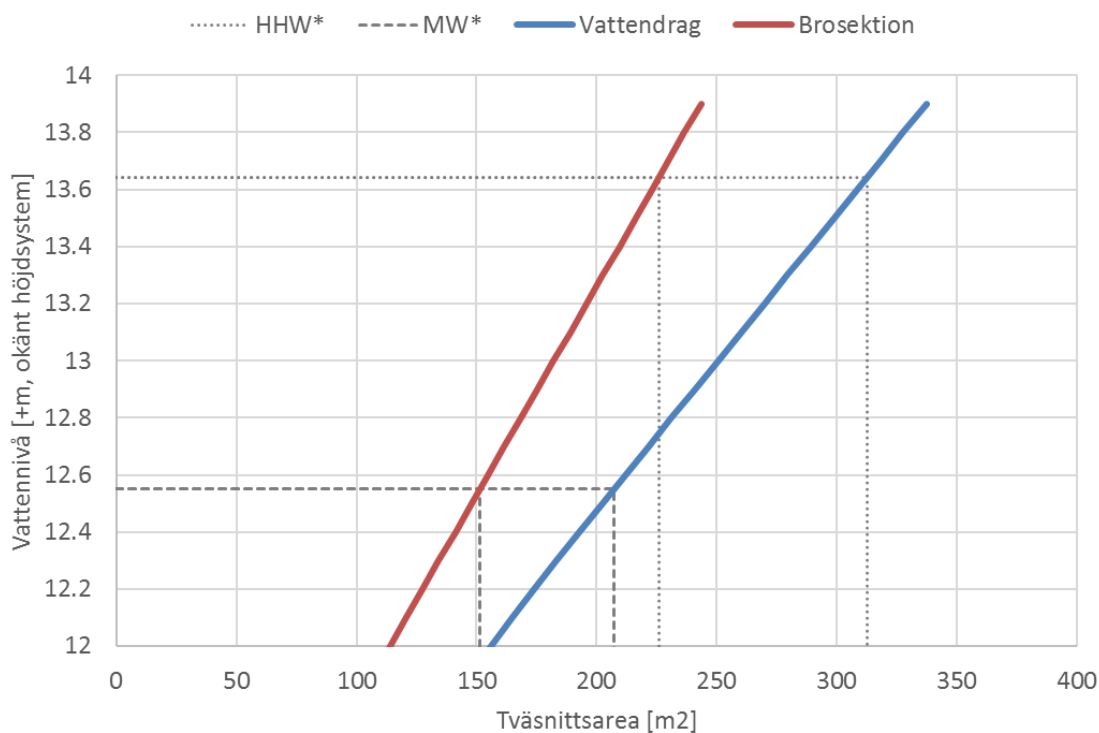
2.3 Brogeometri befintlig utformning

Brogeometri och strömningsarea för brolägets tvärsektion har extraherats från broritning, se Figur 2-1.



Figur 2-1: Brosektion över befintlig brouformning. Från denna har tvärsnitt extraherats, med och utan brokonstruktioner medtagna.

Från broritningarna har genomströmningsarean extraherats för användning i beräkningarna. Resultatet visas i Figur 2-2 nedan.



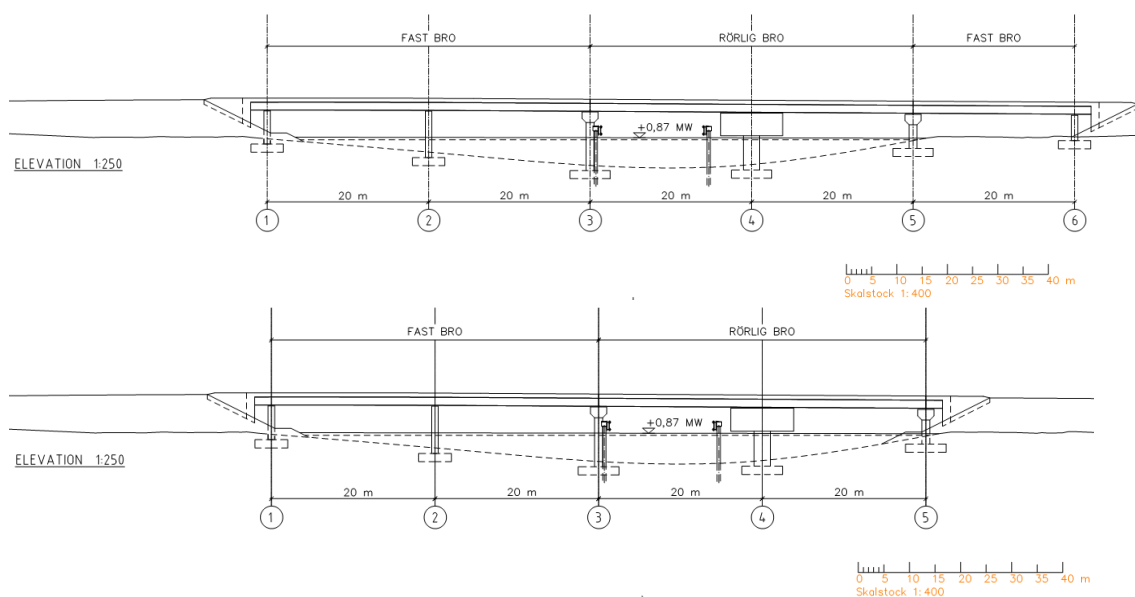
Figur 2-2: Strömningsarea för tvärsektionen i broläget för befintlig bro, med och utan hänsyn tagen till brokonstruktionens inverkan på strömningsarean.

* Höjdsystem på ritningsunderlaget är okänt – systemets relation till RH2000 har ej kunnat fastställas.

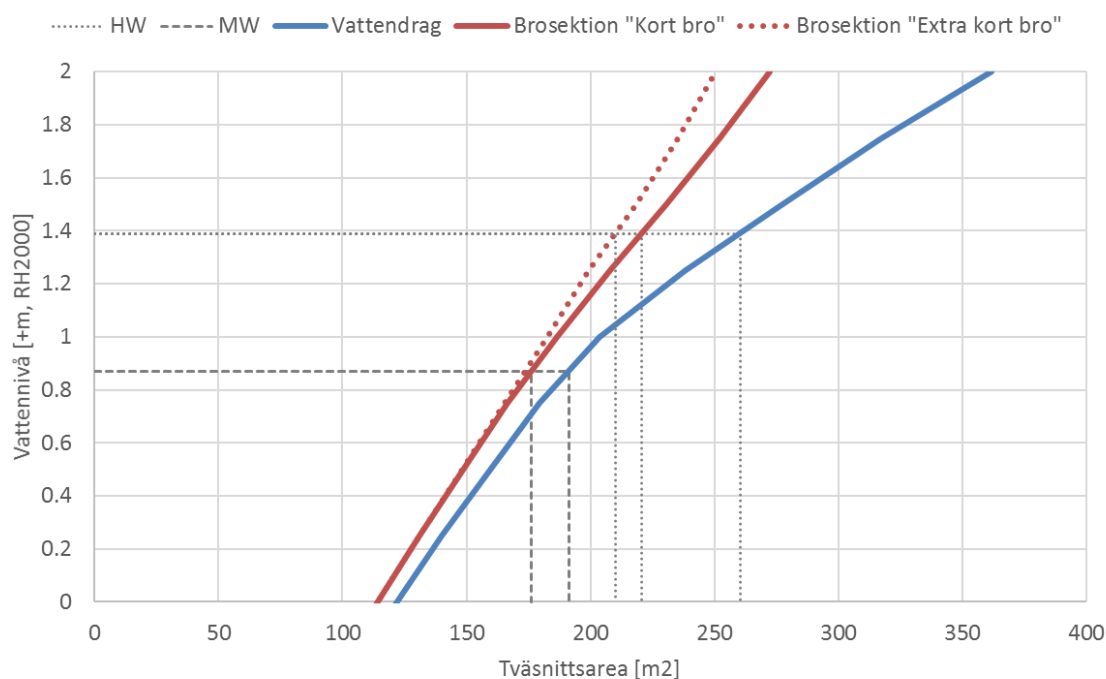
2.4 Brogeometri förslag på ny utformning

I pågående projektering övervägs två olika brolägen och därmed utformningar på den nya bron, här kallade "Kort bro" samt "Extra kort bro", se Figur 2-3 nedan. Höjdangivelser avser RH2000.

Från broritningarna har genomströmningsarean extraherats för användning i beräkningarna. Resultatet visas i Figur 2-4 nedan.



Figur 2-3: Förslagsritningar på nya broutförningar vid Erikssund: "kort bro" (nederst), "extra kort bro" (överst).



Figur 2-4: Strömningsarea för tvärsektionen i broläget för de två utförningarna "Kort bro" och "Extra kort bro", med och utan hänsyn tagen till brokonstruktionens inverkan på strömningsarean.

2.5 Beräkningsscenarier

Dämpningsberäkning har utförts för i projektet beslutat och enligt ovan genomgång av hydrologin, randvillkor +1,39 m flödet HQ100, 200 m³/s, som det flöde som ska passera broläget. Detta scenario benämns i detta PM för HW.

Då brons läge i en del av Mälaren är lite speciellt avseende hydrologin såsom beskrivits ovan, görs också motsvarande beräkning med samma flöde (HQ100) för Mälarens medelvattenstånd MW, +0,87 m. Detta för att belysa i vilken grad Mälarens vattennivå påverkar i förhållandet till flödet och av det inducerade dämningen.

3 Metod

Vattennivåförändringen p.g.a. bron, d.v.s. fallförlusten genom densamma, har beräknats med utgångspunkt i Trafikverkets publikationer TRVK Bro 11 [1] samt Avvattnings teknisk dimensionering och utformning – MB 310. [5]

Beräkningen utförs dels för befintlig broutformning och läge, och dels för den föreslagna nya broutformningen. Resultatet blir en beräknad vattennivå uppströms broläget i de båda fallen.

Det relativa resultatet, jämförelsen mellan de olika utformningarna, är att förvänta ha högre säkerhet i resultatet än de beräknade absoluta vattennivåerna. Detta då parametrar som t.ex. nedströms vattennivå och t.ex. Mannings tal oftast är desamma i beräkningarna och osäkerheten då försvinner i jämförelsen. Den beräknade vattennivån kan dock användas till kontroll av befintlig dimensionering eller utvärdering av dimensionering av ny broutformning.

Metoden innebär en stegvis beräkning av fallförluster:

- inloppsförlust i inloppet (kontraktionsförlust)
- förluster genom broläget (friktionsförlust)
- utloppsförlust (expansionsförlust)

I beräkningarna har en inloppsförlust på en halv ($k=0,5$) och en utloppsförlust på en hel ($k=1$) hastighetshöjd antagits för vattnets in- respektive utströmning genom bropassagen. Som framgår av broritningarna ovan blir den nya broutformningen så pass bred att skillnaden mellan brosektion och fårans utseende upp- och nedströms blir liten. Därför är troligtvis in- och utströmningsförlusterna något mindre, varför resultatet kan anses vara konservativt och ev. överskatta den nya brons dämning något. Valet av in- och utströmningsförlustkoefficienter har gjorts med vanligt förekommande tumregel i dimensioneringssammanhang.

I förhållande till in- och utloppsförluster är friktionsförlusten klart lägre på en så kort sträcka, varför denna inte bedöms få särskilt stor inverkan på resultatet och har därför ej tagits med i beräkningen.

4 Resultat

4.1 Befintligt broläge och broutformning

Beräkningarna av fallförlust (dämning) i broläget för befintlig utformning är gjord utifrån det höjdsystem som nivåer på ritningsunderlaget anges i. Relationen till RH2000 har ej kunnat fastställas. Resultatet kan dock användas relativt, d.v.s. den relativa vattennivåändringen.

Tabell 4-1: Resultat befintlig utformning. Vattennivåskillnad genom befintligt broläge vid flöde HQ100 (200 m³/s).

Punkt	Scenario MW*	Scenario HW*
Nivå nedströms bro (randvillkor)	12,55	13,64
Nivå uppströms bro	12,62	13,67
Nivåskillnad	+0,07	+0,03

* Höjdsystem på ritningsunderlaget är okänt – systemets relation till RH2000 har ej kunnat fastställas.

Resultatet visar att befintlig broutformning och broläge ger en fallförlust (dämningseffekt) på ca 0,03-0,07 m.

4.2 Nytt broläge och broutformning

Dämningberäkning har gjorts för de två utformningarna. Vid medelvattenstånd i Mälaren är utformningarna identiska vad gäller strömningsarean, vid högre vattenstånd skiljer arean till följd av längden på anslutningen, se Figur 2-4.

Tabell 4-2: Resultat ny utformning. Vattennivåskillnad genom broläge vid flöde HQ100 (200 m³/s) för de två olika förslagen på utformning.

Punkt	Scenario MW (båda utformn.)	Scenario HW (Kort bro)	Scenario HW (Extra kort bro)
Nivå nedströms bro (randvillkor)	0,87	1,39	1,39
Nivå uppströms bro	0,89	1,41	1,42
Nivåskillnad	+0,02	+0,02	+0,03

Resultatet visar att skillnaden mellan broutformningarna är liten sett till påverkan på dämningen. Fallförlusten (dämningseffekten) förbi broläget beräknas till ca 0,03 m.

5 Slutsats

5.1 Dämningseffekt

Dämningseffekten i broläget är mycket liten. Beräkningarna visar på en nivåskillnad på ca 0,03-0,07 m för befintlig bro/broläge och ca 0,03 m för den föreslagna nya bron/broläget. Metoderna som använts för att ta fram strömningsarea från underlagsritningar och nya förslagsritningar skiljer sig åt, och också som diskuterats ovan kring nivåer och höjdsystem i de gamla ritningarna. Detta gör att det finns osäkerheter i de beräknade värdena. Storleken på förlusten/dämningen i broläget är

dock mycket liten sett till absoluta tal, och om något visar beräkningarna att den nya konstruktionen ev. kan förbättra något jämfört med befintlig utformning.

5.2 Dimensionerande vattennivå

Dimensionerande vattennivå i broläget är till största delen beroende av vattennivån i Mälaren. Endast till mindre del påverkar den faktiska nivåändringen över broläget till följd av fallförlusten vilket kan ses i resultaten ovan.

Riktlinjerna anger att hänsyn ska tas till vattennivån uppströms broläget i dimensioneringen. Fallförlusten över broläget är beräknad till ca 0,03 m för de nya förslagen. Dimensionerande nivå är således främst beroende på Mälarens nivå. Nedströms om Erikssund korsas vattnet av bro vid Stäket också. I detta skede har inga beräkningar på ev. dämningseffekt gjorts där, men vid ett flödesscenario HQ100 är det troligt att en mindre dämning i liknande storleksordning som vid Erikssund uppstår också där.

Utifrån ovanstående rekommenderas dimensionera utifrån en högsta vattennivå baserad på i projektet valt randvillkor (+1,39 m), och till det lägga till bedömd och beräknad dämningseffekt vid Stäket och Erikssund, d.v.s. ca +1,45 m.

5.3 Diskussion

Scenario med medelvattennivå i Mälaren (MW) och samtidigt ett 100-årsflöde förbi broläget bedöms vara osannolikt. Mälarens avrinningsområde är visserligen mycket större än Erikssunds avrinningsområde och Mälarens nivå är således beroende av fler parametrar än enbart tillrinningen som passerar Erikssund. Det bedöms dock som osannolikt att sådant högflöde som HQ100 skulle rinna förbi Erikssund och att det samtidiga vattenståndet i Mälaren skulle vara medelnivån MW. Därmed ej sagt att det nödvändigtvis bör råda HW (högvattennivå, HW100, eller liknande) i Mälaren. Beräkningarna visar dock på små skillnader i fallförlust i broläget för olika nivåer i Mälaren.

Beräkningarna visar att det föga förvånande är avbördningen i Slussen och därmed Mälarens vattennivå som har tveklöst störst betydelse för vattennivåerna uppströms broläget. Brons beräknad dämningseffekt bedöms i sammanhanget vara försumbart liten.

6 Referenser

- [1] Trafikverket, "TRVK Bro 11 - Trafikverkets tekniska krav Bro (TRV 2011:085)," Trafikverket, Borlänge, 2011.
- [2] SMHI, *Hydrologiskt dimensioneringsunderlag Erikssund*, Norrköping: SMHI, 2016.
- [3] C.-J. Rangsjö, *Projekt Slussen, Åkermark - Konsekvensbedömning ny reglering Mälaren*, Jordbruksverket, 2011-12-21.
- [4] MSB, *Konsekvenser av en översvämning i Mälaren*, Karlstad: MSB, 2012.
- [5] Trafikverket, "Avvattnings teknisk dimensionering och utformning - MB 310 (TDOK 2014:0051)," Trafikverket, 2014.



TRAFIKVERKET

Trafikverket, XXX XX Ort. Besöksadress: Gata XX.
Telefon: 0771-921 921, Texttelefon: 010-123 50 00

www.trafikverket.se