



Miljöanpassade vattenpassager på skogsbilvägar

– en handledning (för projektering och byggnation)

Titel: Miljöanpassade vattenpassager på skogsbilvägar – en handledning (för projektering och byggnation).

Utgivningsdatum: December 2013.

Huvudförfattare: Elin Lindström-Jönsson, projektledare, Per Christoffersson, vägspecialist, Per Hallgren, vägspecialist, Kenny Ärlebrandt, vattenspecialist. Speciellt tack till Johan Kling på Havs- och vattenmyndigheten, som skrivit text om fysiska processer och bidragit med värdefulla texter.

Utgivare: Skogsstyrelsen.

Kontaktperson: Per Hallgren, Skogsstyrelsen.

Produktion: Grafisk form, Trafikverket.

Tryck: Lenanders Grafiska AB.

Distributör: Skogsstyrelsen.

Inledning

Denna manual vänder sig i första hand till tekniker, entreprenörer och markägare och ska ses som en hjälp vid planering och byggande av passager över mindre vattendrag på skogsbilvägar men kan också fungera som råd för byggande på mindre allmänna vägar.

Det finns i storleksordningen 400 000 kilometer vattendrag i Sverige och 280 000 kilometer enskilda vägar, där huvuddelen är skogsbilvägar. Beräkningar visar att ett naturligt vattendrag korsas av en väg ungefär var tredje kilometer, och inventeringar visar att många väg-vattenpassager utgör vandringshinder för vattenlevande djur.

Det krävs lämpliga tekniska lösningar och bra teknik vid anläggningen för att minska miljöeffekterna av vägars passager över vatten. Denna handledning ska vara en hjälp att utforma vattenpassager miljömässigt och tekniskt rätt, så att de får lång hållbarhet och blir så ekonomiska som möjligt att bygga och underhålla. Att konstruktionslösningen och tekniken ger en lång och problemfri drifttid är en viktig miljöaspekt. Dels kan anläggningsfasen i sig medföra stora störningar, dels finns det stor risk för miljöskador vid skador på anläggningen. Samtidigt är också livslängden på konstruktionen en viktig aspekt för ekonomin i anläggningen. God teknik vid byggande av passager över vatten är alltså både en ekonomisk fråga och en miljöfråga.

Det krävs kunskap om såväl planering som genomförande och underhåll för att bygga ekonomiskt och miljömässigt hållbara konstruktioner för passager av vattendrag. I handledningen finns riktlinjer för hur detta ska kunna ske, och den kan användas som generella riktlinjer i en bygghandling. Däremot kräver anläggning av broar alltid förtydliganden och preciseringar i en teknisk beskrivning och ritningar.

Innehåll

| | |
|--|----|
| Inledning | 3 |
| Hänsyn till vattendrag vid passager med vägar | 7 |
| Introduktion | 7 |
| Vattendragets processer | 8 |
| Vattendragets invånare | 9 |
| Hänsyn vid åtgärder vid vattendrag | 10 |
| <i>Kantzon</i> | 10 |
| <i>Minimera grumling</i> | 10 |
| Historisk påverkan på våra vattendrag | 13 |
| Terminologi och avgränsningar | 14 |
| <i>Miljöbalken</i> | 16 |
| Planering av vattenpassager | 17 |
| <i>Lokalisering av passager över vatten</i> | 17 |
| Geoteknisk undersökning och utredning | 17 |
| Geotekniska undersökningsmetoder och mätningar | 18 |
| <i>Plan och höjdlägen</i> | 18 |
| <i>Vattenkanalens geometri och topografi</i> | 18 |
| <i>Vattenflöden och vattenstånd</i> | 18 |
| <i>Grundvattennivå</i> | 19 |
| <i>Jordarter</i> | 19 |
| Konstruktions- och bygghandlingar | 21 |
| Val av konstruktionstyp | 24 |
| Rörbro | 24 |
| Valvbåge | 25 |
| Balkbro | 26 |
| Tvärspänd plattbro | 27 |
| Anläggning | 28 |
| Val av spännvidd | 28 |
| Anläggande av rörbro | 28 |
| <i>Grundläggning</i> | 28 |
| <i>Material</i> | 28 |
| <i>Utförande</i> | 28 |
| Anläggande av valvbåge | 29 |
| <i>Grundläggning</i> | 29 |

| | |
|--|----|
| <i>Material</i> | 29 |
| <i>Utförande</i> | 29 |
| Anläggande av balkbro eller plattbro | 30 |
| <i>Bottenplatta och fundament</i> | 30 |
| <i>Material</i> | 30 |
| <i>Utförande</i> | 31 |
| Erosionsskydd och släntlutningar | 31 |
| Förebyggande underhåll av olika typer av konstruktioner | 34 |
| Rörbroar | 34 |
| Balkbroar och plattbroar..... | 34 |
| <i>Slänter och koner</i> | 34 |
| <i>Stöd och stödmur</i> | 35 |
| <i>Huvudbärverk</i> | 35 |
| <i>Kantbalk, räckeshållare och räckesföljare</i> | 35 |
| Plattbroar..... | 35 |
| Valvbågar | 36 |
| Sättningar | 36 |
| Arter som påverkas av passager över vatten | 38 |
| Flodpärlmussla (<i>Margaritifera margaritifera</i>)..... | 38 |
| <i>Aktuell hotbild mot flodpärlmusslan</i> | 38 |
| Lax (<i>Salmo salar</i>) | 39 |
| <i>Aktuell hotbild mot laxen</i> | 40 |
| Utter (<i>Lutra lutra</i>) | 40 |
| <i>Aktuell hotbild mot uttern</i> | 41 |
| Stensimpa (<i>Cottus gobio</i>) | 42 |
| <i>Aktuell hotbild mot stensimpan</i> | 42 |
| Insekter | 43 |
| Remibar – Fria vandringsvägar för vattenlevande djur | 44 |
| Fakta..... | 44 |

Hänsyn till vattendrag vid passager med vägar

Introduktion

Byggande av en passage över ett vattendrag är ofta tekniskt krävande och ställer krav på noggrann planering, förberedelse och rekognosering. Utöver de tekniska aspekterna måste man även väga in miljöaspekterna och påverkan på växt- och djurliv. Det är också viktigt att ta hänsyn till de fysiska processer som skapar och upprätthåller vattenmiljöerna, såsom erosion och transport och deposition av sediment och organiskt material. En felaktigt konstruerad passage kan leda till långsiktiga fysiska förändringar som påverkar både vattenmiljön och närområdet.

Vattendragen utgör ekologiska korridorer i landskapet, och där finns det artrika miljöer som skiljer sig från det omgivande landskapet. Förutom det omfattande biologiska livet som är helt knutet till själva vattenmiljön nyttjas vattendragens närmiljöer som flytt- och vandringsvägar för insekter, fåglar och vilt. De flesta vattenlevande djur behöver öppna vandringsvägar för att kunna sprida och fortplanta sig.

I Sverige finns i genomsnitt en vägkorsning per varannan kilometer av ett vattendrag. I snitt är var tredje vägpassage ett vandringshinder för fisk och andra vattenlevande djur. I dag finns det bättre medvetenhet och kunskap än tidigare om hur vi kan skapa passager som ger fiskar och övrigt djurliv goda förutsättningar. Det finns teknik för att bygga bra passager som bevarar vattendragets naturliga funktion samtidigt som vägen skyddas från skador vid höga vattenflöden. Denna kunskap använder vi oss av i Remibar-projektet för att reducera antalet vandringshinder i våra vattendrag.



Flodpärlmusselkoloni. Flodpärlmusslan är en rödlistad art som är beroende av av fria vandringsvägar för sin överlevnad. Foto: Kenny Ärlebrand.

Vattendragets processer

De fysiska processerna i ett vattendrag bildar och upprätthåller alla strukturer som i sin tur skapar livsmiljöerna för de vattenlevande djuren. Det är därför viktigt att passager över vattendrag inverkar så lite som möjligt på dessa processer. En felaktigt placerad passage kan skapa både momentana effekter, till exempel dämning uppströms passagen, och långsamma förändringar i vattendragets form och substrat som leder till en gradvis försämring av ekologin.

Olika vattendrag har olika morfologisk känslighet för den störning som en passage över vattnet kan innebära. Detta kan i sin tur påverka valet av typ av passage. En viktig faktor för känsligheten är den naturliga stabiliteten i vattendraget, med andra ord hur snabbt vattendragets form, tvärsektion eller bottenstrukturer ändras. Generellt sett är branta vattendrag med en lutning över 2 procent och med block och sten ofta stabila. I många fall krävs ett 50-årsflöde för att dessa ska omformas. Ofta domineras dessa vattendrag av höga flödes-hastigheter och kraftig turbulens. Denna typ av vattendrag är mindre känslig för passager med vägar samtidigt som de ofta är mindre i storlek.

De vattendrag som är mest känsliga för passager är sådana som domineras av tydlig grus- och sandtransport, till exempel genom att det finns tydliga grusbankar i innerkurvorna eller dynor och revlar i botten. I de flesta fall förekommer dessa vattendrag i mitten av avrinningsområdet och med en lutning på mellan 0,1 till 3 procent. Oftast slingar sig vattendragen något fram och tillbaka med ett regelbundet mönster med strömsträckor och höljor, det vill säga djupare partier. En passage, till exempel en vägtrumma, kan ta en stor del av tvärsektionen i anspråk och begränsa transporten av sediment nedströms. Detta kan få betydande konsekvenser på vattendragets naturliga variation i bottenstrukturer, botten-topografi med mera. Uppströms blir naturligtvis konsekvensen att vattendraget blir grundare, vilket i sin tur kan leda till att det börja bredda sig. I dessa vattendrag bör man därför använda lösningar som ger minimal inverkan på vattendragets tvärsektion.

Vattendrag som rinner genom ren sand har ofta en stor/liten lutning, men även dessa är känsliga när det gäller bottenstrukturer. I dessa vattendrag är det även viktigt att skydda vegetationen längs vattendragets kanter, eftersom denna är den styrande faktorn för vattenfårens form. Om vegetationen förstörs kan det lätt uppstå omfattande erosion i fårens kanter både uppströms och nedströms passagen. Det är viktigt att förstå hur ett sådant vattendrag naturligt förändrar sig. Om det meandrar kraftigt med tydliga tecken på erosion i ytterkurvorna och deposition i innerkurvorna eller om det finns träd i ytterkurvorna med frilagda rotsystem, kan det indikera att vattendraget är i ett aktivt tillstånd. Vattenfåren kan då vilja förflytta sig i sidled, vilket på sikt kan påverka en passage över vattnet. Om det finns tydliga tecken på aktiv erosion och deposition av sediment måste/bör man alltid genomföra en närmare undersökning av de fysiska processerna.

Vattendrag i jordarter finare än sand och med tät sammanhängande vegetation eller träd längs vattendragsfårens kanter är ofta stabila. Lutningen understiger alltid 0,1 procent och flödes-hastigheterna är ofta låga utom vid höga flöden. Det betyder att sedimenttransporten längs botten är liten och att erosion och deposition förekommer i begränsad omfattning. Om vattendraget inte är rätat utan meandrar naturligt sker det en sakta förflyttning av meanderslingorna nedströms, ibland med bara några centimeter per år. En

passage över vattnet har ofta begränsad effekt på dessa vattendrag eftersom transporten domineras av suspenderat material. Generellt när det gäller meandrande vattendrag är att vägövergången bör förläggas mitt emellan två krökar där fåran är grundare och rakare.

Vattendrag i silt eller lera har ofta en bred flack yta runt vattendraget, ett så kallat svämplan. Dessa ytor utbildas dels genom att meanderslingorna sakta rör sig nedströms men framförallt genom att sediment avsätts vid översvämningar som förekommer mellan varje år till vart tionde år. Det finns flera anledningar till att undvika skogsbilvägar och vägövergångar på svämplan. Ett starkt skäl är att svämplanet indikerar att vattendraget kan ha vattenstånd som är högre än fårans kanter vilket kan leda till dämningseffekter runt vägövergången och vägbanken eller i värsta fall att vattnet stiger över vägövergången. Ett annat skäl är att de opåverkade svämplanen tillhör våra mest artrika landekosystem. Ett tredje är att grundvattenytan ofta är nära markytan med riklig förekomst av utströmning av grundvatten med grundvattenberoende ekosystem.

Död ved är ett annat material som också transporteras i vattendrag. Ju brantare vattendrag, desto större är risken att veden mobiliseras.

Vattendragets invånare

För att bevara vattendragets naturliga förhållanden måste vi ta hänsyn till samtliga arter och livsmiljöer som berörs. Djur ska kunna vandra obehindrat längs vattendraget för att artens genetiska variation ska bevaras och dess överlevnad säkerställas. Genom dammar och dåligt konstruerade broar och vägtrummor har vi fragmenterat vattendragen, vilket påverkat djurlivet negativt.

Fiskar vandrar mellan lek-, uppväxt- och födoområden. De förflyttar sig också för att övervintra eller för att tillfälligt komma undan ogynnsamma förhållanden. Vissa arter, framför allt små individer, har svårt att simma mot en stark vattenström. Bottendjuren är liksom fiskarna beroende av att kunna röra sig längs vattendragen. De arter som saknar flygande stadium, exempelvis kräftdjur, snäckor och iglar, är särskilt beroende av vattenvägarna. Bottendjur som kryper längs botten och saknar simförmåga är givetvis beroende av att inget fall finns i utloppet av vägtrummorna. En korrugerad trumbotten kan fungera att krypa på, men redan vid måttliga vattenhastigheter uppstår mycket turbulens, vilket försvårar vandring för mindre djur.



Öring är en av de arter som vandrar mellan lek-, uppväxt- och födoområden. Foto: Dan Blomqvist, Länsstyrelsen Norrbotten.

Även de laddjur som rör sig längs vattendragen, som uter och vattennäbbmus, behöver säkra passager över vägarna. Vid vägtrummor med höga vattenhastigheter och där stränder saknas väljer många av laddjuren i stället att springa över vägen med risk för att bli överkörda.



En naturlig strand gör att landlevande djur kan röra sig längs med vattendragen. Foto: Mats Lindqvist, Trafikverket.

Hänsyn vid åtgärder vid vattendrag

Kantzön

Påverka vegetationen så lite som möjligt i strandkanten för att minska erosionsrisken. Naturlig skugga över passagen från omgivande vegetation leder också svärmande insekter på rätt spår upp längs vattendraget. Skugga över vattendraget håller även nere vattentemperaturen och gynnar framför allt strömlevande öring. Skarpa skuggor och kontraster från vägtrummor i solexponerade lägen kan göra att vandrande unga laxar i mindre vattendrag skyggar och i värsta fall vägrar passera. Växtlighet längs bäcken ger också fiskarna en möjlighet att undkomma rovfåglar.

Minimera grumling

Passager över vattendrag bör anläggas så att de inte leder till grumling eller skador på vattendragets botten eller till att vandringshinder uppstår. Grumling innebär att bottenstrat i form av organiskt material eller fina mineralpartiklar rörs upp i vattnet. Genom att röra så lite som möjligt i befintlig botten kan man minimera grumling och även motverka framtida problem med erosion. Arbetet bör utföras under lågflödesperioder, eftersom det minskar risken för kraftig grumling. I vissa fall kan det vara nödvändigt med särskilda skyddsåtgärder för att undvika grumling. Ifall det finns flodpärlmusslor i vattendraget

nedströms kan dessa behöva lyftas upp och tillfälligt förvaras på en plats längre uppströms. Detta kräver emellertid tillstånd av länsstyrelsen.



Sedimentfällor kan anläggas för att minimera grumling under anläggningstiden. Foto: SCA.

Tidpunkt för åtgärder

Tidpunkten för anläggning ska anpassas efter de arter som lever i vattendraget. Tänk på när fiskarna har sin lekvandring, när fiskrom och fiskyngel finns i bottengruset och vilka övriga känsliga livsformer som finns i vattendraget. För att minska grumling (se ovan) är det bra om vattenföringen i vattendraget är liten när anläggningsarbetena sker. Sensommaren är ofta bästa tiden för arbeten vid vattendrag, eftersom lek- och yngelaktiviteten är lägre och vattenföringen liten vid lågvatten i juli och augusti.

Anpassade passager över vattendrag

Om passager över vattendrag är rätt utformade är risken för vandringshinder liten. Om vandringshinder har uppstått kan man behöva byta ut konstruktionen, men i väntan på det

kan även tillfälliga lösningar övervägas. Ibland räcker det med att korrigera en befintlig vägtrumma. En vanlig åtgärd, som dock ofta misslyckas, är så kallad tröskling. Det innebär att man skapar en dämning nedströms vägtrumman så att vattennivån i vägtrumman höjs och vattenhastigheten sänks. Problemen med tröskling är att det är svårt att få tröskeln att bli stabil, så att den inte spolats bort. Och om man lyckas skapa en stabil tröskel, finns det risk att tröskeln i sig utgör vandringshinder. Under vissa förutsättningar kan det däremot vara en bra tillfällig lösning att tröskla. För att trösklingen ska lyckas krävs det att det finns en tydlig och markerad bäckfåra med högre bank på var sin sida om bäcken. På så vis hindras bäcken från att "sprida ut sig" när trösklarna byggs.



Trösklar kan vara en bra lösning om förutsättningarna är de rätta men bör ses som en kort-siktig lösning. Foto: Trafikverket.

Generell hänsyn

Vegetationen i kantzonen är viktig för hur vattenlevande och vattennära djur uppfattar vattendraget. Därför är det bra om man kan vara varsam och minimera skador på omgivande vegetation i samband med anläggningsarbetena. Genom att välja lämpliga konstruktioner och tillräcklig spännvidd kan anläggning och grundläggning utföras i torrhet.

Vägdiken innehåller eroderat material i form av finpartiklar av mineral som är skadliga för filtrerande djur, till exempel flodpärlmussla och knottlarver. Vägdiken ska därför aldrig tillåtas mynna direkt i vattendrag. I stället ska vägdikenas avlopp infiltrera vatten på skogsmark. Om ändå anslutande diken förekommer, ska dessa korrigeras. Det bästa är om man

kan bygga avlopp så dagvattnet får infiltrera på skogsmark. Ett alternativ är att bygga slamdammar som gör att finpartiklar får sjunka innan vattnet når vattendraget. På erosionskänsliga marker, till exempel silt, erosionsskyddas delar av diket där dikesvattnet har hög hastighet. Vegetation i diket ska aldrig rensas de sista metrarna fram mot vattendraget.

Historisk påverkan på våra vattendrag

Mänskliga aktiviteter har påverkat våra vattendrags utseende och vattenmiljöer genom tiderna, vilket bland annat har lett till igenslamning av botten och försämringar av livsmiljön (habitat) för många känsliga vattenlevande arter. Olika typer av dikningar och dämningar av våtmarker har lett till transport av slam och humus ut i våra vattendrag. Flottningen av timmer, som skedde mellan 1850 och 1970, innebar stora förändringar av våra vattendrag. Vattendragen rensades från hinder, som stenar och block, och rätades, och grunda områden grävdes ut. Detta ledde till att lämpliga lekbottnar för fisk förstördes och gav minskad habitatvariation. Dammar för vattenkraft har inneburit stora vandringshinder för fiskar som vandrar uppströms, men även vandring nedströms påverkas av vattenkraften. Fiskarna sugas ofta in i turbinerna, och en stor del av dem fastnar och dör. Dåligt anpassade vägpassager, som vägtrummor och broar, har lett till vandringshinder för vattenlevande djur. Höga vattenhastigheter, långa vägtrummor utan viloplatser, för litet vattendjup och fritt fall på vägtrumornas utloppssida är exempel på vandringshinder. Broar eller vägtrummor utan naturliga stränder medför även att landlevande djur som är beroende av vattendragen kan tvingas passera över vägen eller väljer att avvika från vattendraget.

Terminologi och avgränsningar

Passager över vattendrag kan utformas med olika tekniska lösningar. Terminologiskt skiljer man på bro och vägtrumma utifrån den spännvidd som anläggningen har. Vägtrummor har en spännvidd på mindre än 2 meter och broar är anläggningar med större spännvidd än 2 meter.



Spännvidd för trumma. Foto: Trafikverket.



Spännvidd för valvbåge. Foto: Fredrik Broman, www.humanspectra.com.



Spännvidd för upplagd bro. Foto: Skogsstyrelsen.

Vägtrummor utformas oftast som cirkulära trummor eller halvtrummor, men det finns även andra lösningar, till exempel geonätsförstärkta konstruktioner.

Broar kan utformas som rörbroar, valvbågar med fundament och friliggande broöverbyggnader. Broöverbyggnader kan vara konstruerade på en mängd olika sätt (se avsnittet Anläggning).

Denna handledning bör endast användas för enskilda vägar som i huvudsak är ämnade för skogsbruk (skogsbilvägar där 50 procent av nyttan bör vara skogsbruk), och för passager där den teoretiska spännvidden är mindre än 12 meter. Handledningen kan också användas för enklare vägar med annan användning än skogsbruk, om man tar hänsyn till trafikslaget, speciellt när man överväger trafiksäkerhetslösningar. Handledningen begränsar sig också till enklare byggförhållanden, främst vad gäller geotekniska förhållanden. Anläggning av broar på mellanjord och kohesionsjord bör utföras enligt Trafikverkets senaste anvisningar avseende broar. Nu gällande anvisning är TRVK Bro (TRV 2011:085), TRVR Bro (TRV 2011:086) och TK Geo (TRV 2011:047).

Inför beslutet att anlägga en passage över ett vattendrag är det lämpligt att beräkna vilka laster som brokonstruktionen ska bära och undersöka vilka miljövärden som finns i och kring vattendraget. Ta reda på hur stort vattenflödet är. För mindre vattendrag kan man använda SMHI:s webbsida <http://vattenweb.smhi.se/modelarea/>. För större broar beställs uppgifter om 100-års flöde från SMHI.

Miljöbalken

Att anlägga en passage över ett vattendrag kan klassas som vattenverksamhet enligt miljöbalken. Vattenverksamhet är normalt tillståndspliktig, men tillståndsplikten kan ersättas med en anmälningsplikt när det gäller ett mindre vattendrag (om vattenföringen är mindre än 1 m³/s). I vissa fall, om det är uppenbart att inte allmänna eller enskilda intressen kan skadas, behövs varken anmälan eller tillstånd (miljöbalken 11 kap.). Man gör anmälan om vattenverksamhet till länsstyrelsen, och en tillståndsansökan ska lämnas till den miljödomstol som är ansvarig för det område där verksamheten ska bedrivas. I de fall tillstånd krävs ska man normalt upprätta en miljökonsekvensbeskrivning. Mer information om vattenverksamhet i miljöbalken hittar man i Naturvårdsverkets handbok 2009:5.

Vattenområde (se 11 kap. 2 § miljöbalken)

Vattenverksamhet är anläggningsarbeten i ett vattenområde, till exempel anläggning av broar, fundament eller bankar. Detta innebär att anläggning av broar, vägtrummor och vägbankar i många fall är vattenverksamhet.

Ett vattenområde är ett område som vid högsta förutsägbara vattenstånd är täckt av vatten. Läs mer i Naturvårdsverkets handbok eller direkt i miljöbalken, 11 kapitlet.

Planering av vattenpassager

Den viktigaste anpassningen av passager över vatten, är att man lokaliserar anläggningen till en plats som har gynnsamma byggförutsättningar och där påverkan på naturmiljön blir så liten som möjligt. Det handlar dels om att undvika områden med höga naturvärden, dels om att markförhållanden, topografi och hydrologi ska möjliggöra en enkel anläggning.

Rätt valt läge för en passage över vatten kan begränsa både kostnaden och miljöpåverkan. Större anläggningar med längre spännvidd ställer högre krav på markförhållanden och hydrologi.

Lokalisering av passager över vatten

I första hand bör man välja ett läge för en passage över vatten där grundläggning kan ske på berg eller morän eller på annan jordart med friktionsjordsegenskaper. Grundläggning på berg bör endast ske om bergytan är relativt horisontell vid grundläggningspunkterna. Topografin runt vattendraget bör vara sådan att vattendraget har ett distinkt läge men utan att slänterna ner mot vattendraget blir för branta (högst 30 procent för morän grövre än sandig siltig morän (se vidare i Geoteknisk undersökning och utredning).

För att förbättra förhållandena kan man behöva flytta broläget längs vattendraget. Man kan också få bättre förhållanden genom att flytta punkterna för grundläggning av brofundamenten. Grundläggningspunkterna kan till exempel behöva flyttas längre från mittfåran eller brobanan läggas högre (höjd elevation) för att grundläggningsförhållandena ska bli bättre. Eftersom båda dessa alternativ innebär större spännvid, innebär det också att anläggningen blir betydligt dyrare. Däremot kan det finnas miljömässiga fördelar med ett större avstånd mellan fundamenten och vattendraget.

Upprustning av vattenpassager

När en passage över vatten behöver upprustas bör man alltid bedöma konsekvenserna och kostnaderna för att ändra dragningen av vägen och bygga en ny vattenpassagen jämfört med att upprusta den befintliga anläggningen. Det kan vara bättre att flytta vägen om anläggningen ligger på dålig undergrund eller om vattendragets topografi är olämpligt för en passage. Om vattenpassagen flyttas så att den hamnar på bästa möjliga undergrund kan man minska totalkostnaden och minimera miljöbelastningen.

Geoteknisk undersökning och utredning

Underlag krävs för att bedöma undergrundens lämplighet och lämplig typ av teknisk konstruktion. Det behövs kunskap om områdets geologi, områdets topografi, jordlagrens materialegenskaper, jordlagrens mäktighet och grundvattenförhållanden.

Kunskapen om undergrundens egenskaper ger förutsättningar att bedöma jordlagrens stabilitet och förutsättningar för sättningar. Det är också en grund för att bestämma lämplig utformning och typ av konstruktion för vattenpassagen.

Geoteknisk undersökning, förundersökning och utredning bör göras tidigt i projektet. Felaktiga beslut om lokalisering kan få mycket stora ekonomiska och miljömässiga konsekvenser. Ju större projekt, desto större noggrannhet och säkerhet behövs i den geotekniska utredningen.

Geotekniska undersökningsmetoder och mätningar

Denna handledning bör endast användas för projekt där grundläggning kan ske på relativt fasta undergrunder och för passager med begränsad spännvidd. I dessa fall behövs endast okulär undersökning och enklare geoteknisk prövning. För anläggning under svårare markförhållanden bör TRVK Bro och TK Geo användas.

Undersökningarna ska syfta till att bedöma

- brolägets totalstabilitet
- lämplig grundläggning
- lämpligt fundament
- omfattning och utformning av erosionsskydd
- utformning av tillfartsbank och slänter.

Plan och höjdlägen

För att kunna välja rätt lokalisering av en passage över vatten behöver man bestämma markytans läge. Detta kan ske genom tvärsektionering av vattendraget (längdprofil på vägen längs vägmitt och eventuellt längs vägkanter eller utanför väggkant) eller genom att man upprättar en terrängmodell. Terrängmodeller kan upprättas med hjälp av Lantmäteriets nya höjdmodell (baserad på flygburen laserskanning av markytan) eller separata mätningar. Om Lantmäteriets höjdmodell används bör man komplettera den med mätning av vattenytans läge och bedömda lägen för högvattenstånd och gräns för vattenområde.

Vattenkanalens geometri och topografi

Utöver mätningar av strandlinjer och markyta bör man loda vattenkanalen och rita upp en enkel tvärprofil för strömfåran. Detta behövs för att beräkna flöden och förändringar i vattenstånd.

Mindre vattendrag, bäckar, mäts enkelt med tumstock och vattenpass. Ett alternativ är att avväga med avvägningsinstrument, totalstation eller motsvarande. Breda och djupa vattendrag kan ekolodas.

Vattenflöden och vattenstånd

För att dimensionera spännvid och erosionsskydd behöver man skatta vattenföring och vattenhastighet. Hur detta beräknas finns noggrant beskrivet i metodbeskrivningen VVMB 310 (Vägverket 2008:61).

Avrinningen från skogsmark beräknas enligt beskrivningen i avsnitt 2.3 Naturmark i metodbeskrivningen (sidan 17). Man behöver bestämma avrinningsområdets storlek och storleken på de sjöar som finns i avrinningsområdet. Sjöarna utgör buffertar vid intensiva regn, och gör att vattnet stiger långsammare i vattendragen. Genom beräkningen får man högsta högvattenföring vid en viss återkomsttid, till exempel 50 år. Längre återkomsttid innebär större säkerhet mot ovanligt hög vattenföring.

Man kan också få framräknade vattenflöden och karakteristika på avrinningsområden genom SMHI:s vattenwebb. Den bygger på omfattande mätningar och modellberäkningar i hydrologiska klimatmodeller. Från en webbaserad karta kan man ladda ner karakteristika

för bestämda delavrinningsområden och huvudavrinningsområden. Beroende på bronns läge i förhållande till avrinningsområdena kan man avgöra om man ska göra en egen bestämning av avrinningsområdet och egna beräkningar, eller om man ska hämta uppgifter om högsta högvattenföring från vattenwebben (<http://vattenwebb.smhi.se/>).

För att minska risken för vandringshinder bör man se till att vägtrumman eller bron inte är konstruerad så att den dämmer för mycket eller skapar för höga hastigheter. Därför ska man göra en dämningberäkning med hjälp av passningsräkning av spännvidden. Se VVMB 310, avsnitt 4.5 om dämningberäkningar, sidan 42 med flera. Ingen dämningberäkning behövs om bron har en spännvidd så att det finns strandkant innanför bron även vid högvattenföring och inga anläggningsåtgärder påverkar tvärsnittet på vattendraget.

För beräkningen behöver man bestämma hur stor dämning området kan tåla. Ett kuperat område tål något större dämning än ett flackt område, men man bör också ta hänsyn till vattenhastigheten och ändringar i vattenhastighet.

Som utgångspunkt för dämningberäkningarna bör man bedöma vattenhastigheten. Detta kan ske genom att man upprepade gånger mäter hastigheten hos en flottör som transporteras i eller av vattnet en bestämd uppmätt sträcka. Detta ger en uppfattning om huvudvattenhastigheten, men i virvlar kan vattenhastigheten avvika väsentligt. En lämplig flottör flyter så lågt som möjligt. Äpplen och apelsiner används ofta som flottörer. Det finns även andra instrument som mäter flöden. För att få korrekta mätningar krävs upprepade mätningar i olika delar av vattendraget.

Man behöver också bestämma den karakteristiska vattennivån i sektionen uppströms och nerströms det tänkta broläget samt välja ett lämpligt Manningstal för vattendraget. Manningstal anger ett mått på friktion för strömmande vätskor, och beror på vätskans egenskaper och jämnheten i strömningskanalen. Se VVMB 310 avsnitt 4.5.4, s. 44 och avsnitt 4.5.5 s. 45–46. Ett urval Manningstal finns på sidan 52 i VVMB 310.

För val av spännvidd är det viktigt att även ta hänsyn till vattendragets bredd. Bredden varierar med vattenståndet, och man behöver därför identifiera en medelhögvattenlinje. Det kan ofta vara svårt att hitta högvattenlinjen. Tecken på marken kan vara sedimenterat material ovanpå markskiktet (mossa, gräs) eller vegetationsrester som ser ut att ha transporterats i vatten, till exempel brunt gräs eller trädgrenar som inte verkar höra hemma i den lokala miljön. Ett tydligt tecken på att marken återkommande står under vatten är att träden har ”socklar” runt stambasen. Där socklarna upphör är en ungefärlig gräns för medelhögvattnet.

Grundvattennivå

Grundvattennivån bedöms oftast utifrån topografi och markförhållanden. Vegetationsförhållanden kan också användas för att bedöma grundvattenförhållanden. Notera vattensamlingar, källor och vattenkrävande vegetation på olika höjd och avstånd. Det kan ge en relativt god uppfattning om hur grundvattnet förhåller sig till markytan.

Jordarter

Jordarter delas in både efter sina tekniska egenskaper och efter sitt bildningsätt.

Friktionsjord är jordar där skjuvspänningar främst tas upp av friktionsmotstånd mellan

partiklar i jorden. Typiska friktionsjordar är bland annat sandiga och grusiga jordar samt grövre moräner, till exempel sandig morän, grusig morän och stenig morän.

I mellanjordar tas spänningar upp både av friktionskrafter och kohesionskrafter. Typiska mellanjordar är siltiga sediment och siltiga moräner. Hållfastheten i mellanjorden påverkas mycket av vatteninnehållet, och jorden flyter vid vattenmättnad. Permeabiliteten är låg, och kapilläriteten mycket hög, vilket leder till extremt tjäckänsliga jordar. Mellanjorden är också extremt erosionskänslig. Sedimentation av silt är mycket negativt för många vattenlevande djur, till exempel flodpärlmussla. Därför ska man alltid vara extra noggrann i bedömningar inför schakter i anslutning till naturliga vattendrag. Det är också viktigt att vidta skyddsåtgärder, till exempel erosionsskydd i form av omvända stenfilter eller tillfälliga skydd i form av fiberduk eller länsar. Riskerna minskar också om man utför anläggningsarbetena vid tider på året då man kan förvänta sig lågvatten.

Belastning av mellanjordar kan leda till skred, speciellt vid varierande vattennivåer, och konsekvenserna av skred mot värdefulla vattendrag är mycket negativa. Därför ska man vara extra noggrann vid konstruktion och dimensionering av passager över vatten i områden med mellanjord.

Siltiga moräner förekommer under många förhållanden, medan de siltiga sedimenten är mycket ovanliga ovanför högsta kustlinjen. Siltiga sediment överlagrar normalt sand och morän. Vid grundläggning i mellanjord bör geotekniker göra en geoteknisk undersökning och utredning, speciellt i närheten av vattendrag. Vikt- eller trycksondering, provtagning med skrubborr och observation av grundvattenytan bör ingå i undersökningen.

I kohesionsjord dominerar kohesionskrafter. Kohesionsjordarna är normalt leror, moränlera eller leriga moräner. Det är svårt att bedöma stabiliteten i leror och därför ska sådana bedömningar alltid göras av geotekniker, som också beslutar om undersökningsmetoder.

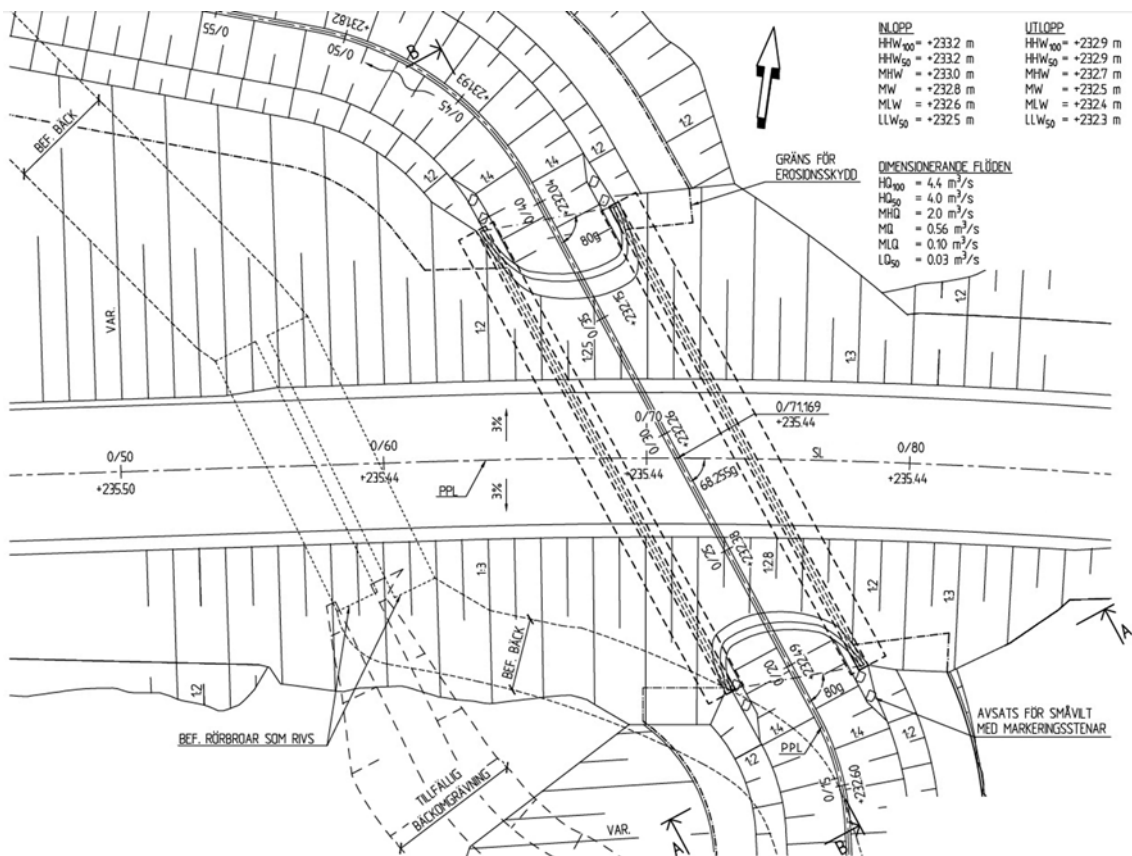
Konstruktions- och bygghandlingar

Broläget och valda konstruktionslösningar och dimensioner redovisas i bygghandlingar. I handlingarna beskrivs både mark- och miljöförhållanden och den färdiga konstruktionen, så detaljerat som behövs för att utföra arbetena på ett säkert sätt. Handlingarna bör bestå av följande:

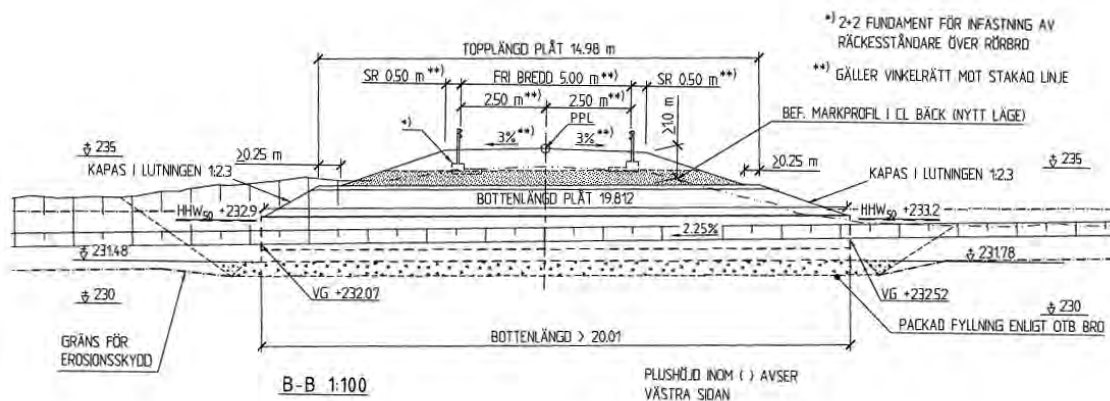
- Karta: Kartan ska visa en översikt över området och möjliggöra för entreprenörer att lokalisera vattenpassagen i förhållande till materialtäckter och transportvägar. Lämplig skala är 1:20 000–1:50 000.
- Planritning i skala 1:200–1:500: Planritningen visar vägen, bron med tillbehör och vattendraget i planet. Ritningen ska ha höjdkurvor med ekvidistans 1–2 m och släntmarkeringar. Här eller i en annan planritning kan man också ange de markundersökningar som man gjort och olika observerade vattenlinjer.
- Ritning över längdprofil längs vägmitt och bro i elevation (väg och bro sett från sidan ”genom vägens mittlinje) med utmärkning av geotekniska observationer: Om jordlager och grundvattenytor är kända är det lämpligt att redovisa dessa i längdprofilen. Även lodningen av vattendraget kan redovisas här (vägens längdprofil blir ett tvärsnitt av vattendraget), liksom uppskattade vattenlinjer (högvatten, normalvatten och lågvatten).
- Ritning över tvärsektioner på tillfartsbankar: För stora valvbågar och rörbroar ska ritningen visa tvärsektion genom centrum av konstruktion.
- Miljöinformation: Här beskrivs vilka skyddsåtgärder som krävs vid anläggningsarbetet, exempelvis avstånd till vattendraget för uppställningsplats för maskiner, bränsletank med mera.



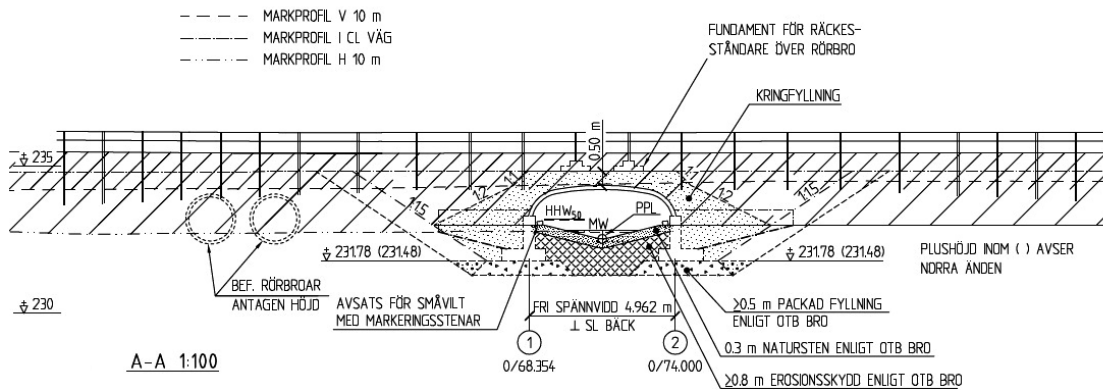
Specifika skyddsåtgärder ska beskrivas i bygghandlingen om t ex flodpärlmussla finns i vattendraget ska det anges hur dessa ska skyddas. Foto: Andreas Broman, Ecocinclus.



Exempel på planritning för valvbåge. Bild: Trafikverket.



Exempel på längdprofil för valvbåge. Bild: Trafikverket.



Exempel på tvärsektion för valvbåge. Bild: Trafikverket.

Vid behov visar man ytterligare tvärsektioner av vattendraget, cirka 20 meter upp- respektive nerströms från vägmitt. Inmätt vattenyta används bland annat vid flödes- och dämpningsberäkning (se avsnittet Vattenflöden och vattenstånd).

Val av konstruktionstyp

Olika konstruktioner passar olika bra för olika förhållanden. Ur miljösynpunkt är ofta en broöverbyggnad på fundament att föredra framför en valvbåge, och en valvbåge är bättre än en rörbro. En broöverbyggnad som är upplagd på fundament och rätt dimensionerad lämnar vattendraget relativt opåverkat och ger vandrande djur tillgång till både strandkanter och orörd botten.

Om bärigheten i marken är låg eller vattendraget rinner fram i en terräng som saknar tydlig slänt mot vatten bör man dock välja rörbroar framför övriga konstruktioner. En rörbro har en stor anläggningsyta mot undergrunden, och den kan därför anläggas med mindre förstärkningsåtgärder. I flacka översilningsmarker måste vägen ansluta på en bank. Med en lågbyggd rörbro eller två parallella rörbroar i banken kan man då få en relativt bra lösning.

Rörbro

Rörbroar finns i flera utformningar, helt cirkulära eller elliptiska, till exempel lågbyggda rörbroar.



Lågbyggd trumma kan t ex användas om vägbanken är låg. Foto: Trafikverket.

Valvbåge



Valvbåge med plåtfötter gör det möjligt att återskapa en naturlig botten. Foto: Fredrik Broman, www.humanspectra.com.



Valvbåge med betongfundament gör det möjligt att återskapa en naturlig botten. Foto: Trafikverket.

Balkbro



Enkel balkbro med naturlig strand och återskapad botten i bäcken. Foto: Fredrik Broman, www.humanspectra.com.

Tvärspänd plattbro



Träbro med naturlig strand och återskapad botten i bäcken. Foto: Martinsson Träbroar.

Anläggning

Val av spännvidd

Spännvidd väljs efter flöde, vattendragets profil och vattendragets bredd samt grundläggningsförhållanden. Spännvidden bör vara så stor att det vid normalt vattenstånd rymms en strandkant innanför fundamenten. Då undviker man att vattenpassagen blir ett vandringshinder för vattenlevande och vattenanknutna djur. En vanlig rekommendation är minst 1,2 gånger vattendragets bredd vid normalt vattenstånd och flöde. Denna spännvidd bör alltid jämföras med hydrologiska beräkningar och anpassas efter de lokala hydrologiska förhållandena.

Anläggande av rörbro

Grundläggning

För att undvika sättningar och deformation är det viktigt att utföra grundläggningen med hänsyn till undergrundens beskaffenhet.

Om undergrunden består av finkorning jord, till exempel en siltig jordart, finns normalt två metoder för grundläggning:

1. Om djupet till fast botten är litet utförs urgrävning och fyllning till fast botten.
2. Om djupet till fast botten är stort förstärks undergrunden, till exempel genom att man lägger ner geotextil och en rustbädd av plank.

Material

En rörbro kan vara av plåt eller betong. Vilken typ man ska välja beror framför allt på undergrundens beskaffenhet och vattnets egenskaper.

Rörbro av plåt med ellipsform kan väljas vid siltig undergrund, eftersom ellipsformen ger en större bäryta i förhållande till en cirkulär konstruktion.

Betongkonstruktion väljs främst om vattnet har lågt pH, under 6,5 (surt vatten). För att betong ska vara ett lämpligt material gäller också att vattnets hårdhet ska vara låg, mindre än 20 mg Ca/liter, att alkaliniteten ska vara mindre än 1 mekv/ liter och att ledningsförmågan ska vara mindre än 100 mS/meter.

Varning

Det är vanligt att restprodukter används i anläggningar. Detta är normalt dåligt, och vi avråder bestämt från detta. Användning av avfall i anläggningar är dessutom i många fall tillståndspliktigt enligt miljöbalken, 9 kapitlet. Vanligt förekommande är att till exempel viraduk från pappersmaskiner används i stället för geotextilier, eller att skrotade bränsletankar används till rörbroar. Detta är tekniskt och miljömässigt förkastligt, eftersom det innebär osäkerhet om konstruktionens livslängd och bärande egenskaper och det finns risk för miljöfarliga beläggningar.

Utförande

Före anläggningsåtgärden ska en bygghandling upprättas för att man ska undvika miljöskador. Ett av de större problemen vid anläggande är risken för grumling nerströms, som kan få stora konsekvenser för vattenlevande djur. Vid risk för grumling gäller att man ska vidta erforderliga skyddsåtgärder, som kan variera från fall till fall. Det kan exempelvis vara nödvändigt att utföra anläggningsåtgärden vid lågt vattenflöde. Schaktets släntlutning för rörbron bör ligga på 1:2. Fyllmaterialet ska vara ej tjälfarligt, det vill säga finkornhalten ska vara under 15 procent, och det ska alltid och kontinuerligt packas. Inom 50 cm från röret får kornstorleken vara högst 65 mm. Utanför det avståndet får kornstorleken vara maximalt 300 mm. Stora block nära trumman innebär att trumman kommer att skadas snabbare, eftersom blocken trycks mot trumman. Vid bristfällig packning kan rörbron deformeras, vilket medför både stora kostnader och miljöskador.

Det är viktigt att mängden material ovanför vägtrumman är tillräcklig. De flesta tillverkare anger 600 mm material ovanför trumtoppen, men det kan variera med dimension och konstruktion. Följ rörtillverkarens rekommendationer vad gäller överbyggnadens tjocklek från rörets topp till vägbanan. Rörbron grävs ner minst 300 mm under vattendragets botten. För att göra trumman mer naturlig ska bottenmaterial läggas in i trumman. Trummans eller rörbrons lutningen ska inte vara mer än 0,5 procent. Erosionsskydd ska alltid anläggas för att skydda vägbanken, rörbron och vattendraget.

Anläggande av valvbåge

Grundläggning

En valvbåge har mindre stödyta än en rörbro. Därför är det viktigt med geoteknisk kunskap för att avgöra hur grundläggningen ska utföras. Vid tveksamhet om jordartens bärande förmåga bör man välja rörbro som alternativ. När man bedömer att jordarten har god bärande förmåga skapar man en stödyta genom att avjämna undergrunden. Stödytan för valvbågen ska ligga högre än normalvattenståndet och förstärks med ett icke erosionskänsligt material, exempelvis 0-80 mm förstärkningslager material av bergkross. Om det behövs mer förstärkning kan man lägga ett grövre förstärkningslager underst, till exempel 0-200 mm bergkross. Stödremsan packas väl och avjämnas. Bärigheten i en valvbåge påverkas starkt av hur bra stöd valvbågen har mot undergrunden. För att undvika miljöskador nerströms ska man vidta skyddsåtgärder som är anpassade för det enskilda objektet.

Material

Valvbågen kan bestå av galvaniserad stål eller av betong. Fundamenten för valvbågen kan utgöras av L-balkar i galvaniserad korrugerad stålplåt eller T-stöd i betong.

Utförande

Vid valet av valvbåge är utgångspunkten att minimera påverkan på och av vattenmiljön. Vattendragets botten ska påverkas så lite som möjligt. Om anläggningen påverkar vattendragets botten ska man återställa botten så att den liknar vattendragets botten uppströms och nerströms. Det gäller till exempel när man ersätter gamla rörbroar med valvbågar för att restaurera vattendrag och ta bort vandringshinder. Vattendragets botten återskapas då genom att man placerar block av olika storlekar, helst med naturlig rundning, på den gamla trumbädden.

I de fall man lägger erosionsskydd i botten av vattendraget eller för att skydda insidan av stödytan ska natursten läggas på det översta lagret. Tänk på att skapa en variationsrik bottenstruktur.

Följ materialtillverkarens rekommendationer om överbyggnadens tjocklek mellan valvbågens topp och vägbanan. Schaktets släntlutning för valvbågen bör vara 1:2, för att undvika ojämna tjällyft. Materialet till fyllning ska inte vara tjälfarligt (mindre än 15 procent finjord), och inom 50 cm från valvbågen får kornstorleken vara högst 65 mm. Utanför det avståndet får kornstorleken vara max 2/3 av lagertjockleken, men maximalt 300 mm. Det är viktigt att materialet kontinuerligt packas för att ge valvbågen tillräckligt stöd. Brister i packningen kan valvbågen deformeras. Detta leder till skador på valvbågen, kortare livslängd och därmed risk för kostnader och miljöskador. Erosionsskydd ska alltid anläggas för att skydda vägbanken, valvbågens stödytor och vattendraget.

Anläggande av balkbro eller plattbro

Bottenplatta och fundament

Broar överför all last i sina stödjepunkter. För det mesta sker överföringen av last med någon typ av lager, ett fundament och en bottenplatta, som överför lasten till undergrunden.

I skogsbruket är det vanligt förekommande att balk- och plattbroar anläggs med grunda bottenplattor. Både utformningen och materialet till plattan kan variera. Stödet utgörs av undergrunden och broöverbyggnaden lagras direkt på denna eller med en tunn övergångskonstruktion. Oftast gör man inte någon egentlig geoteknisk undersökning utan endast en okulär jordartsbedömning med hjälp av erfarenhet från tidigare arbeten.

Metoden fungerar när undergrundsförhållandena är goda och om man väljer tillräcklig spännvidd. Men den innebär stora risker om det finns osäkerhet i bedömningen av bärighet. Om man ska kunna använda grund bottenplatta är det i stället av stor vikt att lägga resurser på den geotekniska undersökningen. Utifrån den beräknar man vilken yta och utformning plattan behöver ha, samt placeringen i förhållande till bankens släntkrön.

I många fall kan den geotekniska undersökningen visa att det är olämpligt med grund platta. I dessa fall bör plattan anläggas på det djup som krävs, vilket betyder att stöd måste anläggas för att bronns överbyggnad ska få rätt höjd.

Det är vanligt att bottenplattan utgörs av en L-balk eller platta utan ändskärm i betong. Ytan på plattan som överför bronns laster till undergrunden varierar. Även avståndet till bankens släntkrön varierar. Platta utan ändskärm medför att balkarna saknar skydd mot jord. Det medför att balkarna utsätts för fuktig jord, vilket i sin tur leder till korrosionsskador och minskad livslängd. I stället bör man alltid se till att L-balken har en ändskärm som skyddar balken från jord. Ofta behövs också vingmurar för att stabilisera banken.

Material

Inom framför allt skogsbruket och på enskilda vägar är det vanligt att huvudbärverket utgörs av stålbalkar eller en tvärspädd träplatta. Bottenplattan utgörs normalt av betong och stöd av betong eller träkonstruktion. Anlita alltid brotillverkare för att undvika osäkerhet vid val av typ och dimensionerande last.

Att använda begagnade stålbalkar med okänt ursprung och okänd kvalitet kan innebära stora ekonomiska risker, arbetsmiljörisker och miljörisker. Med denna typ av material kan brons juridiskt ansvarige i många fall inte garantera tillåten trafiklast!

Utförande

Upprätta alltid bygghandling innan anläggningsarbetet startar, för att minska risken för ökade kostnader och för miljöskador i samband med eller efter det att anläggningsarbetet slutförts. I bygghandlingen ska det framgå hur arbetet genomförs och vilka miljöåtgärder som vidtas. Det gäller både åtgärder för att motverka miljöskador och åtgärder för att förbättra livsbetingelserna för vattenlevande djur.

Erosionsskydd och slänlutningar

Jordmaterialet i en brokonstruktion kan skadas dels genom ras där slänterna är för branta, dels genom att vatten eroderar bort material. Erosion kan också leda till att kvarvarande material rasar eller att sättningar uppstår.

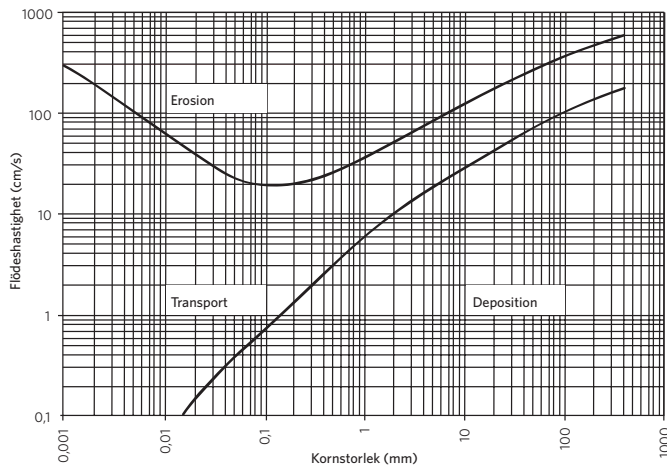
Varje jord har en specifik rasvinkel, och slänterna bör inte vara brantare än denna (med viss säkerhetsmarginal). Mer finkorninga jordar kräver flackare slänter än grovkorniga jordar. Slänterna eller konerna i en brokonstruktion bör inte luta mer än 1:1,5 om de är grovkorniga och 1:2 om de är mer finkorniga. Riktigt finkorniga jordar bör inte alls användas i slänter och koner.

Erosion av jordmaterial uppstår när vattenhastigheten ändras så att vattnets hastighet blir för stor för skjuvhållfastheten i jordmaterialet. När material eroderar kommer ett nytt jämviktsläge att inträda där materialets tyngd och fraktion står i jämvikt med vattenhastigheten.

Man kan undvika erosion dels genom att dimensionera och utforma passagen så att den påverkar vattenhastigheten så lite som möjligt, dels genom att anlägga erosionsskydd. Liten spännvidd innebär att vattnet trängs ihop och vattenhastigheten ökar. Det leder till erosion tills vattendragets bredd åter ökat så att hastigheten sjunker till en nivå som är i jämvikt med jordmaterialet. För att undvika detta krävs erosionsskydd. En del av det man kan spara på en mindre dimension eller spännvidd förlorar man på mer omfattande erosionsskydd.



Erosionsskydd av natursten i slänterna vid en anlagd bro. Foto: Trafikverket.



Ett så kallat Hjulströmdiagram som visar vid vilka vattenhastigheter olika jordmaterial eroderar, respektive sedimenterar. Sand är de mest lätteroderade, silt och ler har svårt att sedimentera och är lätta att transportera. Vid den måttliga flöde hastigheten 1 m/s eroderar allt som är finare än 10 mm partikelstorlek, det vill säga en bra bit in i grusfraktionen. I en vanlig siltig sandig morän, innebär det att cirka 70 procent av jordmassan är erosionskänslig. Bild: Filip Hjulström.

Erosionsskydd består oftast av stenmaterial som är så tungt och har sådan fraktion att det har svårt att erodera. Största sten beror på vattenhastigheten. Man utgår från tvärsnittets medelhastighet (flödet i volym per tid/ tvärsnittsarean). För att få med variationen i flöde i olika delar av ett tvärsnitt bör man dimensionera för 1,5 gånger medelhastigheten. Det omvända filtret, själva erosionsskyddet, ska ha minst 50 procent av materialet större än 0,02 gånger den dimensionerande vattenhastigheten.

Exempel: Om vi skattar medelvattenhastigheten till 2 m/s, ska filtret vara $d_{50}=2 \cdot 1,5 \cdot 0,02 \text{ m} = 60 \text{ mm}$. d_{50} är den fraktion som utgör hälften av materialet, alltså den siktstorlek som hälften av materialet passerar. d_{100} är största sten i materialet, och för erosionsskydd beräknas d_{100} som $1,5 \cdot d_{50}$, i exemplet är alltså 90 mm största sten. Erosionsskyddet ska alltså läggas med 0/120 mm. Materialet ska vara fullskiktat men med ett visst stenhäng. Lagertjockleken beror på största stenstorlek, men lagren bör vara minst 500 mm tjocka, och alltid minst 2 gånger största sten. Om det finns skäl att lägga ut mycket mäktiga erosionsskydd delar man upp i flera lager, där det yttersta ska hålla de grövsta dimensionerna.

Alla delar av en konstruktion som kommer i kontakt med vatten och som består av erosionskänslig jord kan behöva erosionsskyddas.

Förebyggande underhåll av olika typer av konstruktioner

Med förebyggande underhåll avses åtgärder som vidtas för att bevara konstruktionens funktion och kapitalvärde.

Rörbroar

Rörbrons funktion är en samverkan mellan den tunna plåten och kringfyllningen till bron.

Vilket underhåll som krävs av en rörbro har starkt samband med kvaliteten på anläggningsarbetet. Om det finns brister i framför allt grundläggning och packning kan det medföra höga underhållskostnader och miljöskador, och i sämsta fall måste hela anläggningen göras om.

Stalp (vattenfall nedströms trumman) och för litet vattendjup orsakas av att rörbron inte grävts ner tillräckligt djupt. Urspolning av bottenmaterial inträffar när vattenhastigheten är alltför hög. Detta kan i vissa fall åtgärdas utan att rörbron behöver bytas, men visar det sig att miljöskadan inte kan åtgärdas genom enkla åtgärder bör man överväga att gräva ner eller byta ut rörbron.

Brister vid packning kan orsaka sättningar och erosionsskador. Det kan också leda till att vattnet söker ny väg på utsidan i direkt anslutning till plåt- eller betongkonstruktionen. Den skada som kan uppstå på en plåtkonstruktion är att den deformeras och i sämsta fall måste bytas ut. Man åtgärdar denna typ av skada genom att frilägga rörbrons sidor och återfylla och packa enligt rekommendation.

Brister i grundläggning kan orsaka samma typ av skador som vid bristande packning. Skillnaden är dock att anläggningsåtgärden måste göras om helt. Betongkonstruktioner är känsliga för brister i grundläggningen. Styvheten gör att det lätt uppstår sprickor i konstruktionen och att rörelementen går isär.

En väl anlagd rörbro med rätt dimension kräver normalt endast lättare underhåll i form av att man rensar sly och avlägsnar trädrester och annat som kan orsaka dämning. Men en rörbro är mer känsligt för dammbildning med åtföljande skaderisker, speciellt i samband med islossning. Den bör vid dessa tillfällen hållas under uppsikt.

Balkbroar och plattbroar

Förebyggande underhåll är likartat för balkbroar och plattbroar, och man bör lägga stor vikt vid tillsyn. Det är till stor fördel om man upptäcker och åtgärdar olika typer av skador i ett tidigt skede, eftersom man då kan undvika stora kostnader och skador på miljön. Skaderisken är hög vid vårfloden, när vattenflödet är högt och starkt. Därför bör man genomföra tillsyn efter vårfloden och när vattenståndet är lågt.

Slänter och koner

Skador som kan uppstå är i första hand urspolning och sättningar som kan inträffa vid bristande erosionsskydd. Man bör också avlägsna oönskad växtlighet. Urspolningar och sättningar åtgärdas genom att man anlägger erosionsskydd.

Stöd och stödmur

Brons hela last tas emot av stödplattan och underliggande grundläggning. Stödplattan kan utsättas för sättningar på grund av felaktig grundläggning och för erosionsskador. Risken för skador är stor i samband med vårfloden när vattenflödet är högt och starkt. Åtgärda erosionsskador och sättningar redan vid de första tecknen, innan en större skada uppstår.

Det är viktigt med tillsyn eftersom stödmuren bär upp brons hela last och även utsätts för sidokrafter. Genom tillsynen kan man bland annat upptäcka sprickbildning och lägesförskjutning i denna del av brokonstruktionen.

Huvudbärverk

Balkar utgörs normalt av stål eller betong och ska hållas rena från jord och annat som kan orsaka skador och försvåra tillsynen. Vid bristande underhåll är det vanligt att framför allt stålbalkar är utsatta för fuktig jord vid upplagsanordningen och i balkens ändar. Detta försvårar tillsynen.

Balkbroar av stål har normalt en träöverbyggnad med slitplank. Vid byte av träöverbyggnad är det viktigt att man anlägger en fuktspärr mellan stålbalken och träöverbyggnaden. Vidare är det viktigt att träöverbyggnaden förankras i stålbalkarna. Slitplank med uppstickande spik eller lösa plankor byts.

Kontakta en brospecialist vid skador på stöd, stödmur och balkar för att få åtgärdsförslag.

Kantbalk, räckeshållare och räckesföljare

Kantbalkar, räckeshållare och räckesföljare är utsatta för bland annat mekaniska skador och ansamling av jord som ger grogrund för rostangrepp. Det gäller framförallt vid räckeshållarens infästning i kantbalken.

Normala underhållsåtgärder är att rengöra kantbalk, räckeshållare och räckesföljare och att byta ut skadade räckeshållare och räckesföljare.

Plattbroar

En plattbros konstruktion liknar den hos en balkbro, förutom att huvudbärverket här består av en platta i betong eller trä.

Träplatta

En träplatta ska inte utsättas för fukt och har en fuktspärr, normalt i form av gummiduk. En fördel med träplattan är att den kan tåla mindre sättningar utan att det uppstår skador i plattan. Vid tillsynen av plattan kontrollerar man om det finns skador på gummiduken och om det finns genomgående fukt på undersida platta. Tvärsända träplattor med genomgående bult ska efterdras i enlighet med tillverkarens rekommendationer.

Platta av betong

En betongplatta har normalt ett tätskikt och slitbana, men det är även vanligt att betongplattan saknar slitbana. Vid tillsyn kontrollerar man tätskiktet och slitbanan och lagar skador. En platta av betong är känslig för sättningar som lätt kan orsaka sprickor som medför att plattan måste ersättas. Vid tillsynen bör man vara noga med att kontrollera om det finns sprickor. Kontakta en brospecialist för åtgärdsförslag när det finns sprickor.

Vid underhållsåtgärder finns miljökrav om att man ska vidta skyddsåtgärder framför allt vid blästring, målning och betonginjicering. Syftet är att skydda vattenmiljön. Miljöfarligt avfall ska omhändertas enligt lag.

Valvbågar

Liksom för rörbroar är kvaliteten på anläggningsarbetet för valvbågar avgörande för vilka underhållsåtgärder som krävs. Att valvbågen kommer i rätt höjd har betydelse för djurlivet och för att genomströmningsarean ska bli enligt beräkning. Att packning och grundläggning utförs enligt norm är helt avgörande för hur omfattande underhåll som behövs och för valvbågens livslängd och miljöpåverkan. Eftersom valvbågen har en mindre bärande yta som ska fördela lasten är det viktigt att grundläggningen utförs på rätt sätt.

Liksom för andra brokonstruktioner är det viktigt att inspektera och underhålla valvbågar regelbundet. Vid inspektionerna ska man kontrollera erosionsskyddet och godset i valvbågen samt kontrollera att sättningar inte har uppstått. Större eller mer känsliga valvbågar bör inspekteras årligen, annars inspekteras de till exempel med tre års mellanrum.

Sättningar

Vid sättningar kan materialskador uppstå som är svåra att åtgärda. Vidare kan arean minska, vilket kan innebära att det uppstår erosions- och miljöskador. Det gäller att registrera sättningar i ett tidigt skede vid kontroll och att åtgärda dem innan skadan har blivit mer omfattande.



Sättning som orsakat materialskada. Foto: Skogsstyrelsen.

Packning

Brister i packning innebär att valvbågen kan deformeras och tappa sin bärande funktion. Vid tillsynen ska man vara uppmärksam på förändringar av valvbågens bredd och övriga tecken på förändringar av bågens form. Om det finns tecken på skador måste dessa åtgärdas utan dröjsmål för att stoppa skadeförloppet.



Bristande packning och grundläggning som orsakat deformation.

Kontakta en brospecialist om det finns osäkerhet om lämpliga underhållsåtgärder eller om en skada har påverkat vattenpassagens bärighet.

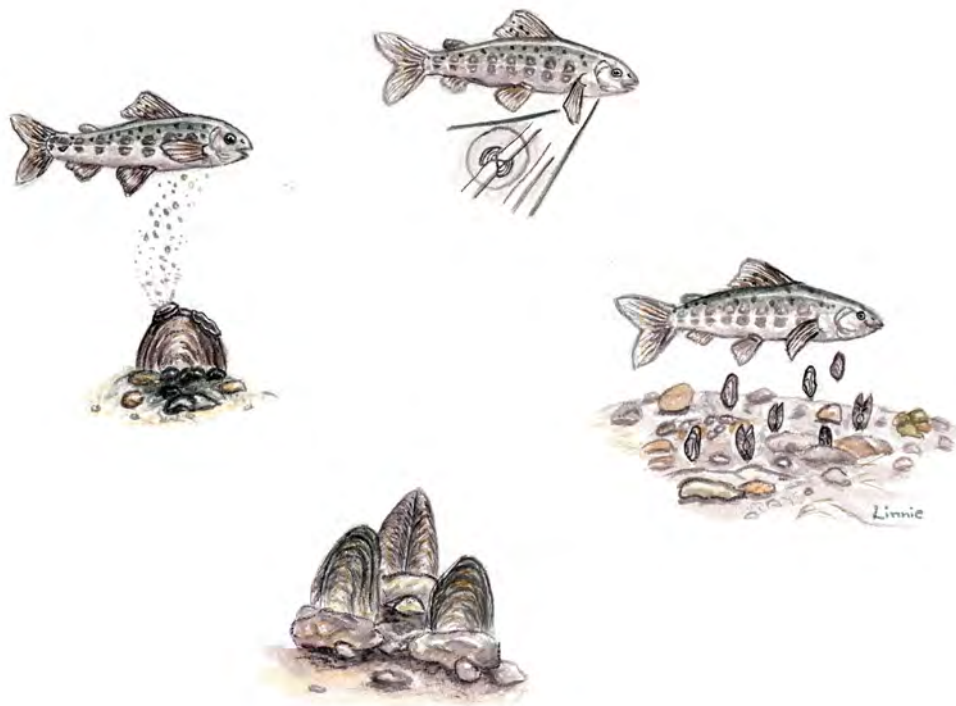
Arter som påverkas av passager över vatten

Flodpärlmussla (*Margaritifera margaritifera*)

Flodpärlmusslan är ett fridlyst djur som lever i sötvatten i både skogs- och jordbrukslandskap. Populationer av flodpärlmussla finns i många områden på det norra halvklotet, med de största populationerna i Skandinavien. I ovanliga fall kan musslan odla värdefulla pärlor som har fascinerat människor i århundraden och har lett till välspritt fiske av musslor i Europa.

Flodpärlmusslan är beroende av fiskar i sin livscykel. Som larver söker de sig till en öring, som fungerar som värd under ungefär 7–11 månader. Larven fäster vid öringens gälar och stannar där tills den är en ungefär 0,5 mm stor mussla. Sedan lämnar den öringen och ramlar till botten. Flodpärlmusslan är troligen en viktig födokälla för andra djur i vattendragen. Endast en av 100 miljoner mussellarver lyckas leva vidare, resten blir mat åt andra djur. Den vuxna individen blir 10–16 cm och kan bli 200 år och äldre.

Flodpärlmusslan har minskat under 1900-talet, och den har försvunnit från en tredjedel av Sveriges vattendrag. I dag återfinns flodpärlmusslan i 400 vattendrag i Sverige, även om reproduktionen enbart sker i en tredjedel av dessa. Situationen för flodpärlmusslan är allvarlig. Den är klassad som starkt hotad enligt den svenska rödlistan, vilket innebär att de flesta eller alla populationer är minskande. Arten är skyddad sedan 1994 enligt fiskerilagstiftningen. Den är även utpekad i EU:s art- och habitatdirektiv. Trots tillbakagången utgör Sverige ett kärnområde för flodpärlmussla, vilket gör att vi har ett internationellt ansvar för artens långsiktiga överlevnad.

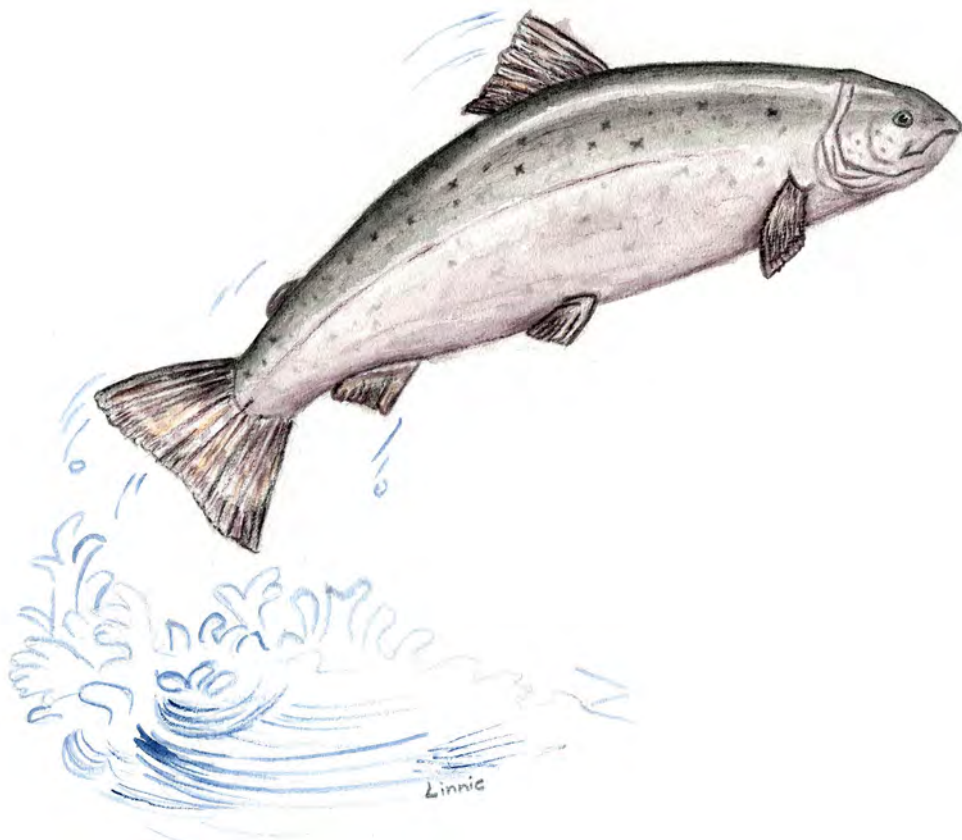


Flodpärlmusslan lever som parasit på öring en del av sitt liv. Bilden illustrerar flodpärlmusslans livscykel. Illustration: Linnie Lodestål.

Aktuell hotbild mot flodpärlmusslan

Hoten mot flodpärlmusslan beror på ett flertal faktorer. Aktiviteter som vägbyggnad, skogsbruk och dikning påverkar musslan till exempel genom att botten slammas igen och livsmiljön försämras. Försurning och miljöförstöring är ett stort hot som minskar reproduktion och ungöverlevnad. Vattenkrafts- och vattenregleringsföretag liksom olika typer av dämmen och felaktigt placerade vägtrummor hindrar värdfiskens spridning. Det kan därmed leda till fragmentering och utslagning av flodpärlmusselbestånd. Flodpärlmusslans reproduktion och spridning är beroende av öringen, och genom att ta bort vandringshinder för öringen kan man gynna flodpärlmusslan.

Lax (*Salmo salar*)



Lax vandrar mellan lek-, uppväxt- och födoområden och behöver fria vandringsvägar.

Illustration: Linnie Lodestål.

Laxen är en havsvandrande fisk, precis som öringen, och de har liknande livscyklar. De förökar sig i färskvatten men lever större delen av sitt vuxna liv i havet. I havet äter de upp sig för att sedan, vanligen efter 1–3 år, återvända till sitt hemvatten för att fortplanta sig.

Vandringen uppströms brukar starta under sommaren och varierar i längd mellan ett par dagar och månader. Denna vandring är en utmaning, med starka forsar, laxtrappor och hinder av olika slag. Även om vandringen är mycket energikrävande och vuxna laxar upphör med att äta under tiden, så kan laxen överleva leken. Efter leken vandrar överlevarna ut till havs igen och kan återkomma för att leka fler gånger. De unga laxarna stannar ett till

fyra år i vattendraget, tills de är mellan 12 och 25 cm. Då är de tillräckligt stora, och deras beteende och utseende förändras. Detta förbereder fisken för havsvatten och de påbörjar sin vandring nedströms som silverfärgade smolt. Efter att de har nått havet börjar laxen sin tillväxt under 1 till 5 år.

Aktuell hotbild mot laxen

Vandringshinder i vattendragen är ett hot mot laxen och även mot öring. De hindrar vandring uppströms och leder till att fiskarna utestängs från viktiga lekplatser och uppväxtmiljöer. Dessa hinder kan vara dåligt anpassade vägpasager, men även dammar vid vattenkraftverk. Dessutom kan turbinerna vid vattenkraftverken skada eller döda vuxen fisk eller smolt som vandrar nedströms.

Andra hot mot laxen är försurning, igenslamning och utsläpp av miljögifter i våra vattendrag, vilket kan leda till minskade livsmiljöer, minskad kläckbarhet och sämre överlevnad. Dessutom har fisket i Östersjön påverkat det vilda laxbeståndet negativt. I dag finns vild lax endast i 12 av 44 vattendrag som rinner ut i Bottenviken.

Laxen bedöms ändå som livskraftig inom Sverige, och den är därmed inte rödlistad. Men i Europa är den klassad som sårbar.

Utter (*Lutra lutra*)

Uttern är ett mårddjur som kan bli 50–100 cm och väga 3–11 kg. Den är anpassad för ett liv i vatten, med simhud mellan tårna och näsborrar som kan stängas, och den äter mestadels fisk. Honan föder vanligen 2–4 ungar per kull och år och ungarna följer honan i knappt ett år. Uttrar markerar sina revir med spillning och gärna på strategiska platser som är synliga och väderskyddade, till exempel under ett träd eller på en sten under en bro. Storleken på honornas hemområden varierar mellan 7 och 10 km i diameter, medan hanarnas kan vara över 20 km i diameter. Genom att skapa bra markeringsplatser och strandpassager vid broar kan man locka uttrar att passera under bron i stället för att gå över vägen.

Förr var uttern vanlig i hela Sverige, både i inlandet och ute vid kusten. Men efter 1950 minskade populationen drastiskt, främst beroende på miljögifter (PCB). Men även andra faktorer har bidragit till utterns tillbakagång, till exempel biotopförstörelse i samband med exploatering av vattendrag och utdikning, intensiv jakt och försurning. Populationen var nere på bara 500 individer och i många delar av Sverige hade den försvunnit. År 1968 fridlystes uttern. Situationen förbättrades under 1990-talet och i dag finns det mellan 2000 och 3000 individer, varav de flesta i norra Sverige.

Cirka 50 uttrar per år blir ihjälkörda av bilar när de passerar vägar. Dåligt placerade passager över vattendrag och dåligt konstruerade broar bidrar till detta, eftersom uttrarna föredrar att passera över vägen i stället för att gå igenom vägtrumman eller under bron. Så mycket som 89 procent av alla uttrar som rapporterades dödade åren 2000–2005 var ihjälkörda. Om inte fria vandringsvägar skapas är det en stor risk för den lokala utterpopulationen och deras förmåga att sprida sig inom och mellan områden.

Trots att populationen ökar finns det fortfarande många hot, och uttern klassas därför som sårbar i den svenska rödlistan. Den är även fridlyst enligt artskyddsförordningen.



Utter är en flera landlevande djur som rör sig längs med vattendragen. Illustration: Linnie Lodestål.

Aktuell hotbild mot uttern

Miljögifter och trafik fortsätter sannolikt att utgöra de största hoten mot arten. Miljögifter som PBDE och PFOS har visat sig lagrade i våra ekosystem och finns hos många arter, inklusive hos utterns bytesdjur. Andelen trafikdödade uttrar har ökat markant sedan början på 1980-talet och regionalt kan trafiken utgöra ett stort hot för uttern. I flera områden har arbetet med utteranpassade faunapassager redan påbörjats. Genom att anlägga passager i områden där det förekommer utter och där trafikintensiteten och hastigheten är hög kan man minska andelen trafikdödade uttrar. Även om jakt på utter inte längre är tillåten händer det att uttrar skjuts av misstag eller fångas i fällor avsedda för annat vilt, till exempel bäver och mink. En betydande andel uttrar har också dödats i olika typer av fiskeredskap.

Stensimpa (*Cottus gobio*)

Stensimpan är en fisk med kraftigt huvud med stor mun, avsmalnande kropp i grönbrunt eller gråbrunt med mörkare fläckar och vit buk. Stensimpan kan bli upp till 18 cm lång.

Stensimpa är en bottenfisk som tycker om grunt vatten med hårda bottenar. På vintern går den gärna ner till djupare vatten. Stensimpa förekommer i många olika typer av sötvattenmiljöer med renspolad botten, från grunda brackvattensmiljöer till små bäckar. Arten är vanligast i sträckor med strömmande vatten som har steniga och grusiga bottenar, men den går att hitta såväl på blockrika bottenar som rena sandbottenar. Den lever främst av bottenjur, som insekter och kräftdjur. Simpan leker under våren och honan lägger upp till 150 ägg i en klump på botten. Efter det vaktar hanen äggen, som kläcks efter 3-4 veckor.

Stensimpan kräver olika livsmiljöer i olika stadier av livet. Grovt substrat med stora stenar verkar vara livsviktigt vid föryngring, även om andra platser också verkar fungera. Grunda, steniga strömmar används av unga fiskar, medan större fiskar föredrar död ved, trädrötter, lövnedfall, större växter eller stenar. Att stensimpan kan förflytta sig mellan dessa områden är viktigt och den är känslig för vandringshinder. Vertikala stup på 18–20 cm är omöjliga för stensimpan att ta sig över. Populationer uppströms är känsliga mot sådana strukturer, och de riskerar därför att fragmenteras, isoleras och till slut dö ut. Om man skapar någon typ av vertikala hinder utan att bygga fria passager kan det bli ett hot mot stensimpan. Stensimpan är även känslig mot kemiska ändringar av vattnet. Men den är inte hotad i Sverige, utan är vanlig i våra norrländska vattendrag.

Aktuell hotbild mot stensimpan

Förutom av vandringshinder kan stensimpan hotas av vattenreglering och rensning av vattendrag som leder till instabila bottenförhållanden, ökad sedimenttransport och minskad variation i livsmiljön. Även avverkning och borttagande av skuggande träd och intensivt jordbruk kan minska livsutrymmet för stensimpan, eftersom det kan leda till att vattendragen växer igen. Utsläpp av miljögifter och försurning som kan ge förändrad vattenkvalitet är också ett hot mot stensimpan och kan minska dess livsutrymme.



Stensimpa är extremt känslig för barriärer och vertikala hinder på cirka tjugo cm utgör ett totalt stopp för fisken. Illustration: Linnie Lodestål.



Fjällmosaikslända. Många insekter påverkas negativt av vandringshinder. Foto: Sofia Perä.

Insekter

Bland vattenlevande insekter i strömmande vatten finns flera arter, främst från tre djurgrupper: dagsländor (*Ephemeroptera*) och två familjer av tvåvingar (*Diptera*), fjädermyggor (*Chironomidae*) och knott (*Simulidae*). Bland dagsländorna hittar vi bland annat bäcksländor som främst lever i syrerikt, strömmande vatten, och som har svårt att sprida sig eftersom de är dåliga flygare. Arter från alla dessa grupper av insekter är viktiga födodjur för andra djur. Bland arterna hittar man både algätare, växtätare, rovdjur och nedbrytare. Många arter sitter fast på botten eller i ett rörformigt hus som de bygger av sand och sekret och söker föda genom att filtrera vatten.

Knottlarver filtrerar vatten genom en uppsättning nätlika antenner. Som de flesta filtrerande djur anses dessa arter vara känsliga för grumling, det vill säga suspenderat finkornigt mineral, till exempel sand och silt. Det är oklart om det är grumlingen i sig eller att mineral sedimenterar på insekternas livsmiljö som är det största problemet. Experiment visar att andelen insekter som lossnar från sin födosöksplats ökar med ökande mängd suspenderat material.

Remibar – Fria vandringsvägar för vattenlevande djur

Remibar är ett projekt som ska minska antalet vandringshindrande vägtrummor och dammar i fem stora vattensystem i Norrbotten och Västerbotten. Målet är att skapa fria vandringsvägar i vattensystemen för att gynna vattenlevande djur.

Projektet startade i september 2011 och pågår i fem år. Det är ett av Sveriges största åtgärdsprojekt i sötvatten samt ett av de största LIFE-projekten inom EU. Arbetet sker inom nätverket för Natura 2000 och målet är att förbättra förutsättningarna för arterna lax, flodpärlmussla, stensimpa och utter samt deras livsmiljöer. Totalt ska drygt 300 vandringshinder åtgärdas. Projektet har en budget på cirka åtta miljoner euro. EU-kommissionen stödjer projektet med drygt fyra miljoner euro.

De vattensystem som berörs av projektet är

- Ängesån (del av Torneälvens och Kalixälvens älvsystem)
- Råneälven
- Varjisån (del av Piteälven)
- Lögdeälven
- Sävarån

Inom projektet genomförs informations- och utbildningsinsatser för att undvika att framtida vandringshinder skapas. Det rör sig om bland annat utbildningar och seminarier som riktar sig mot entreprenörer, vägghållare, markägare och myndigheter.

Projektet kommer också att bygga upp demonstrationsplatser i både Norrbotten och Västerbotten för att visa hur man kan skapa väg- och vattenpassager.

Fakta

Projektet finansieras av EU-kommissionen genom Life +-programmet som är EU:s miljöfond. EU-kommissionen har beviljat bidrag till 183 projekt inom ramen för Life+-programmet.

Projekten inom Life+ Natur och biologisk mångfald bidrar till att förbättra bevarandestatusen för hotade arter och livsmiljöer

För mer läsning:

Massachusetts Riwerways Program. (2005). *Massachusetts stream crossing handbook*

Utformning av Ekologiska anpassade vägpassager

Naturvårdsverket. (2005). NATURVÅRDSVERKET. Rapport 5429 – Åtgärdsprogram för bevarande av flodpärlmussla

ReMiBars hemsida: www.trafikverket.se/-ReMiBar

Naturvårdsverket. (2006). Rapport 5614 – Åtgärdsprogram för bevarande av utter (Lutra lutra)

Hydraulisk dimensionering (2008), VVMB 310, 2008:61

Jordarternas indelning och benämning (2000), Karlson, R. mfl. Bygghälsöförskningsrådet (Formas).

Broprojektering – En handbok (1996), Vägverket 1996:63

Geotekniska undersökningar för vägbroar (1989), Vägverket 1989:7

Mätning, bedömning av broars tillstånd (2008) Vägverket, BatMan

Effekter av grumling och sedimentation på fauna i strömmande vatten – En litteratur-sammanställning (2001), Peter Rivinoja & Stefan Larsson, Vattenbruksinstitutionen SLU, Rapport 31.

Vattenverksamheter -- Handbok för tillämpningen av 11 kapitlet i miljöbalken (2008), Naturvårdsverket, Havs och Vattenmyndigheten, 2008:5

