Bilaga 5A

PM ±Vattenståndsberäkningar vid bro 25-130-1 i Moskojärvi

E10, Avvakko Lappeasuando

Gällivare kommun, Norrbottens län

Datum: 2022-01-24

Objektnummer: 880950

BYGGHANDLING

Trafikverket
Postadress: Box 809, 971 25, Luleå
E-post: trafikverket@trafikverket.se
Telefon: 0771-921 921

Dokumenttitel: PM Vattenståndsberäkningar vid bro 25-120-1 i Moskojärvi
Författare: Lisa Carlsson, Sweco
Dokumentdatum: 2022-01-24
Dokumenttyp: PM
Objektnummer: 880950
Kontaktperson: Jöran Gärtner, Trafikverket
Konsult: Sweco

Bilder: Trafikverket och Sweco, där inget annat anges.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

BAKGRUND OCH SYFTE **4**

METOD **5**

Flöden **5**

Höjdmodell **5**

Inmätningar **6**

Hydraulisk modell **6**

Omfattning och tvärsektioner 6

Bro 25-130-1 8

Randvillkor 9

Hydraulisk resistans 10

Översiktlig kalibrering 11

RESULTAT **13**

Osäkerheter **13**

Vattennivåer vid broläget **13**

Vattennivåer vid broläget **14**

DISKUSSION OCH SLUTSATSER **15**

REFERENSER **16**

Bilaga 1. Tillfällig förbifart för bro 25-130-1 2022-12-07

Bakgrund och syfte

Drygt 3 mil nordöst om Gällivare tätort passerar väg E10 mellan sjöarna Kivijärvi och Moskojärvi. Sjöarna förbinds med vattendraget Moskojoki. Den befintliga bron över Moskojoki (ID -nummer 25-130-1) planeras att rivas och ersättas med en ny bro. Syftet med föreliggande utredning var att beräkna medelvattennivån (MW), medelhögvattennivån (MHW) samt 50 -årsnivån (HHW_{50}) vid läget för bro 25-130-1. Beräknade vattennivåer avser att utgöra underlag vid projektering av den nya bron.

Samtliga nivåer i föreliggande utredning redovisas i höjdsystem RH2000 om inget annat anges.

Figur 1. Väg E10 som passerar mellan sjöarna Kivijärvi och Moskojärvi. Läget för bro 25 -130-1 är markerat med röd rektangel. Kartunderlag: Lantmäteriet, 2021.

Metod

Flöden

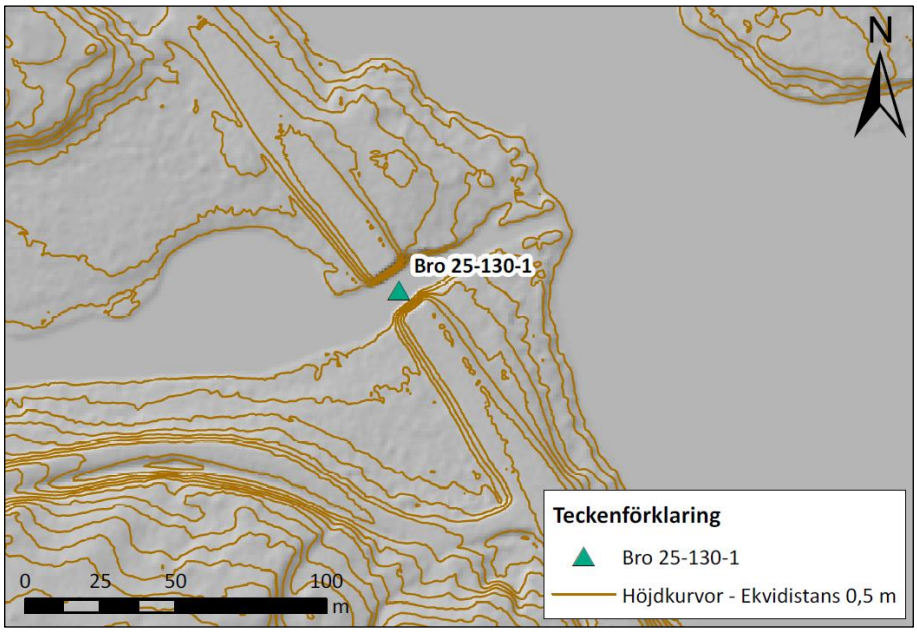
Inom ramen för huvuduppdraget (d.v.s. projektering av den nya bron) beräknades medelvattenföringen (MQ), medelhögvattenföringen (MHQ) och 50-årsflödet (HQ_{50}) vid läget för bro 25-130-1 av SMHI (SMHI, 2021a). Avrinningsområdet storlek och sjöandelen uppgår, enligt SMHI, till 73 km^2 respektive 11,3 %. SMHI beräknade MQ med hjälp av areell avrinningskarta för perioden år 1963-2018 och stationsuppgifter från jämförbara områden. MHQ respektive HQ_{50} togs fram hjälp av medelvärdesberäkningar och statistisk analys av tidserier från vattenföringsstationen Skabram, lokaliserad ca 2 km väster om Jokkmokk. Beräknade dygnsmedelflöden (i m^3/s) redovisas i Tabell 1 nedan.

Tabell 1. Beräknade dygnsmedelflöden vid läget för bro 25-130-1 (SMHI, 2021a).

Flödesscenario	Dygnsmedelflöde [m^3/s]
MQ	0,79
MHQ	4,8
HQ_{50}	9,6

Höjdmodell

En höjdmodell över det studerade området laddades ner från SCALGO Live (SCALGO, 2021). Höjdmodellen baseras på högupplöst laserskannad höjddata från Lantmäteriet och har en upplösning om 1,0*1,0 m (Figur 2).



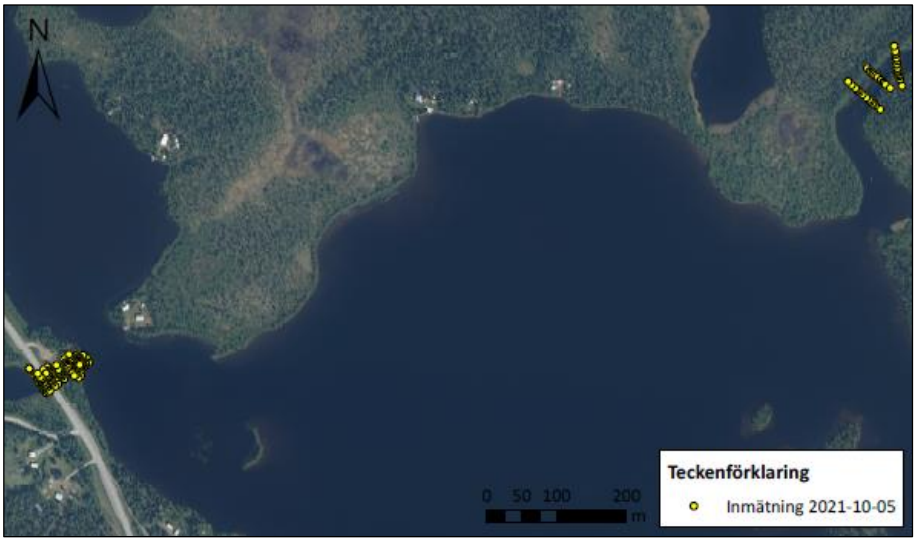
Figur 2. I grått visas en terrängskuggning av höjdmodellen för ett utsnitt av det studerade området. De bruna linjerna representerar höjdkurvor med ekvidistansen 0,5 m.

Laserskannad höjddata innefattar bara information om höjder ovan den nivå som vattenytan låg på vid tillfället för laserskanningen. I höjdmodellen saknas således information om vattendragets batymetri. Batymetri beskriver terrängen under vattenytan och är motsvarigheten till topografi på land. För att beskriva vattendragets batymetri utfördes en

manuell bearbetning av den hydrauliska modellens tvärsektioner utifrån inmätningar av bottennivåer (se avsnitt Inmätningar och avsnitt Hydrauli sk modell).

Inmätningar

Inom ramen för föreliggande utredning utfördes inmätningar av bottennivåer (tvärsektioner) i vattendraget samt inmätning av den befintliga bron, bro 25 -130-1. Inmätningarna utfördes den 5:e oktober 2021 av mättekniker Robert Rachwalski, Sweco Polen. Inmätningarna utfördes med ett satellitbaserat positionsbestämningssystem (GPS). Totalt mättes 12 tvärsektioner in, nio stycken i vattendragssträckan vid bron och tre stycken i forssträckan lokaliserad precis nedströms utloppet ur sjön Mo skojärvi (Figur 3). Sektionerna vid utloppet mättes in i syfte att fånga upp möjliga begränsande sektioner som eventuellt kan påverka beräknade vattennivåer vid broläget.

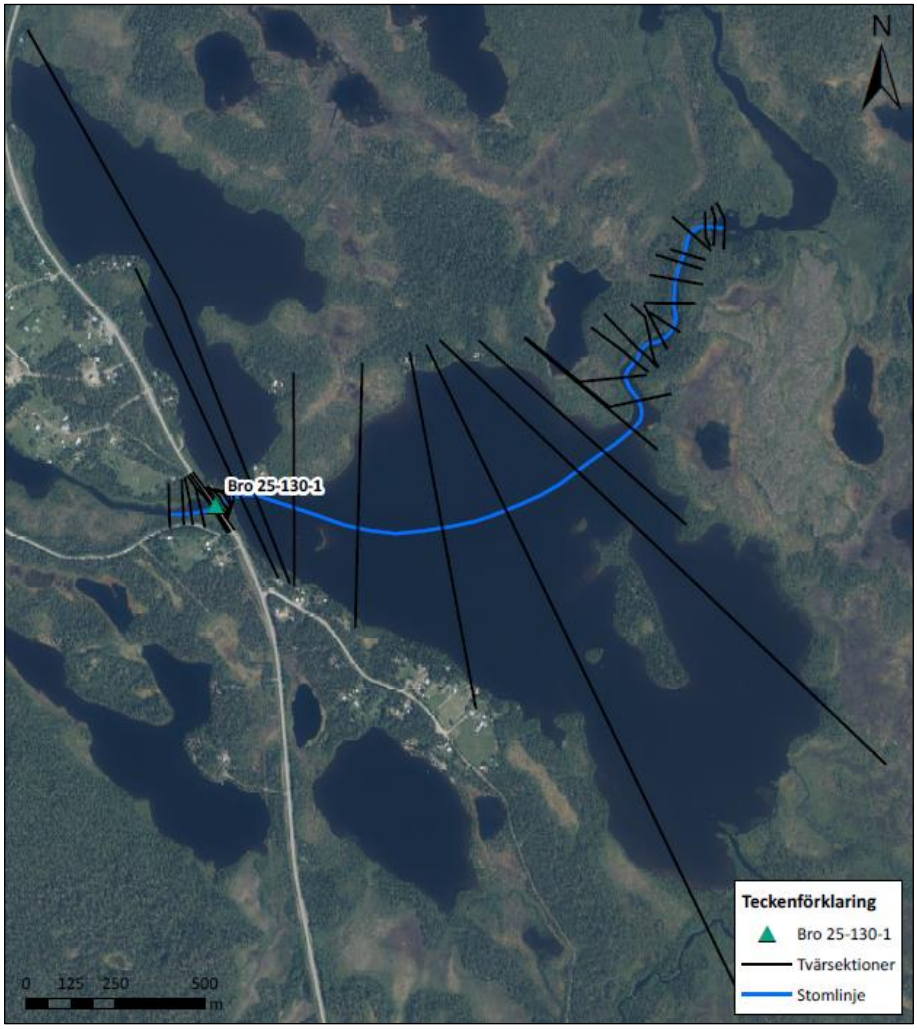


Figur 3. De gula punkterna representerar platserna där inmätningar av bottennivåer utfördes den 5:e oktober 2021.

Hydraulisk modell

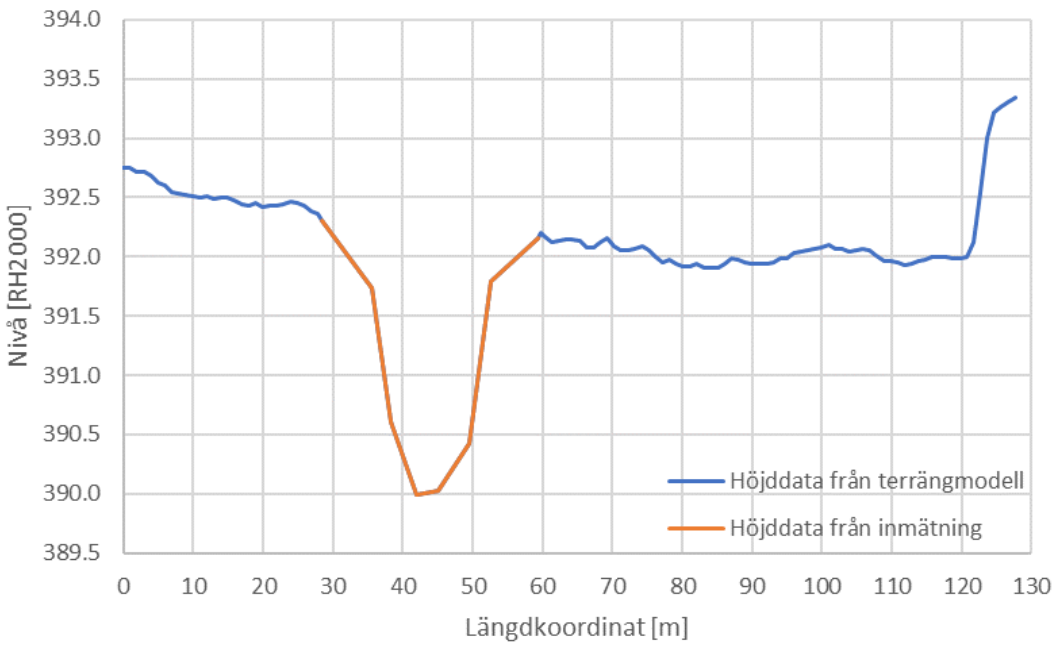
Omfattning och tvärsektioner

I syfte att beräkna vattennivåerna vid läget för bro 25-130-1 upprättades en endimensionell hydraulisk modell längs en sträcka av drygt 2 km, från precis uppströms bro 25-130-1 ner till ca 700 m nedströms utloppet ur sjön Moskojärvi. Den hydrauliska modell en upprättades i det endimensionella beräkningsprogrammet MIKE11, programversion 2019. Den studerade vattendragssträckan beskrivs av 37 st. tvärsektioner (Figur 4). Det är i tvärsektionerna som vattennivå beräknas.



Figur 4. Den blå linjen visar den hydrauliska modellens sträckning, från precis uppströms bro 25-130-1 ner till ca 700 m nedströms utloppet ur sjön Moskojärvi. De svarta linjerna visar de 37 st. tvärsektioner som beskriver vattendraget.

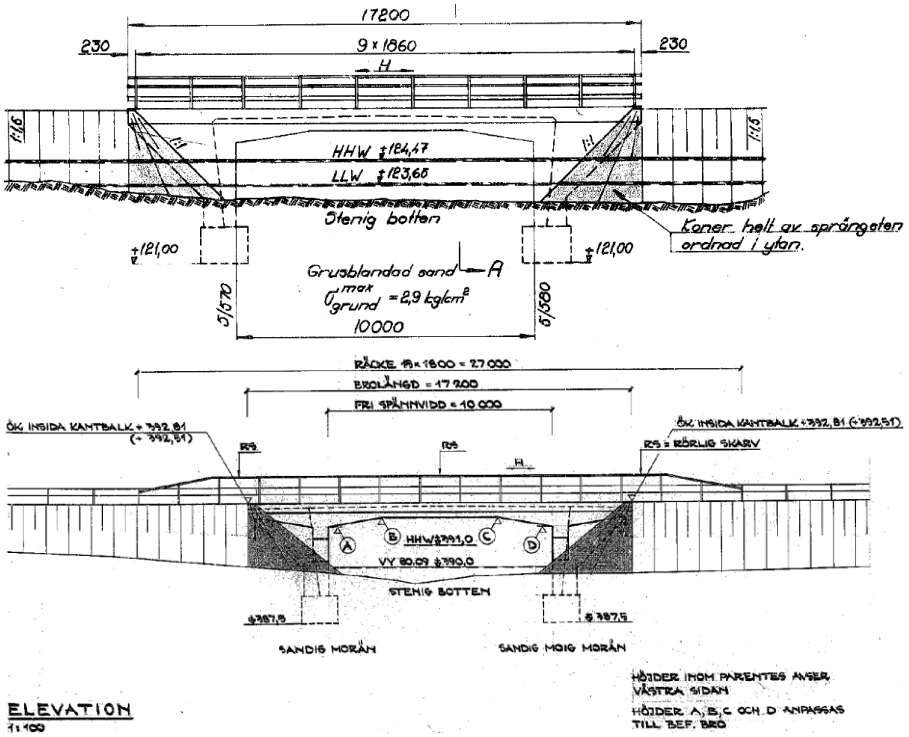
Höjdinformationen i tvärsektionerna baserades på inmätta nivåer i vattendragsfåran (batymetri) samt på högupplöst laserskannad höjddata, d.v.s. höjdmodellen, på vattendragets stränder (topografi) (Figur 5). Inmätning av bottennivåer utfördes, såsom tidigare nämnts, år 2021 inom ramen för föreliggande utredning (se avsnitt Inmätning). Inmätta bottennivåer fanns att tillgå i 12 st. av de totalt 37 st. tvärsektioner som bygger upp den hydrauliska modellen. I de sektioner där inmätningar saknades uppskattades bottennivån baserat på ortofoto samt närliggande inmätningar.



Figur 5. En av sektionerna som beskriver vattendragssträckan. Vänster och höger strand (blå linje) baseras på höjdmodellen, d.v.s. högupplöst laserskannad höjddata. Vattendragsfåran (orange linje) baseras på inmätningar.

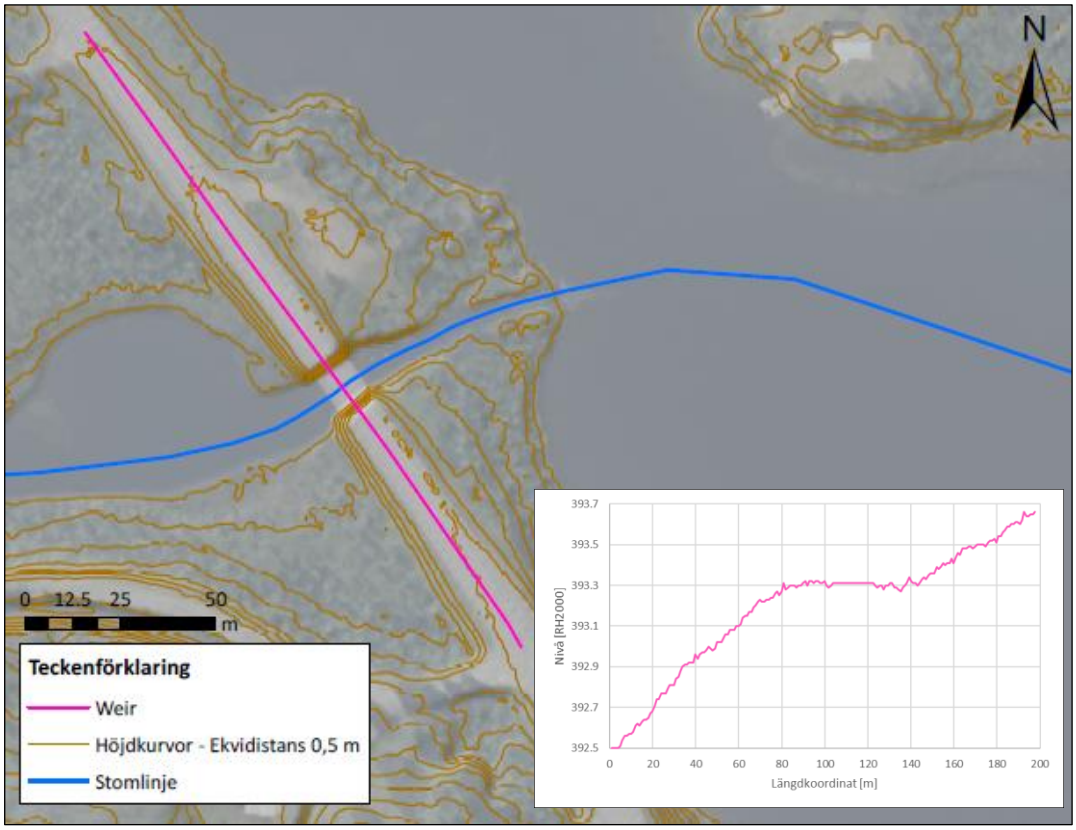
Bro 25-130-1

Den enda struktur som inkluderades i den hydrauliska modellen var den befintliga bron över Moskojoki, d.v.s. bro 25-130-1 (Figur 6). Baserat på inmätningar (se avsnitt Inmätning ar) kunde bottennivå, nivå för underkant brobana och genomströmningsarea bestämmas.



Figur 6. Broritningar över bro 25 -130-1 (d.v.s. befintlig bro) från år 1949 (övre bild) respektive år 1982 (nedre bild). I den övre bilden anges nivåer i ett lokalt höjdsystem och i den nedre bilden i höjdsystem RH00.

Själva broöppningen lades in i den hydrauliska modellen som en s.k. culvert, där strömningsbredden vid ett antal nivåer definierades. Vid händelse av höga flöden i vattendraget så begränsas eventuellt flödet inte endast till själva broöppningen utan vatten kan även komma att strömma över vägbanan. För att ta hänsyn till eventuell överströmning av vägbanan representerades väg E10 och brobanan av en s.k. weir i den hydraulisk modellen (Figur 7).



Figur 7. Den rosa linjen visar var vägbanan/brobanans profil drogs. Det är denna profil som i den hydrauliska modellen representeras av en s.k. weir. Den rosa linjen i grafen längst ner till höger visar väg- och brobanans nivå i höjdsystem RH2000. I detta fall sluttar vägbanan nedåt norr om bro 25-130-1 och det är här vatten skulle rinna över först vid händelse av en eventuell överströmning.

Randvillkor

Såsom tidigare nämnts studerades tre olika flödesscenarier inom ramen för föreliggande utredning; MQ, MHQ och HQ_{50}. SMHI:s beräknade dygnsmedelflöden vid läget för bro 25-130-1 ansattes som uppströms randvillkor i den hydrauliska modellen. Avrinningsområdet vid Moskojärvis utlopp är ungefär dubbelt så stort som avrinningsområdet vid läget för bro 25-130-1. I föreliggande utredning antogs samma flödesförhållande mellan broläget och sjöutloppet som det som angespå SMHI:s webbaserade tjänst Vattenwebb (SMHI, 2021b). Tillkommande flöde längs sträckan från bron ner till sjöutloppet lades in som ett distribuerat randvillkor i den hydrauliska modellen (Tabell 2).

Tabell 2. Uppströms randvillkor (d.v.s. flöde vid broläget), distribuerat randvillkor (d.v.s. tillkommande flöde mellan broläget och sjöutloppet) samt totalt flöde i den hydrauliska modellen.

Flödesscenario	Uppströms randvillkor [m^3/s]	Distribuerat randvillkor [m^3/s]	Totalt flöde [m^3/s]
MQ	0,79	0,82	1,61
MHQ	4,80	5,63	10,43
HQ_{50}	9,60	11,27	20,87

Nedströms randvillkor utgjordes av en konstant vattennivå om +387,8 m [RH2000]. Den hydrauliska modellens nedströms rand är belägen så pass långt nedströms bron att valet av nedströms randvillkor, d.v.s. vattennivå, ej påverkar beräknade vattennivåer vid broläget.

Hydraulisk resistans

Den hydrauliska resistansen i vattendraget beskrevs med Mannings tal. Höga värden på Mannings tal beskriver vattendrag med slät botten och låga värden på Mannings tal beskriver vattendrag med tät vegetation eller skrovlig botten, d.v.s. att råheten och därmed flödesmotståndet är stort.

I de sektioner som är lokaliserade närmast nedströms bron ansattes Mannings tal till 20 $m^{1/3}/s$ och i sektionerna precis uppströms inloppet i sjön Moskojärvi, där det är mycket buskar/vegetation och sten, ansattes Mannings tal till 15 $m^{1/3}/s$. I de tre sektioner som mättes in vid utloppet av sjön Moskojärvi ansattes Mannings tal till 20 $m^{1/3}/s$. I övriga delar av den hydrauliska modellen ansattes Mannings tal till 30 $m^{1/3}/s$. Valet av Mannings tal baserades på foton över vattendraget (se exempel i Figur 8-Figur 10) och referensvärden för Mannings tal (US Army Corps of Engineers, 2016).

Figur 8. Vattendragssträckan mellan bron och inloppet i sjön Moskojärvi. Längs denna sträcka ansattes Mannings tal i tvärsektionerna till 20 respektive 15 $m^{1/3}/s$. Foto: Robert Rachwalski, Sweco Polen.

Figur 9. Precis uppströms mynningen i sjön Moskojärvi är det mycket buskar/vegetation och sten. I tvärsektionerna lokalis erade i det här området ansattes Mannings tal till 15 $m^{1/3}/s$. Foto: Robert Rachwalski, Sweco Polen.

Figur 10. I de begränsande sektionerna vid utloppet av sjön Moskojärvi ansattes Mannings tal till 20 $m^{1/3}/s$. Foto: Robert Rachwalski, Sweco Polen.

Översiktlig kalibrering

Vid tillfället för inmätningen av tvärsektionerna så mättes även vattenytan in i läget för varje sektion. Medelvattenhastigheten mättes därtill översiktligt in, med hjälp av den s.k. apelsin - metoden, på tre platser utmed vattendraget; under bron, precis nedströms bron samt i forssträckan nedströms utloppet ur sjön Moskojärvi. Enligt inmätningarna uppgick medel - vattenhastigheten vid de olika platserna till 0,34 m/s, 1,0 m/s respektive 0,8 m/s. För att möjliggöra en översiktlig kalibrering av den hydrauliska modellen uppskattades flödet i vattendraget med hjälp av de inmätta vattennivåerna och medelvattenhastigheterna (Ekvation 1).

(1)

där

= vattenflödet [m ^{3}/s]

= medelvattenhastigheten [m/s]

= våta arean [m^2]

Baserat på den inmätta medelvattenhastigheten under bron (0,34 m/s) uppskattades vattenflödet vid läget för bron till ca 2,9 m ^{3}/s och baserat på den inmätta medelvattenhastigheten precis nedströms bron (1,0 m/s) uppskattades vattenflödet vid läget för bron till ca 5,2 m ^{3}/s. Stora variationer i flöde framräknades således beroende på vilken inmätt medelvattenhastighet som användes. Vid kalibrering med flödet 5,2 m^3/s erhölls god överenstämmelse mellan uppmätta och beräknade vattennivåer, endast ett par cm avvikelse. Vid kalibrering med flödet 2,9 m^3/s var avvikelsen emellertid större, drygt 0,1 m (Tabell 3).

Tabell 3. Inmätta vattennivåer i tvärsektionerna upp- och nedströms bron samt beräknade vattennivåer vid kalibrering med flödet 5,2 m ^{3}/s respektive 2,9 m ^{3}/s. Samtliga nivåer anges i höjdsystem RH2000. I tabellen redo visas därtill skillnaden mellan inmätt och beräknad vattennivå. De två fet-markerade raderna representerar tvärsektionerna precis upp- och nedströms bron, d.v.s. sektionerna med längdkoordinat 128 m respektive 138 m.

Längdkoordinat [m]	Inmätt vattennivå	Beräknad vattennivå Q = 5,2 m^3/s	Skillnad [m]	Beräknad vattennivå Q = 2,9 m^3/s	Skillnad [m]
123	+391,17	+391,21	0,04	+391,06	-0,11
126	+391,17	+391,20	0,03	+391,05	-0,12
128	+391,19	+391,19	0,00	+391,05	-0,14
138	+391,16	+391,17	0,01	+391,03	-0,13
143	+391,15	+391,16	0,01	+391,02	-0,13
155	+391,08	+391,07	-0,01	+390,95	-0,13
170	+391,01	+390,99	-0,02	+390,88	-0,13
178	+390,92	+390,91	-0,01	+390,82	-0,11
123	+391,17	+391,21	0,04	+391,06	-0,11

Resultat

Osäkerheter

Eftersom kalibreringsunderlag i form av uppmätta flöden, med t.ex. flygelmätningar, saknades var det svårt att med säkerhet fastställa hur stort flöde som gick i Moskojoki vid tillfället för inmätningarna av vattennivå (d.v.s. den 5:e oktober 2021). Den översiktliga kalibreringen visar emellertid att beräknade vattennivåer är i samma storleksordning som uppmätta vattennivåer, om än lite lägre vid simulering av kalibreringsflödet ca 2,9 m^3/s. För att säkerställa att beräknade vattennivåer ej underskattas kan en säkerhetsmarginal på 0,1 m eventuellt tillämpas.

Vid beräkning av MW, MHW och HHW_{50} simulerades, som tidigare nämnts, SMHI:s beräknade flöden (Tabell 2). De av SMHI beräknade flödena är konstanta och utgörs av dygnsmedelvärden. Det går således ej att utesluta att 50-årsflödet i Moskojoki momentant kan vara större än det flöde som simulerades i föreliggande utredning.

Vattennivåer vid broläget

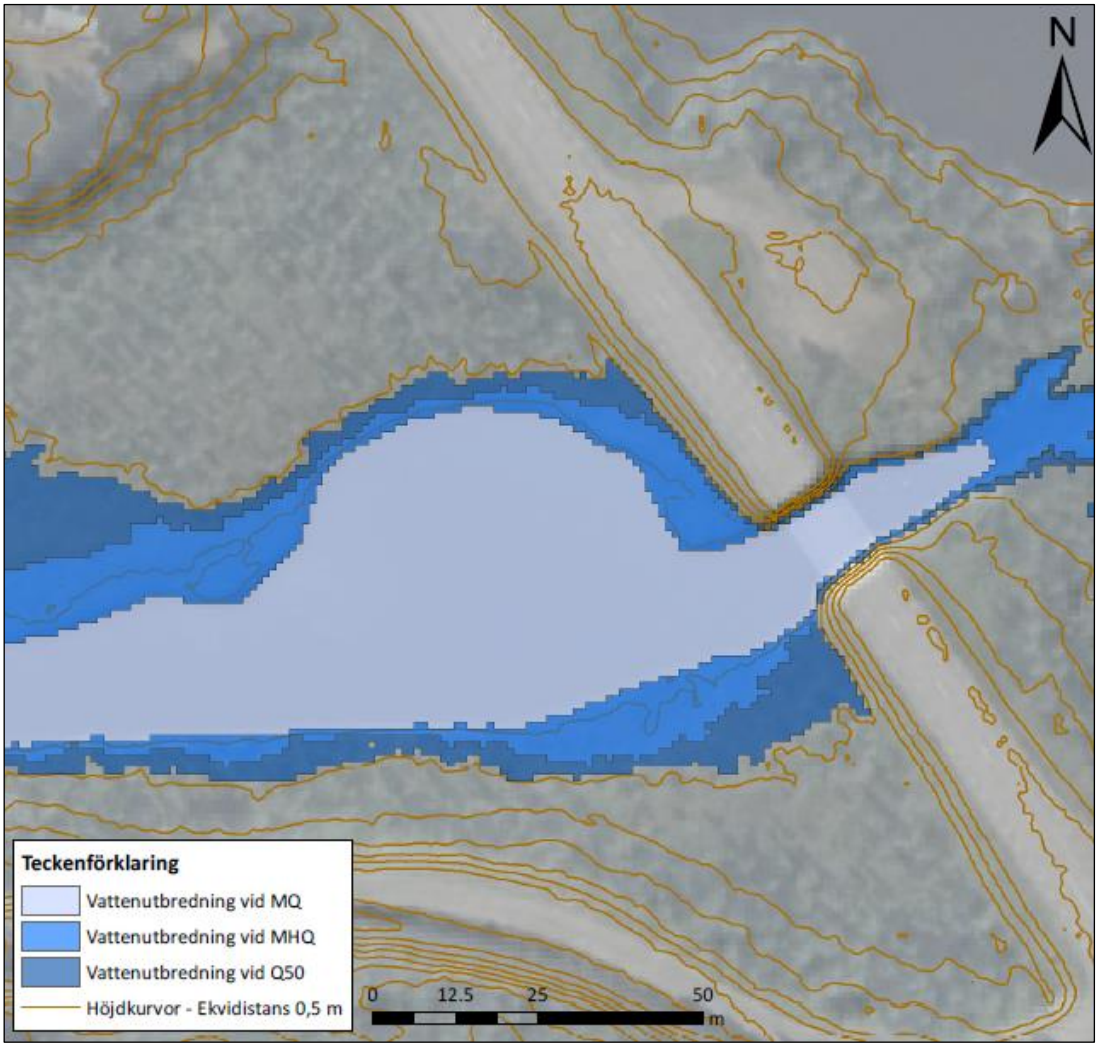
I Tabell 4 nedan redovisas beräknade vattennivåer, i höjdsystem RH2000, vid läget för den befintliga bron över Moskojoki (ID-nummer 25-130-1) vid flödesscenarierna MQ, MHQ och HQ_{50}. I tabellen redovisas därtill beräknade vattennivåer inklusive en säkerhetsmarginal om 0,1 m.

Tabell 4. Beräknade vattennivåer, i höjdsystem RH2000, vid läget för den befintliga bron (ID-nummer 25-130-1) över Moskojoki samt beräknade vattennivåer inklusive en säkerhetsmarginal om 0,1 m.

Flödesscenario	Beräknad vattennivå vid läget för bro 25-130-1 [RH2000]	Beräknad vattennivå inklusive säkerhetsmarginal [RH2000]
MQ	+390,8	+390,9
MHQ	+391,2	+391,3
HQ_{50}	+391,4	+391,5

Vattennivåer vid broläget

I Figur 11nedan redovisas den karterade vattenutbredningen upp- och precis nedströms bro 25-130-1 vid flödesscenarierna MQ, MHQ och HQ_{50}. Att vattenutbredningen inte karteras ut fullständigt vid MQ bero r på att vattennivån vid tillfället för laserskanningen låg högre än medelvattennivån (MW).



Figur11. Vattenutbredningen upp - och precis nedströms bro 25-130-1 vid flödesscenarierna MQ, MHQ och Q50.

Diskussion och slutsatser

Beräknad HHW_{50}, +391,4 m, är i samma storleksordning som den nivå som i ritningen från år 1982 (se Figur 6) anges som HHW, d.v.s. ca +391,7 m i höjdsystem RH2000. Till skillnad från tidigare nivåangivelser är det i och med föreliggande utredning nu känt vilket flöde i Moskojoki som ger upphov till HHW_{50}. Det är därtill känt vilket underlag som har använts, vilka antaganden som har gjorts samt vilken metod som har använts för att beräkna MW, MHW och HHW_{50}.

Underkant brobana för den nya bron över Moskojoki kommer i sitt lägsta läge i bromitt (brons västra sida) att ligga på nivån ca +392,6 m i höjdsystem RH2000. Beräknad HHW_{50} ligger således ca 1,1 m under nivån för underkant brobana och det är följaktligen god marginal mellan beräknad högvattennivå och underkant brobana.

Referenser

Lantmäteriet, 2021. Min karta. Tillgängligt på: https://minkarta.lantmateriet.se/. Hämtat: 2021-12-21.

SCALGO, 2021. SCALGO Live. Tillgängligt på: https://scalgo.com/live/sweden?res=1024&ll=15.993575%2C62.444473&lrs=lantmateriet_topowebb_nedtonad&tool=zoom.

SMHI, 2021b. SMHI Vattenwebb Modelldata per område. Tillgängligt på: https://vattenwebb.smhi.se/modelarea/.

SMHI, 2021a. Dimensioneringsunderlag för tre brolägen E10. 2021-11-23. Referensnummer: 2021/2289/9.5

US Army Corps of Engineers, 2016. HEC-RAS River Analysis System - Hydraulic Referens Manual. Version 5.0. February 2016.

[redacted]

Trafikverket, Box 809, 971 25 Luleå. Besöksadress: Sundsbacken 2-4.
Telefon: 0771-921 921, Texttelefon: 010-123 50 00

www.trafikverket.se

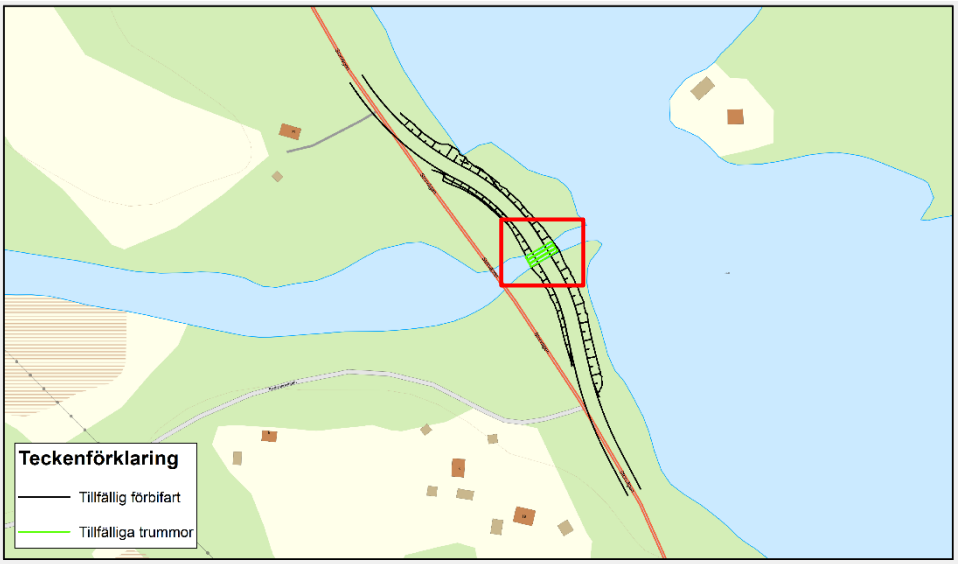
Bilaga 1. Tillfällig förbifart för bro 25-130-1 2022-12-07

Bakgrund och syfte

Den befintliga bron över Moskojoki (ID -nummer 25-130-1) planeras att rivas och ersättas med en ny bro. Inom ramen för detta arbete planeras en tillfällig förbifart på nedströmssidan av bron, öst om bron, se Figur 1.

Syftet med föreliggande utredning var att beräkna vattennivåer samt vattenhastigheter vid läget för tillfällig förbifart och dimensionering av tillfälliga trummor. Beräknade vattennivåer och vattenhastigheter avser att utgöra underlag vid projektering av den tillfälliga förbifarten, tillfällig a trummor samt utgöra underlag till ansökan om tillstånd för vattenverksamhet.

Samtliga nivåer i föreliggande utredning redovisas i höjdsystem RH2000 om inget annat anges.



Figur 1. Väg E10 som passerar mellan sjöarna Kivijärvi och Moskojärvi. Läget för tillfälliga trummor under förbifarten ä r markerat med röd rektangel. Kartunderlag: Lantmäteriet, 202 2.

Metod

Allmänt

Mer detaljerad redovisning av metodiken med ingående delar såsom höjdmodell och inmätningar, tvärsektioner, randvillkor, hydraulisk resistans och kalibrering beskrivs i PM Vattenståndsberäkningar vid bro 25-130-1 i Moskojärvi.

Flöden

Inom ramen för huvuduppdraget (d.v.s. projektering av den nya bron) beräknades medelvattenföringen vid läget för bro 25-130-1 (och tillfällig förbifart) av SMHI (SMHI, 2021a). Beräknade dygnsmedelflöden (i m^3/s) redovisas i Tabell 1 nedan.

Tabell 1. Beräknade dygnsmedelflöden vid läget för bro 25-130-1 och tillfällig förbifart (SMHI, 2021a).

Flödesscenario	Dygnsmedelflöde [m^3/s]
MLQ	0,16
MQ	0,79
MHQ	4,80
HQ50	9,60
HQ100	11,00

Förklaringar till ovanstående definitioner:
MLQ - Medellågvattenföring d.v.s. medelvärdet av varje års lägsta dygnsvattenföring.
MQ - Medelvattenföring d.v.s. medelvärdet av varje års medelvattenföring.
MHQ - Medelhögvattenföring d.v.s. medelvärdet av varje års högsta dygnsvattenföring.
HQ50 - Dygnsvärde av högvattenföring med 50 års återkomsttid.
HQ100 - Dygnsvärde av högvattenföring med 100 års återkomsttid.

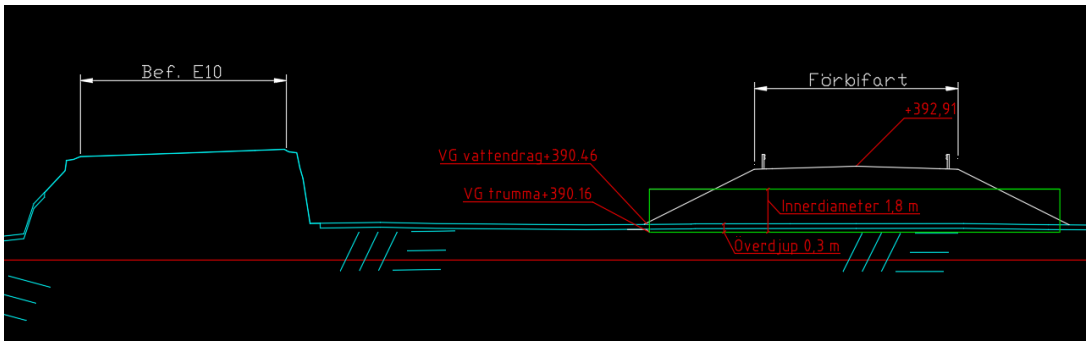
Hydraulisk modell - justeringar avseende tillfällig förbifart

De strukturer som inkluderades i den hydrauliska modellen var den befintliga bron över Moskojoki, d.v.s. bro 25-130-1 samt nya trummor under förbifartsvägen. Två olika scenarier analyserades vid förbifarten. Ett med två tillfälliga trummor med inre diameter på 1800 mm samt ett med tre tillfälliga trummor med inre diameter på 1800 mm.

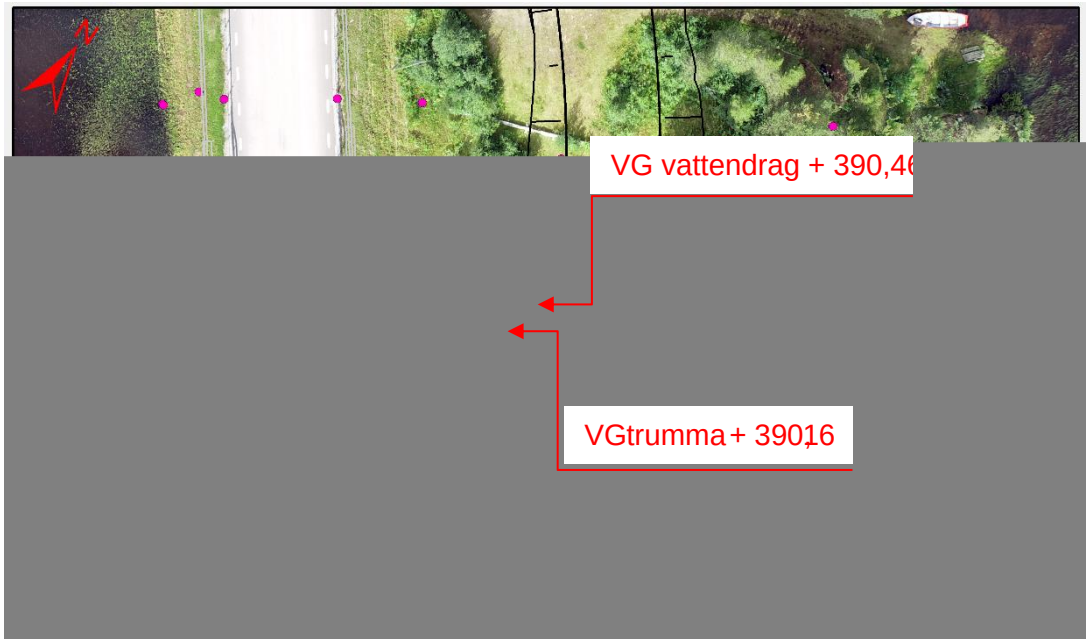
Baserat på inmätningarna av vattendraget varierar bottennivå vid trumläget mellan ca +390,64 - +390,46 m. Minsta överdjup på trummorna antogs till 0,3 m vilket gav en vattengång på +390,16 m för trummorna. Trummorna har lagts plant i den hydrauliska modellen då vattendraget i detta läge har en låg lutning.

Själva trumöppningen lades in i den hydrauliska modellen som en s.k. ´culvert´, där strömningsbredden sattes till den inre trumdiametern på 1,8 m. Vid modellering av höga flöden i vattendraget kan begränsning ske i relation till själva trumöppningen, men också genom att vatten även kan komma att strömma över vägbanan. För att ta hänsyn till eventuell överströmning av vägbanan representerades vägen som utgör förbifarten av en s.k. ´weir´ i den hydraulisk modellen.

I Figur 2 och 3 nedan redovisas E10 och bron över Moskojoki, nedströmsliggande förbifart öst om bron samt de tillfälliga trummorna.



Figur 2. Skiss i tvärsektion över E10 och bro (vänster i bild) samt förbifart med tillfälliga trummor (höger i bild).



Figur 3. Skiss i plan över E10 och bro (vänster i bild), förbifart med tillfälliga trummor (höger i bild) samt inmätning av vattendrag.

Nedan visas foton från inmätningstillfället i området där förbifarten kommer passera över vattendraget (Figur 4) samt nedströms förbifarten (Figur 5).