



Statens vegvesen

Inspeksjon av trebroer 2009

RAPPORT

Teknologiavdelingen

Nr. 2567



Bruseksjonen
Dato: 2009-10-09



Statens vegvesen

TEKNOLOGIRAPPORT nr. 2567

Tittel

Inspeksjon av trebroer 2009

Vegdirektoratet
Teknologiavdelingen

Postadr.: Postboks 8142 Dep
0033 Oslo
Telefon: (+47 915) 02030
www.vegvesen.no

Utarbeidet av

UMB-studentene Hallvard Aase og Hedda Ivarrud Brisendal på oppdrag fra
Bruseksjonen i Vegdirektoratet.

Dato:

2009-10-09

Saksbehandler

Tormod Dyken

Prosjektnr:

Kontrollert av

Otto Kleppe

Antall sider og vedlegg:

9 sider + 1 vedlegg

Sammendrag

To sisteårsstudenter har utført inspeksjon av trebroer som en sommerjobb i Statens vegvesen. Formålet var å gi en oversikt over trebroers generelle tilstand, gi grunnlag for en forbedring av inspeksjonsrutinene for trebroer samt avdekke svake punkter i prosjektering av trebroer.

Det ble inspisert 37 broer i østlandsområdet som er bygget før år 2005. Omfanget av inspeksjonene varierte i noen grad, avhengig av praktiske forhold som f.eks. tilkomst.

Broene viste seg å være i generelt god stand. Imidlertid ble det likevel funnet en rekke svake punkter med f.eks. dårlig detaljering og høyt fuktinnhold i trevirket. Noen steder ble det funnet lokal råte.

Rapporten gir et godt grunnlag for å forbedre detaljeringen av trebroer og for forbedring av inspeksjonsrutinene.

Summary

Two final-year students have conducted inspections of timber bridges as a summer job with the Norwegian Public Roads Administration. The objectives were to present an overview of the general condition of the bridges, provide a basis for improving inspection routines for timber bridges and reveal weaknesses in their design.

Thirty seven bridges in Eastern Norway which were built before 2005 were inspected. The scope of the inspections varied to some degree, depending on practical conditions such as accessibility.

The bridges proved to be in good general condition. However, a number of weaknesses were identified in the timber, such as poor detailing and a high moisture content. At some places local rot was even observed.

The report forms a good basis for improving the detailing of timber bridges and upgrading inspection routines.

Emneord:

Trebruer, inspeksjon, detaljering, skader
Timber bridges, inspection, detailing, damages

Forord

Statens vegvesen takker studentene Hallvard Aase og Hedda Ivarrud Brisendal for en flott innsats under sommerjobben som besto i å dra ”land og strand” rund og inspisere trebroer. De har gjort et omfattende og grundig arbeid og har levert en rapport full av dokumentasjon av uheldige og kritikkverdige forhold.

Denne rapporten er utarbeidet for å sette studentenes arbeid inn i Teknologivdelingens rapportserie og å gi en kort oppsummering av studentenes rapport. I tillegg er det lagt til noen kommentarer og konklusjoner som står for Vegvesenet regning. Studentenes rapport ligger uavkortet ved som et vedlegg.

Det er Bruseksjonens håp at denne rapporten blir grundig studert og de nødvendige konklusjoner blir trukket både på prosjekteringsiden og på drift- og vedlikeholdssiden.

1	INNLEDNING	5
2	UTFØRELSE AV INSPEKSJONENE	5
3	OBSERVASJONER	6
3.1	TREFUKTIGHET	6
3.2	ANDRE SKADER OG FEIL	6
4	FORSLAG TIL INSPEKSJONSRUTINER.....	7
5	KONKLUSJONER.....	7
6	REFERANSER	7
VEDLEGG 1: INSPEKSJONSOPPLEGG FOR INSPEKSJON AV TREBRUER I REGION ØST OG SØR		
VEDLEGG 2: DETALJERT INSPEKSJONSRAPPORT		

1 Innledning

Statens vegvesen har i løpet av de siste 40 årene bygget en rekke broer i tre. Primært har det dreid seg om gang- og sykkelveibroer, men i de siste 15 årene har det også blitt bygget mange kjørebroyer med tildels store spenn.

De første broene på 60- og 70-tallet ble bygget med CCA-impregnerte materialer og prosjektert med en sterk tro på disse materialenes bestandighet mot råte. Disse broene har derfor generelt en svært dårlig detaljering med hensyn til å unngå fuktfeller. Dette har resultert i mye oppsprekning og et lurvete utseende. Mange av disse er idag revet. Tilstanden til slike broer ble undersøkt forholdsvis inngående i forbindelse med studentoppgaver i 1987 [1] og i 1998 [1][2].

Siden dengang har det skjedd en betydelig utvikling i trebrobyggingen. Kreosotimpregnering er innført, utenpåliggende beslag er erstattet av innslissede plater og dekkene utføres nå stort sett som tverrspente dekker. Det har derfor vært et åpenbart behov for et nytt overblikk over trebroenes generelle tilstand. I tillegg er vegvesenets egen inspeksjonshåndbok for broer [3] relativt mangelfull på området trebroer. Det er derfor behov for å utvikle bedre inspeksjonsrutiner for trebroer.

På oppdrag fra Bruseksjonen i Vegdirektoratet og i nært samarbeid med Region øst har studentene Hallvard Aase og Hedda Ivarrud Brisendal inspisert utvalgte trebroer i østlandsområdet som er bygget før år 2005. Studentene studerer konstruksjonsfag ved Universitetet for Miljø og Bioteknikk (UMB). Arbeidet er utført som en sommerjobb hos Statens vegvesen i regi av Region øst og Region sør.

Formålet med inspeksjonene var primært:

- å gi en oversikt over trebroenes generelle tilstand
- å gi et grunnlag for forbedring av inspeksjonsrutinene for trebroer
- å avdekke svake punkter i prosjekteringen av trebroer

Det er utarbeidet en detaljert rapport fra inspeksjonene som er inkludert i denne rapporten i form av et vedlegg. Studentene har også laget en cd som inneholder bilder, resultater fra fuktmålinger og en kortfattet rapport for hver enkelt bro.

En slik inspeksjon som den foreliggende vil i sin natur fokusere på feil, mangler og svake punkter og ikke på det som er bra. Den får derfor lett et litt negativt preg, fylt som den er av informasjon om uheldige løsninger. Ser man hele trebrobestanden under ett er tilstanden i det store og hele bra, men det finnes for mange svake detaljer som må forbedres – både på eksisterende broer og fremtidige broer.

2 Utførelse av inspeksjonene

Inspeksjonene ble utført på broer på Østlandet, omtrent fra Os i Østerdalen i nord til Fredrikstad i syd-øst og Drammen i sydvest. Verdifull hjelp med det praktiske har Region øst og Region sør ydt.

Ved inspeksjonene er det lagt stor vekt på å finne og dokumentere svake punkter i konstruksjonene. I den sammenheng har spesielt fuktmålingene vært viktige. Inspektørene var utstyrt med håndholdte elektriske fuktmålere som på forhånd var kalibrert ved UMBs laboratorium.

Statens vegvesen har et program for instrumentering og kontinuerlig overvåking av trebroer. Det begynte i 1999 med Evenstad bro i Østerdalen og omfatter nå hele fem broer, hovedsakelig i østlandsområdet. Fuktmålinger utgjør en hoveddel av programmet. Fuktsensorene er ikke plassert på de svakeste stedene, men på steder som man kan anse som representative for størstedelen av konstruksjonen. Noen av de instrumenterte broene er med i inspeksjonsprogrammet.

Det hadde vært ønskelig med kontroll av spennkraften under inspeksjonen, men det lot seg ikke gjøre da det ville kreve profesjonell bistand med jekk og annet utstyr. Det har ikke alltid vært helt enkelt med tilkomst, men for fire av broene har de kunnet bruke brulift.

Ytterligere detaljer angående gjennomføringen av inspeksjonsprogrammet er gitt i vedlegget. Studentene har dessuten rapportert de enkelte inspeksjonene i Brutus.

3 Observasjoner

I vedlegget finnes detaljerte observasjoner fra alle broene. En kort oppsummering i det følgende er kun ment å gi en generell oversikt.

3.1 Trefuktighet

Som en tommelfingerregel kan man regne at når trefuktigheten er mindre enn 20 % vil råte ikke kunne utvikle seg. Når trevirket i tillegg er impregnerert gir det en ytterligere sikkerhet. Kjerneveden tar riktignok ikke opp impregneringsstoff, men har i utgangspunktet betydelig bedre bestandighet enn yteveden.

I bærekonstruksjonen til trebroer av nyere konstruksjonstype har trefuktigheten ligget i området 12 – 16 %, noe som er meget bra. En del steder ble fuktigheten målt til over 20 %, uten at det behøver å gi grunn til generell bekymring. Høy fuktighet er i disse tilfellene spesielt knyttet til manglende rydding av vegetasjon inntil konstruksjonen eller til knutepunkter.

Høy trefuktighet i tverrspente dekker er generelt knyttet til opplegget og til ytre lamell. I noen tilfeller, der det er lagt treslitelag på tverrspent dekke uten fuktmembran imellom, er det målt høy trefuktighet. Man må anta at det her står fuktighet som tørker langsomt ut og at derfor hele oversiden av dekket er fuktig i lang tid.

I trebroer av eldre type, dvs. CCA-impregnerert, men uten kreosot har bærende konstruksjon betydelig høyere trefuktighet og er angrepet av svertesopp og algevekst. I ett tilfelle har det utviklet seg råte i bærebjelker, spesielt i forbindelse med opplegget på lageravsatsen. Om disse bjelkene er CCA- eller Cu-impregnererte har det ikke vært mulig å fastslå under inspeksjonen.

Generelt bekrefter inspeksjonen at fukt skader trevirket selv om det er impregnerert CCA- eller kreosotimpregnerert hvis fukten får virke over lang tid.

3.2 Andre skader og feil

I tillegg til områder med relativt høyt fuktnivå er det en del skader og uheldige forhold som går igjen på noen broer:

- Delaminering eller oppsprekning av limtre på noen få broer
- Buer og bjelker som er sammensatt av to eller flere deler ved blokkliming viser en tendens til at limfugen sprekker opp, noe som antagelig skyldes vanninntrengning i fugen.
- Kreosotsøl på underliggende konstruksjonsdeler, som f.eks. søyler og landkar.
- For stor kraft i spennstenger og knusning av trevirket ved forankringen. Dette kan skyldes enten for høyt oppspenningsnivå eller for sterk oppfuktning av lamellene i dekket med derav følgende tverrutvidelse.
- Skjeve bjelker og buer
- Knutepunktsdybler som beveger seg ut. Dette gjelder nok knutepunkter der kreftene skifter fortegn pga. trafikklasten.
- Flere broer har sprekker i asfalten på tvers av kjørebanelen. Dette er relatert, ikke bare til endefugene, men også til tverrbærere og i noen tilfeller også mellom tverrbærere.
- Kreosot som svettes ut fra dekkets overside virker som løsemiddel for Topeka-membranen og for asfalten og det blir dermed hjulspor og ujevnheter i asfalten.
- Rustne bolter der det er forutsatt syrefaste bolter tyder på at det skjer en sammenblanding under byggingen.

Forøvrig er, i noen tilfeller, feil og skader som er godt synlig og som må ha eksistert under tidligere inspeksjoner er ikke rapportert i tidligere inspeksjonsrapporter.

4 Forslag til inspeksjonsrutiner

På slutten av sin rapport gir studentene forslag til inspeksjonsrutiner. Disse gir et godt grunnlag for å utvide og forbedre trebrokapitlet i håndbok 136 [3].

5 Konklusjoner

Utifra de rapporterte observasjoner kan følgende konklusjoner trekkes:

- Tilstanden til den inspiserte trebromassen er i det store og hele god
- For mange av de nyere broene hadde svak detaljering og dermed lokale områder med høy trefuktighet
- Høy trefuktighet med tilhørende skade skyldes hovedsakelig fire forhold:
 - 1) Dårlig detaljering
 - 2) Utette dekker eller manglende fuktmembran
 - 3) Mangelfull rutineinspeksjon og manglende rapportering og derav manglende tiltak
 - 4) Mangelfullt vedlikehold som f.eks. rengjøring, fjerning av vegetasjon, etc.
- Kreosotimpregnering gjør konstruksjonen mer vannavvisende enn kun CCA- eller Cu-impregnering. Det gir dermed mindre fukt i trevirket og redusert oppsprekning.
- Ved buer og bjelker som er sammensatt av to eller flere deler ved blokkliming, må fugene beskyttes med beslag for å hindre vanninntrengning og dermed oppsprekning.
- Sprekker i asfalten over tverrbærere kan tyde på at dekket er for mykt og at rotasjonen over tverrbæreren og dermed tøyningen i dekkets overside blir for stor. Denne bør nok begrenses.
- Det er viktig å komme frem til tiltak som effektivt kan hindre at kreosoten løser opp og gjør membran og asfalt myke.
- Utenpåliggende beslag bør ikke brukes.
- Åpne dekker med langbærere, strøved og slitelag av tre vil samle mye skitt og fukt og er vanskelige å få holdbare.
- Dybler i knutepunkter med stor lastveksling må sikres mot vandring med f.eks skruer.
- Fundamentene for søyler og buer må gjøres tilstrekkelig høye til at jord og vegetasjon ikke kommer i berøring med trevirket.

Det er nødvendig å forbedre inspeksjonsrutinene samt drifts- og vedlikeholdsrutinene for trebroer. Trebroer skal i utgangspunktet klare seg med lite vedlikehold under forutsetning av riktig detaljering og god konstruktiv beskyttelse.

6 Referanser

- [1] Hovedoppgave 1987: Impregnering motstand mot mikrobiell nedbrytning. Foyen, Knut N. NTNU 1987
- [1] Rapport: *Inspeksjon av trebroer sommeren 1998*. Utført for Statens vegvesen av studentene Olsvik, Christian og Møller, Ole-Asbjørn
- [2] Hovedoppgave 1998: *Inspeksjon av trebroer – tilstand, skadebilder og utbedringer*. Olsvik, Christian Otto og Møller, Ole-Asbjørn. NTNU 1998
- [3] Håndbok 136: *Inspeksjonshåndbok for bruer*. Statens vegvesen, 2000

- [4] Research Paper: *Field Performance of Timber Bridges. 1. Teal River Stress-Laminated Deck Bridge*.
Wacker, James P. and Ritter, Michael A. Forest Service, Forest Products Laboratory, USA, 1992
- [5] FoU-prosjektet ”Broer i tre”: *Eftersyn af træbroer*.
Henriksen, Keld H. Teknologisk Institut, Danmark, 1999.

Vedlegg 1: Inspeksjonsopplegg for inspeksjon av trebruer i Region øst og sør

Inspeksjonsopplegg for inspeksjon av trebruer i Region øst og sør

To studenter Hallvard Johnsen Aase og Hedda Ivarrud Brisendal fra UMB (Univeritetet for miljø og biovitenskap) i byggeteknikk og arkitektur skal inspisere noen trebruer i Region øst og sør. Før de starter må de ta et sikkerhetskurs og en opplæring i inspeksjon av bruer. Inspeksjonen må foregå i nært samarbeid med angitte personer fra det fylke de besøker. Inspeksjonene skal senere inngå i en masteroppgave for Briskendal.

Hensikten med denne inspeksjonen er:

- Å finne bruas tilstand og anslå restlevetiden
- Hvordan brua er inspisert og vedlikeholdt opp til nå (revisjon av inspeksjon og de tiltak som er gjort på brua)
- Påløpte vedlikeholdskostnader sett i forhold til alder og impregnering
- Gi et revidert forslag til inspeksjonsprogram for trebruer

Gjennomføring av inspeksjonene

Det må avtales med disse personene før inspeksjonen gjennomføres.

✓ Østfold og Akershus	Nina Utne	tlf 918 57 972
✓ Hedmark og Oppland	Holger Lunde	tlf 958 94 827
✓ Buskerud	Arve Aaby	tlf 908 69 394 / 32 21 45 05

Personene bør bli med på inspeksjonen hvis de finner det riktig. Det bør startes med to planleggingsmøter enten for Region øst og et for Buskerud. Det må inngåes en arbeidsavtale som for andre sommervikarer. Hvis det trengs utstyr utover det vi stiller med må det avtales på forhånd med disse.

Inspeksjonene skal følge den karaktersetningen og de kodene som angitt i Hb 136. I tillegg kan det gis kommentarer. Resultatene skal legges inn i BRUTUS. Det skrives en egen rapport fra inspeksjonen.

Bruene skal inspiseres i august måned 2009. Rapporten som skal leveres samt registrering av data kan gjøres i første uke av september

Utstyr

Vi eller de kan stille med dette utstyret

✓ Fuktighetsmåler	mulig å låne fra UMB
✓ Syl eller kniv	dette har de selv
✓ Tommestokk	
✓ Rettholdt/lite vater	
✓ Stige	Kan sannsynligvis lånes fra Holger (Hanne sjekker det)
✓ Jekk for stang måler	Dette følges opp av Hanne i samarbeid med Otto
✓ Sikringsutstyr	Hjelm, ellers unngår vi situasjoner der dette trengs
✓ Vernetøy	Vest
✓ Brulift	Organiseres av Hanne
✓ Bil	De har egen bil og får utlevert gult lys

Overnatting på hotell/pensjonater. De skriver reiseregning på vanlig måte.

Bruer som skal inspiseres:

Disse bruene skal inspiseres i Region Øst, Østfold (01), Akershus (02), Oslo (03), Hedmark (04) og Oppland (05). I Region sør skal angitte trebruer i Buskerud inspiseres. Studentene kan selv bestemme rekkefølgen samt bestemme seg for et utvalg slik at de blir ferdig på angitte dato.

Lista inneholder alle riks og fylkesvegbruer i Region øst og sør (Buskerud) eldre enn 2005. Det er 35 bruer i Region øst og 10 bruer i Region sør Buskerud (06) (Dersom det tidsmessig ikke er mulig å rekke alle bør det gjøres et utvalg av disse)

Fyl-ke	Bru-nr	Brunavn	Hovedvegident	Bygge år	Kate gori	Byggtype fork.	Antall spenn	Bredde	Største spenn	Lengde	
1	866	Skovbøle gangbru	O/RV 109 2	1.012	1996	GS	Fagverksbru	4	3,32	20,60	64,60
1	868	Leie gangbru	O/RV 109 2	2.117	1996	GS	Fagverksbru	3	3,32	20,00	52,40
1	869	Høiendal gangbru	O/RV 109 2	2.720	1996	GS	Fagverksbru	3	3,30	24,00	48,00
1	899	Moumbekken gangbru	L/RV 111 2	6.000	1998	GS	Bjelkebru	3	3,00	15,00	38,00
1	909	Sagåsen	O/EV 18 2	6.746	2003	VB	Buebru	7	7,00	5,00	37,00
1	929	Damholt gangbru	O/EV 18 6	7.726	2002	GS	Fagverksbru	3	3,48	20,00	50,00
2	930	Skui gangbru	O/FV 182 1	2.833	1975	GS	Bjelkebru	1	2,00	15,20	53,60
2	1115	Asper gangbru vest	L/EV 18 1	4.578	1991	GS	Bjelkebru	3	2,45	12,00	19,48
2	1458	Hallangen	L/RV 21 1	2.529	1995	GS	Bjelkebru	1	2,00	10,00	10,00
2	1462	Aurskog stasjon gangbru	O/RV 170 3	1.865	1997	GS	Fagverksbru	1	3,77	22,00	22,00
2	1517	Måna gangbru	O/RV 23 1	5.473	2000	GS	Sprengverksbru	8	4,18	4,00	24,10
2	1518	Nesoddvegen gangbru	O/RV 152 1	0.050	2000	GS	Fagverksbru	8	3,76	3,00	24,00
2	1535	Mølledammen	P/FV 77 1	0.300	2000	VB	Buebru	3	8,50	21,14	24,50

2	1601	Rudsbrua	O/RV 35	1	11.865	2003	VB	Buebru	3	6,60	25,00	33,00
3	873	Brobekk gangbru	L/RV 4	3	3.620	2003	GS	Buebru	1	3,50	14,50	17,00
4	1499	Grønsvebakken	P/FV 66	2	1.020	1998	VB	Buebru	1	8,90	32,70	32,70
4	1505	Nydalsdumpa g-sbru	O/FV 84	1	4.845	1993	GS	Bjelkebru	3	3,40	18,10	33,00
4	1516	Evenstad bru	P/FV 606	51	0.461	1996	VB	Fagverksbru	5	6,50	36,18	180,00
4	1528	Løken bru	O/RV 3	1	11.579	1996	VB	Buebru	3	6,00	24,00	32,00
4	1567	Skubbergsenga bru	O/RV 2	4	13.823	1997	VB	Sprengverksbru	1	5,52	32,47	42,07
4	1603	Os g-s bru	L/RV 30	5	18.552	1997	GS	Fagverksbru	2	3,99	40,25	80,50
4	1608	Rotna g-sbru	L/RV 201	3	3.119	1997	GS	Bjelkebru	1	3,80	23,50	24,36
4	1614	Tynset bru	P/RV 30	3	47.196	2001	VB	Buebru	3	12,41	70,00	125,28
4	1617	Grylla bru	P/FV 561	1	2.640	1997	VB	Ribbeplatebru	1	7,28	10,00	10,00
4	1620	Nistilen gs-bru	L/FV 545	1	1.966	1999	GS	Platebru	1	3,80	4,00	4,00
4	1622	Næringa	P/FV 562	1	0.570	1999	VB	Platebru	1	7,28	10,00	10,00
4	1623	Mattisdammen	P/RV 24	2	15.121	1999	VB	Platebru	1	8,88	7,38	7,68
4	1628	Neså	P/RV 210	2	7.470	2000	VB	Platebru	1	8,28	6,53	6,73
4	1629	Ny Flisa	P/RV 206	1	2.622	2003	VB	Fagverksbru	3	10,80	70,34	196,32
4	1630	Horne	P/FV 206	1	5.215	2002	VB	Buebru	1	8,14	25,75	26,15
4	1631	Tangen 0/NSB	P/RV 222	1	2.130	2002	VB	Platebru	3	10,00	12,00	31,40
5	800	Bryggevegen Gangbru	O/EV 6	56	0.980	1970	GS	Bjelkebru	3	2,26	20,05	54,15
5	1576	Vestringsbygda gangbru	O/FV 220	2	10.418	1985	GS	Bjelkebru	0			
5	1745	Fønhus	P/FV 226	1	21.025	1998	VB	Buebru	1	7,48	28,00	35,45
5	1785	Ulnes	P/FV 261	50	0.640	2003	VB	Buebru	3	11,25	33,87	105,00
6	811	Herstrøm	O/RV 283	2	2.936	1970	GS	Buebru	6	2,00	19,00	53,60
6	844	Vinnes	O/RV 283	2	0.341	1970	GS	Buebru	5	2,00	16,50	50,75
6	1665	Brubakken GS-bru	L/RV 40	8	19.400	2003	GS	Sprengverksbru	1	3,50	27,00	27,00
6	1668	Fløtaker GS-bru	L/RV 40	7	0.341	1995	GS	Bjelkebru	1	3,70	23,00	23,00
6	1693	Daleråsen	O/EV 134	1	9.339	2001	VB	Buebru	4	6,00	22,00	69,00
6	1703	Sollihøgda G/S bru	O/EV 16	1	0.464	1999	GS	Bjelkebru	1	3,00		60,00
6	1709	Bjørnli	O/RV 23	2	10.722	2000	VB	Sprengverksbru	0	4,50		25,00
6	1710	Beston	O/RV 23	2	2.590	2000	VB	Sprengverksbru	1	5,70	20,20	24,00
6	1711	Alme G/S bru	L/RV 35	9	1.330	1997	GS	Bjelkebru	1	4,00	6,00	10,00
6	1746	Kofstad	O/EV 134	4	11.234	2002	VB	Buebru	3	6,63	27,40	39,40

Inspeksjonen

Hensikten med inspeksjonen står beskrevet i tidligere.

Det som står i Hb 136 Inspeksjonshåndbok for bruer følges. Inspeksjonene skal gjennomføres som en hoved/spesialinspeksjon pluss noe i tillegg som gjengitt nedenfor.

Inspeksjonen gjennomføres som følge:

- ✓ Det gis karakterer (1-4) + (B,M,V,T) pluss en beskrivelse av skaden/feilen i henhold til Hb136 der det er relevant.
- ✓ Det gis verdier der det er relevant (fuktighet m.m.)

Disse forholdene skal undersøkes spesielt:

- ✓ Delaminering, sprekking, brudd i treverket
- ✓ Fuktighet måles på de plassene inspektøren mener det kan være utsatt. (Det blir en av inspektørene oppgaver å finne de utsatte plassene). Hvis inspektøren ikke kommer til på ønsket sted bemerkes det. En plass som er vanskelig eller umulig å komme til er bruas ende mot betong eller grus.
- ✓ Formendringer av konstruksjonen (vurderes med øyemål)
- ✓ Asfalt: Sporslitasje oppsprekking både på dekket og spesielt ved fuge (brua ende). Hensikten er i se om tredekket eller impregneringen gir problemer for asfalten.
- ✓ Gjennombrudd av kreosot i asfalt (Omfang)
- ✓ Tredekke (der det ikke er asfalt): Sporslitasje oppsprekking
- ✓ Skjøter vurderes spesielt (dybler i riktig posisjon, m.m.)
- ✓ Oppspenningskraft der det lar seg gjøre.
- ✓ Tetthet av dekket (se etter spor av vannlekkasje, under dekket, ved opplegg og på lageravsats)
- ✓ Er treoverflaten tørr? (omfanget av kreosotsvetting/drypping/renning)
- ✓ Eventuelle skader på treverket eller mangler. Beskrive hvorfor feilen/skaden har oppstått (bruk skadeårsaks-koden eventuell pluss en beskrivelse)
- ✓ Hvordan er brua overflatebehandlet malt/beiset/kreotbehandlet/vann basert impregnering. Er overflaten slitt? Løser kreosot opp pulverlakk? Andre forhold med overflatebehandlingen
- ✓ Revisjon av de inspeksjonene som er utført. (Når er brua tidligere inspisert og av hvilket firma)
- ✓ Revisjon av de tiltak som er gjort på brua.
- ✓ Forventet anstått levetid på brua (etter inspektøren skjønn dersom vedkommende har forutsetninger for det).

Vedlegg 2: Detaljert inspeksjonsrapport

CD-en som er nevnt i rapporten er ikke vedlagt her, men kan fåes ved henvendelse til Bruseksjonen.
Den er også lagt ut på O:\fjernaksess\6\Tek\Trebroer\Vedlegg.

Inspeksjon av trebroer 2009



**Rapport fra inspeksjoner av trebroer i
østlandsområdet, bygd før 2005.**

Hedda I. Brisendal

Hallvard J. Aase

Innholdsfortegnelse:

1. Innledning	Side 3
2. Trebruer og tre som konstruksjonsmateriale	
2.1 Trebroer	Side 4
2.2 Ulike brutyper	Side 5
2.3 Levetid	Side 7
2.4 Nedbrytning og fukttransport	Side 8
2.5 Impregneringsmidler	Side 9
3. Utførelse av inspeksjonene	
3.1 Utførelse av inspeksjonene	Side 10
3.2 Feilkilder ved fuktighetsmåling	Side 11
3.3 Instrumenterte broer, avvik i målinger	Side 12
3.4 Oversikt over broer; beliggenhet, type og byggeår	Side 13
4. Ulike konstruksjonsdeler; fuktighet og problemer	
4.1 Bærende konstruksjoner	Side 14
4.2 Tverrspente dekker	Side 17
4.3 Slitelag, tre	Side 25
4.4 Slitelag, asfalt	Side 28
4.5 Rekkverk	Side 30
5. Spesielle problemområder	
5.1 Fuktfeller	Side 31
5.2 Kreosotsøl	Side 43
5.3 Vandrende dybler	Side 45
5.4 Syrefast VS elektroforsinket stål	Side 50
6. Inspeksjonsrutiner	
6.1 Revisjon av tidligere inspeksjoner	Side 51
6.2 Forslag til rutiner for inspeksjoner av trebruer	Side 59
7. Etterord	Side 60

1. Innledning

Inspeksjoner av trebruene ble satt i gang på initiativ fra Otto Kleppe og Tormod Dyken. Arbeidet ble gjort for å få en tilstandsrapport på flest mulig av trebroene i Norge. I tillegg skulle de tidligere inspeksjonene bli revidert og evt mangler i inspeksjonsrutinene bli kartlagt.

For å unngå at for nye broer ble inspisert ble inspeksjonene avgrenset til bruer bygget før 2005. For å begrense reisetid, og for å få inspisert flest mulig broer på tiden som stod til rådighet ble bruene i Østfold, Akershus, Oslo, Hedmark, Oppland og Buskerud inspisert.

Denne rapporten tar for seg broer og brotyper generelt, og noen eksempler spesielt. For mer informasjon om hver enkelt bro, se vedlagte CD-er. CD-ene inneholder bilder, fuktmålinger og en kortfattet rapport for hver enkelt bro.

Det har blitt oppdaget et avvik mellom fuktighetsmålingene fra disse inspeksjonene og fuktighetsmålingene fra broer som er instrumentert med faste fuktmålere. Se avsnitt 3.3.

2.1 Trebroer

Historisk sett:

Historisk sett har trebroer blitt mye brukt, både i Norge og resten av verden. Dessverre lever trebroer relativt kort under visse forhold og dårlig vedlikehold, og det finnes få av de norske broene igjen. Noen er blitt bygd opp igjen som kopier, slik at vi har mulighet til å se hvordan broer ble bygget før, mens de få som står stort sett er blitt fredet.

Norge hatt til alle tider hatt behov for broer, men etter år 1900 ble færre og færre av disse bygd i tre. Først etter 1. og 2. verdenskrig ble dette aktuelt igjen, da det var mangel på stål (Trebruhåndboka 1.1).

Tre som byggemateriale:

Trevirke er alltid brukt som byggemateriale i Norge, mye på grunn av tilgjengelighet og pris. Likevel blir tre sett ofte sett på som et uegnet materiale blant annet på grunn av fare for råte, men med riktig forbehandling (se mer i avsnitt 2.5) og vedlikehold bør ikke dette være en grunn til å utelukke tre som byggemateriale.

Tre betegnes som et levende materiale, og egenskapene varierer med klimaforskjeller. I tillegg har tre forskjellige egenskaper i de tre forskjellige retningene (lengde-, tangentiell- og radiell retning) som må tas hensyn til under bygging, i tillegg til at egenskapene i de forskjellige retningene varierer med variasjon varme og fuktighet. Dette er blant annet viktig å huske på når man tørker trevirke, da dette kan bøye materialet.

Når man bygger trebroer er det stort sett furu som brukes som konstruksjonsvirke, da gran ikke tar til seg impregneringen på samme måte. Furu blir sortert etter forskjellige fasthetsgrader, slik at man vet hvilket materiale man skal bruke til hva.

Miljøhensyn:

Trebroer vil trolig være et mer miljøvennlig alternativ enn stål og betong-broer. Se avsnitt 1.5.1 og 2.1.10 i Trebruhåndboka for detaljer.

Økonomi:

Trebroer er så absolutt konkurransedyktig med stål og betong-broer når det gjelder kostnader ved bygging. Se kapittel 9 i Trebruhåndboka for detaljer.

2.2 Ulike brotyper

De ulike brotypene vi har sett på er platebro, bjelkebro, sprengverk/hengverks-bro, buebro, og fagverksbro.



4-1628 Neså – platebro



1-899 Moumbekken – Bjelkebro



6-1710 Beston – Sprengverk / hengverksbro



5-1785 Ulnes – Buebro



2-1462 Aurskog – Fagverksbro

For mindre spennvidder – opp til 10 m – er platebroer en god løsning. Bærekonstruksjonen er hovedsystem og brubane samtidig, og konstruksjonselementene er vanligvis i justert skurlast eller limtre (Trebruhåndboka 2.2.1)

Bjelkebroer kan brukes på lengre spenn enn platebruer – de lengste vi så på var rundt 20 m lange. Bjelkene må, på grunn av høyden, være av limtre, og danner ikke et tett dekke. Det må derfor legges en brobane som spenner på tvers av bjelkene, som virker som et lastfordelende konstruksjonselement (Trebruhåndboka 2.2.2.).

Sprengverksbroene vi så på er bygd med mellomliggende brobane, men de kan også bygges med underliggende eller overliggende brubane. Disse bruene har et statisk sett optimalt bæresystem der hengestengene er samlet i toppunktet. (Trebruhåndboka 2.2.4)

Buebroer kan også oppføres med brobanen både over og under den bærende konstruksjonen. Underliggende buer er den beste løsningen der det er plass, da dette gjør at hovedbæresystemet er mer beskyttet mot vær og vind. Disse er materialøkonomiske, men dersom buene skal kreosotimpregneres kommer de på en maks-størrelse på 15 m per del (total spennvidde 30 m) slik at hver del får plass i kjelen. (Trebruhåndboka 2.2.6)

Fagverksbroer er en naturlig løsning ved lengre spenn. Nyere teknikk gjør at knutepunkt kan overføre mer krefter enn før, og de enkelte konstruksjonsdelene kan utføres med mindre tverrsnittdimensjon enn ved massive bjelkekonstruksjoner. For fagverk i tre er det vanligvis knutepunktene som er den største kostnaden, og det er lønnsomt å gå for så lange staver som mulig. Da konstruksjonsdeler av tre har større tverrsnitt enn stål er ikke faren for knekning så stor som for stål, og stavene tåler å være lengre (Trebruhåndboka 2.2.7).

2.3 Levetid

For at en bro skal bygges i Norge må det kunne forutsettes en levetid på 100 år. I Trebruhåndboka 2.1.13 står det at vedlikeholdskostnader og levetid for en riktig utført og behandlet trebro ikke vil variere mye for forskjellige steder i Norge, i motsetning til broer i stål og betong som har større variasjon pga forurensing, korrosjon, karbonatisering etc. Trebroer vil derfor ha en fordel der forurensing, salting og korrosjon er et problem for stål og betong. En veibro i tre som er kreosotimpregnert og konstruktivt riktig utført, må man anta vil ha en vedlikeholdskostnad som er lavere enn for en tilsvarende veibro i stål (Trebruhåndboka 2.1.13).

2.4 Nedbrytning og fukttransport

Trevirke brytes ned biologisk, kjemisk og fysisk. Fysisk nedbrytning vil for trebroer være værslitasje, fuktvariasjoner og mekaniske skader. Kjemisk nedbrytning skyldes UV-stråling. Biologisk nedbrytning skyldes råtesopp, bakterier, mikroorganismer, insekter og bløtdyr.

Fysisk nedbrytning:

Fysisk nedbrytning kan reduseres ved å utforme broene slik at det skal oppstå minst mulig påkjørsler, brøyteskader osv. Enkelte har vært bekymret for skader fra hakkespett, selv om vi ikke har observert slike skader.

Kjemisk nedbrytning:

Kjemisk nedbrytning fra sollys gir virket en sølvgrå patina som beskytter virket mot videre nedbrytning.

Biologisk nedbrytning:

Den mest aktuelle formen for biologisk nedbrytning i norske innlandstrøk er råtesopp.

Råtesoppene angriper selve celleveggen og svekker dermed virkets bæreevne. Overflatesoppene lever av celleinnholdet i virket og reduserer dermed ikke virkets bæreevne, men de kan brukes som en indikator på at det er forhold der råtesoppene kan utvikle seg.

Vekstvilkår for soppene:

- De viktigste forutsetningene for soppvekst: Fuktighet, næring, oksygen og temperatur.
- Ved trefuktighet under 20 % får man ikke initiert soppvekst
- Ved temperatur under +5 °C får man ikke initiert soppvekst
- De mest vanlige råtesoppene utvikles ved trefuktigheter mellom 22 % og 30 %

Dette betyr at i så lenge trefuktigheten er under 20 %, så vil man ikke få soppangrep uansett om trevirket er impregnert eller ikke. Derfor er grensen for "høy fuktighet" satt til 20 % i denne rapporten.

Impregneringens giftvirkning på soppene skal sørge for at trevirket ikke blir angrepet av sopp, selv om trefuktigheten ligger over 20 %. På kort sikt skal det altså ikke være noen fare for råte i impregnert trevirke, selv om trefuktigheten ligger over 20 %.

Hvordan faren for råteangrep utvikler seg hvis impregnert trevirket står med høy fuktighet over lang tid har vi ikke klart å finne noe klart svar på. "Med mye fuktighet over lang tid er man redd selv kreosot ikke kan forhindre råte på et sted som ikke er så lett inspiserbart" *Trebruhåndboka 3.8.2.*

(Kreosotimpregnerte trestolper har en levetid på 40-50 år i direkte jordkontakt, av dette kan man kanskje anta at kreosotimpregnert trevirke som står med høy fuktighet over lang tid har omtrent samme levetid).

For lengst mulig levetid er det nødvendig å unngå at trevirket har fuktighet over 20 % i lengre perioder.

Fukttransport:

For at trevirket skal ha lavest mulig fuktighet er det viktig å utforme konstruksjonene på en god måte med tanke på fukttransport. Trevirket transporterer fuktighet mye fortere i fiberretning enn tvers på fiberretning. Dette betyr at det er særlig viktig at ikke endeveden blir eksponert for høy fuktbelastning.

2.5 Impregneringsmidler

For å hindre angrep av råtesopper eller insekter trykkimpregneres trevirket. Impregneringsmidler brukt i broer er som oftest CCA-salter eller kreosot. Furu er det eneste treslaget som blir impregnert i Norge, og kjerneveden lar seg ikke impregnere, men den inneholder stoffer som er giftige for sopp og insekter.

For mer utfyllende informasjon om impregneringsmidler se avsnitt 1.5.2 og 6.2.1 i Trebruhåndboka.

3. Utførelse av inspeksjonene

3.1 Utførelse av inspeksjonene

Inspeksjonene ble utført i august 2009. Sommeren 2009 var regnfull, det kan derfor være grunn til å tro at broene var fuktigere i august 2009 enn etter en gjennomsnittlig sommer.

Utstyr:

- Termometer
- Fuktighetsmåler
- Tommestokk
- Syl og tapetkniv
- Vater
- Kompass og kikkert
- Stige
- Brolift
- Verneutstyr

Framgangsmåte:

Vi fikk ingen fullstendig opplæring i inspisering, men gikk gjennom hvilke ting som var aktuelle å se etter og fikk Arnulf med oss på den første inspeksjonen. Dette ble gjort med hensikt fordi Veg.Dir. ønsket å få sett på inspeksjonsrutinene for trebroer med nye øyne.

Rutinen for inspeksjonene ble til etter hvert som broene ble inspisert, det ble som oftest gjort som følger:

- Fuktmålinger ble foretatt på de steder vi anså som utsatte, i tillegg ble det målt fuktighet på mindre utsatte steder for å ha en referanse.
- Broen ble inspisert for andre skader, feil og mangler (etter Inspeksjonshåndbok for bruer). Skjema for spesialinspeksjon (fra Brutus) ble fylt ut.
- Rapport fra forrige inspeksjon ble sammenlignet med vårt skjema for spesialinspeksjon.
- Det ble tatt oversiktsbilder og bilder av feil, skader, mangler, gode løsninger, osv.

3.2 Feilkilder ved fuktighetsmålinger

Fuktighetsmåleren fungerer slik at to pigger slås 20-30 mm inn i trevirket, den elektriske motstanden mellom disse måles og danner grunnlag for beregning av virkets trefuktighet. Trevirkets ledningsevne avhenger av trefuktighet, treslag, evt. tilstedeværelse av ledende eller isolerende stoffer i virket og temperatur.

De viktigste potensielle feilkildene er; salter som kan øke ledningsevnen og gi for høye verdier for fuktigheten, at måleinstrumentet kan bli stilt inn på en annen temperatur enn den trevirket som måles har. Svakheter ved denne typen fuktmålere er at de måler fuktigheten 20-30 mm inn i virket, og sier dermed ingenting om resten av tverrsnittet.

Salter:

Avviket i fuktmålinger for saltimpregnert virke avhenger av hvilket salt som er brukt. Hvis broen er bygget før 2002 vil det være brukt CCA på oksidform, noe som gir meget lite avvik. Alle CCA-impregnerte broer vi har inspisert er bygget før 2002, derfor er fuktighetsmålingene ikke korrigert for avvik pga salter.

Temperatur:

For hver enkelt bro har fuktighetsmåleren blitt stilt inn på lufttemperaturen i skyggen. Det ble antatt at dette ville være nøyaktig nok. Temperaturen i trevirket i en konstruksjon vil variere med hvordan de ulike konstruksjonsdelene er utsatt for oppvarming fra sollys. Trevirket på solsiden av en bjelke kan ha en høyere temperatur enn luften i skyggen.

Måleområde:

Fuktighetsmåleren gir relativt nøyaktige målinger i området fra ca 10 % og opp mot fibermetning (ca 30 %). Når fuktigheten er høyere enn fibermetning er målingene usikre og alle målinger høyere enn 30 % kan regnes som svært høye, men med relativt liten nøyaktighet.

3.3 Instrumenterte broer, avvik i målinger

Noen broer er instrumentert, dvs at de har flere fuktighetsmålere fast montert som sender sine måleresultater til en sentral flere ganger i døgnet.

Det er registrert et avvik mellom målingene fra instrumenterte broer og målingene fra disse inspeksjonene. Det vil så snart som mulig bli gjort forsøk for å finne årsaken til avviket.

Mulige forklaringer på avviket:

- Begge målinger er korrekte og avviket skyldes lokale variasjoner
- Målingene utført ved disse inspeksjonene har blitt feil pga ulik temperatur i luften og i virket som har blitt målt.
 - Ifølge *UMB* (som har lånt ut fuktighetsmåleren) skal det ikke være noen grunn til at den skal gi feil verdier.
 - Ved en av inspeksjonene ble måleren testet opp mot en annen fuktighetsmåler, det ble da ikke registrert noe nevneverdig avvik.
 - Vi antar derfor at om det er feil i målingene fra disse inspeksjonene så skyldes de avvik mellom lufttemperatur og temperatur i virket.
- Målingene fra fast monterte instrumenter kan muligens gi feil verdier.

3.4 Oversikt over broene som ble inspisert, brotype og byggeår

En liste over de broene som var aktuelle for inspeksjon ble utarbeidet av Otto Kleppe og Tormod Dyken. Denne listen ble noe redusert pga praktiske hensyn som broenes beliggenhet i forhold til hverandre, brotype og evt behov for lift. En del broer som ikke stod på listen ble og besøkt enten fordi de lå på veien til andre broer, eller for å se hvordan tilstanden var på nyere broer. Noen broer fikk en lettere inspeksjon, med hovedfokus på fuktighetsmålinger, dette gjelder broer over Rv 154, Klemetsrud og Ny Flisa.

Fylke nr	Fylke	Bro nr	Bronavn	Type bro	Byggeår
1	Østfold	866	Skovbøle	Fagverk	1996
1	Østfold	868	Leie	Fagverk	1996
1	Østfold	869	Høiendahl	Fagverk	1996
1	Østfold	899	Moumbekken	Bjelke	1998
1	Østfold	909	Sagåsen	Bue	2003
1	Østfold	929	Damholt	Plate	2002
2	Akershus	930	Skui	Bjelke	1975
2	Akershus	1115	Asper	Bjelke	1991
2	Akershus	1458	Hallangen	Bjelke	1995
2	Akershus	1462	Aurskog	Fagverk	1997
2	Akershus	1517	Måna	Sprengverk	2000
2	Akershus	1518	Nesoddvegen	Fagverk	2000
2	Akershus	1535	Mølledammen	Bue	2000
2	Akershus		Rv 154, Ski	Plate	etter 2005
2	Akershus		Rv 154, Ås	Plate	etter 2005
3	Oslo	873	Brubekk	Bue	2003
3	Oslo		Klemetsrud	Plate	etter 2005
4	Hedmark	1499	Grønsvebakken	Bue	1998
4	Hedmark	1516	Evenstad	Fagverk	1993
4	Hedmark	1567	Skubbersenga	Fagverk / Sprengv.	1996
4	Hedmark	1603	Os	Fagverk	1997
4	Hedmark	1614	Tynset	Bue	2001
4	Hedmark	1617	Grylla	Bjelke m/samvirke	1997
4	Hedmark	1628	Neså	Plate	2000
4	Hedmark	1629	Ny Flisa	Fagverk	2003
4	Hedmark	1630	Horne	Bue	2002
5	Oppland	1745	Fønhus	Bue	1998
5	Oppland	1785	Ulnes	Bue	2003
6	Buskerud	811	Herstrøm	Bue / bjelke	1970
6	Buskerud	844	Vinnes	Bue / bjelke	1970
6	Buskerud	1668	Fløtaker	Bjelke	1995
6	Buskerud	1693	Daleråsen	Bue	2001
6	Buskerud	1703	Sollihøgda	Bue / bjelke	1999
6	Buskerud	1709	Bjørnli	Sprengverk	2000
6	Buskerud	1710	Beston	Sprengverk	2000
6	Buskerud	1711	Alme	Bjelke	1997
6	Buskerud	1746	Kofstad	Bue	2002

4. Ulike konstruksjonsdeler; fuktighet og problemer

4.1 Bærende konstruksjoner

Målte fuktigheter:

Moderne fagverk-, sprengverk-, bjelke-, plate- og buebroer:

De aller fleste fuktighetsmålingene i bærende konstruksjoner viser at konstruksjonen har lav fuktighet, ofte mellom 12 % og 16 %.

Bærende konstruksjon har lokal fuktighet over 20 % i en del tilfeller, men impregneringen bør sørge for at det ikke er noen fare for råte.

En del av målingene ligger mellom 20 % og 22 %, faren for angrep av de vanligste råtesoppene er da liten.

Det ser ut til at en del av de høye fuktighetene kan skyldes vegetasjon tett inntil broen, som skulle vært ryddet. En del av målingene over 20 % er i nærheten av knutepunkter. Hvis man klarer å forbedre utforming av knutepunkter med tanke på vannavvisning ytterligere, og i tillegg sørget for at vegetasjon ble ryddet tilstrekkelig ofte ville man nok kunne redusere antall målinger over 20 % betraktelig.

Nyere bjelkebroer med samvirke:

Kun en bjelkebro med samvirke ble inspisert, den har høy fuktighet i bærende konstruksjon, dette skyldes sannsynligvis uheldige løsninger og skader.

Buebroer, eldre eller med gammeldags utførelse:

Bærende konstruksjon er svært ofte fuktig, og angrepet av svertesopp og algevekst, men det ble ikke registrert noen tegn på råteangrep. Flere av disse broene har mange uheldige løsninger, og er over 30 år gamle. Når den bærende konstruksjonen har vært utsatt for så høy fuktbelastning over lang tid, kan man anta at bærende konstruksjoner i moderne broer vil kunne ha svært lang levetid.

Bjelkebroer, eldre eller med gammeldags utførelse:

Bærende konstruksjon er svært ofte fuktig, og angrepet av svertesopp, noen bjelker er og angrepet av råtesopp. Som oftest underliggende bjelker, lagt opp på lageravsats i betong. Mange av disse broene har uheldige løsninger som øker fuktbelastningen, f.eks. opplegg som lar hovedbjelker ligge i direkte kontakt med vann eller smuss som samler fukt. Se avsnitt om fuktfeller.

Fylke	Bro nr	Bronavn	Type bro	Ant. obs. over 20 %	Høyeste fuktighet (%)	Målt i
1	866	Skovbøle	Fagverk	2	31,10	Pilar
1	868	Leie	Fagverk	3	33,40	Fagverk
1	869	Høiendahl	Fagverk	2	25,6	Fagverk ved opplegg
1	899	Moumbekken	Bjelke	>10	43	Pilar
1	909	Sagåsen	Bue	1	20,8	Bue, ved opplegg
1	929	Damholt	Plate	3	25,8	Ytterste lamell i plate
2	930	Skui	Bjelke	2	42	Hovedbjelke
2	1115	Asper	Bjelke	>10	53	Bærebjelke, rampe
2	1458	Hallangen	Bjelke	4	43,7	Hovedbjelke
2	1462	Aurskog	Fagverk	0		
2	1517	Måna	Sprengverk	0		
2	1518	Nesoddevegen	Fagverk	2	24,2	Fagverk, undergurt
2	1535	Mølledammen	Bue	1	20,1	Bue, ved opplegg
2		Rv 154, Ski	Plate	0		
2		Rv 154, Ås	Plate	0		
3	873	Brubekk	Bue	0		
3		Klemetsrud	Plate			
4	1499	Grønsvebakken	Bue	0		
4	1516	Evenstad	Fagverk	6	28,3	Fagv., ved opplegg
4	1567	Skubbersenga	Fagv. / Sprengv.	2	41,9	Sprengverk, v/slisser
4	1603	Os	Fagverk	0		
4	1614	Tynset	Bue	0		
4	1617	Grylla	Bjelke m/samv.	4	52	Ribber
4	1628	Neså	Plate	2	27,4	Plate
4	1629	Ny Flisa	Fagverk	0		
4	1630	Horne	Bue	0		
5	1745	Fønhus	Bue	0		
5	1785	Ulnes	Bue	2	36,5	Bue, ved opplegg
6	811	Herstrøm	Bue / bjelke	>10	55,6	Bue, ved opplegg
6	844	Vinnes	Bue / bjelke	3	52,5	Bue
6	1668	Fløtaker	Bjelke	2		Bjelke, ved opplegg
6	1693	Daleråsen	Bue	0		
6	1703	Sollihøgda	Bue / bjelke	8	48	Bjelke, ved opplegg
6	1709	Bjørnli	Sprengverk	0		
6	1710	Beston	Sprengverk	0		
6	1711	Alme	Bjelke	3	35	Bjelke, ved opplegg
6	1746	Kofstad	Bue	0		

Andre skader / feil:

Moderne fagverk-, sprengverk-, bjelke-, plate- og buebroer:

- Delaminering i varierende grad, som oftest i relativt liten grad.
- Enkelte knutepunkter samler fukt
- Bjelker som er satt sammen av to bjelkedeler får ofte en relativt stor sprekk langs fugen. Se avsnitt om fuktfeller.
- Kreosotsøl. Se avsnitt om kreosotsøl.
- Beslag mangler

Nyere bjelkebroer med samvirke:

- For stor kraft i spennstenger
- Svake løsninger i forhold til vannavvisning. Se avsnitt om fuktfeller

Buebroer, eldre eller med gammeldags utførelse:

- Skjeve hovedbuer, delaminering
- Manglende bolt i opplegg for hovedbue
- Kort bolt uten mutter i vindfagverk
- Svake løsninger i forhold til vannavvisning. Se avsnitt om fuktfeller

Bjelkebroer, eldre eller med gammeldags utførelse:

- Skjeve hovedbjelker
- Delaminering i varierende grad
- Muttere skrudd til med for stor kraft

4.2 Tverrspente dekker

Flere av broene er bygd med tverrspente dekker. Noen aktuelle problemstillinger i forhold til dekkene er trefuktigheten i dekket og hvordan denne påvirker forventet levetid, og etterspenning av stagene.

Etterspenning:

Det var ønskelig med stikkprøver av strekk-kraften i stengene, det lot seg dessverre ikke gjennomføre. At stengene har blitt kappet for kort har vært et problem når etterspenning skal utføres. Det ble ikke notert spesifikt ved inspeksjonene, men det ser ut til at stengene har blitt kappet med tanke på at de skal kunne etterspennes på de nyere broene. Så vidt vi vet er det ikke ført noen oversikt over hvilke broer som er etterspent, spennkraft og om alle stengene lot seg etterspenne.

Trefuktighet og levetid:

Dekkene er impregnert med kreosot. Yteveden vil være impregnert, men impregneringsvæsken blir kun presset noen cm inn i kjerneveden, dvs at kjerneveden kun er delvis impregnert. (Se avsnitt 6.2.1 i Trebruhåndboka)

Et dekke som er impregnert med kreosot og som i tillegg har en trefuktighet på under 20 % vil kunne ha svært lang levetid.

For at dekket skal ha en trefuktighet på under 20 % må membranen holde tett og dekket må beskyttes mot å trekke fukt fra; vann som renner på ytterste lamell, en fuktig svill eller lageravsats, eller andre kilder til fukt i dekket.

Oversikt over fuktighet i dekket og ytre lamell:

Ved måling har vi skilt mellom ”ytre lamell” og ”resten av dekket” siden den ytre lamellen svært ofte er fuktig, uten at dekket nødvendigvis er det. Oversikten viser hvilke bruer som har en eller flere målinger over 20 % i henholdsvis dekket og ytre lamell.

Fylke nr	Bru nr	Brunavn	Fukt \geq 20 % i dekket	Fukt \geq 20 % i ytre lamell
1	909	Sagåsen	Nei	Nei
1	929	Damholt	Nei	Ja
2	1517	Måna	Ikke målt	Ikke målt
2	1518	Nesoddvegen	Ikke målt	Nei
2	1535	Mølledammen	Nei	Ja
2			Nei	Nei
2			Nei	Nei
3	873	Brubekk	Ja	Ja
3		Klemetsrud	Nei	Ja
4	1499	Grønsvebakken	Ja	Ja
4	1516	Evenstad	Nei	Ja
4	1567	Skubbersenga	Ja	Ikke målt
4	1614	Tynset	Ja	Ja
4	1617	Grylla	Ja	Ja
4	1628	Neså	Ikke målt	Ja
4	1629	Ny Flisa	Nei	Ja
4	1630	Horne	Nei	Nei
5	1745	Fønhus	Nei	Ja
5	1785	Ulness	Nei	Ja
6	1646	Kofstad	Nei	Ja
6	1693	Daleråsen	Nei	Ja
6	1709	Bjørnli	Ja	Nei
6	1710	Beston	Ja	Ja

Ytre lamell:

De ytre lamellene vil være utsatt for slagregn og kan være utsatt for vann som renner av slitelaget avhengig av om det er montert beslag eller ikke. I tillegg kan den ytre lamellen være utsatt for fukt ovenfra ved membranens ende. Inn mot opplegg vil og ytre lamell være utsatt for økt fuktbelastning ved ansamling av smuss på lageravsatsen.

Av oversikten ser vi at de ytre lamellene har en trefuktighet på over 20 % oftere enn resten av dekket. Siden de fleste bruene har montert beslag er det sannsynlig at de ytre lamellene er fuktigere enn resten av dekket enten pga slagregn, eller pga lekkasjer ovenfra ved membranens ende.

De fleste av broene har beslag som beskytter ytre lamell mot avrenningsvann.



5-1785 Ulnes

Hvis den ytre lamellen har skader fra fotplater etter at stengene har blitt spent opp med for stor kraft vil fuktbelastningen øke.



4-1628 Neså



4-1617 Grylla

Dekket:

Her brukes ”dekket” om hele dekket, unntatt ytterste lamell.

De aller fleste fuktighetsmålingene tatt noen meter ut fra opplegg viser ok fuktighet i dekket, ofte mellom 12 % og 16 %.

De fleste dekkene har ok fuktighet rett ved opplegget, men hvis man finner høy fuktighet i dekket er det som oftest ved opplegget man finner det.

Både for dekket, målt rett ved opplegget og resten av dekket gjelder følgende:

- Dekket har lokal fuktighet over 20 % i en del tilfeller, men impregneringen bør sørge for at det ikke er noen fare for råte.
- En del av målingene ligger mellom 20 % og 22 %, faren for angrep av de vanligste råtesoppene er da liten.
- For å sikre en lengst mulig levetid på dekkene, bør man sørge for at fuktigheten i størst mulig grad ligger under 20 %, helst 12 % -16 %.
- På flere av broene med høy fuktighet i dekket kan man anta at årsakene er uheldig utforming/detaljering eller skader. Hvis man klarer å unngå uheldige løsninger og skader vil man sannsynligvis kunne redusere forekomsten av høy fuktighet i dekket.

Kommentar og antatte årsaker til høy fuktighet i dekket:

Bjørnli og Beston:

Bjørnli og Beston har begge treslittelag lagt direkte oppå dekket uten membran, vann vil da bli stående mellom bordene i slitelaget og dekket vil bli fuktig.



6-1709 Bjørnli

Grylla:

Grylla har en uheldig løsning inn mot landkar som gir økt fuktbelastning på platen. I tillegg er det slitt hull helt ned til dekket ved overgang tre/betong.



4-1617 Grylla



4-1617 Grylla

Brubekk:

På Brubekk samler lageravsatsen løv og smuss. I tillegg har broen et fall i lengderetningen som sannsynligvis gjør at svært mye av fuktigheten samles i en ende av dekket.



3-873 Brubekk

Tynset:

På Tynset er trefuktigheten i dekket stort sett ok, med unntak av noen steder der fuktigheten er høy. Det er målt høy fuktighet både rett ved opplegg og midt i spennet. Man kan anta at det er lokale lekkasjer som gir høy fuktighet enkelte steder.

Grønsvebakken:

På Grønsvebakken har asfalten blitt myknet av kreosoten, da har antagelig membranen og blitt løst opp, dekket vil da være utsatt for fuktighet ovenfra.



4-1499 Grønsvebakken

I tillegg er pappen som skal ligge på lageravsatsen delvis sklidd ned, dekket ligger da i direkte kontakt med betongen.



4-1499 Grønsvebakken

Dekket har også blitt skjevt pga trafikklast, dette kan ha bidratt til evt utetthet.



4-1499 Grønsvebakken

Skubbersenga:

Dekket har relativt høy fuktighet inn mot landkarene. Vi antar at den høye fuktigheten skyldes lekkasjer i membran ved dekkets opplegg.

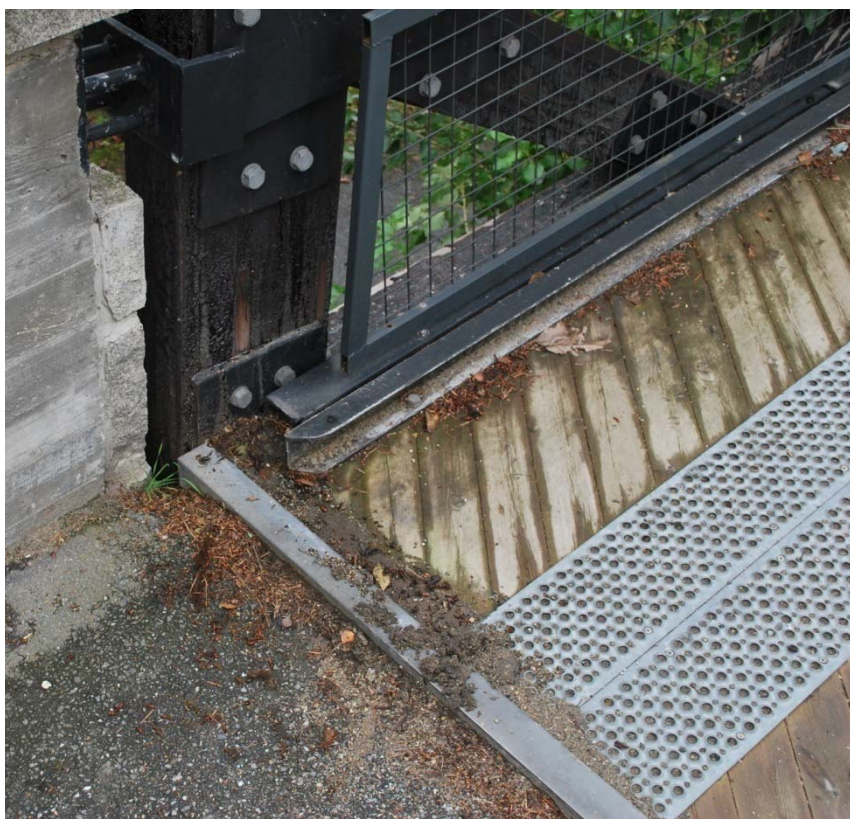
4.3 Treslitolag

Slitolag i tre er benyttet på gang og sykkelbruer og på bruer med svært liten trafikk som f.eks. overgangsbruer for landbruket. Slitolaget kan relativt lett fornyes når det blir nødvendig.

Treslitolag og fuktighet:

Treslitolagene er som oftest fuktige, man kan ikke regne med at et treslitolag skal ha fuktighet under 20 %. Slitolaget kan som sagt byttes, men man bør unngå at et fuktig slitolag gir fukt i dekket ved å legge en membran mellom slitolag og dekket. Se Bjørnli og Beston i avsnitt om fuktfeller.

Selv om man må regne med at et slitolag blir fuktig bør man prøve å minimere fuktbelastningen ved å sørge for at det er færrest mulig steder der smuss samles på slitolaget eller ved slitolagets ende mot landkar eller kantdrager.



1-866 Skovbøle

Treslitelag som er impregnert med kreosot får ofte ”kladder” med utsvettet kreosot liggende oppå slitelaget. Disse samler ofte smuss, og fuktigheten under disse er ofte høyere enn i trevirket rundt. Vi antar at kreosoten som ligger oppå trevirket hindrer fuktigheten i trevirket under å tørke ut.

Måler fuktigheten under kreosotlag, 43 %.



1-909 Sagåsen

Måler fuktigheten rett ved siden av kreosotlaget, 29,6 %.



1-909 Sagåsen

Treslitelag og mekanisk nedbrytning:

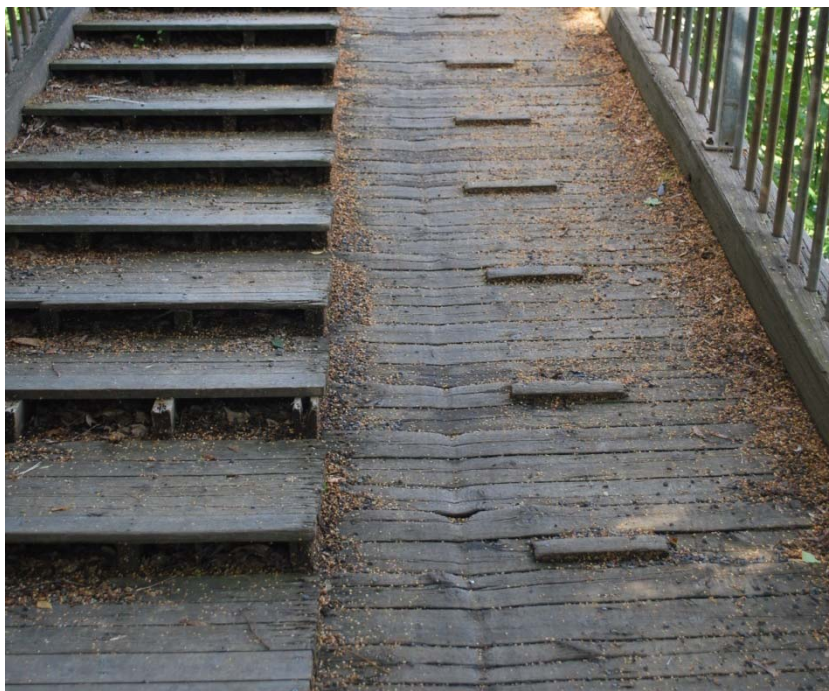
Treslitelagene har ofte brøyteskader, avhengig av alder og trafikk har de sporslitasje. Brøyteskadene kan reduseres ved bruk av brøyteavvisere. Særlig ved broenes ende mot landkar kan det oppstå brøyteskader hvis slitelaget ligger høyere enn asfalten eller grusen på veien.

Brøyteskade:



1-909 Sagåsen

Sporslitasje, sykkel:



6-844 Vinnes

4.4 Asfaltslitelag

Slitelag i asfalt benyttes stort sett på vegbruer, som er mer trafikkert enn gang og sykkelbruer. Asfaltslitelag kan, som treslitelaget, relativt lett fornyes ved behov.

Asfaltslitelag og fuktighet:

Selve asfaltslitelaget vil ikke bli fuktig, men dersom slitelaget sprekker opp – slik det ofte gjør ved opplegg eller ved bruer med hengestag – vil det være mulighet for at tredekket under blir fuktig.



4-1516 Evenstad – sprekker i asfalten



4-1516 Evenstad – sprekker i asfalten

Bildene over viser Evenstad bru i Hedmark, hvor asfalten sprekker opp både over hengestag, og midt mellom hengestag. Etter å ha stått på bruene når tunge kjøretøy kjører over vet vi at det da blir store svingninger, noe vi antar er grunnen til at asfaltslitelaget har sprukket opp så pass mye som det er gjort

Det skal for så vidt ikke skje dersom membranen mellom asfalten og tredekket er hel, men pga overskudd av kreosot i dekket – som kan ”svette” gjennom membranen og gjøre den myk – hender det at membranen ikke lenger er hel. Noen ganger vil også kreosoten gjøre membranen av Topeka så myk at en blanding av kreosot og Topeka kommer opp og legger seg på overflaten av asfaltslitelaget. Her vil det ofte legge seg i striper i samme lengderetning som dekket ligger, og vi antar at det kommer av at kreosoten kommer ut av lamellene der hvor de forskjellige flatene møtes. Dersom Topeka-membranen er tett har det lite å si for broens tilstand at det er noen flekker Topeka på overflaten, og det er mer et estetisk problem enn noe annet.



4-1628 Neså – Topeka i striper

Asfaltslitelaget og mekanisk nedbrytning:

I tillegg til at svetting av kreosot gjør membranen utett, kan kreosot også gjøre asfalten myk. Dette resulterer i mer markant slitasje fra trafikk, og gir ofte dype hjulspor. Kreosotsvetting kan ofte sees som oljeaktige ”roser” i asfalten, eller som ”paddehatter” (blærer i asfalten).

Asfaltslitelaget har av og til brøyteskader, men i forskjell fra treslitelaget er ikke det like farlig for bestandighetens del.



4-1516 Evenstad – ”paddehatt” i asfalten

4.5 Rekkverk

Rekkverkene blir bygd både i tre og i stål. De av stål blir relativt raskt misfarget, men dette går kun på estetikken og ikke på rekkverkets bæreevne.

Rekkverk av tre blir bygd både av massivtre og av limtre. Ulempen med tre-rekkverk er at det har meget lett for å sprekke opp på oversiden av rekkverket, slik at det blir lange glipper som samler smuss og vann. Enkelte plasser (Ulnes) har vi også observert glipper i skjøtene i limtreet, som gjør at det samler seg vann der en gang bruene er bygd – det er altså ikke vær og vind som har framprovosert sprekkdannelsen, men feil i fabrikkeringen.



5-1785 Ulnes – glippe i limtre



4-1516 Evenstad
– sprekker og brøyteskader

I tillegg er rekkverk av tre ofte utsatt for brøyteskader. Dette gir antageligvis økt fuktbelastning på trevirket, men vi er usikre på i hvor stor grad. Da er det verre for bruens utseende. Brøyteskader burde la seg unngå ved å bruke kantdragere, og selv om dette stort sett finnes på alle bruer allerede, ligger den for langt ut på brukanten til å beskytte rekkverket. Ofte er også kantdrageren betydelig skadet etter brøyting, da den ofte er av tre og ikke tåler stort mer enn rekkverket, og vi mener det kunne være lønnsomt å bruke et hardere materiale enn tre i kantdrageren.

5. Spesielle problemområder

5.1 Fuktfeller, og andre svake detaljer

Mange av broene har detaljer som kan gi økt fuktbelastning på trevirket. Dette kan være i form av direkte jordkontakt, ansamlinger av smuss som igjen samler fukt, rom for stående vann osv.

Eksempler på vegetasjon tett inntil bro som gir økt fuktbelastning:

Problemer med vegetasjon som gir økt fuktbelastning skyldes at vegetasjonen rundt broen ikke ryddes ofte nok.



1-869 Høiendahl



3-873 Brubekk

Eksempler på trevirke i direkte jordkontakt:

1-899 Moumbekken:

Her har sannsynligvis jord lagt seg opp mot betongfundamentet etter hvert som jorden har blitt skylt nedover sammen med rennende vann. Dette kunne vært unngått ved å bygge høyere betongfundamenter. Søylefoten gir heller ikke god lufting av endeveden, bruk av innslissede stålplater ville vært en bedre løsning (se avsnitt 6.1.3 i Trebruhåndboka).



1-899 Moumbekken



1-899 Moumbekken

6-811 Herstrøm:

Bue står i direkte jordkontakt. Dette kunne vært unngått om betongfundamentet hadde blitt bygd høyere.



6-811 Herstrøm

2-1115 Asper:

Bærebjelker til rampe står i direkte jordkontakt.



2-1115 Asper

Eksempler på vertikale hull og sprekker som kan samle vann:

Nedfelte bolter i kantbjelker:

For innfesting av kantbjelker har ofte løsningen på bildet under blitt benyttet, dette gjør at selve bolten er mindre synlig, men hullet samler vann og skitt som gir økt fuktbelastning.



6-1710 Beston

En løsning som er bedre med hensyn på vannavvisning er å feste bjelken på samme måte, men ikke felle ned bolten.



6-1693 Daleråsen

Denne løsningen kan imidlertid øke faren for brøyteskader



5-1745 Fønhus

En annen løsning for å hindre vannansamling i vertikale hull og utsparinger er å fylle dem med silikon. Så lenge overgangen mellom silikon og tre holder tett vil dette være en god løsning, men hvis det kommer vann ned i overgangen vil det ikke så lett tørke ut igjen.



Klemetsrud

Innfesting av rekkverk i stål:

På broene Herstrøm og Vennes er innfesting av rekkverk utført med vertikale hull, som samler vann.



6-811 Herstrøm

Innfesting av håndløper i tre:

Hull til bolter eller skruer samler vann. I disse hullene skal det være en treplugg, men den faller ut.



1-899 Moumbekken

Tørkesprekker og delaminering i rekkverk:

Svært mange av rekkverkene har tørkesprekker eller delaminering i rekkverket som gir vertikale sprekker som samler vann.



4-1516 Evenstad



5-1745 Fønhus

Sprekk i fuge mellom bjelke/stav-deler:

Mange broer har elementer som er satt sammen av to bjelker som er limt sammen. Her oppstår det ofte en relativt stor sprekk i fugen. Sprekken kan lett samle vann, og den er ofte bredere på oversiden enn undersiden.



4-1567 Skubbersenga



4-1516 Evenstad

Knutepunkter som samler fukt:

Mange knutepunkter er utformet på en slik måte at de kan samle vann, eller smuss som gir økt fuktbelastning. I noen tilfeller lager stålplater rom der vann kan bli stående, i andre tilfeller vil slisser til stålplater være et sted der vann kan bli stående.



4-1567 Skubbersenga



2-1462 Aurskog

Løsninger som gir smuss og fukt ved opplegg:

Lageravsats som samler smuss og fukt inn mot svillens endeved, fuktigheten trekker da lett i svillen, pga rask vanntransport i fiberretning.



3-873 Brubekk

Uheldig utførelse av opplegg for plate. Vann trekker ned mellom betong og trevirke, herfra kan det ikke så lett tørke ut, og fukten kan lett trekke inn i endeveden og transporteres i fiberretning.



4-1617 Grylla

Overgang asfalt-tredekke som ikke holder tett



1-899 Moumbekken

Konsekvens av at overgangen ikke holder tett; svært fuktige hovedbjelker.



1-899 Moumbekken

Lageravsats samler smuss som hovedbjelke står i direkte kontakt med. Hovedbjelken ligger på asfaltpapp, men denne har delvis gått i oppløsning.



2-1458 Hallangen

Ved å legge opp hovedbjelken på et gummilager vil det kunne samle seg en del smuss på lageravsatsen uten at hovedbjelken blir stående i direkte kontakt med dette.



6-1668 Fløtaker

5.2 Kreosotsøl

Fra mange av de kreosotimpregnerte broene drypper det kreosot, som kan gi følgende problemer:

- Tilsøling av landkar og pilarer
- Drypp kan treffe fotgjengere og kjøretøy
- Utsvettet kreosot på konstruksjonsdeler ser ikke pent ut

Tilsøling av landkar og pilarer:



4-1516 Evenstad



4-1516 Evenstad

Drypp mot fotgjengere og kjøretøy:

Der kreosoten har kunnet treffe fotgjengere har det blitt montert beslag for å hindre dette. Ved bruer som går over bilvei og som det drypper kreosot fra vil det være fare for at kjøretøy blir truffet.

5.3 Vandrende dybler:

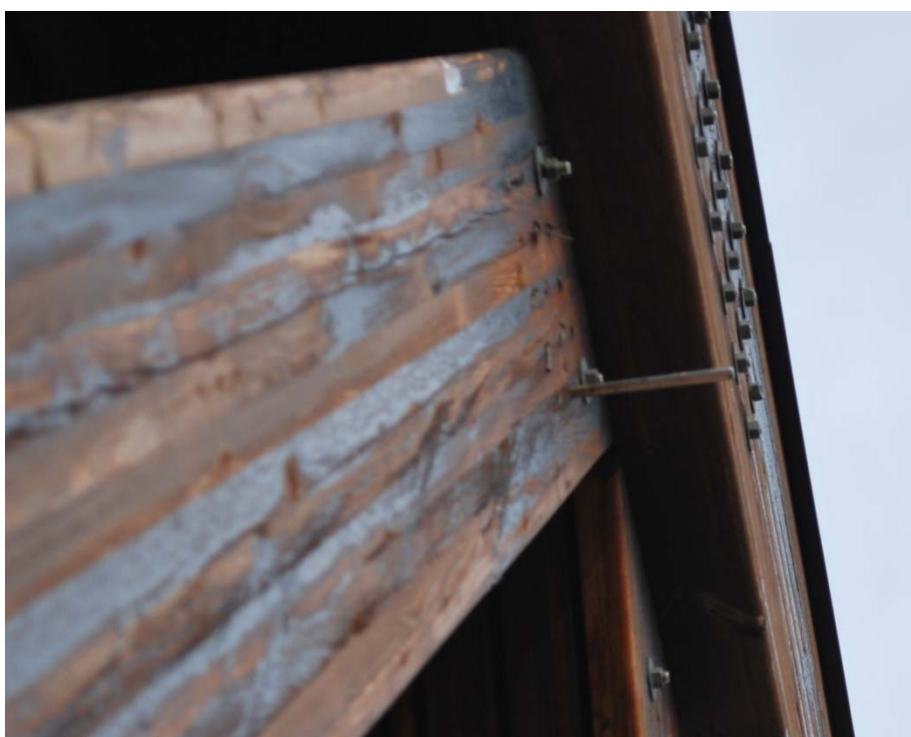
I de aller fleste forbindelser utført med innslissede stålplater og stavdybler står dyblene i riktig posisjon. De stikker altså ikke ut på noen av sidene. I noen knutepunkter har dyblene vandret i sin lengderetning, dette skjer i knutepunkter der belastningen varierer mellom trykk og strekk og skyldes sannsynligvis den varierende lasten, vibrasjoner og muligens at hullene ikke er helt horisontale.

Tynset:

Noen dybler har vandret svært langt på kort tid. Tynset bro ble inspisert i juni 2009, da ble dybler som hadde vandret slått på plass, bildene under er tatt 25.8.2009.



4-1614 Tynset



4-1614 Tynset



4-1614 Tynset



4-1614 Tynset



4-1614 Tynset

Problemet har vært forsøkt løst ved å slå spiker inn og bøye dem over dybelen. Dette er en svært lite pen løsning, og noen dybler har vandret selv etter at de har blitt forsøkt fastholdt på denne måten. En løsning som ser ut til å være noe bedre og noe penere er skruer som er skrudd skrått i slik at hodet hviler mot dybelen.

Ny Flisa

Ny Flisa ble kun inspisert på de steder vi kom til fots og med stige pga mangel på lift. Vi la ikke merke til det under inspeksjonen, men ble fortalt av Holger Lund at flere dybler har vandret i sin lengderetning også her.

Skubbersenga:

Noen dybler har vandret i sin lengderetning, men i mye mindre grad enn på Tynset.



4-1567 Skubbersenga

Noen dybler har også vandret i sin tverretning



4-1567 Skubbersenga

Klemetsrud:

Noen dybler står litt ute av posisjon, noe skader i trevirket rundt dyblene, begynnende rust i enkelte dybler og en dybel mangler.



Klemetsrud



Klemetsrud



Klemetsrud

5.4 Syrefast VS elektroforsinket stål

En del av broene har enkelte eller flere bolter og muttere som ruster mye tidligere enn de andre. Dette skyldes sannsynligvis at det skal vært syrefast eller rustfritt stål, men at det har blitt levert noen elektroforsinkede bolter og muttere.



6-1693 Daleråsen



6-1693 Daleråsen

6. Inspeksjonsrutiner

6.1 Revisjon av tidligere inspeksjoner

Når det gjelder feil som er godt synlige har de tidligere inspeksjonene stort sett funnet samme feil som ble funnet ved inspeksjoner i august. Eksempel på slike feil er; kreosotsøl, løse steiner i murer, erosjon, oppsprekking i asfalt, osv. Vi regner med at mange av disse feilene også finnes på stål og betongbroer.

Det finnes noen eksempler på at feil som er relativt godt synlige ikke har blitt oppdaget, eller ikke tatt med i rapport ved forrige inspeksjon. Eksempler på dette er svertesopp, algevekst, råte, treverk i direkte jordkontakt, fukt på lageravsats, vegetasjon inntil bro, brøyteskader, manglende bolt i opplegg osv.

Fuktmålinger er viktige for å finne ut om det er fare for råte eller ikke. Det har ikke vært en del av inspeksjonsrutinen så langt. Så vidt vi vet er det gjort noen sporadiske målinger i Buskerud, men inspektøren har da ikke vært godt kjent med måleinstrumentene og hva måleresultatet betyr. At fuktmålinger ikke er foretatt er nok den største generelle mangelen ved tidligere inspeksjoner.

Fylke nr	Bru nr	Brunavn	Dato	Utført av	Feil som ble oversett / utelatt ved forrige inspeksjon	Fuktmåling
1	866	Skovbøle	14.09.2006	Norconsult	Svertesopp, algevekst.	Nei
1	868	Leie	12.09.2006	Vegv.		Nei
1	869	Høiendahl	14.09.2006	Norconsult	Gjengrodd	Nei
1	899	Moumbekken	11.10.2005	Rambøll Norge AS	Pilar i jordkontakt. Svertesopp og algevekst i bærende konstr.	Nei
1	909	Sagåsen	02.08.2007	Vegv.	Grus og smuss på slitelag, brøyteskader.	Nei
1	929	Damholt			Det finnes ingen rapport fra tidligere inspeksjon i Brutus.	Nei
2	930	Skui	16.12.2008	Vegv.		Nei
2	1115	Asper	01.07.2009	Rambøll Norge AS	Bærebjelke til rampe råtten. (Skjevhet på 200mm ikke funnet)	Nei
2	1458	Hallangen	13.10.2008	Rambøll Norge AS	Løv og smus på lageravsats, som gir økt fuktbelastning.	Nei
2	1462	Aurskog	16.10.2008	Rambøll Norge AS		Nei
2	1517	Måna	03.08.2004	Safe Control AS		Nei
2	1518	Nesoddvegen	03.08.2004	Safe Control AS		Nei
2	1535	Mølledammen	26.09.2006	Vegv.		Nei
3	873	Brubekk	09.06.2008	Rambøll Norge AS	Lageravsats som samler løv og smuss.	Nei
4	1499	Grønsvebakken	25.07.2007	Vegv.		Nei
4	1505	Nydalsdumpa	26.07.2009	Vegv.	Fukt på lageravsats, algevekst, lys knust, osv.	Nei
4	1516	Evenstad	18.08.2008	Vegv.		Nei
4	1567	Skubbersenga	28.08.2007	Aas-Jacobsen		Nei
4	1603	Os	30.07.2002	Norconsult		Nei
4	1614	Tynset	jun.09	Vegv.	Ingen rapport i Brutus, ble informert om når forrige insp ble utført.	Nei
4	1617	Grylla	26.06.2008	Aas-Jacobsen		Nei
4	1628	Neså	06.06.2008	Vegv.		Nei
4	1630	Horne	20.05.2008	Vegv.		Nei
5	1745	Fønhus	01.08.2008	Aas-Jacobsen		Nei
5	1785	Ulness	24.10.2006	Vegv.		Nei
6	811	Herstrøm	08.06.2006	Vegv.		Nei
6	844	Vinnes	08.06.2006	Vegv.		Nei
6	1693	Daleråsen	23.07.2008	Kraaxs/Svefos		Nei
6	1703	Sollihøgda	06.11.2005	Rambøll Norge AS	Bjelke ute av lodd, bolt mangler i opplegg, skjev bolt i vindfagv.	Nei
6	1709	Bjørnli	03.10.2007	Rambøll Norge AS		Nei
6	1710	Beston	03.10.2007	Rambøll Norge AS	Bord i slitelag er vridd, dette er feilaktig kalt sporslitasje	Nei
6	1711	Alme	08.05.2007	Vegv.	Råtesopp i rekkverk, planker mangler i rekkverk.	Nei
6	1646	Kofstad	17.07.2009	Vegv.	Noe brøyteskader	Nei

Eksempler på feil og mangler som har blitt oversett:

Skovbøle:

Algevekst og høy fuktighet (man trenger ikke fuktighetsmåler for å fastslå at dette er fuktig)



1-866 Skovbøle



1-866 Skovbøle

Moumbekken:

Pilarer i direkte jordkontakt, algevekst og svertesopp i bærende konstruksjon og åpenbart fuktige hovedbjelker og pilarer.



1-899 Moumbekken



1-899 Moumbekken

Asper:

Bærebjolkene for ramper opp til bro en åpenbart råtne, forrige inspeksjon bemerket at plankene må festes.



2-1115 Asper



2-1115 Asper

Sollihøgda:

Noen skader som burde blitt bemerket ved forrige inspeksjon er;

Opplegg for bue; en bolt mangler, den andre er bare delvis skrudd inn, den tredje er rusten og dermed er kun en av boltene på denne siden av opplegget som den skal være.



6-1703 Sollihøgda

Bjelke ute av lodd



6-1703 Sollihøgda



6-1703 Sollihøgda

Kort bolt og manglende mutter i vindfagverk.



6-1703 Sollihøgda



6-1703 Sollihøgda

6.2 Forslag til inspeksjonsrutiner for trebroer

I tillegg til de rutinene som allerede finnes vil det være naturlig å la fuktmålinger og fokus på forhold som kan gi økt fuktbelastning inngå i inspeksjon av trebruer.

Forslag til steder der fuktmålinger skal foretas:

Fuktmålingene bør foretas på de mest utsatte delene av brua. I tillegg kan man måle steder som bør være mindre utsatt for å sjekke om evt fukt er lokal eller om hele konstruksjonsdelen er fuktig.

Generelt:

- Steder som kan være utsatt for høy fuktbelastning.
- Deler av konstruksjon som er i direkte kontakt med jord, smuss eller vegetasjon.

Tverrspente dekker:

- Ytterste lamell i dekket, nærmest mulig opplegget (utsatt)
- Undersiden av dekket, nærmest mulig svillen eller opplegget (utsatt)
- Svill (utsatt)
- Ytterste lamell i dekket, noen meter ut fra opplegget (utsatt)
- Undersiden av dekket, noen meter ut fra opplegget (referanse / kontroll)

Bærende konstruksjonsdeler:

- Nærmest mulig konstruksjonsdelens opplegg (kan være utsatt avh. av utførelse)
- Ved knutepunkter, særlig de som kan samle fukt, slisser, stålplater. (utsatt)
- Noen meter ut fra opplegget, særlig hvis fuktig ved opplegget (referanse / kontroll)
- Midt i spenn, stikkprøver (referanse / kontroll)

Rekkverk:

- I nærheten av evt sprekker som kan samle vann (utsatt)
- Stikkprøver (referanse / kontroll)

Treslitelag og kantdrager:

- Nærmest mulig overgang tre / asfalt eller grus. Ofte smuss. (utsatt)
- Andre steder der det ligger smuss (utsatt)

Diagonallagt dekke/slitelag:

- Undersiden, steder som ser ut til å være utsatt for høy fuktbelastning.

Forhold som kan gi høy fuktbelastning:

Generelt steder der trevirket står i direkte kontakt med vann, smuss, løv, vegetasjon eller annet som gir økt fuktbelastning. Se også avsnitt om fuktfeller.

7. Etterord

Arbeidet med inspeksjonene har gitt oss studenter en mulighet til å se mange ulike eksempler på brokonstruksjoner, og en del eksempler på hvordan detaljering ikke burde gjøres. Vi ser på dette som et verdifullt tillegg til utdannelsen ved universitetet.

Etter vår vurdering er økonomi, estetikk, vekt og miljøvennlighet gode grunner til å bygge broer i tre. Så vidt vi kan vurdere er særlige de nyere broene bygget på en god måte. Det finnes en del svakheter, men mange av disse burde det være mulig å utbedre ved prosjektering og detaljering av fremtidige broer. Vår oppfatning er at dersom broenes detaljering forbedres ytterligere, vil trebroer kunne ha svært lang levetid.



Statens vegvesen

Statens vegvesen Vegdirektoratet
Postboks 8142 Dep
N - 0033 Oslo

Tlf. (+47 915) 02030
E-post: publvd@vegvesen.no

ISSN 1504-5005