Saksbehandler: John Magne Hembre (Konstruksjoner og konstruksjonsmaterialer)

Dato: 26.08.2024

Høring/sidekontroll: Se punkt 7.3

Notat; Krav til fuktisolasjon på jernbanebruer av betong. Behandling av endringsartikkel 3204, dispensasjonssøknad 525-003101 og 525-003116

1 Sammendrag

Vedrørende ferdigstilling av endringsartikkel 3204 er saksbehandlers innstilling at dagens TRV:04851 liberaliseres gjennom fjerning av generelt krav til fuktisolering av betongbruer med ballastspor. Saksbehandlers innstiller at fuktisolering i form av rissoverbyggende belegg likevel påføres i spesialtilfeller hvor:

- Dekket er utsatt for korrosjon fremkalt av klorider i eksponeringsklasse XD2, XS2 eller høyere.
- Dekket er skjult av ballast, har spennarmering i overkant og er utsatt for korrosjon fremkalt av klorider uansett eksponeringsklasse.

Med bakgrunn i denne anbefalingen er saksbehandlers innstilling til dispensasjonssøknad 525-003101 at den innvilges for 12 av 18 konstruksjoner, og avslås for 6 av 18 konstruksjoner. Blant konstruksjonene hvor dispensasjon avslås er 5 av 6 underlagt andre krav til fuktisolering enn TRV:04851.

Saksbehandlers innstilling til dispensasjonssøknad 525-003116 er at den avslås, fordi betongdekket ikke er prosjektert i henhold til krav for armeringsoverdekning gitt for overflater lite tilgjengelige for inspeksjon og vedlikehold.

2 Innhold

1 Sammendrag 1
2 Innhold 2
3 Bakgrunn 4
4 Historikk 5
4.1 Krav til fuktisolasjon av betongbruer i TRV 5
4.1.1 Krav per 01.01.1999 5
4.1.2 Krav per 01.01.2010 5
4.1.3 Krav per 24.02.2014 5
4.1.4 Krav per 04.02.2020 7
4.2 Ufullstendig saksbehandling av endringsforslag 3204 (februar 2022) 8
4.3 Dispensasjon fra krav TRV:04851 for Minnevika jernbanebru (februar-april 2022) 9
4.4 Normerte betongtraubruer (11.04.2018) 10
4.5 Tidligere dispensasjoner ved bruk av natriumsilikatbasert fuktisolasjon 11
5 Nye dispensasjonssøknader 12
5.1 Dispensasjonssøknad #525-003101, 18 betongkonstruksjoner Sørli-Åkersvika 12
5.2 Dispensasjonssøknad #525-003116, Tangenvika jernbanebru 15
6 Undersøkelser rundt TRV:04851 18
6.1 Krav i NS-EN 1992-2:2005+NA:2010 punkt 4 18
6.2 Relaterte krav i TRV 20
6.2.1 TRV:05883, Krav til betongoverdekning 20
6.2.2 TRV:05875, Krav til betongspesifikasjon 20
6.2.3 TRV:05880, Krav til beregningsmessig rissvidde for spennarmert dekke 20
6.2.4 TRV:04847, Krav til drenering av brudekke 20
6.2.5 TRV:04844, Krav til dimensjonerende brukstid 20
6.3 Bestandighet av spennarmerte jernbanebrudekker 20
6.4 Fuktisolering ved bruk av natriumsilikatbaserte impregneringsmidler 21
6.5 Erfaringer med og uten bruk av rissoverbyggende membran 22
6.6 Eventuell korrosiv avrenning fra jernbaneballast 22
6.7 Regelverk og praksis hos andre jernbaneinfrastrukturforvaltere 23
6.7.1 Sverige (Trafikverket) 23
6.7.2 Finland (Finnish Transport Infrastructure Agency) 24
6.7.3 England (Network Rail) 25
6.7.4 Spania (Adif) 25

6.7.5 Andre land 25
7 Vurdering av krav TRV:04851 26
7.1 Diskusjon 26
7.2 Innstilling 29
7.2.1 Saksbehandlers innstilling, endringsartikkel 3204 29
7.2.2 Saksbehandlers innstilling, dispensasjonssøknad #525-003101 30
7.2.3 Saksbehandlers innstilling, dispensasjonssøknad #525-003116 31
7.3 Høring 31
8 Referanser 44
9 Vedlegg 46

3 Bakgrunn

Krav TRV:04851 angir at *«For betongkonstruksjoner med ballastspor skal betongoverbygningens overside og kantbjelkers innside påføres fuktisolering type A3 iht. prosess 87.13 etter Statens vegvesen håndbok R762, Prosesskode - 2 (2018)»*. [1] Det er ulik oppfatning om hvorvidt fuktisolasjon av oversiden av jernbanebruer i betong er hensiktsmessig, og bakgrunnen for dette notatet er derfor behovet for en overordnet behandling av TRV:04851.

I forbindelse med samme problemstilling er det tidligere behandlet en regelverksendring i 2020 (endringsartikkel 2401) og to dispensasjonssøknader for Minnevika Jernbanebru i 2022 (#525-002331 og #525-002246). Det er også en åpen endringsartikkel fra 2022 (3204) knyttet til problemstillingen som mangler konklusjon. Ingen av regelverks- og fagressursene som deltok i behandlingen av disse sakene er lenger ansatt i Bane NOR, og notatet omfatter derfor også et sammendrag av den aktuelle historikken.

I tillegg til endringsartikkel 3204 er problemstillingen aktualisert gjennom to nye dispensasjonssøknader som også behandles i notatet:

- #525-003101 innsendt 02.05.2024 av prosjektet Sørli-Åkersvika som en felles søknad for 18 ulike betongkonstruksjoner.

- #525-003116 innsendt 16.05.2024 av prosjektet Kleverud-Sørli for Tangenvika jernbanebru.

4 Historikk

4.1 Krav til fuktisolasjon av betongbruer i TRV

4.1.1 Krav per 01.01.1999

Tidligste utgave av regelverket som har vært tilgjengelig for saksbehandler ved utarbeidelsen av dette notatet har vært fra januar 1999. Her omtales krav til fuktisolasjon av betongbruer slik:

> *«Betongoverbygningens overside samt kantbjelkers innside, skal påføres godkjent overflatebehandlingspreparat i form av natriumsilikat eller tilsvarende på en ren, tørr og støvfri overflate. Dersom membranherder benyttes skal alle rester av denne fjernes innen preparatet påføres.*
>
> *Preparatet skal kunne tette sprekker opp til 2 mm. Det må forbli aktivt i betongen og må sammen med vann kunne forårsake autogen tetting av senere oppstående hårriss.*
>
> *Prefabrikerte membraner kan også benyttes forutsatt at disse beskyttes med betong eller asfalt.»*

Kravets andre avsnitt er for øvrig en ordrett oversettelse av en materialspesifikasjon oppgitt i en brosjyre for det natriumsilikatbaserte fuktisoleringsproduktet «Radcon Formula #7». [2] Dette er et produkt som omtales senere i notatet.

4.1.2 Krav per 01.01.2010

En gang i tidsrommet 1999-2010 har man utført følgende uthevede omformulering (saksbehandlers ***uthevning***):

> *«Betongoverbygningens overside samt kantbjelkers innside, skal påføres godkjent overflatebehandlingspreparat i form av natriumsilikat eller tilsvarende på en ren, tørr og støvfri overflate. Dersom membranherder benyttes skal alle rester av denne fjernes innen preparatet påføres.*
>
> ***Preparatet skal kunne tette riss i betongen.** Det må forbli aktivt i betongen og må sammen med vann kunne forårsake autogen tetting av senere oppstående hårriss.*
>
> *Prefabrikerte membraner kan også benyttes forutsatt at disse beskyttes med betong eller asfalt.»*

4.1.3 Krav per 24.02.2014

Kravteksten fra 2010 ble i sin helhet byttet ut med den opprinnelige formen av dagens krav i februar 2014 (henvisningen til håndboka er justert flere ganger i etterkant):

> *«Betongoverbygningens overside samt kantbjelkers innside, skal påføres fuktisolering type A3 iht. prosess 87.13 etter Statens vegvesen Håndbok R762 […]»*

Denne kravendringen er gjennomført uten henvisning til endringsforslag eller endringsartikkel, og den kan heller ikke finnes i endringsloggen for 2014. Grunnlaget for denne kravendringen er derfor ukjent. Som begrunnelse i TRV-historikken har datidens saksbehandler kun skrevet at *«Det er tatt med et større spekter av fuktisolering etter Håndbok 026 av Statens vegvesen»*, noe som ikke kan

sies å være helt presist siden kravendringen samtidig innskrenket mulighetsrommet for fuktisolering av betongbruer.

Henvisningen til fuktisolering type A3 i dagens håndbok R762 [3] medfører at TRV krever at brudekkets overside, samt kantbjelkers innside, beskyttes med ett av de fire følgende beleggdannende (rissoverbyggende) systemene. Alle fire systemer stiller strenge krav til klimatisering av dekket ved påføring, for eksempel skal lufttemperaturen være over +10 ºC.

A3-1: Epoksy og isoleringsstøpeasfalt
Ca. 2 mm epoksy + 15 mm asfalt som beskyttelseslag.

A3-2: Prefabrikkert asfaltmembran og beskyttelseslag
Min. 4,5 mm asfaltmembran + 15 mm asfalt som beskyttelseslag.

A3-3: Akrylat, polyuretan eller polyurea og heftlag
Min. 2 mm fuktisolering + 12 mm asfalt som beskyttelseslag.

A3-4: C60BP2 (PMB-baserte asfaltmaterialer) og Topeka 4S
Polymermodifisert bitumenemulsjon + 12 mm Topeka 4S.

De opprinnelige versjoner av disse systemene er tidligere beskrevet i Statens Vegvesen Håndbok 145 [4] fra 1997, hvor de ulike belegningstypene er delt inn i klasser og beskrevet som følgende:

A1: Asfaltslitelag direkte på brudekket. Beskytter mot trafikkslitasje, men gir ikke beskyttelse mot vann og salt ovenfra. Kun aktuelt i områder hvor salt ikke brukes i vintervedlikeholdet.

A2: Asfaltslitelag med forenklet fuktisolering av brudekket. Forenklet fuktisolering utført i form av impregnering med begrenset levetid, som gir en viss beskyttelse mot vann- og saltnedtrengning i betongen.

A3: Asfaltslitelag med full fuktisolering av brudekket. Medfører innføring av ett eller flere fuktisolerende lag mellom betongdekket og belegningens slitelag, og anses å representere en fullstendig og permanent beskyttelse av brudekket under forutsetning av at slitelaget ikke gjennomslites. Fordeler for vegbruer ble oppgitt å være god beskyttelse av brudekket og enkelt vedlikehold av belegning. Ulemper for vegbruer ble oppgitt å være værømfintlig utførelse, relativt høy belegningsvekt og risiko for blæredannelse.

B1: Betongslitelag støpt monolittisk sammen med konstruksjonsbetongen. Dette vil i praksis si at det støpes med en større overdekning over overkantarmeringen. Fordeler med betongpåstøp for vegbruer ble oppgitt å være eliminering av risiko for «bom» eller blæredannelser, eliminering av behov for kostbare ekstra arbeidsoperasjoner, at slitelaget «puster» og består av tilnærmet samme materiale som i den bærende konstruksjonen, og at det bærende brudekket kan inspiseres uten kostbare ekstratiltak. Ulemper for vegbruer ble oppgitt å være utfordringer med jevnhet, at opprissing av brudekket i plastisk eller herdet tilstand vil kunne påvirke bestandigheten av det bærende brudekket, og at brudekket er helt avhengig av betongens egen tetthet og beskyttelsesevne uten egen tetningsmembran mot salt og andre aggressiver. Det nevnes også at monolittisk slitelag i enkelte tilfeller har vært utført med en egen slitelagsbetong støpt «vått-i-vått» med konstruksjonsbetongen, men at de kvalitetsmessige gevinstene ved denne metoden anses å være små i forhold til de utførelsesmessige vanskelighetene og den økte risikoen for opprissing.

B2: Påstøp av betongslitelag med heft til konstruksjonsbetongen. Utføres som et eget betonglag som kontaktstøpes mot underliggende, bærende brudekke, etter at dette har herdet og unnagjort en betydelig del av sine deformasjoner. Påstøpen vil som hovedregel inneholde stålfiberarmering og skal limes til underbetongen. Tykkelsen bør normalt ikke settes mindre enn 60

mm av hensyn til utførelse og for å kunne benytte betong med god slitestyrke. Fordeler med betongpåstøp for vegbruer ble oppgitt å være slitelag uten plastiske deformasjoner, mindre værømfintlig utførelse enn membran/asfaltbelegning, og slitelag med stor slitestyrke/lang levetid. Ulemper for vegbruer ble oppgitt å være risiko for manglende heft mellom påstøp og underlag («bom»), og for ujevn overflate ved bruk av lett avrettingsutstyr. Risikoen for «bom» skulle betraktes som en usikkerhet m.h.t. den framtidige bestandigheten, men hadde normalt ikke vært direkte årsak til skader før påstøpen var tilnærmet gjennomslitt.

I håndbok 145 står det om valg av belegningsklasse at brubelegningens hovedfunksjon er å hindre skade på det bærende brudekket gjennom å fuktisolere for å hindre forvitring av betong og korrosjon av stål, samt å beskytte brudekket og fuktisoleringen mot mekanisk slitasje fra vegtrafikken. De viktigste momentene i den vurderingen ble for vegbruer oppgitt å være bruk av salt i vintervedlikeholdet og brudekkets slitasjepåkjenning, hvorav sistnevnte i hovedsak er gitt av trafikkmengde og piggdekkbruk. For brudekker av betong skulle valg av belegningsklasse gjøres i henhold til Tabell 1.

Tabell 1: Valg av belegningsklasse på brudekker av betong iht. til SVV Håndbok 145 [4]

<table>
<tr><th>Slitasjeforhold pga piggdekk</th><th>Salting i vintervedlike-holdet</th><th>ÅDT (Dimen-sjonerende trafikkmengde)</th><th>Slakkarmert brudekke på betongbruer</th><th>Spenn-armering i brudekket og stålbruer med betongdekke</th><th>Stål-dekker</th></tr>
<tr><td rowspan="3">Liten slitasje

Stor slitasje</td><td>Ingen salting</td><td>< 1000</td><td>A1
A2
B1 ≥ 30 mm[1)]
B2 ≥ 60 mm[1)]</td><td>A2
A3
B1 ≥ 30 mm[1)]
B2 ≥ 60 mm[1)]</td><td rowspan="3">A3</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Litt salting

Mye salting</td><td>< 2000</td><td>A2
A3
B1 ≥ 30 mm[1)]
B2 ≥ 60 mm[1)]</td><td>A3
B1 ≥ 30 mm[1)]</td></tr>
<tr><td>≥ 2000</td><td>A3
B1 ≥ 40 mm [1)2)]
B2 ≥ 60 mm [1)2)]</td><td>A3</td></tr>
</table>

[1)] mm angir tykkelse av betongslitelag
[2)] Gjelder for mindre bruer på veg med betongdekke.

For vegbruer er dagens krav, N400 krav 12.2.1-3, skjerpet til at fuktisolering av betongdekker skal utføres som belegningsklasse A3-2, A3-3 eller A3-4 [5]. Av veiledningsteksten til kravet framkommer det at belegningsklasse A3-4 er mest vanlig på vegbruer.

4.1.4 Krav per 04.02.2020

I februar 2020 ble det gjort unntak for betongbruer uten ballast (saksbehandlers ***utheving***) etter behandling av endringsforslag 2401:

> *«**For betongkonstruksjoner med ballastspor skal** betongoverbygningens overside samt kantbjelkers innside, påføres fuktisolering type A3 iht. prosess 87.13 etter Statens vegvesen Håndbok R762 […]»*

Endringsforslag 2401 baserte seg på et notat fra 2019 utarbeidet av forslagsstiller som anbefalte å fjerne kravet til fuktisolering av betongkonstruksjoner helt. [6] Dette notatet er vedlagt som vedlegg 1.

Forslagsstillers argumentasjon for å fjerne kravet helt var at det er relatert til fuktisolering av vegbruer, og at jernbanebruer, fordi de ikke er utsatt for samme miljøbelastning gjennom tinesalter, heller ikke har det samme behovet for rissoverbyggende membran. Det ble framhevet at det er tidkrevende og fordyrende når alle systemene det henvises til i håndbok R762 krever et beskyttelseslag over membranen, og jernbanebruer ikke har et naturlig behov for asfalt som kan virke som beskyttelseslag. Forslagsstillers oppfatning var at tilstrekkelig holdbarhet kan oppnås gjennom å prosjektere med god overdekning, eksponeringsklasse/bestandighetsklasse på betong og rissviddebegrensning i henhold til regelverk, og at det derfor er en kostbar løsning med begrenset effekt å fuktisolere oversiden av jernbanebruer i betong.

Datidens saksbehandler for endringsforslaget (datidens regelverksansvarlig) endte imidlertid med å skrive om forslaget til kravteksten gjengitt over, altså kun med unntak for bruer uten ballast. Bakgrunnen for dette framkommer ikke eksplisitt, men basert på vurderingene som er gjort for pålitelighet, tilgjengelighet og vedlikeholdbarhet i endringsartikkelen er det tydelig at det ble tillagt stor vekt at et brudekke skjult under et ballastlag ikke er visuelt inspiserbart ved en normal driftsituasjon, og at denne overflaten derfor bør ha ekstra sikring mot skader fra fukt.

Representanten for «Prosjekter» i godkjenningsrådet motsatte seg denne omskrivingen og ville at endringsforslaget skulle gjennomføres som først foreslått, begrunnet med følgende:

> *«- Dagens krav til overdekning og bestandighetsklasse på betong overoppfyller gjeldene europeiske anbefalinger for 100 års levetid*
>
> *- RAMS-kriteriene vurderes dermed å være oppfylt også for ballastspor*
>
> *- En fuktisolasjon vil tilsvarende som overkant av brudekket ikke inspiseres. Levetid og bestandighet for en fuktisolasjon er trolig lavere enn en det for betongen, og en fjerning av fuktisolasjon vil dermed ikke ha konsekvenser for levetiden til betongen*
>
> *- Ettersom de fleste konstruksjonene våre er med ballastspor, vil det gi en vesentlig bedre effekt på økonomi og klima og miljø»*

Denne innvendingen ble ikke tatt til følge, og endringen ble gjennomført som foreslått av datidens saksbehandler/regelverksansvarlig med merknad om at *«en revisjon for ballastspor kan eventuelt revurderes på et senere tidspunkt»*.

4.2 Ufullstendig saksbehandling av endringsforslag 3204 (februar 2022)

Det ble i februar 2022 levert et nytt endringsforslag (3204) om at det opprinnelige forslaget (2401) også skulle behandles for betongbruer med ballastspor. Denne behandlingen ble påbegynt i endringsartikkel 3204 som først ble innsendt til godkjenningsrådet med innstilling om fjerning av kravet. Datidens saksbehandlers argumentasjon var da tilsvarende som tidligere omtalt i [6] og representanten for «Prosjekter» ved behandling av endringsforslag 2401.

Det ble imidlertid ikke konkludert i endringsartikkel 3204 våren 2022, siden datidens saksbehandler ønsket å innhente mer informasjon fra Network Rail, DB og SNCF før implementering i regelverket. Etter at nevnte saksbehandler sluttet i Bane NOR høsten samme år, samtidig med de øvrige regelverksressursene innen bruer og konstruksjoner, har saken blitt liggende inntil nå på grunn av kapasitetsutfordringer i regelverksgruppa. Dette notatet utgjør derfor, i tillegg til behandling av dispensasjonssøknad #525-003101 og #525-003116, en gjenopptakelse av endringsartikkel 3204.

Selv om det ikke er notatets hovedformål nevnes også at endringsartikkelen omfatter forslag til en omstrukturering av TRV 525.4.3.3, som omhandler fuktisolering av konstruksjoner generelt. Disse endringene anbefales gjennomført som foreslått, med mindre justeringer. Se punkt 7.2.1.

4.3 Dispensasjon fra krav TRV:04851 for Minnevika jernbanebru (februar-april 2022)

I tidsrommet februar-april 2022 ble det behandlet en dispensasjonssøknad om fravik fra krav TRV:04851 for Minnevika jernbanebru. Denne ble av praktiske årsaker levert i to omganger, først som #525-002246 og deretter som #525-002331. Argumentasjonen i søknaden er tilsvarende som omtalt i punkt 4.1.4, men framhever også ulempene for framdrift, kostnader og miljø ved å klimatisere brudekket med tildekking og fyring til 10 ºC for å overholde krav til utførelse av A3-systemene i håndbok R762.

I dialog med søker under saksbehandlingen kommer det fram at datidens saksbehandler var bekymret for ballastpukkens evne til å avgi korrosive stoffer som sammen med vann kan bryte ned betongen. Prosjektet innhentet kjemiske analyser av ballasten utført av Norsk betong- og tilslagslaboratorium AS, samt uttalelse fra NGI som bekrefter at innholdet av sulfat og svovel er svært lavt og ikke vil skape problemer. Den aktuelle steinforekomsten ble også benyttet som tilslagsmateriale i betong.

#525-002246 ble først avvist, tilsynelatende til dels med grunnlag i det datidens saksbehandler oppfattet som manglende informasjon i søknaden, og til dels med følgende argumentasjon:

> *«1. Bruen er 800 m lang og en kritisk del av jernbaneinfrastrukturen hvor oppetid er viktig.*
>
> *2. Vedlikehold vil være svært kostbart i framtiden.*
>
> *3. Bruen har mye spennarmering i sidebjelkene og som ligger delvis under ballasthøyden (ref. spennarmeringstegninger). Teknisk regelverk har tilleggskrav for spennarmering […] som følger Norsk Betongforenings publikasjon nr. 14 som anbefaler både membran **og** tett (rissfri) betong uavhengig av om det er veibru eller jernbanebru.»*

Etter et møte mellom datidens saksbehandler og prosjektet 19.04.2022 ble det bestemt at prosjektet skulle sende en ny søknad (#525-002331) med et notat fra prosjekterende om deres vurdering av hvorfor jernbanebruas levetid oppnår kravene i TRV også uten rissoverbyggende membran. Dette notatet er vedlagt som vedlegg 2. Foruten å utdype argumentasjonen kjent fra punkt 4.1.4, hvor det dokumenteres at brua oppfyller alle miljøkrav i NS-EN 1992-2 kapittel 4 «Durability and cover to reinforcement» [7], framholdes det i notatet også at den slakkarmerte bruplata på Minnevika ligger nær nøytralaksen i tverrsnittet og får trykkpåkjenning både over støtte og i felt i bruksgrensetilstanden, samt at en membran ikke vil gi noen spesiell beskyttelse av spennarmeringen i bærebjelkene på grunn av spennarmeringens plassering midt i felt og over støtte. [8] Angående datidens saksbehandlers argument om at *«vedlikehold vil være svært kostbart i framtiden»* poengteres at dette heller bør anses som et argument *mot* bruk av membran:

> *«Ren ubehandlet betong er et så å si vedlikeholdsfritt materiale. Ved bruk av membran og membranbeskyttelse som ikke har like lang levetid som betongen risikerer man at brua må*

> *stenges for vedlikehold når membranens eller membranbeskyttelsens levetid er ute og den skal skiftes.»*

Videre hevder prosjekterende at *«I andre land som f.eks. Sverige har de ikke krav til membran på jernbanebruer i ren betong enten de er spennarmerte eller ei»* uten at det framkommer om de faktisk har sjekket andre land enn Sverige.

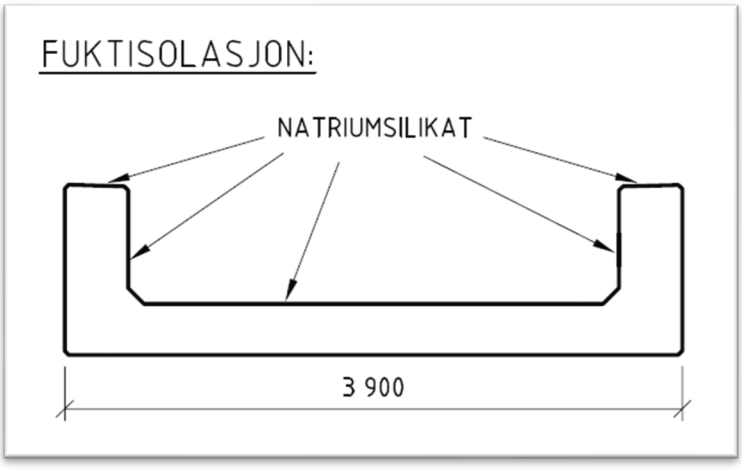
Dispensasjonssøknaden ble på grunnlag av notatet innvilget, men fortsatt med forutsetning om at det ikke skulle benyttes ballast med mineralsammensetning som kan skade betongen over tid.

Saksbehandler har forsøkt å ettergå datidens saksbehandlers argumentasjon i punkt 3 ved avvisning av dispensasjonssøknad #525-002246, og kan ikke se at det er riktig å hevde at Norsk Betongforenings publikasjon nr. 14 anbefaler både membran og tett betong uavhengig av om det er veibru eller jernbanebru. Publikasjonen inneholder imidlertid utdraget under, som bortsett fra å angi at brudekket **skal** regnes i eksponeringsklasse XD1 ved bruk av membran (mot at det **kan** regnes i XD1 etter NS-EN 1992-2 punkt NA.4.2 (105)), ellers bare er en gjengivelse av krav i NS-EN 1992-1-1 tabell NA.7.1N. [9] [10]

> *«For bruer med membran skal det regnes med eksponeringsklasse XD1 i overkant brudekke. […] For spennkablene betyr det at de i disse områdene må ligge i trykksonen (kalt trykkavlastning) for lastkombinasjon «Tilnærmet permanent», se NS-EN 1992, Tabell NA.7.1N.»*

4.4 Normerte betongtraubruer (11.04.2018)

Bane NOR (tidligere Jernbaneverket og Norges Statsbaner) har lang erfaring med utskifting av gamle stålbjelkebruer med fastspor til forhåndsgodkjente prefabrikerte betongbruer med spor i ballast, lagt opp på eksisterende landkar. Disse bruene bygges det typisk flere av per år.



Figur 1: Utdrag fra tegning KU-029025-000_000_001, "Prefabrikert Traubru Type B, Totallengde 4,1 m - 8,6 m, Måltegning" [11]

De nyeste godkjente revisjoner av disse normerte betongbruene har dokumentnummer KU-027542-000_001_001 [12] og KU-027543-000_001_001 [13] for platebruer, og KU-029025-000_000_001 [11] og KU-029026-000_000_004 [14] for traubruer. Disse revisjonene er påført godkjentstempel fra 11.04.2018 og som vist på Figur 1 beskriver de natriumsilikat som eneste

fuktisolering av over- og innerkant kantbjelke, samt dekke. Det har ikke lykkes saksbehandler å finne noen formelt behandlet dispensasjon fra kravet hverken i 2014 eller 2018, men de normerte prefabrikerte betongbruene har altså tilsynelatende hele tiden vært unntatt regelverksendringen innført 24.02.2014. Eksponeringsklasse er satt til XD1/XF3. Bestandighetsklasse til MF40/M40 med presisering om MF40 for overflater eksponert for vann kombinert med frost. Det er angitt 60 mm ±10 mm overdekning til konstruktiv armering.

4.5 Tidligere dispensasjoner ved bruk av natriumsilikatbasert fuktisolasjon

Ut over de normerte betongtrauene omtalt i punkt 4.4 nevnes det i [6] også en dispensasjon fra krav TRV:04851 som ble gitt for bruene på Farriseide – Porsgrunn, ved bruk av den natriumsilikabaserte fuktisolasjonen «Radcon Formula #7». Det har ikke lykkes saksbehandler å finne dokumentasjon fra denne dispensasjonsbehandlingen. I 2018 ble det også gitt dispensasjon fra TRV:04851 for fuktisolering med samme middel i dispensasjonssøknad #525-001017, riktignok for en konstruksjon med begrenset antatt levetid.

Det hevdes i sistnevnte dispensasjonssøknad at Radcon Formula #7 er brukt i jernbaneprosjekter tidligere, noe som stemmer med observasjon i punkt 4.1.1. Før innføringen av TRV:04851 ble det i 2004 for eksempel bygd to betongtraubruer på Stange behandlet med Radcon 7. [6]

5 Nye dispensasjonssøknader

Det er i mai 2024 levert to nye dispensasjonssøknader fra krav TRV:04851. Disse søknadene er beskrevet i punkt 5.1 og 0.

5.1 Dispensasjonssøknad #525-003101, 18 betongkonstruksjoner Sørli-Åkersvika

Søknaden er innsendt 02.05.2024 av prosjektet Sørli-Åkersvika som en felles søknad for de 18 betongkonstruksjonene listet opp i Tabell 2.

Tabell 2: Konstruksjoner omfattet av dispensasjonssøknad #525-003101

Navn	**Beskrivelse**	**Brudekkets eksponeringsklasser uten fuktisolering, oppgitt av søker**
Guåker kulvert	Landbrukskulvert under jernbane	XC4, XF3
Fokholgutua kulvert	Rammebru for jernbane over fylkesvegen	XC4, XF3
Kausvol jernbanebru	Trespenns jernbanebru over lokalveg, spennarmert dekke	XC4, XF3
Karl Johan Jernbanebru	Rammebru for jernbane over lokalveg	XC4, XF3
Ottestad Bru	Ettspenns jernbanebru over fylkesveg, spennarmert dekke	XC4, XF3
Brenneribekken sør	14-spenns bjelkebru for jernbane fundamentert på peler	XC4, XF3
Gaustad overgangsbru	Trespenns spennarmert bjelkebru for lokalveg over jernbanen	XC4, XF3
Brenneribekken nord	Slakkarmert betongplatebru for jernbane over bekk	XC4, XF3
Norstad overgangsbru	Trespenns spennarmert bjelkebru for lokalveg over jernbanen	XC4, XF3
Sandvikavegen bru	Ettspenns spennarmert bjelkebru for jernbane over fylkesveg	XC4, XF3
Åkersvika trau sør	Pelet slakkarmert traukonstruksjon for jernbane på fylling	XC4, XF3
Åkersvika bru	Ettspenns nettverkbuebru i stål for jernbane over vassdrag, spennarmert betongdekke	XC4, XF3
Åkersvika trau nord	Pelet slakkarmert traukonstruksjon for jernbane på fylling	XC4, XF3
Gangkulvert Espern	Forlengelse av eksisterende GS-kulvert under jernbanen	XC4, XF3
Østre Volla	Ettspenns jernbanebru over lokalveg og GS-veg, spennarmert dekke	XC4, XF3
Sentrumspassasjen	Slakkarmert GS-kulvert under jernbane	XC4, XF3
Tangen Jernbanebru	Ettspenns bru over kommunal veg, spennarmert dekke	XC4, XF3, XD1
Kjellsvea Jernbanebru	Tospenns jernbanebru over fylkesveg, spennarmert dekke	XC4, XF3, XD1

Felles begrunnelse for søknaden er gjengitt i følgende utdrag.

«Felles beskrivelse:

Dispensasjonen fra kravet om fuktisolering søkes med følgende begrunnelse:

- *Fuktisolering benyttes hovedsakelig for konstruksjoner som er utsatt for salting. Bruer/konstruksjoner på Sørli -Åkersvika vil ikke utsettes for salting.*
- *Dimensjonerende levetid for bruene og konstruksjonene på KSÅ reduseres ikke ved å unngå fuktisolering.*
- *Betongarbeidene skal utføres i henhold til Prosesskode R762, som ved riktig utførelse gir tette konstruksjoner.*
- *Membran har kortere levetid enn bruene, som fører til økt behov for drift og vedlikehold. Inspeksjon, vedlikehold og eventuelt utskiftning av fuktisolering vil påvirke trafikken i vesentlig grad. Dette medfører også økte kostnader for drift og vedlikehold.*
- *Lavere CO2-utslipp for konstruksjonene ved å unngå fuktisolering*
- *Eksponeringsklasse for jernbanebruene ivaretar bestandighet uten bruk av fuktisolering, dvs. Valgt overdekning er tilstrekkelig for å beskytte konstruksjonene mot fukt.*
- *Jernbanebruene er spennarmerte, som minimerer rissdannelse. Dette gir bedre bestandighet.*
- *Evt. småriss blir tettet og forseglet ihht. prosedyre.*

RAMSLØK-vurderinger

Pålitelighet (R)	*Ingen konsekvens*
Tilgjengelighet (A)	*Ingen konsekvens*
Vedlikeholdbarhet (M)	*Vedlikeholdsomfanget for konstruksjonene vil reduseres dersom dispensasjonen innvilges*
Sikkerhet (S)	*Ingen konsekvens*
Levetid (L)	*Dimensjonerende levetid endres ikke dersom dispensasjonen innvilges*
Økonomi (Ø)	*Kostnadsbesparelse for investering og drift dersom dispensasjonen innvilges. Besparelse 15-20 MNOK i utførelse.*
Kapasitet (K)	*På grunn av mindre vedlikeholdsomfang vil innvilgningen av dispensasjonen gi mindre nedetid på togtilbudet.*

Dispensasjon

BaneNor og Hæhre Entreprenør søker om dispensasjon fra TRV: 04851

for å unngå bruk av fuktisolasjon for konstruksjoner som angitt i vedlegget. Med begrunnelse i at membran har kortere levetid enn selve konstruksjonene. Det gir økt behov for drift og vedlikehold. Samtidig gir det økte kostnader og klimagassutslipp uten å øke

bruas verdi/levetid. Ved å innvilge dispensasjonen vil det ha positiv innvirkning på fremdrift for bygging av bruene, økonomi, drift og vedlikehold og klimagassfotavtrykket.

Dette vil også gi en forutsigbar fremdrift, spesielt med tanke på legging av membran i vinterstid.

Ved legging av membran vinterstid er det svært utfordrende å oppnå riktig kvalitet på membran og beskyttelseslaget.»

I forbindelse med søknaden er det også hentet inn uttalelse fra baneområdet (Fagenhet Region Midt) og bruforvaltning (Konstruksjoner og Konstruksjonsmaterialer). De viktigste utdragene fra denne dialogen er gjengitt i det følgende.

Utdrag fra baneområdets merknad til dispensasjonssøknad #525-003101:

«…Slik vi anser saken er det vanskelig for oss å stille oss bak løsninger som avviker fra så tydelige «skal» krav i Teknisk regelverk. […] Vi mener at full fuktisolering vil bidra positivt til å minimere senere drift og vedlikeholds utfordringer for flere fag. Når ballast pakkes, så knuses pukk til sand/støv som vil legge seg på brudekket. Over tid er vi redd for at dette forhindrer avrenning og kan føre til tetting av sluk. Ut over dette, har ikke fagavdeling kompetanse for selve konstruksjonsbyggingen. Vi ønsker derfor at prosjektet ber BaneNOR sine bruingeniører tilføye sine faglige bemerkninger, før det evt. gås videre med søknad til redaktør av teknisk regelverk…»

Utdrag fra prosjektets tilsvar til dispensasjonssøknad #525-003101:

«…Der riktig at det er «skal krav» i TR, årsaken til dette er at Bane Nor bruker Statens Vegvesen`s Håndbok N 400 til prosjektering og Håndbok R 762 i forbindelse med beskrivelse og gjennomføring av bruprosjekter. Som kjent er mange veibruer utsatt for salting, og fuktisolering/membran brukes på bruer for å hindre at brudekke blir utsatt for salting, og dermed kan få redusert dimensjonerende levetid. Jernbanebruer på Sørli-Åkersvika blir ikke utsatt for salting, dermed er det ikke behov for fuktisolering /membran. Knusing av ballast: Har snakket med fagansvarlig hos oss og vi er ikke enige i at utlegging av ballastpukk med rett steinkvalitet/fraksjon og riktig utførelse, kan gi «nedknusing» i ett slikt omfang som kan føre til tette vannavløp /sluk…»

Utdrag fra bruforvaltnings merknad til dispensasjonssøknad #525-003101:

«…slik vi ser det så ønsker vi generelt at bruene etableres med membran. Ved vanlig driftsituasjon er det ikke mulig å inspisere betongdekket på toppen av brua og bruk av membran vil gi en ekstra sikkerhet. Jeg får inntrykk av at man generelt har god kontroll på betong og støp, men det er likevel mange faktorer som skal klaffe for at man sitter igjen med en betongkonstruksjon uten avvik som holder i 100 år.

Membranen gir beskyttelse mot vanninntrengning i riss og evt. andre skader, samt noe beskyttelse mot mekanisk slitasje fra ballasten. Vi har dessverre ikke så god oversikt over hvilke nyere bruer (med betong av nyere standard) som har membran og ikke, så det er derfor utfordrende å finne godt sammenligningsgrunnlag mellom bruk av det og ikke. Vi er dog kjent med at membran benyttes i mange vedlikeholdsprosjekt for å bremse utviklingen av betongskader på eksisterende konstruksjoner…»

5.2 Dispensasjonssøknad #525-003116, Tangenvika jernbanebru

Søknaden er innsendt 16.05.2024 av prosjektet Kleverud-Sørli for den 1026 m lange Tangenvika jernbanebru som bygges over Mjøsa. Utdrag fra søknaden er gjengitt i det følgende.

> *«**Oppsummering***
>
> *Vår innstilling er at membranen på Tangenvika jernbanebru kan sløyfes uten at det får konsekvenser for levetiden og kvaliteten til brua.*
>
> - *Membran benyttes hovedsakelig på vegbruer og betongkonstruksjoner som er utsatt for salting. Det er ikke tilfellet for Tangenvika jernbanebru. Andre land, bl.a. Sverige, har ikke krav om membran på jernbanebruer i betong.*
> - *Tangenvika jernbanebru er forberedt for å kunne stå uten membran ved valg av eksponeringsklasse (XC4/XF3) og overdekning.*
> - *Dimensjonerende brukstid (levetiden) på brukonstruksjonen øker ikke ved bruk av membran.*
> - *Membran kan være et vedlikeholdspunkt med kortere levetid enn betongen i brua.*
> - *Bruk av membran gir både økte kostnader og økte klimagassutslipp uten at det øker bruas «verdi».*
> - *Jernbanebruer er «hardt» oppspent og har lite riss hvilket bidrar til å bedre bestandigheten.»*
>
> *[…]*
>
> ***Tverrsnitt***
>
> *Bruas tverrsnitt er ei spennarmert kasse, med spennarmering i dekke, steg og bunnplate. Spennarmeringen er plassert sentrisk i tverrsnittet, […] altså med overdekning på ca 150 mm i dekket. Kravet er 75 +/- 15 mm.*
>
> ***Dimensjonerende brukstid (levetid)***
>
> *Brua er kontrollert for en dimensjonerende brukstid på 100 år iht. TRV:05882.*
>
> *Oppfylling av krav til bruas dimensjonerende brukstid gjøres ved valg av eksponeringsklasse og overdekning. Membran spiller kun inn på valg av eksponeringsklasse.*
>
> *Overkant brudekke på Tangenvika jernbanebru er plassert i eksponeringsklasse XC4/XF3 hvilket betyr at den kan bli utsatt for «vekselvis vått og tørt» og «horisontale flater utsatt for regn og frost». Ved å velge vekselvis vått og tørt er det tatt hensyn til at brua skal kunne stå uten membran.*
>
> *Armeringsoverdekningen (65 +/- 15 mm) er valgt iht. «Statens vegvesen håndbok N400 Bruprosjektering» slik det kreves i TRV:05883.*
>
> ***NS-EN 1992-2, Kapittel 4***

Brua uten membran oppfyller alle krav stilt i NS-EN 1992-2 kapittel 4 vedrørende miljøpåvirkninger. NS-EN 1992-2 gjelder bruer generelt og har derfor med en del krav som ikke er aktuelle for Tangenvika jernbanebru.

Kapittel 4.2/NA.4.2:

- *(104) Gjelder lukket tverrsnitt. Brua har takfall og drenshull hver 10. m iht. TRV:04847 for å føre vannet vekk fra bruplata.*
- *(105) Eksponeringsklasse med membran er XD1. Benyttet eksponeringsklasse i prosjekteringen er XC4/XF3 som tilfredsstiller krav uten membran.*
- *(106) Gjelder ved salting. Ikke aktuelt.*

Kapittel 4.3:

- *(103) Gjelder ekstern spennarmering. Ikke aktuelt.*

Kapittel 4.4/NA.4.4:

- *(109) Bestemmelsene i NS-EN 1992-1-1 er overholdt.*
- *(114) Gjelder veibruer. Ikke aktuelt.*
- *(115) Gjelder erosjon ved is, rennende vann etc. Ikke aktuelt*

[…]»

Prosjektet hevder en dispensasjon vil ha *«liten til ingen påvirkning»* på pålitelighet, tilgjengelighet, sikkerhet og kapasitet. For vedlikeholdbarhet argumenteres det med at *«Fuktisolasjon/membran vil ikke være mulig å inspisere under ballasten, og vanskelig la seg skifte eller vedlikeholde»*, og for levetid med at *«Membran og membranbeskyttelse har kortere levetid enn betongen i brudekket»*. Prosjektet estimerer total besparelse å være 5,6 MNOK, hvorav Bane NORs andel vil være 50%.

Under «Øvrig argumentasjon» oppgir prosjektet at:

«Krav til utførelse av membran og beskyttelseslag gir at arbeidet må utføres i sommerhalvåret. Oppvarming av brukonstruksjonen ansees ikke gjennomførbart.

Ihht gjeldende fremdriftsplan skal membran legges senhøsten 2026. Dette ansees svært lite gunstig mtp krav til temperatur og tørre flater. En eventuell forsinkelse i prosjektet vil forverre denne situasjonen, og en forsinkelse på opptil et halvt år er relevant å ta i betraktning. En forsinkelse som nevnt vil påvirke etterfølgende kontrakt (jernbaneteknikk).»

Også for denne dispensasjonssøknaden henviser baneområdet til bruforvaltningen for eventuelle merknader. Bruforvaltning gir samme merknad som for #525-003101:

«…slik vi ser det så ønsker vi generelt at bruene etableres med membran. Ved vanlig driftsituasjon er det ikke mulig å inspisere betongdekket på toppen av brua og bruk av membran vil gi en ekstra sikkerhet. Jeg får inntrykk av at man generelt har god kontroll på betong og støp, men det er likevel mange faktorer som skal klaffe for at man sitter igjen med en betongkonstruksjon uten avvik som holder i 100 år.

Membranen gir beskyttelse mot vanninntrengning i riss og evt. andre skader, samt noe beskyttelse mot mekanisk slitasje fra ballasten. Vi har dessverre ikke så god oversikt over hvilke nyere bruer (med betong av nyere standard) som har membran og ikke, så det er derfor utfordrende å finne godt sammenligningsgrunnlag mellom bruk av det og ikke. Vi er dog kjent med at membran benyttes i mange vedlikeholdsprosjekt for å bremse utviklingen av betongskader på eksisterende konstruksjoner»

6 Undersøkelser rundt TRV:04851

6.1 Krav i NS-EN 1992-2:2005+NA:2010 punkt 4

NS-EN 1992-2:2005+NA:2010 punkt 4 [7] med henvisninger til NS-EN 1992-1-1:2004+NA:2021 punkt 4 [10] stiller krav til bestandighet og armeringsoverdekning for betongbruer. I det følgende omtales utvalgte sentrale punkter.

Punkt 4.1(1)P fastslår, med referanse til NS-EN 1990 [15], at konstruksjonen skal oppfylle krav til brukbarhet, styrke og stabilitet gjennom konstruksjonens dimensjonerende brukstid, uten at det oppstår vesentlig reduksjon av bruksverdi eller behov for omfattende uforutsett vedlikehold.

Punkt 4.1(2)P fastslår at nødvendig beskyttelsestiltak for en konstruksjon skal bestemmes ut fra den tiltenkte bruken, dimensjonerende brukstid, vedlikeholdsprogram og påvirkninger. Her er dimensjonerende brukstid viktig fordi nedbrytningsmekanismene er tidsavhengige, og vedlikeholdsprogram viktig fordi rutinemessig vedlikehold gir mulighet til å gripe inn hvis nedbrytning skjer raskere enn forutsatt. [16]

Punkt 4.1(3)P krever at det tas hensyn til mulig betydning av direkte og indirekte påvirkninger, miljøpåvirkninger (nærmere behandlet i standardens punkt 4.2) og virkninger som følger av disse. Deformasjoner som skyldes kryp og svinn holdes fram som et eksempel.

Punkt 4.1(4) informerer om at korrosjonsbeskyttelsen av armeringsstål avhenger av tetthet, kvalitet og tykkelse av betongoverdekningen (med henvisning til standardens punkt 4.4), og av rissdannelse (med henvisning til standardens punkt 7.3). Tetthet og kvalitet av overdekningen kan være knyttet til en minste fasthetsklasse for betongen, og det henvises til standardens tillegg E som gir sammenheng mellom eksponeringsklasser og minste forventede fasthetsklasser. Tetthet og kvalitet av overdekningen oppnås gjennom krav til vann/sement-forhold (masseforhold) og minste sementinnhold (bindemiddelmengde), som ivaretas gjennom å følge krav til betongsammensetning i NS-EN 206, «Betong – Spesifikasjon, egenskaper, framstilling og samsvar» [17]. «Designers' guide to EN 1992-2» trekker i tillegg frem viktigheten av god avrenning av betongoverflatene, samt viktigheten av at vann ikke får trenge inn til spennkablene i en etteroppspent konstruksjon på grunn av typiske problemer som for eksempel ufullstendig utstøping av kabelkanaler eller uheldig utforming av forankringssoner. [16] Slike problemområder for etteroppspente konstruksjoner er også omtalt i Norsk Betongforenings publikasjon nummer 14, «Spennarmeringsarbeider». [9] «Designers' guide to EN 1992-2» henviser videre til datidens «Technical Report No. 47, Durable Bonded Post-tensioned Concrete Bridges» for videre anbefalinger rundt bestandighet i spennarmerte konstruksjoner. Denne publikasjonen heter i gjeldende utgave fra 2010 «Technical Report No. 72, Durable Post-tensioned Concrete Structures». [18] I dette notatet er beskyttelse av spennarmering behandlet særskilt i punkt 6.3.

Punkt 4.2 stiller krav til at miljøpåvirkninger som kloridinntrenging, karbonatisering og fryse-/tineangrep skal hensyntas gjennom de angitte eksponeringsklasser i standardens tabell 4.1 (i samsvar med NS-EN 206). I tabell 4.1 er de mest aktuelle eksponeringsklassene gjengitt under. En konstruksjonsdel kan falle inn under flere klasser. Kun klassene XC, XD og XS medfører bestemmelser rundt valg av betongoverdekning. [16] Sammenheng mellom eksponeringsklasser og minste betongfasthetsklasser er som tidligere nevnt gitt av tillegg E.

- XC; Armeringskorrosjon pga. karbonatisering
- XD; Armeringskorrosjon pga. klorider som ikke stammer fra sjøvann
- XS; Armeringskorrosjon pga. klorider fra sjøvann
- XF; Betongskade (avskalling) på grunn av fryse-/tineangrep

I tillegg til miljøpåvirkningene ivaretatt gjennom eksponeringsklasser skal spesielle former for aggressive eller indirekte påvirkninger vurderes. I **punkt 4.2(3)** er det oppgitt følgende eksempler: [7] [16]

- Alkali-tilslagsreaksjoner. Unngås ved å benytte tilslag som har fungert tilfredsstillende i konstruksjoner med liknende miljøpåvirkning, benytte sement med lavt alkalieinnhold, eller å forhindre vanninntrenging. [16]

- Syreangrep. Gjelder større angrep egnet til å svekke overflaten og øke permeabiliteten. Mindre syreangrep som for eksempel påvirkning fra sur nedbør har liten effekt over den typiske levetiden til en bru. [16]

- Sulfatangrep. Kan forekomme når sulfationer sammen med vann får reagere med trikalsiumaluminat i sementen. Vanligst i fundamenter på grunn av eventuelt sulfatinnhold i omkringliggende massene. [16] Kan forebygges ved å velge sulfatbestandig sementtyper med et lavt trikalsiumaluminatinnhold i henhold til NS-EN 206. [17]

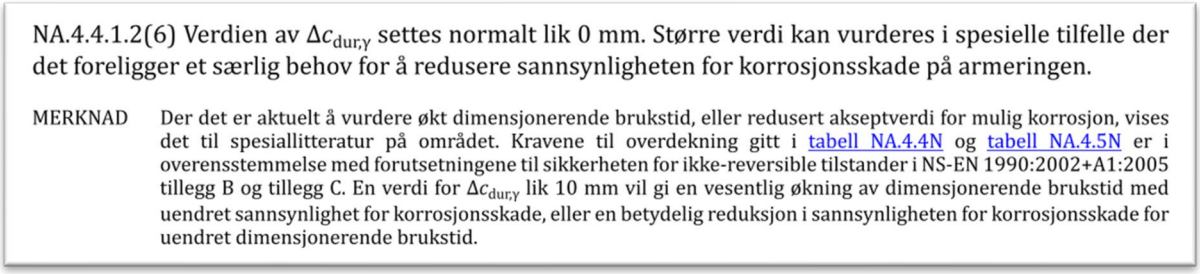
- Klorider i betongen. Kloridinnhold i betong er regulert gjennom NS-EN 206. [17]

- Slitasje på grunn av for eksempel direkte trafikkbelastning mot betongen eller påkjenning fra sand eller grus i rennende vann. Motstand mot slitasje oppnås best ved å enten spesifisere en betong med høyere fasthet [16], eller ved å øke minste overdekning med et ekstra slitasjelag.

- Utvasking av kalsium på grunn av konstant påvirkning fra rennende mykt vann. Oppgis å være en treg prosess, men fenomenet kan av og til observeres på landkar hvor brufugen lekker. [16]

Punkt 4.3 stiller krav til at bestandighet skal tas hensyn til ved alle aspekter av prosjekteringen, som ved konstruktiv utforming, materialvalg, konstruksjonsdetaljer, utførelse, kvalitetskontroll, inspeksjon, dokumentasjon, samt vurdering av spesielle tiltak som f.eks. bruk av rustfritt stål, belegg eller katodisk beskyttelse.

Punkt 4.4 gir føringer for hvordan betongoverdekning skal bestemmes, gitt eksponeringsklasser og dimensjonerende brukstid for konstruksjonen. En eventuell økning av overdekningen utover kravene i NS-EN, $\Delta c_{dur,\gamma}$, er omtalt i NA.4.4.1.2(6) med merknad. Se utdrag i Figur 2.



NA.4.4.1.2(6) Verdien av $\Delta c_{dur,\gamma}$ settes normalt lik 0 mm. Større verdi kan vurderes i spesielle tilfelle der det foreligger et særlig behov for å redusere sannsynligheten for korrosjonsskade på armeringen.

MERKNAD Der det er aktuelt å vurdere økt dimensjonerende brukstid, eller redusert akseptverdi for mulig korrosjon, vises det til spesiallitteratur på området. Kravene til overdekning gitt i tabell NA.4.4N og tabell NA.4.5N er i overensstemmelse med forutsetningene til sikkerheten for ikke-reversible tilstander i NS-EN 1990:2002+A1:2005 tillegg B og tillegg C. En verdi for $\Delta c_{dur,\gamma}$ lik 10 mm vil gi en vesentlig økning av dimensjonerende brukstid med uendret sannsynlighet for korrosjonsskade, eller en betydelig reduksjon i sannsynligheten for korrosjonsskade for uendret dimensjonerende brukstid.

Figur 2: Utdrag fra NS-EN 1992-1-1 angående økt betongoverdekning der det foreligger et særlig behov for å redusere sannsynligheten for korrosjonsskade på armeringen [10]

6.2 Relaterte krav i TRV

Bane NORs tekniske regelverk stiller flere krav enn TRV:04851 som har betydning for bestandigheten til dekket på jernbanebruer med ballastspor. I det følgende vurderes de mest sentrale.

6.2.1 TRV:05883, Krav til betongoverdekning

TRV:05883 stiller krav til at overdekning skal være iht. N400 punkt 8.3, med en dimensjonerende brukstid på 100 år. For en jernbanebru med ballastspor vil betongoverbygningens overside og kantbjelkers innside være «overflater lite tilgjengelige for inspeksjon og vedlikehold», noe som medfører et generelt krav om 60 mm minste betongoverdekning ($\Delta c_{min,dur} + \Delta c_{dur,\gamma}$). [5]

6.2.2 TRV:05875, Krav til betongspesifikasjon

TRV:05875 stiller krav til at det i betongkonstruksjoner for jernbanebruer skal benyttes betong iht. N400 punkt 8.2.2. Dette vil under vanlige forhold si at betong av typen «SV-Standard» skal benyttes, og at følgende krav gjelder:

- Bestandighetsklasse skal være MF40
- v/c-tall skal være ≤ 0,40
- Andel silikastøv skal være 3-5 % av total bindemiddelmengde.
- For godkjent sementprodukt av type CEM I eller CEM II skal bindemidlet inneholde samlet ≥ 14 % silikastøv, flygeaske og slagg. Flygeaskeinnhold skal være ≤ 30% av total bindemiddelmengde.
- Effektiv bindemiddelmengde skal være ≥ 325 kg
- Luftinnhold skal være ≥ 4,5 %

6.2.3 TRV:05880, Krav til beregningsmessig rissvidde for spennarmert dekke

TRV:05880 stiller krav til at beregningsmessig rissvidde for overside bruoverbygning med spennarmering skal kontrolleres minimum som for eksponeringsklasse XD1 eller eksponeringsklasse som gir strengere grenseverdier i NS-EN 1992-1-1, tabell NA.7.1 N. [10] Dette betyr at dekket på spennarmerte jernbanebruer av betong alltid minst skal kontrolleres for trykkavlastning i lastkombinasjon «Tilnærmet permanent», og for maksimal rissvidde lik $0,2*k_c$ i lastkombinasjon «Ofte forekommende».

6.2.4 TRV:04847, Krav til drenering av brudekke

TRV:04847 stiller krav til at brudekkets fall mot avløp skal være ≥ 1:70 i både tverr- og lengderetning for å sikre god drenering. Kravet åpner for at fall i lengderetningen kan utelates hvis det lages avløp for hver tiende meter.

6.2.5 TRV:04844, Krav til dimensjonerende brukstid

TRV:04847 stiller krav til at det skal regnes med 100 år dimensjonerende brukstid dersom ikke annet er oppgitt.

6.3 Bestandighet av spennarmerte jernbanebrudekker

Et brudd på grunn av korrosjon i spennarmering vil typisk være lite eller ikke duktilt, og konsekvensen dermed alvorlig. Bestandighet av spennarmerte konstruksjoner er blant annet utførlig behandlet i rapporten «Technical Report No. 72, Durable Post-tensioned Concrete Structures» utgitt av The Concrete Society i England. [18]

I denne rapporten beskrives de ulike lagene som er tilgjengelig for å beskytte spennarmering, som for eksempel spennarmeringsystemets bestandighet i seg selv (kabelkanal, spenntau, injiseringsmasse, ankersystem), betongen, fuktisolering av brudekke, drenering av vann, utforming, utførelse, og tilkomst for inspeksjon, testing og vedlikehold. Den dominerende årsaken til korrosjon i spennarmering for bruer oppgis å utvilsomt være tilførselen av eksterne klorider, fra kilder som for eksempel avisningssalter eller sjøvann. [18]

Rapporten anbefaler at konstruksjoner bygges etter et prinsipp om flerlagsbeskyttelse av spennarmering for å ivareta bestandighet, hvor målet er at ett beskyttelseslag alene skal ivareta den totale beskyttelsen selv om et annet beskyttelseslag delvis skulle svikte. Forfatterne finner det ikke passende å anbefale et fast antall beskyttelseslag, fordi de mener dette krever vurdering i hvert enkelt tilfelle. De skriver videre at *«det enkle alternativet er å benytte et hvert tenkelig beskyttelseslag; utfordringen i bestandighetsprosjektering er å velge de mest kostnadseffektive tiltakene som passer for en gitt situasjon, samtidig som integritet og bestandighet ivaretas»*. I tilfeller hvor konstruksjonen hverken er eller vil bli utsatt for kloridindusert korrosjon gjennom påvirkning fra avisningssalter eller vind-transporterte klorider, kan det være aktuelt å redusere antall beskyttelseslag. [18]

For bruer med innstøpt spennarmering anbefales generelt som et minimum for dekket at betong og overdekning prosjekteres etter krav i BS EN 1992-2 (tilsvarende NS-EN 1992-2), at det benyttes en godkjent løsning for fuktisolering, og at dilatasjonsfuger og dreneringssystem utformes slik at vann ikke kan finne vegen til spennarmeringssystemet ved en eventuell svikt. Denne anbefalingen er gitt med bakgrunn i en typisk vegbru i Storbritannia, og det presiseres at *«miljøpåvirkningen kan være gunstigere for jernbanebruer, i fraværet av avisningssalter, og for bruer i andre land hvor miljøet er mindre aggressivt»*. Av aktuelle tilleggstiltak i eksepsjonelle tilfeller fremhever de muligheten med økt overdekning og reduksjon av permeabilitet i betongen. [18]

Om betongens beskyttelse nevnes at det under normale forhold ikke er noen grunn til å tro at betong prosjektert og bygd i henhold til moderne regelverk ikke fører til tilstrekkelig beskyttelse av spennkabelen, men at god kvalitetskontroll under bygging er essensielt. Økning av beskyttelsen fra betongen gjennom økt betongoverdekning omtales som et alternativ, men det kommer med en økt kostnad i form av økt betongtykkelse og oppspenning. Økningen av beskyttelsen fra betongen gjennom redusert permeabilitet kan oppnås ved å senke v/c-tallet, eller ved å benytte betongblandinger med innblandet flyveaske eller slagg. [18]

6.4 Fuktisolering ved bruk av natriumsilikatbaserte impregneringsmidler

Impregneringsmidler basert på natriumsilikat («vannglass») har tidligere vært den primære metoden for fuktisolering av betongdekket på norske jernbanebruer, se punkt 4.1.1. Også etter innføringen av krav om rissoverbyggende belegg i 2014 har natriumsilikat likevel vært relativt hyppig benyttet, se punkt 4.4 og punkt 4.5. Særlig produktet «Radcon Formula #7» virker å ha vært et foretrukket impregneringsprodukt både før og etter 2014.

Impregnering av betong ved bruk av natriumsilikat skjer ved at middelet trenger inn i betongen og danner tettende utfellinger i porene når det reagerer med kalsium i betongen. [19] For at denne reaksjonen skal kunne inntreffe må middelet ha fritt kalsiumhydroksid tilgjengelig. Tilsetning av silikastøv, flyveaske og liknende gjør at betongen binder opp kalsium, og dermed at reaksjonsgraden for slike impregneringsprodukter reduseres. [19] I produktinformasjonen for «Radcon Formula #7» opplyses det at produktet kan benyttes i betongblandinger hvor inntil 30 % av sementen er erstattet med type «C» flyveaske, og at produktet IKKE er egnet ved innblanding

av type «F» flyveaske (produsentens uthevning). [2] All flygeaske som benyttes i Norge er imidlertid nettopp silikatholdig flygeaske tilsvarende type «F» i USA. [20]

Videre har forsøk utført av Statens Vegvesen vist at natriumsilikatbaserte impregneringsmidler har liten kloridbremsende effekt i betonger med v/c tall rundt 0,4. [19] Altså for betonger som i seg selv regnes som vanntette (v/c-tall ≤ 0,45-0,50) forutsatt tilstrekkelig armering. [6] Statens Vegvesen poengterer også at påføring av natriumsilikatbaserte impregneringsmidler kan øke pH-verdien i betongens porevæske, og dermed potensielt akselerere alkalireaksjoner. [19]

6.5 Erfaringer med og uten bruk av rissoverbyggende membran

Kravet om rissoverbyggende membran i TRV:04851 er relativt nytt. Det er så vidt saksbehandler kjenner til aldri utført noen studie av effekten av kravet, hverken før eller etter innføringen i 2014. Se også punkt 4.1.3.

Det er kjent at mange norske jernbanebruer bygd i betong før 1990-tallet har større eller mindre grad av fuktinduserte skader. I enkelte tilfeller har man derfor også fjernet ballast og fuktisolert dekket med rissoverbyggende membran. Dette ble for eksempel gjort på den 54 meter lange femspenns betongbrua over Brekkvasselv i 2015, samtidig med to andre bruer på Nordlandsbanen. Brekkvasselv bru sto ferdigbygd i 1928. Fra historiske inspeksjonsrapporter for disse bruene vises, for andre konstruksjonsdeler enn dekket, skader som er typiske for eldre norske betongbruer. Dette er for eksempel avskalling på grunn av liten betongoverdekning og påfølgende armeringskorrosjon, og oppsprekking og forvitring av betong på grunn av dårlig betongkvalitet.

Basert på skaderegistreringer i BaneData [21] og erfaringer fra tidligere bruinspektører og forvaltere (som eksempelvis saksbehandler, Tøsse [6] og Vik [6]), kan alvorlige fuktinduserte betongskader imidlertid ikke sies å være et typisk problem for norske jernbanebruer bygd etter at moderne krav til armeringsoverdekning og betongkvalitet ble innført fra rundt siste halvdel av 1990-tallet. Et grovt uttak av statistikk fra BaneData viser at betongbruer med dato for idriftsettelse før år 2000 har en registreringsfrekvens for UKVer med prioritet 1 og 2 for problemkoder relatert til fuktindusert betongnedbrytning («avskalling», «støpesår», «lekkasje», «korrosjon», «kalkutfelling», «sprekker», «bom», «krakelering/hull», «karbonatisering» og «forvitring») på 1 for hver 25. bru. Tilsvarende frekvens for bruer med idriftsettelsesdato etter år 2000 er 1 for hver 125. bru.

Ser man på de minst alvorlige registreringene, UKV med prioritet 3, er forskjellen mindre, og tilsvarende tall er omtrent 1,25 registreringer per bru idriftsatt før år 2000 og 0,55 registreringer per bru idriftsatt etter år 2000. Mindre betongskader som over tid potensielt kan påvirke den reelle levetiden til en konstruksjon er altså heller ikke uvanlig for nyere jernbanebruer. Bane NOR har i dag ingen praktisk erfaring med bestandigheten over tid for jernbanebruer bygd med «moderne betong», hverken med eller uten membran på brudekket, nettopp fordi disse bruene er relativt nye.

6.6 Eventuell korrosiv avrenning fra jernbaneballast

Under behandlingen av dispensasjonssøknad #525-002246 kommer det fram at datidens saksbehandler var opptatt av *«ballastpukkens evne til å avgi korrosive stoffer s-om sammen med vann kan bryte ned betongen»*. Se punkt 4.3. Dette kommer imidlertid fram av tekst lagt inn av søker etter samtaler med datidens saksbehandler, og ikke av tekst lagt inn av datidens saksbehandler selv. Av dispensasjonssøknaden og eposter fra tredjeparter kan det framstå som om denne bekymringen var knyttet opp til konkrete erfaringer fra Network Rail, men etter å ha konferert med datidens saksbehandler kan dette avkreftes.

Datidens saksbehandlers bekymring rundt avrenning av stoffer fra ballasten som potensielt kan være skadelige for betong kom fra egen erfaring som ansvarlig for de tekniske kravene til ballast i TRV, samt deltakelse i steinmaterialkomitéen i Standard Norge og i CEN-gruppen for jernbaneballast. Vedkommende peker på at det, til tross for krav i NS-EN 13450 «Tilslag for jernbaneballast» om at skadelige stoffer skal undersøkes og deklareres hvis de overskrider nasjonale normverdier for forurenset grunn, ikke er noe krav i regelverket om at ballasten skal ha et kjemisk innhold som ikke kan føre til avrenning av stoffer som er skadelig for betong. [22] [1] Vedkommende hevder også at det har vært flere saker hvor leverandører har prøvd å bli kvitt steinmasser som oversteg de nasjonale normverdiene oppgitt i forurensningsforskriften. [23]

Saksbehandler er ikke kjent med at skadelig avrenning fra jernbaneballast i praksis skal ha ført til skade på eksponerte betongkonstruksjoner, hverken nasjonalt eller internasjonalt.

6.7 Regelverk og praksis hos andre jernbaneinfrastrukturforvaltere

For å vurdere Bane NORs krav til fuktisolering av jernbanebruer med betongdekke og ballastspor er det relevant å undersøke hvilke krav andre jernbaneinfrastrukturutbyggere og -forvaltere stiller. Det er i forbindelse med dette arbeidet er utført en del oversettelse gjennom Google translate, noe som i enkelte tilfeller kan påvirke hvor presis gjengivelsen er på norsk. Undersøkelsen har primært rettet seg mot bruk av fuktisolasjon. Hvilke eventuelle andre krav som stilles til bestandighet av betongkonstruksjoner er kun undersøkt for Sverige og Finland.

6.7.1 Sverige (Trafikverket)

Trafikverkets TRVINFRA-00227, «Bro och broliknande konstruksjon, Byggande» stiller ikke krav til fuktisolering av brudekker av betong med mindre det er en samvirkebru, eller det befinner seg en plattform på brua. Se Figur 3. [24]

6.2.7.1.3. Brobaneplatta för järnvägstrafik

K135050

Tätskikt ska bestå av flytapplicerat tätskikt enligt AMA, JBG.1. För brobaneplattor av betong med ballastfritt spår godtas även flytapplicerat system enligt AMA, JBD.11, Tätskiktssystem utan skyddslager utan trafik enligt bilaga AMA JB/5.

Tätskikt ska anordnas på:

- samverkansbro med brobaneplatta av betong
- ståltrågsbro
- brobaneplatta av stål
- bro med plattform.

För samverkansbro ska tätskikt utföras minst på de delar av brobana som utsätts för dragspänningar i karakteristisk lastkombination i tillfällig dimensioneringssituation under utbyggnaden eller i varaktig dimensioneringssituation.

Råd

Se AMA, JBG.1.

Figur 3: Krav til fuktisolering av brudekker for jernbanebruer i TRVINFRA-00227 [24]

AMA, JBG.1 gjelder krav til flytapplisert fuktisolering av akrylat eller polyuretan og henviser videre til TDOK 2013:0531. [25] [26] Slitestyrke mot punktbelastning og friksjon fra togbelastet ballast skal rapporteres i henhold til metode fra *«SNCF, RT/CE/S (UK) test eller tilsvarende»*. [26]

I krav 6.2.7.1.2 i TRVINFRA-00227 stilles det for bruer med veg-, gang- og sykkeltrafikk også krav til fuktisolering av spennarmerte dekker, grunngitt med *«risiko for at korrosjonsfølsom spennarmering kan bli utsatt for klorider i kombinasjon med alvorlige konsekvenser av korrosjon på spennarmering»*. [24]

Videre stiller TRVINFRA-00227 krav til at prosjektering med hensyn til bestandighet skal gjøres med utgangspunkt i eksponeringsklasser, med 120 år dimensjonerende brukstid. Eksponeringsklasser for jernbanebrudekker oppgis generelt å være XC4/XF3 i tabell 5.3-1. Hvis flere eksponeringsklasser er relevante for en betongoverflate skal det strengeste kravet benyttes. Det stilles krav om at alle punkter på brudekket skal dreneres i punkt 6.2.6.4.2.2. I veiledningsteksten til kravet anbefales at overflaten skal gis 2 % (1:50) fall i lengderetning, og i tverretning ved avløp. Avløp fra brudekket bør ifølge veiledningsteksten til punkt 6.2.9.2.3 etableres med avstand ≤ 10 m ved fall i lengderetning mindre enn 1 %, eller den kan økes til 20 meter ved fall ≥ 1 %. TRVINFRA-00227 stiller ingen tilleggskrav til armeringsoverdekning ut over SS-EN 1992-2 som vil være utslagsgivende for dekket på en jernbanebru. TRVINFRA-00227 stiller så vidt saksbehandler kan se ingen tilleggskrav til betongkvalitet ut over SS-EN 1992-2.

6.7.2 Finland (Finnish Transport Infrastructure Agency)

I "Additional instructions for designing bridges" stiller Finnish Transport Infrastructure Agency i punkt 5.2 krav til fuktisolering av betongdekker. [27] De fire alternativene som trekkes frem er:

1. **Dobbel prefabrikkert asfaltmembran** over primet betong, beskyttet av en 50 mm betongstøp mot ballast. Betongstøpen kan armeres med nett (B500 K189) eller stålfiberarmering med spesifikasjoner som gitt i punkt 5.2.5.2 av [27]. Bruk av dobbel 10-15 mm gummimatte kan erstatte betongstøp som beskyttelseslag ved vedlikeholdsarbeider, og skal i så fall godkjennes av byggherre i hvert enkelt tilfelle. Det benyttes da fiberduk mellom øverste gummimatte og ballasten.

2. **Mastik** benyttes ved vedlikeholdsarbeider i tilfeller hvor det er vanskelig å gjøre underlaget jevnt eller tørt. Beskyttes av dobbel 10-15 mm gummimatte og fiberduk mot ballast.

3. **Flytapplisert fuktisolering av akrylat, polyuretan eller epoksy.** Beskyttet på samme måte som dobbelt prefabrikkert asfaltmembran beskrevet over.

4. **Fuktisolering ved bruk av dobbel 10-15 mm gummimatte** kan benyttes ved vedlikeholdsarbeider i tilfeller hvor man har kort tid til rådighet og betongdekket er i en dårlig tilstand som er uegnet til å feste fuktisolering i.

"Additional instructions for designing bridges" åpner imidlertid i punkt 5.2.5.5 også for å utelate fuktisolering for bruer med betongdekke på byggherres anmodning. I slike tilfeller skal det øverste laget i dekket støpes med en «rissfri, stålfiberarmert betong med høy tetthet», og det stilles krav til at vann skal dreneres effektivt bort fra dekket.

I «Eurocode application guide: Design of concrete structures – NCCI 2», tabell 4.1, plasserer Finnish Transport Infrastructure Agency overflaten av et brudekke beskyttet av fuktisolering i eksponeringsklasse XC3/XC4. [28] Nominell overdekning er satt til 40 mm, noe som med Δc_{dev} fra hoveddelen i EN 1992 resulterer i en minste overdekning, $\Delta c_{min,dur}$, lik 30 mm. Dette er tilsvarende krav til konstruksjonsklasse S4 for eksponeringsklasse XC4 etter EN 1992. Finsk nasjonalt tillegg til Eurokode er ikke sjekket. Trykkfasthetsklassen som kreves er C30/37, tilsvarende B30 etter norsk

notasjon. Dette er samme fasthetsklasse som angitt for eksponeringsklasse XC3/XC4 i EN 1992, tillegg E. [10]

Finnish Transport Infrastructure Agency stiller imidlertid tilleggskrav ut over Eurokode til frostbestandighet, da de viser til sitt eget nasjonale system med «P-verdier» i tabell 4.1 i «Eurocode application guide: Design of concrete structures – NCCI 2». [28] Konseptet med P-verdier er nærmere forklart i dokumentet «Production of infra concrete». [29] Kort forklart angis en P-verdi på enten P0, P30 eller P50, hvor P0 er betong uten krav til frostbestandighet og P50 er høyeste grad av frostbestandighet. Ut fra en sammenlikning basert på luftinnhold og v/c-tall alene kan man se av figur 1 i [29] at en SV-standard betong med v/c-tall på 0,4 og luftinnhold på 4,5 % tilsvarer P50.

6.7.3 England (Network Rail)

I «NR/L3/CIV/041: Waterproofing Systems for Underline Bridge decks» stiller Network Rail følgende krav til fuktisolering av jernbanebruer. [30]

> *«A Waterproofing System shall be applied to all new Underline Bridges and, when necessary and time is available for its application, to existing Underline Bridges undergoing major refurbishment or alteration.»*

I samme dokument defineres vanntettingssystem å være *«Et materiale eller en kombinasjon av materialer […] som installeres for å danne en ugjennomtrengelig barriere for å beskytte et brudekke mot skadevirkningene av vann»*. Bakgrunnen for kravet er oppgitt å være at *«Levetiden til en bru kan forlenges betydelig ved anvendelse av et effektivt vanntettingssystem».*

6.7.4 Spania (Adif)

I «NAP 2-0-0.1, ADIF Platform standard, Bridges and Viaducts, Railways» stiller ADIF krav til fuktisolering av jernbanebruer. [31] Fuktisoleringssystemet skal være prefabrikkert asfaltmembran med levetid opp mot 20 år. Asfaltmembranen skal overflatebeskyttes av et lag mineralgranulat eller polyurea- eller polyuretansystemer med levetid lengre enn 20 år eller «systemer av sementbaserte mørtler» med levetid mindre enn 10 år. I sporsonen(e) skal det i tillegg etableres beskyttelse i form av et minimum 30 mm tykt asfaltlag for ballastspor, eller et lag med mørtel for ballastfritt spor.

6.7.5 Andre land

Basert på samtaler med kolleger i SBB AG (Sveits), Banedanmark (Danmark), Infrabel (Belgia) og ProRail (Nederland) oppgir disse at det stilles krav i deres organisasjon til fuktisolasjon av dekket ved bygging av nye jernbanebruer i betong. De respektive landenes regelverk er ikke undersøkt ut over dette.

7 Vurdering av krav TRV:04851

7.1 Diskusjon

Saksbehandlers vurdering bygger på notatets foregående punkter, og kilder er ikke gjentatt her.

I jernbaneprosjekter medfører påføring av rissoverbyggende membran på brudekker av betong økte kostnader, økte klimagassutslipp og negativ konsekvens for framdrift. Dette blant annet på grunn av materialbruken i seg selv, strenge krav til klimatisering av dekket under påføring, og krav til etablering av asfaltlag som beskyttelse.

Påbud om bruk av rissoverbyggende membran på norske jernbanebrudekker av betong ble innført som et krav i Teknisk regelverk i 2014, tilsynelatende uten å følge de formalkrav til dokumentasjon av grunnlag som gjelder ved innføring av nye krav i regelverket. Kravet erstattet da et tidligere krav om bruk av «natriumsilikat eller tilsvarende» for fuktisolering av betongdekker. Det har ikke lykkes saksbehandler å finne ut nøyaktig når dette opprinnelige kravet ble innført, men det kan i det minste spores tilbake til 1990-tallet. Dette var en tid hvor man til dels hadde dårlig erfaring med betongkonstruksjoners bestandighet. I løpet av 1990-tallet begynte man imidlertid å stille strengere krav til betongens sammensetning og armeringens overdekning. Alvorlige fuktinduserte skader kan ikke sies å være et typisk problem for fuktpåkjente konstruksjonsdeler av norske jernbanebruer bygd med «moderne betong» fra og med siste halvdel av 1990-tallet. Det bemerkes likevel at Bane NOR som organisasjon har svært begrenset erfaringsgrunnlag for bestandigheten *over tid* for jernbanebruer bygd av moderne betong, nettopp fordi disse bruene er relativt nye. Dette gjelder både med og uten bruk av rissoverbyggende membran på brudekket. I 2022 ble kravet om bruk av rissoverbyggende membran også fjernet for bruer med fastspor, men beholdt for bruer med ballastspor fordi dekket ikke lar seg rutinemessig inspisere visuelt.

Dagens krav til prosjektering for bestandighet av betongkonstruksjoner gitt i Eurokode skal sikre at konstruksjonens brukbarhet, styrke og stabilitet er ivaretatt for en gitt miljøpåvirkning gjennom den dimensjonerende brukstiden, uten at det oppstår vesentlig reduksjon av bruksverdi eller behov for omfattende uforutsett vedlikehold. For et typisk norsk jernbanebrudekke vil Eurokode stille krav om minste overdekning på 35 mm, eller minimum 50 mm hvis brua er utsatt for luftbårne klorider. Bestandighet mot frost vil typisk utløse krav om bestandighetsklasse MF45 i henhold til Eurokode.

Siden et brudekke på en jernbanebru med ballastspor som tidligere nevnt ikke lar seg rutinemessig inspisere visuelt kan det være god grunn til å vurdere strengere krav til bestandighet enn hva som følger ved bruk av Eurokoden alene. I tillegg til krav om rissoverbyggende membran stilles det imidlertid flere andre innskjerpende krav relatert til brudekkets bestandighet i Teknisk regelverk. Minste overdekning i henhold til Teknisk regelverk skal være 60 mm, noe som medfører en økning av overdekning i henhold til Eurokode ($\Delta c_{dur,\gamma}$) på 25 mm for en typisk norsk jernbanebru, eller 10 mm hvis brua er utsatt for luftbårne klorider. Selv en økning på 10 mm vil ifølge Eurokode gi en betydelig reduksjon av sannsynligheten for korrosjonsskade for en gitt dimensjonerende brukstid. Ekstra slitelag av betong støpt monolittisk til konstruksjonen er nevnt som et alternativ til membran for beskyttelse av brudekke i andre lands regelverk for jernbane, i tidligere norske regelverk for veg, og i det nåværende norske regelverket for veg i spesialtilfellet med fugefrie slakkarmerte betongbruer på veger med grusdekke. Merk at i sistnevnte tilfelle er brudekket typisk ikke dekket av grus, og dermed inspiserbart visuelt. Se Tabell 3 for sammenlikning av krav til overdekning for typiske jernbanebrudekker.

Ut over innskjerpede krav til overdekning stiller Teknisk regelverk også krav om bruk av SV-betong i henhold til håndbok N400. Dette medfører blant annet bestandighetsklasse MF40, mot typisk krav til MF45 etter Eurokode, maksimalt v/c-tall på 0,4 mot 0,45 i Eurokode, og minste luftinnhold i fersk betong på 4,5 % mot 4,0 % i Eurokode. Altså kreves det i henhold til Teknisk regelverk en betong som både er tettere og mer robust med hensyn til frostbestandighet enn hva Eurokoden krever. For overside bruoverbygning med spennarmering stiller Teknisk regelverk krav til at beregningsmessig rissvidde skal kontrolleres minimum som for eksponeringsklasse XD1 eller en eksponeringsklasse som gir strengere grenseverdier i Eurokode. Dette er altså en innskjerping av kravet til beregningsmessig rissvidde for spennarmerte brudekker som ikke er eksponert for luftbårne klorider.

Tabell 3: Sammenlikning av krav til overdekning i NS-EN 1992 og Teknisk regelverk (TRV)

	NS-EN 1992; $\Delta c_{min,dur}$	TRV (N400); $\Delta c_{min,dur} + \Delta c_{dur,\gamma}$	$\Delta c_{dur,\gamma}$
Krav til minste overdekning i mm mot armeringsstål i typisk jernbanebrudekke ikke utsatt for luftbårne klorider (XC4/XF3)	35	60	25
Krav til minste overdekning i mm mot armeringsstål i typisk jernbanebrudekke utsatt for luftbårne klorider (XD1/XS1/XF3)	50	60	10
Krav til minste overdekning i mm mot spennstål i typisk jernbanebrudekke ikke utsatt for luftbårne klorider (XC4/XF3)	45	70	25
Krav til minste overdekning i mm mot spennstål i typisk jernbanebrudekke utsatt for luftbårne klorider (XD1/XS1/XF3)	60	70	10

Ser man bort fra dagens krav om rissoverbyggende membran kan man av diskusjonen over se at TRV likevel stiller flere tilleggskrav til brudekkets bestandighet for alle typiske jernbanebruer av betong med ballastspor. Mest konservative er disse tilleggskravene for dekker som ikke er utsatt for luftbårne klorider. Kravet om at beregningsmessig rissvidde for spennarmerte dekker skal regnes som om dekket er utsatt for luftbårne klorider uansett faktisk miljøpåvirkning gjør at regelverket stiller aller størst tilleggskrav for spennarmerte dekker som ikke er utsatt for luftbårne klorider. Størst grunn til å være konservativ har man derimot for spennarmerte dekker som er utsatt for luftbårne klorider. Dette på grunn av risikoen for at kritisk spennarmering skal kunne utsettes for kloridindusert korrosjon, kombinert med de alvorlige konsekvensene av brudd i spennarmering. Merk at jernbanebruer i spesielle tilfeller kan være utsatt for større miljøpåkjenninger enn hva som her er omtalt som typisk, for eksempel hvis brua ligger i tilknytning til plattform eller andre installasjoner som kan tenkes saltet.

Fuktisolering av brudekker med natriumsilikat vurderes som lite hensiktsmessig da slike produkter kan antas å ha liten effekt på betong med sammensetningen foreskrevet i Teknisk regelverk, både på grunn av innblandingen av pozzolaner og på grunn av betongens tetthet.

Saksbehandler opplever at et gjentagende argument for å fuktisolere jernbanebrudekker i betong er at utførelsesfeil potensielt kan føre til at konstruksjonen i praksis ikke oppnår den dimensjonerende brukstiden. Krav til prosjektering i Teknisk regelverk bør imidlertid være basert på at en utførelseskontroll gjennomføres og dokumenteres i henhold til krav for aktuell kontrollklasse i

NS-EN 1990, og at eventuelle avvik som skyldes utførelse utbedres på en måte som gjør at dimensjonerende brukstid stadig er ivaretatt.

Saksbehandler har ikke funnet belegg for å påstå at eventuell skadelig avrenning fra ballastpukk skal forekomme i et slikt omfang at det utgjør en reell risiko for betongbruers bestandighet i hverken nasjonal eller internasjonal litteratur. Tatt i betraktning de tilleggskrav Teknisk regelverk allerede stiller til bestandighet tillegges derfor ikke denne tematikken noe vekt i vurderingen.

Det er utført en overordnet undersøkelse av regelverk knyttet til fuktisolasjon av betongdekker for jernbanebruer i et utvalg av andre land. Denne undersøkelsen har ikke resultert i ny argumentasjon hverken for eller mot bruk av rissoverbyggende membran, som i alle tilfeller framstår som et ekstratiltak for å sikre betongens bestandighet ut over kravene som allerede stilles i Eurokode. Ut fra de landene som er undersøkt virker det vanligst i europeisk sammenheng å kreve rissoverbyggende membran. Dette tilleggskravet må imidlertid ses opp mot hvilke andre tilleggskrav som også stilles til betongens bestandighet. Her er Sverige og Finland undersøkt spesifikt. I Sverige stilles det for typiske jernbanebrudekker av betong hverken krav til rissoverbyggende membran eller betongens bestandighet ut over EN 1992, med unntak av føringer rundt drenering. I Finland stilles det i utgangspunktet krav om rissoverbyggende membran, men regelverket åpner også for å fravike fra dette i tilfeller hvor overdekningen støpes med en «rissfri stålfiberarmert betong med høy tetthet». Med unntak av tilleggsføringer for frostbestandighet, hvor den høyeste standardiserte finske klassen virker å tilsvare SV-betong, stiller heller ikke det finske regelverket andre krav til betongens bestandighet ut over EN 1992.

Basert på en overordnet vurdering av fordeler og ulemper ved fuktisolering sett i sammenheng med de øvrige konservative krav som allerede stilles til bestandighet av betongkonstruksjoner langs norsk jernbane, samt historisk saksbehandlingspraksis knyttet til temaet, anbefaler saksbehandler at krav TRV:04851 liberaliseres. Saksbehandler foreslår at dette utføres gjennom fjerning av generelt krav til fuktisolering av betongbruer med ballastspor. Fuktisolering i form av rissoverbyggende belegg påføres likevel i tilfeller hvor:

- Dekket er utsatt for korrosjon fremkalt av klorider i eksponeringsklasse XD2, XS2 eller høyere. Rissoverbyggende fuktisolering av brudekker med høy kloridpåkjenning er bransjestandard både i Norge og i utlandet, og vurderes som et hensiktsmessig tiltak for å sike bestandighet ut over de krav som allerede stilles til betongkonstruksjonen i seg selv. Dette medfører en liten innskjerping av dagens krav for spesialtilfellet bruer med ballastfritt spor og høy kloridbelastning. Konsekvensen av denne innskjerpingen vurderes imidlertid å være marginal fordi det kun unntaksvis bygges bruer med ballastfritt spor i Norge, og fordi bygging av jernbanebruer i eksponeringsklasse XD2, XS2 eller høyere i seg selv vil være uvanlig.

- Dekket er skjult av ballast, har spennarmering i overkant og er utsatt for korrosjon fremkalt av klorider uansett eksponeringsklasse. Dette som et tiltak for å sikre bestandighet i tilfeller hvor man har kombinasjon av en overflate som ikke lar seg rutinemessig visuelt inspisere, spennarmering følsom for korrosjon fremkalt av klorider, og et ikke-duktilt bruddforløp.

Krav til fuktisolering av samvirkekonstruksjoner med betongdekke beholdes.

7.2 Innstilling

7.2.1 Saksbehandlers innstilling, endringsartikkel 3204

Dagens krav er gjengitt under.

> *«For betongkonstruksjoner med ballastspor skal betongoverbygningens overside og kantbjelkers innside påføres fuktisolering type A3 iht. prosess 87.13 etter Statens vegvesen håndbok R762, Prosesskode - 2 (2018)»*

Dette anbefales erstattet av et nytt krav for fuktisolering av jernbanebruer, som i tillegg til endret krav til fuktisolering av betongkonstruksjoner (inkludert samvirkekonstruksjoner) også omfatter krav til fuktisolering av stålkonstruksjoner flyttet fra TRV:04853:

> *«**TRV: (NYTT KRAV)***
> ***Fuktisolering av jernbanebruer:** Brudekkets overside og kantbjelkers innside skal påføres fuktisolering for:*
>
> - *Betongdekker utsatt for korrosjon fremkalt av klorider med spennarmering i overkant og ballastspor. Fuktisolering skal være type A3 i henhold til prosess 87.13 etter Statens vegvesen håndbok R762, Prosesskode - 2 (2018).*
> - *Betongdekker utsatt for korrosjon fremkalt av klorider i eksponeringsklasse XD2, XS2 eller høyere. Fuktisolering skal være type A3 i henhold til prosess 87.13 etter Statens vegvesen håndbok R762, Prosesskode - 2 (2018).*
> - *Samvirkekonstruksjoner med betongdekke. Fuktisolering skal være type A3-3 i henhold til prosess 87.13 etter Statens vegvesen håndbok R762, Prosesskode - 2 (2018).*
> - *Stålkonstruksjoner. Fuktisolering skal være system 6 eller system 7 i henhold til Bruer_og_konstruksjoner/Prosjektering_og_bygging/Overflatebehandling_av_stålkonstruksjoner#Beleggsystemer. I tillegg skal det legges 2 lag fiberduk over ståldekke før utlegging av ballast.*

I tillegg anbefales følgende endringer utført i TRV 525.4.3.3, som foreslått i endringsartikkel 3204 med unntak av mindre justeringer:

> *«**TRV: (NYTT KRAV)***
> ***Fuktisolering av konstruksjoner i løsmasse:** Fuktisolering av konstruksjoner i løsmasse skal utføres i henhold til Statens vegvesen håndbok N400 Bruprosjektering (2024) 12.2.5 og 12.2.6.*
>
> *~~TRV:04851~~ UTGÅR (eksisterende krav til fuktisolasjon for betongbruer med ballast fjernes og erstattes av forslag til nytt krav for fuktisolering av jernbanebruer)*
>
> *~~TRV:04852~~ UTGÅR (eksisterende krav til fuktisolasjon av trekonstruksjoner er ivaretatt av referanse til N400 for prosjektering av overgangsbruer i TRV:05186)*

~~TRV:04853~~ UTGÅR (eksisterende krav for stålkonstruksjoner flyttes til nytt krav for fuktisolering av jernbanebruer)

TRV:04854 (BEHOLDES UENDRET)
Dokumentasjon av fuktisolering: *Type fuktisolasjon skal angis på oversiktstegning.»*

7.2.2 Saksbehandlers innstilling, dispensasjonssøknad #525-003101

Innstilling for den enkelte konstruksjon, med begrunnelse, framkommer av Tabell 4.

Tabell 4: Innstilling, konstruksjoner omfattet av dispensasjonssøknad #525-003101

Navn	Innstilling	Begrunnelse
Guåker kulvert	Avslås	Konstruksjon i løsmasse er underlagt krav til fuktisolering i henhold til TRV:08125 og N400 punkt 12.2.
Fokholgutua kulvert	Innvilges	Jernbanebrudekke ikke utsatt for korrosjon fremkalt av klorider. Innvilges iht. punkt 7.1.
Kausvol jernbanebru	Innvilges	Jernbanebrudekke ikke utsatt for korrosjon fremkalt av klorider. Innvilges iht. punkt 7.1.
Karl Johan Jernbanebru	Innvilges	Jernbanebrudekke ikke utsatt for korrosjon fremkalt av klorider. Innvilges iht. punkt 7.1.
Ottestad Bru	Innvilges	Jernbanebrudekke ikke utsatt for korrosjon fremkalt av klorider. Innvilges iht. punkt 7.1.
Brenneribekken sør	Innvilges	Jernbanebrudekke ikke utsatt for korrosjon fremkalt av klorider. Innvilges iht. punkt 7.1.
Gaustad overgangsbru	Avslås	Overgangsbru og det er derfor TRV:05186 som stiller krav til fuktisolasjon. Søker har ikke sannsynliggjort at brua ikke kan saltes ila. levetiden. Søker har hverken oppgitt ansvarsforhold for brua eller for vegen over den.
Brenneribekken nord	Innvilges	Jernbanebrudekke ikke utsatt for korrosjon fremkalt av klorider. Innvilges iht. punkt 7.1.
Norstad overgangsbru	Avslås	Overgangsbru og det er derfor TRV:05186 som stiller krav til fuktisolasjon. Søker har ikke sannsynliggjort at brua ikke kan saltes ila. levetiden. Søker har hverken oppgitt ansvarsforhold for brua eller for vegen over den.
Sandvikavegen bru	Innvilges	Jernbanebrudekke ikke utsatt for korrosjon fremkalt av klorider. Innvilges iht. punkt 7.1.
Åkersvika trau sør	Innvilges	Jernbanebrudekke ikke utsatt for korrosjon fremkalt av klorider. Innvilges iht. punkt 7.1.
Åkersvika bru	Innvilges	Jernbanebrudekke ikke utsatt for korrosjon fremkalt av klorider. Innvilges iht. punkt 7.1.
Åkersvika trau nord	Innvilges	Jernbanebrudekke ikke utsatt for korrosjon fremkalt av klorider. Innvilges iht. punkt 7.1.
Gangkulvert Espern	Avslås	Konstruksjon i løsmasse er underlagt krav til fuktisolering i henhold til TRV:08125 og N400 punkt 12.2.
Østre Volla	Innvilges	Jernbanebrudekke ikke utsatt for korrosjon fremkalt av klorider. Innvilges iht. punkt 7.1.
Sentrumspassasjen	Avslås	Konstruksjon i løsmasse er underlagt krav til fuktisolering i henhold til TRV:08125 og N400 punkt 12.2.

Tangen Jernbanebru	Innvilges	Jernbanebrudekke med ballastspor utsatt for korrosjon fremkalt av klorider, med spennarmering i underkant. Innvilges iht. punkt 7.1.
Kjellsvea Jernbanebru	Avslås	Jernbanebrudekke med ballastspor utsatt for korrosjon fremkalt av klorider, med spennarmering i overkant. Avslås iht. punkt 7.1.

7.2.3 Saksbehandlers innstilling, dispensasjonssøknad #525-003116

Tangenvika jernbanebru har et spennarmert dekke som ikke er utsatt for korrosjon fremkalt av klorider. Overkant brudekke befinner seg ifølge søker i eksponeringsklasse XC4/XF3.

I henhold til punkt 7.1 skulle dispensasjonssøknaden derfor kunne innvilges hvis betongdekket var prosjektert i henhold til de øvrige bestandighetskrav i Teknisk regelverk. Dekket er imidlertid prosjektert med en armeringsoverdekning på 65 +/- 15 mm i overkant, og saksbehandler kan ikke se at overdekningskrav for overflater lite tilgjengelige for inspeksjon og vedlikehold i henhold til krav TRV:05883 er overholdt.

Saksbehandler innstiller at dispensasjonssøknaden avslås.

7.3 Høring

Dette notatet er sendt på høring hos bruforvaltning og øvrige regelverksressurser innen konstruksjonsteknikk i Bane NOR. Det er også sendt til representant for byggeledelse i Bane NOR. Fra sistnevnte er det ikke mottatt tilbakemelding på høringen.

Høringsmerknadene er oppsummert i Tabell 5. To typiske argumenter mot regelverksendringen som går igjen blant flere fagressurser er:

a) Bruk av rissoverbyggende membran på brudekker av betong kan potensielt bidra til å forlenge den reelle brukstiden for en jernbanebru utover den dimensjonerende brukstiden på 100 år.

b) Bruk av rissoverbyggende membran på brudekker av betong kan potensielt redusere konsekvensene eventuelle utførelsesfeil får for konstruksjonens bestandighet.

Disse argumentene er kommentert av saksbehandler under merknad 4 og 5 i Tabell 5.

Tabell 5: Høringsmerknader til notat

Merknad nummer	Merknad fra	Punkt	Merknad
1	Kollega 1, Forvaltning	Generelt	Det er gitt noen innspill fra forvaltning til bruken av enkelte faglige begreper i dokumentet. Saksbehandlers kommentar: De fleste av innspillene er tatt til følge, med unntak av tilfeller hvor det aktuelle begrepet er del av et historisk sitat.
2	Kollega 1, Forvaltning	Generelt	Det er gitt en merknad om at det bør stilles krav til at membran skal benyttes ved spennarmering/forankring i områder med støttemomenter, fordi det hevdes at prosjektering mot trykkavlastning kun er mulig i områder med positive feltmomenter (underkant bruoverbygning). Saksbehandlers kommentar: Merknaden er ikke tatt til følge. Det er feil at overside bruoverbygning ikke kan prosjekteres mot trykkavlastning i områder med støttemoment. Utover dette er saksbehandler enig i at brudekker med spennarmering/ forankring i områder med støttemomenter bør vies stor oppmerksomhet både under prosjektering og bygging.
3	Kollega 2, Forvaltning	6.5 og 7.1	*«Jeg har sett såpass mange skader og dårlig arbeid at jeg har vært stor tilhenger av å legge membran for å øke sikkerhet og levetid uansett byggemåte og overdekning. Kan ikke huske å ha sett noen betongbruer uten riss eller andre skader.»* Saksbehandlers kommentar: Merknaden er hensyntatt gjennom nyansering av punkt 6.5 og 7.1, hvor det er: • Inkludert statistikk fra BaneData • Presisert at selv om *alvorlige* fuktinduserte betongskader ikke kan sies å være et typisk problem for nyere norske jernbanebruer så er mindre alvorlige skader heller ikke uvanlig for nyere betongbruer. • Presisert at Bane NOR som organisasjon ikke har noen erfaring med bestandigheten *over tid* for jernbanebruer bygd med «moderne betong», hverken med eller uten membran på brudekket.
4	Kollega 2, Forvaltning		*«Argumentet om at membran har kortere levetid enn betongen synes jeg er irrelevant. Hvis membranen holder i 30 år så vil betongen være beskyttet i den perioden og holde lengre selv om membran ikke fornyes. Det vil også være en ekstra sikkerhet mot utførelsesfeil så*

			lenge membranen holder. At brua skal vare i 100 år er målet ved bygging, men vi opplever at de fleste bruer fortsettes å brukes etter den tiden.» Saksbehandlers kommentar: Saksbehandler er enig i at bruk av membran potensielt kan bidra til å forlenge den reelle levetiden til en jernbanebru ut over kravet om dimensjonerende brukstid på 100 år, og dermed potensielt utsette en ukjent fornyelseskostnad jernbaneinfrastrukturforvalter om 100 år. Siden den reelle levetiden til en jernbanebru bestemmes av mange flere faktorer enn om brudekket utføres med eller uten membran vil det være usikkert, og variere fra tilfelle til tilfelle, hvor stort bidraget egentlig er. Konstruksjonen for øvrig vil stadig prosjekteres for en dimensjonerende brukstid på 100 år. Saksbehandler er også enig i at det ikke er uvanlig, og at det blir stadig vanligere på grunn av en aldrende brumasse, at reell brukstid for en norsk jernbanebru faktisk overskrider 100 år. Saksbehandler er ikke enig i at Teknisk regelverk bør angi krav som har til hensikt å overoppfylle kravet til dimensjonerende brukstid gitt av samme regelverk. Hvis Bane NOR som organisasjon, for eksempel basert på en samfunnsøkonomisk analyse, konkluderer med at norske jernbanebruer bør prosjekteres for en annen dimensjonerende brukstid enn 100 år mener saksbehandler at dette bør ivaretas gjennom revidering av krav til dimensjonerende brukstid (TRV:04844).
5	Kollega 2, Forvaltning		*«Å kutte ut membran der det ligger til rette for det vil spare tid og penger, men det forutsetter at arbeidene utføres korrekt med riktig betongkvalitet og overdekning. Vi forutsetter vel det i utgangspunktet, men kanskje må de som følger opp byggearbeidene minnes på problemstillingen. Bør det for eksempel være en ekstra kontroll på å måle overdekning etter støping og dokumentasjon på dette? Hvordan følger vi opp for eksempel nye jernbanebruer som bygges av SVV og andre?»* Saksbehandlers kommentar: Saksbehandler er enig i at bruk av membran på brudekker av betong potensielt kan redusere konsekvensene eventuelle utførelsesfeil får for konstruksjonens bestandighet, og at fjerning av krav om rissoverbyggende membran dermed fordrer en tett oppfølging fra byggherre.

			Saksbehandler mener imidlertid at krav til prosjektering i Teknisk regelverk bør være basert på at en utførelseskontroll gjennomføres og dokumenteres i henhold til de krav som er satt for aktuell kontrollklasse i NS-EN 1990, og at eventuelle avvik som skyldes utførelse utbedres på en måte som gjør at konstruksjonens dimensjonerende brukstid stadig er ivaretatt.
6	Kollega 1, Teknisk Regelverk	Generelt	Det er gitt noen innspill til rettinger og presiseringer av formuleringer i dokumentet. Saksbehandlers kommentar: Innspillene er tatt til følge.
7	Kollega 1, Teknisk Regelverk	4.1.4, angående sitat: *«En fuktisolasjon vil tilsvarende som overkant av brudekket ikke inspiseres. Levetid og bestandighet for en fuktisolasjon er trolig lavere enn en det for betongen, og en fjerning av fuktisolasjon vil dermed ikke ha konsekvenser for levetiden til betongen»*	*«Fjerning av fuktisolasjon har jo mulige konsekvenser for levetida til betongen. Her mener jeg at representanten for Prosjekter forvekslet dimensjonerende (eller teoretisk) brukstid med faktisk levetid til betongen.»* Saksbehandlers kommentar: Merknaden gjelder et historisk sitat fra andre enn saksbehandler. Merknaden gjengis her til informasjon.
8	Kollega 1, Teknisk Regelverk	4.1.4, angående sitat: *«Ettersom de fleste konstruksjonene våre er med ballastspor, vil det gi en vesentlig bedre effekt på økonomi og klima og miljø»*	*«De totale effektene på økonomi, klima og miljø av å ikke bruke membran er ikke så enkelt å vurdere da man kan ikke sikre at det ikke blir økte kostnader ifbm. oppfølgning av konstruksjonen, mulig behov for reparasjoner og ulemper for jernbanetrafikk tilknytt disse.* *Det samme gjelder effekter på klima og miljø. Økt faktisk levetid og mulig reduksjon behov for oppfølgning og reparasjoner pga. ekstra beskyttelsestiltak (membran) kan jo ha en positiv effekt i livssyklusvurderingen av konstruksjonen.* *Dermed er uenig i at man kan sikre at påstanden: "vil det gi en vesentlig bedre effekt på økonomi og klima og miljø" stemmer i alle tilfellene.»* Saksbehandlers kommentar: Merknaden gjelder et historisk sitat fra andre enn saksbehandler. Saksbehandler har likevel selv argumentert på liknende måte i punkt 7.1. Angående potensiell økning av reell brukstid ved bruk av membran henvises det til

			saksbehandlers kommentar under merknad nummer 4. Angående risikoen for at konstruksjonen ikke oppnår dimensjonerende brukstid på grunn av økte konsekvenser av byggefeil ved utelatelse av membran henvises det til saksbehandlers kommentar under merknad nummer 5.
9	Kollega 1, Teknisk Regelverk	4.3, angående sitat: *«Ren ubehandlet betong er et så å si vedlikeholdsfritt materiale. Ved bruk av membran og membranbeskyttelse som ikke har like lang levetid som betongen risikerer man at brua må stenges for vedlikehold når membranens eller membranbeskyttelsens levetid er ute og den skal skiftes»*	*«Enig i at ved bruk av membran man ikke bare risikerer men mest sannsynlig, eller med sikkerhet må man stenge brua for å bytte membranen etter at sertifisert levetida til membranen har gått ut, dette hvis man vil ha en pålitelig effekt av membranen ila. hele bruas (faktisk) levetid.* *Og det kunne kanskje til en viss grad stemme at "Ren ubehandlet betong er et så å si vedlikeholdsfritt materiale." som det står på sitatet, men med noen viktige nyanser som ikke er nevnt, dermed ville dette ha vært uttrykket med forsiktighet. For å være helt saklig burde kanskje prosjekterende ha presisert at ren ubehandlet betong er i teorien et materiale som har potensialt lave vedlikeholdskostnader særlig sammenlignet med andre materialer, men dette hvis alle forutsetninger for god bestandighet legges på prosjekteringsfasen (*), forutsettingene lagt til grunn i prosjektering ivaretas gjennom hele utførelsesfasen (fra produksjon og transport og til støpt, komprimering og etterbehandling) og hvis med rutinemessig og planlagt oppfølgning ila. levetida kan kartlegges status slik at eventuelt behov for reparasjoner elle vedlikeholdsarbeider som avviker av dem som er forutsatt kan planlegges i tide.* *Altså her må poengteres at det er mange ledd som er involvert i hvilken kvalitet eller bestandighet nås ved ferdig bygd betong konstruksjoner og at svikt i noe av disse leddene kan gi lavere bestandighet enn forutsatt, dermed viktig å presisere at det i teorien kan man si at det er et materiale som har potensialt lave vedlikeholdskostnader sammenlignet med andre materialer, men som krever da oppfølging for å kunne påse at ferdigbygd konstruksjonen oppfører seg som teoretisk forutsatt, også på oversida (på samme måte som resten av brua inspiseres til tross for at denne kan ha blitt prosjektert og bygd etter nyere standarder).* *Uansett hvordan man uttrykker dette med bestandigheten/vedlikeholdsbehov til betongen (som kan bli sikkert en evig diskusjon) så virker det tydelig at fuktisoleringen gir en positiv effekt sett som ekstra beskyttelses tiltak i en overflate som i vanlig driftssituasjon er vanskelig å inspisere, og at en av dens største fordeler kan nemlig være å justere oppfølgnings-/inspeksjonstidsintervall etter den sertifiserte fuktisolerings levetid.*

			(*) Blant annet standardkrav, valg av overdekninger, materialvalg, sørge for god drenering/avrenning og minimering av tilgang på vann og fukt, valg tverrsnittutforminger som tillater god komprimering og minimerer sårbare detaljer, riktig armeringsføring ifbm. dette, valg som legger til rette for oppfølging av potensielle utsatte detaljer...» Saksbehandlers kommentar: Merknaden gjelder et historisk sitat fra andre enn saksbehandler. Merknaden gjengis her til informasjon. Angående risikoen for at konstruksjonen ikke oppnår dimensjonerende brukstid på grunn av økte konsekvenser av byggefeil ved utelatelse av membran henvises det til saksbehandlers kommentar under merknad nummer 5.
10	Kollega 1, Teknisk Regelverk	5.2, angående sitat: *«Membran benyttes hovedsakelig på vegbruer og betong-konstruksjoner som er utsatt for salting»*	*«Påstanden stemmer ikke helt med dagens praksis i en rekke land (minst dem som er nevnt under pkt. 6.7 som har krav på membran på oversida av nye betong jernbanebruer)»* Saksbehandlers kommentar: Merknaden gjelder et historisk sitat fra andre enn saksbehandler. Merknaden gjengis her til informasjon.
11	Kollega 1, Teknisk Regelverk	5.2, angående sitat: *«Dimensjonerende brukstid (levetiden) på brukonstruksjonen øker ikke ved bruk av membran»*	*«Stemmer for dimensjonerende brukstid men ikke nødvendigvis for (faktisk) levetid»* Saksbehandlers kommentar: Merknaden gjelder et historisk sitat fra andre enn saksbehandler. Merknaden gjengis her til informasjon.
12	Kollega 1, Teknisk Regelverk	5.2, angående sitat: *«Bruk av membran gir både økte kostnader og økte klimagassutslipp uten at det øker bruas «verdi»»*	*«Se også kommentar ifbm. dette med "effekt på økonomi og klima og miljø" under pkt. 4.1.4 side 8 og pkt. 7.1 side 26* *Fukt og vann er tilstede i alle betong nedbrytningsmekanismer og kjemiske prosesser. CO2 er også sammen med fuktighet tilstede i karbonatisering som på lang sikt kan ødelegge passiveringen av armeringen.* *Noen kjemiske prosesser er uunngåelig over tid og man kan kun redusere hastigheten av disse gjennom valg av riktig betongkvalitet og overdekning slik at konstruksjonen skal nå en minst teoretisk dimensjonerende brukstid.*

			Ekstratiltak som avviser vann og hindrer CO2 inntrenging bidrar til en ekstra reduksjon på hastigheten av disse prosessene. Dermed hvis et ekstratiltak er riktig utført kan man ikke påstå at den ikke økes bruas verdi. *Etter det her resonnementet har en bru som har vært beskyttet med membran mer verdi enn en bru som aldri har hatt membran. Kan være enig i at hvilken merverdi får brua av å ha vært overflatebehandlet og hvor relevant er dette ift. totale kostnadene kan være vanskelig å fastsette, men er uenig i påstanden at det ikke øker bruas "verdi".»* Saksbehandlers kommentar: Merknaden gjelder et historisk sitat fra andre enn saksbehandler. Merknaden gjengis her til informasjon. Angående potensiell økning av reell brukstid ved bruk av membran henvises det til saksbehandlers kommentar under merknad nummer 4.
13	Kollega 1, Teknisk Regelverk	5.2, angående sitat: *«Jernbanebruer er «hardt» oppspent og har lite riss hvilket bidrar til å bedre bestandigheten»*	*«Ikke alle jernbanebruer er oppspent.»* Saksbehandlers kommentar: Merknaden gjelder et historisk sitat fra andre enn saksbehandler. Merknaden gjengis her til informasjon.
14	Kollega 1, Teknisk Regelverk	5.2, angående sitater: *«Kravet er 75 +/- 15 mm.»* og *«(65 +/- 15 mm) er valgt iht. «Statens vegvesen håndbok N400 Bruprosjektering»*	Det er gitt to merknader angående feil i referanser til ulike overdekningskrav i dispensasjonssøknad #525-003116, hvor det argumenteres for at overdekningskravet for spennarmering i brudekket (hvis spennarmeringen ligger ytterst) skal være: 90 +/- 20 mm etter N400 (2015) 85 +/- 15 mm etter N400 (2024) Og for øvrig armering: 75 +/- 15 mm etter N400 (2015) 75 +/- 15 mm etter N400 (2024) Saksbehandlers kommentar: Avviket skyldes tillegg fra absoluttverdi av ΔCdev i henhold til NS-EN 1992-1-1 pkt. 4.4.1.3 (1)P og tillegg fra N400 når spennarmering ligger ytterst. Angående krav til spennarmering ligger ikke denne ytterst i dekket på Tangenvika, så krav skal i så fall være:

			75 +/- 15 mm som oppgitt av søker. Den reelle overdekningen til spennarmeringen i brudekket på Tangenvika oppgis uansett å være langt større (150 mm). Angående krav til øvrig armering i overkant dekke er saksbehandler enig i at denne burde være 75 +/- 15 mm etter dagens TRV og N400, på grunn av tillegg i N400 for overflater lite tilgjengelig for inspeksjon og vedlikehold. Dette tillegget virker ikke å være hensyntatt for det aktuelle brudekket. Merknaden tas til følge og saksbehandlers innstilling til dispensasjonssøknad #525-003116 endres fra anbefales innvilget til anbefales avslått.
15	Kollega 1, Teknisk Regelverk	5.2, angående sitat: *«Benyttet eksponeringsklasse i prosjekteringen er XC4/XF3 som tilfredsstiller krav uten membran»*	Det er gitt en merknad angående beregning av rissvidde etter krav TRV:05880. Saksbehandlers kommentar: Prosjektet er kjent med krav TRV:05880.
16	Kollega 1, Teknisk Regelverk	5.2, angående total besparelse	*«Hvis denne totale besparelsen gjelder kun byggekostnader direkte tilknyttet besparelse av membran, og besparelse i regelmessige vedlikeholdskostnader for erstatning av membran når levetida av denne utgår, foreslår at dette blir synliggjort (mener det er viktig å synliggjøre hva total estimert besparelse som er opplyst inneholder og hva ikke slik at dette ikke blir misvisende).* *Foreslår også at de totale byggekostnadene synliggjøres for å synliggjøre hvilken prosentandel denne besparelsen betyr.»* Saksbehandlers kommentar: Den estimerte besparelsen gjelder kun byggekostnader knyttet til materialer, rengjøring og utlegging i sommerhalvåret. Estimatet inkluderer ikke kostnaden av klimatisering av dekket vinterstid, eller en eventuell forsinkelse på opptil et halvt år hvis dette ikke er mulig (noe prosjektet selv hevder). Entreprisen Tangenvika jernbanebru har ifølge en artikkel på banenor.no en verdi på 1,8 MRD, noe som i så fall gir en besparelse på 0,3 %.

17	Kollega 1, Teknisk Regelverk	7.1, avsnitt 2 angående økte kostnader og klimagassutslipp	*«Burde kanskje nyanseres. Dette kan man med sikkerhet si ang. direkte bygge- og vedlikeholdskostnader som er utelukkende tilknyttet produksjon/utlegging og periodisk erstatning av membran etter at den går ut på dato (hvert 20-25 år, avhengig av sertifisert levetid). Det samme gjelder klimagassutslippet.* *Totale kostnadene og hvordan disse i det lange løpet kan bli påvirket av membran-krav liberaliseringen er trolig noe mye mer komplisert å estimere og for å være saklig burde dette vært nevnt.* *Her kan man ikke garantere at det ikke blir noen økte kostnader ift. fuktisolert brudekke (kommer kun på dem som virker mest åpenbare, se nedenfor(*)). Om disse og/eller evt. andre blir kompensert av besparelsene i byggeprosjektet og dem som resulterer av periodisk vedlikehold for erstatning av membran er ikke er så lett å si, derfor burde dette ang. kostnadene uttrykkes med forsiktighet, særlig fordi det ikke er kun utbygging men også forvaltningen av infrastrukturen som bestemmer de totale kostnadene.* *(*) Tenker for eksempel på:* *-Kostnader for rutinemessig oppfølgning av konstruksjonen som kan bli muligens større for en ubeskyttet og lite tilgjengelig betongoverflate enn det det hadde vært for et brudekke beskyttet med membran (forutsetter at det aksepteres at man kan stole på membranen uten at denne blir inspisert før sertifisert levetid går ut på dato, noe som er kanskje dagens praksis). Her må forøvrig forvaltning ta stilling på hvilke utfordringer de ser ang. oppfølgningen av konstruksjonene hvis membran ikke er obligatorisk lenger og om de ser behov for å tilpasse sine rutiner etter det nye kravet.* *-Mulige økte kostnader i det hypotetiske tilfellet det blir større behov for reparasjoner ila. levetida i forhold til behovet for fuktisolert brudekke.* *-Mulig reduksjon oppetid (og sin kostnad) i tilfellet økt behov for inspeksjoner/reparasjoner ift. fuktisolert brudekke.* *-Også hvis bruk av membran som ekstra preventivtiltak bidrar til en økt faktisk levetid (ikke forveksle med teoretiske levetid eller dimensjonerende brukstid) så kunne dette blitt en ekstra gevinst for infrastruktur eieren når dimensjonerende brukstid går ut og som kan bidra til å kompensere for kostnadene av selve tiltaket samt dem tilknytt vedlikehold av dette og dermed øke bruas verdi.»*

			Saksbehandlers kommentar: Avsnittet omhandler spesifikt prosjekter, og er omformulert slik at dette kommer enda tydeligere fram. Angående potensiell økning av reell brukstid ved bruk av membran henvises det til saksbehandlers kommentar under merknad nummer 4. Angående risikoen for at konstruksjonen ikke oppnår dimensjonerende brukstid på grunn av økte konsekvenser av byggefeil ved utelatelse av membran henvises det til saksbehandlers kommentar under merknad nummer 5.
18	Kollega 1, Teknisk Regelverk	7.1, avsnitt 4	*«Her må det kanskje nevnes at forvaltning må ta stilling på om de likevel ser utfordringer med tanke på lite tilgjengelighet for visuell inspeksjon av oversida og hvordan de tenker kan håndtere disse hvis kravendringen blir godkjent.* *(Tenker på om forvaltning ser behov og har måter til å kunne avdekke uforutsette skader på oversida av brudekke uten direkte tilgang til den overflata, om de kan tenke på andre måter som kan være effektive for å følge opp den overflata, om de trenger å etablere en ny fast rutine med egen tidsintervall på dette eller er noe som kan fastsettes i inspeksjonsprogrammet for hver enkel bru ut i fra byggedokumentasjonen, sertifikater, betongprøver resultater, evt. dokumenterte avvik i betongproduksjonen eller utførelse (FDV dokumentasjonen).»* Saksbehandlers kommentar: Notatet er sendt på høring til bruforvaltning.
19	Kollega 1, Teknisk Regelverk	7.1, avsnitt 5 angående *«(og i nåværende for spesialtilfellet med fugefrie slakkarmerte betongbruer på veger med grusdekke)»*	Merknaden er kortet ned til det vesentlige for å øke lesbarheten av tabellen: *«Kanskje var ikke intensjonen å sammenligne dette med jernbane bru med ballastspor, men det at dette er nevnt som et alternativt i betongbruer på veger med grusdekke betyr ikke at man har grusdekke over selve brua, dermed er dette ikke sammenlignbar med fugefri slakkarmert betong- jernbanebru med ballastspor som ikke blir fuktisolert.* *Alternativet som er nevnt er nemlig bruk av et betongslitelag, dvs. at det er den ekstra betongtykkelsen (30 mm ekstra) som er støpt monolittisk med brudekke slikt at det kan kjøres rett på, dermed er dette synlig.* *Hvis dette brukes som argument bør kanskje poengteres at vegbru betongdekke er i dette spesialtilfellet synlig.»*

			Saksbehandlers kommentar: Det er inkludert en presisering om at brudekket i det nevnte tilfellet for vegbruer vil være synlig. Saksbehandlers hensikt var å vise til eksempler hvor økt overdekning erstatter membran i andre regelverk.
20	Kollega 2, Teknisk Regelverk	Generelt	*«Kommentarene er knyttet til noen "utsagn i hermetegn" i notatet, men kan godt knyttes til flere utsagn/punket i notatet uten at det er detaljert her.* *Noen av disse kommentarene kan med fordel byggeledere og forvaltning se nærmere på?»* Saksbehandlers kommentar: Notatet er sendt på høring til bruforvaltning og representant for byggeledelse. Kun forvaltning har gitt tilbakemelding, men det kan nevnes at dispensasjons-søknadene er sendt inn av byggeledelsen i de aktuelle prosjektene. Byggelederne i prosjektene hvor det er søkt dispensasjon har naturligvis ikke fått dokumentet på høring, av hensyn til habilitet.
21	Kollega 2, Teknisk Regelverk	4.1.4, angående sitat: «*Dagens krav til overdekning og bestandighetsklasse på betong overoppfyller gjeldene europeiske anbefalinger for 100 års levetid*»	*«Hva skjer med levetiden til konstruksjonen dersom det er støpefeil/skader: Støpereir, uttørkingsriss, frostskader, separasjon, Dårlige støpeskjøter ved støp, reparasjon og flikking. Blir dette oppdaget i tide? Blir det tilstrekkelig utbedret? Er det problemer knyttet til vinterstøp, reparasjoner og utbedringer vinterstid sett i sammenheng med legging av membran vinterstid?* *Dette sett i sammenheng med at betongoverflaten ikke er inspiserbar uten omfattende arbeider med balasten samt stenging av sporet.»* Saksbehandlers kommentar: Merknaden gjelder et historisk sitat fra andre enn saksbehandler. Merknaden gjengis her til informasjon. Angående risikoen for at konstruksjonen ikke oppnår dimensjonerende brukstid på grunn av økte konsekvenser av byggefeil ved utelatelse av membran henvises det til saksbehandlers kommentar under merknad nummer 5.
22	Kollega 2, Teknisk Regelverk	5.1, angående sitat: *«Betongarbeidene skal utføres i henhold til Prosesskode R762, som ved riktig utførelse gir tette konstruksjoner.»*	*«Hva skjer dersom noe går galt eller Prosesskoden ikke følges like nøye? Er det da et apparat og rutiner som settes i verk? Kan det hende at noen skader ikke lar seg utbedre innenfor rimelige grenser? Blir eventuelle svakheter oppdaget og tatt på alvor, eller blir de skjult eller vurdert som ubetydelige? Kan vi garantere at det ikke blir byggefeil og skader på betongen som ikke lett lar seg utbedre? Er det da i ettertid mulig å etablere membran, som kompensasjon for skader, innenfor kontrakten og før ballast og spor etableres?»*

			Saksbehandlers kommentar: Merknaden gjelder et historisk sitat fra andre enn saksbehandler. Merknaden gjengis her til informasjon. Angående risikoen for at konstruksjonen ikke oppnår dimensjonerende brukstid på grunn av økte konsekvenser av byggefeil ved utelatelse av membran henvises det til saksbehandlers kommentar under merknad nummer 5.
23	Kollega 2, Teknisk Regelverk	5.1, angående sitat: *«Membran har kortere levetid enn bruene, som fører til økt behov for drift og vedlikehold. Inspeksjon, vedlikehold og eventuelt utskiftning av fuktisolering vil påvirke trafikken i vesentlig grad. Dette medfører også økte kostnader for drift og vedlikehold.»*	*«Er det ikke også krav om å inspisere betong, uten membran, under ballasten? Vil ikke membranen utsette miljøbelastningen på betongen? ..det vil si forlenge levetiden. Levetiden til fuktisolasjonen kommer i tillegg til levetiden til betongen under ballasten. Den total levetid for konstruksjonen øker potensielt dersom betongen har en svakhet.»* Saksbehandlers kommentar: Merknaden gjelder et historisk sitat fra andre enn saksbehandler. Merknaden gjengis her til informasjon. Bane NOR stiller ikke i dag krav til inspeksjon av dekke under ballast, uavhengig av om dekket er beskyttet av membran eller ikke. Angående potensiell økning av reell brukstid ved bruk av membran henvises det til saksbehandlers kommentar under merknad nummer 4. Det er litt uklart hva som menes med *«Levetiden til fuktisolasjonen kommer i tillegg til levetiden til betongen under ballasten»*. Saksbehandler er uenig hvis det menes at dimensjonerende brukstid bru = dimensjonerende brukstid membran + dimensjonerende brukstid betong i brudekke.
24	Kollega 2, Teknisk Regelverk	4.1.4, angående sitat: «*Ettersom de fleste konstruksjonene våre er med ballastspor, vil det gi en vesentlig bedre effekt på økonomi og klima og miljø*»	*«Hva er besparelsen dersom levetiden på fuktisoleringen er 25 år? Konstruksjonen får potensielt 25 år lengre levetid. Satt litt på spissen vil det si for hver fjerde bru vill Bane NOR gjennomsnittlig spare kostnadene for ei hel bru med levetid 100 år.* *Hvor mye koster det å rive ei gammel bru og bygge ei ny bru dersom levetiden faktisk blir redusert? Eller sett i sammenheng at membran øker levetiden ut over 100 år? Vi sparer mye penger på eksisterende bruer som kan stå lengre enn 100 år.»* Saksbehandlers kommentar: Merknaden gjelder et historisk sitat fra andre enn saksbehandler. Saksbehandler har likevel selv argumentert på liknende måte i punkt 7.1. Angående potensiell økning av reell brukstid ved bruk av membran henvises det til saksbehandlers kommentar under merknad nummer 4.

25	Kollega 2, Teknisk Regelverk	5.1, angående sitat: «*Vedlikeholdsomfanget for konstruksjonene vil reduseres dersom dispensasjonen innvilges*»	*«Greier ikke å se at vedlikeholdsomfanget uten membran blir mindre. Betongen må vel også inspiseres, kanskje oftere uten membran?»* Saksbehandlers kommentar: Merknaden gjelder et historisk sitat fra andre enn saksbehandler. Merknaden gjengis her til informasjon. Bane NOR stiller ikke i dag krav til inspeksjon av dekke under ballast, uavhengig av om dekket er beskyttet av membran eller ikke.
26	Kollega 2, Teknisk Regelverk	Generelt	*«Savner en forholdsmessig kostnadsvurdering av prosjekter med og uten membran hvor en ser på laveste antatte kostnad og høyeste antatte kostnad. Dette med tanke på alle tilknyttede kostnader som byggefeil, inspeksjoner og levetidskostnader. Hva blir risikoen?»* Saksbehandlers kommentar: Merknaden er ikke tatt til følge. Saksbehandler vurderer at de nevnte kostnadene «inspeksjoner» og «levetids-kostnader» kan vurderes godt nok uten den komplekse analysen som etterspørres. Det kan for øvrig nevnes at en slik analyse heller ikke foreligger fra *innføringen* av kravet om rissoverbyggende membran i 2014. Bane NOR stiller ikke i dag krav til inspeksjon av dekke under ballast, uavhengig av om dekket er beskyttet av membran eller ikke. Inspeksjonskostnadene er dermed like. Hvis man skal forutsette at membranen skal fungere i hele bruas dimensjonerende brukstid vil imidlertid inspeksjonskostnadene med membran være langt høyere, siden membranen har langt lavere dimensjonerende brukstid enn betongdekket i seg selv. Det er ikke spesifisert hvilken «levetid» merknaden gjelder, men hvis det menes dimensjonerende brukstid er denne 100 år både med og uten membran, og levetidskostnadene er dermed lavere uten membran på grunn av redusert byggekostnad. Hvis det menes reell oppnådd brukstid henvises det til saksbehandlers kommentar under merknad nummer 4. Når det gjelder kostnadsvurdering av «byggefeil» har saksbehandler etter å ha konferert med merknadsstiller fått klarhet i at det dreier seg om en vurdering av eventuell merkostnad ved at konstruksjonen ikke oppnår dimensjonerende brukstid på grunn av byggefeil som får større konsekvens uten bruk av membran på brudekket enn med. Saksbehandler ser ikke hvordan en slik eventuell kostnad skal kunne vurderes på en fornuftig måte, og henviser for øvrig til kommentar under merknad nummer 5.

8 Referanser

[1] Bane NOR, «Teknisk regelverk,» 2024. [Internett]. Available: https://trv.banenor.no/wiki/Forside.

[2] Radcrete Pacific Pty. Ltd., *Radcon Formula #7 Brochure,* Sydney: Radcrete Pacific Pty. Ltd., 2012.

[3] Statens vegvesen, vegdirektoratet, «Håndbok R762, Prosesskode 2, Standard beskrivelse for bruer og kaier,» Oslo, 2018.

[4] Statens vegvesen, Vegdirektoratet, «Håndbok 145, Brudekker, Fuktisolering og slitelag, Retningslinjer,» 1997.

[5] Vegnormal N400 Bruprosjektering, Vegdirektoratet, 2024.

[6] Å. Tøsse, «Notat; Fuktisolasjon på bruer,» 2019.

[7] NS-EN 1992-2:2005+NA:2010: Prosjektering av betongkonstruksjoner, Del 2: Bruer, Brussel: CEN, 2005 / 2010 (NA).

[8] Dr. Ing. A. Aas-Jakobsen AS, «Arbeidsnotat, Utbygging Eidsvoll-Hamar (UEH), Venjar-Langset, Byggeplan Minnevika Jernbanebru, Konsekvens for levetid uten membran,» 2022.

[9] Norsk Betongforening, Publikasjon nr. 14, Spennarmeringsarbeider, Oslo: Norsk Betongforening, 2016.

[10] NS-EN 1992-1-1:2004+NA:2021: Prosjektering av betongkonstruksjoner, Del 1-1: Allmenne regler og regler for bygninger, Brussel: CEN, 2004 / 2021 (NA).

[11] Jernbaneverket / Bane NOR, *KU-029025-000_000_001, Prefabrikert Traubru type B, Totallengde 4,1m-8,6 m, Måltegning,* 2018.

[12] Jernbaneverket / Bane NOR, *KU-027542-000_001_001, Prefabrikert Platebru, Totallengde 4,1-8,6 m, Måltegning,* 2018.

[13] Jernbaneverket / Bane NOR, *KU-027543-000_001_001, Prefabrikert Platebru, Totallengde 4,1m-8,6 m, Armeringstegning,* 2018.

[14] Jernbaneverket / Bane NOR, *KU-029026-000_000_004, Prefabrikert Traubru type B, Totallengde 4,1-8,6 m, Armeringstegning.*

[15] «NS-EN 1990:2002+A1:2005+NA:2016: Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner,» CEN, Brussel, 2002 / 2005 (A1) / 2016 (NA).

[16] C. R. Hendy og D. A. Smith, Designers' guide to EN 1992-2, Eurocode 2: Design Of Concrete Structures, Part 2: Concrete Bridges, London: Thomas Telford Publishing, 2007.

[17] NS-EN 206:2013+A2:2021+NA:2022: Betong - Spesifikasjon, egenskaper, framstilling og samsvar, Brussel: CEN, 2013 / 2021 (A1) / 2022 (NA).

[18] The Concrete Society, «Technical Report No. 72, Durable Post-tensioned Concrete Structures,» The Concrete Society, Camberley, 2010.

[19] Statens Vegvesen, «Teknologirapport 2497 Vedlikehold av betongkonstruksjoner, Eva Rodum: Overflatebehandling av betongkonstruksjoner,» 2007.

[20] B. Pedersen, «Statens Vegvesens Rapporter, Nr. 517, Sementer med flygeaske og slagg: Lab- og felterfaringer, Etatsprogrammet Varige konstruksjoner 2012-2015,» Vegdirektoratet, 2016.

INTERN

[21] Bane NOR, «BaneData Innsyn,» 2024. [Internett]. Available: https://innsyn.banedata.no/Innsyn/.

[22] NS-EN 13450:2002+NA:2009: Tilslag for jernbaneballast, Brussel: CEN, 2002 / 2009 (NA).

[23] Klima og miljødepartementet, «Forskrift om begrensning av forurensning (forurensningsforskriften),» 24 06 2004. [Internett]. Available: https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2004-06-01-931.

[24] Trafikverket, «Krav med rådstekst, TRVINFRA-00227 Version 4.0, Bro och broliknande konstruktion, Byggande,» Trafikverket, 2023.

[25] Svensk Byggtjänst, AMA Anläggning 20, Allmän material- och arbetsbeskrivning för anläggningsarbeten, Stockholm: Svensk Byggtjänst, 2020.

[26] Trafikverket, «Krav, Tätskikt på broar, TDOK 2013:0531 Version 1.0,» Trafikverket, 2014.

[27] The Finnish Transport Infrastructure Agency, Väyläviraston ohjeella 4/2019, Täydentäviä Ohjeita Siltojen Suunnitteluun ("Additional instructions for designing bridges"), Helsinki: The Finnish Transport Infrastructure Agency, 2019.

[28] The Finnish Transport Infrastructure Agency, Väyläviraston ohjeella 5/2022, Eurokoodin soveltamisohje: Betonirakenteiden suunnittelu - NCCI 2 ("Eurocode application guide: Design of concrete structures – NCCI 2"), Helsinki: The Finnish Transport Infrastructure Agency, 2022.

[29] The Finnish Transport Infrastructure Agency, Väyläviraston ohjeella 41/2020, Infrabetonien Valmistus ("Production of infra concrete"), Helsinki: The Finnish Transport Infrastructure Agency, 2020.

[30] Network Rail, «NR/L3/CIV/041: Waterproofing Systems for Underline Bridge decks,» Network Rail, London, 2008.

[31] ADIF, NAP 2-0-0.1, Norma ADIF Plataforma, Puentes Y Viaductos Ferroviarios, 2a Edicion: Julio 2018+M1: Mayo 2019+M2: Enero 2024, ADIF, 2018.

BANE NOR

9 Vedlegg

Vedlegg 1: Notat, grunnlag for endringsforslag 2401 i 2019

INTERN

Notat

Til: Teknologi

Fra: Åsmund Tøsse

Telefon: 959 14 027

Dato: 5.7.19

Saksref.:

Kopi til:

Utført av:	Kontrollert av:
Åsmund Tøsse, 5.7.19	Vidar Vik, 12.8.19

Fuktisolasjon på bruer

Sammendrag

Teknisk regelverk angir per i dag krav om fuktisolering av betongdekker på jernbanebruer tilsvarende som det gjøres for veibruer. Jernbanebruer er utsatt for mindre miljøbelastning, og en tilstrekkelig beskyttelse kan antas oppnådd ved god overdekning, god bestandighetsklasse på betong og rissviddebegrensning i henhold til regelverk.

Det anbefales at kravet om fuktisolasjon av betongkonstruksjoner i teknisk regelverk punkt 3.3 a) fjernes fra regelverk.

Dette vil gi en vesentlig besparelse for kommende jernbanebruer.

Bakgrunn

I teknisk regelverk er det krav om en rissoverbyggende membran på jernbanebruer. Denne membranen tilsvarer membran som legges på vegbruer i dag, og det er henvisning fra Teknisk regelverk til SVVs R762 og prosesser der. Membranen er rissoverdekkende, og er en tilleggsbeskyttelse for dekke og armering. Statens vegvesen har gode erfaringer med bruk av membran.

Jernbanebruer skiller seg imidlertid fra vegbruer blant annet på to vesentlige punkter:

- Jernbane benytter ikke tinesalter
- Jernbane har ikke asfalterte dekker

Ettersom veisalter er hovedårsaken til at veibruer beskyttes med membran, og fraværet av asfalt kompliserer beskyttelsen av en membran, oppfattes det som hensiktsmessig å se på behovet for en fuktisolerende membran på jernbanebruer.

Gjeldende regelverk

Eurocode 2

Beskyttelse av armering i en betongkonstruksjon utføres etter regler om bestandighetsklasse for betong og overdekning er gitt i NS-EN 1992-1 NA.4.4.1.2 (5). I tillegg skal slakkarmerte konstruksjoner utføres med største beregnede rissvidde 0,39 mm og spennarmerte med største beregnede rissvidde 0,26 mm/0 mm i henhold til NS-EN 1992-1 NA.7.1N. Teknisk regelverk angir største tillatte beregnede rissvidde på spennarmerte konstruksjoner til 0 mm på oversiden og 0,2 på undersiden. [1][3]

Normalt sett vil en jernbanebru falle inn under eksponeringsklassene XC4 og XF3, mens bruddekker hos vegvesenet vil falle under XD3 og XF4, i henhold til eksponeringsklasser i tabell NA.1 i NS-EN 206. [7] Frostmotstand i gir krav om minimum MF45 i bestandighetsklasse for jernbanebruer og MF40 for veibruer i henhold til tabell NA.15 i NS-EN 206.[7] Videre gir det krav om minimum 35 mm overdekning for jernbanebruer og 50 mm for veibruer. Det kan argumenteres for at noen jernbanebruer er i kystnære strøk og dermed er i kategori XS1 eller XD1, som utløser krav om 50 mm overdekning.

Miljøbelastning for jernbanebruer i nærheten av vei, plattform eller andre installasjoner som kan saltes kan være høyere.

N400

Teknisk regelverk henviser til regler i NS-EN 1992, i tillegg til regler i N400. i N400 angis følgende regler for armeringsoverdekning i tabell 7.2:

Eksponeringsforhold og funksjonskrav	$C_{min,dur}$
- Oversiden av brudekker med fuktisolering - Konstruksjonsdeler der tilgjengeligheten for inspeksjon og vedlikehold er vanskelig, for eksempel i og ved fuger - Utstøpte peler, utført som tørrstøp eller undervannsstøp - Konstruksjonsdeler som kan bli eksponert for avisingsmiddel («salt»): • Pilarer, støttemurer etc nær saltet vegbane utsatt for saltsprut/-føyke (inklusive konstruksjonsdeler under terreng) • Konstruksjonsdeler utsatt for saltsprut og fuktighet hvor avvasking fra regnvær normalt ikke finner sted (for eksempel nedre del av vegger i kulverter, tunnelportaler, miljøtunneler osv. fra 2 m over vegbanen til underkant fundament) • Innerkant kantdragere og betongrekkverk • Sidekant brudekke og ytterste 2 m av underkant bruplate for bruer uten kantdrager/betongrekkverk • Innside av vinger og bakside frontvegger på landkar • Endebjelker og innside vinger på fugefrie bruer • Arealer under fugekonstruksjon som vil bli utsatt for saltholdig lekkasjevann	60
- Mot tørre og tilgjengelige hulrom, for eksempel i kassetverrsnitt og søyler	35
- Underkant fundamenter: • Mot betongavretting • Mot berg	 60 100
- Undervannsstøp - Konstruksjonsdeler i marint miljø: • Til en høyde på minst 12 m over høyeste astronomiske tidevann (HAT) i værharde kyststrøk • Til en høyde på minst 6 m over HAT i lite værharde kyststrøk	100
- Alle øvrige flater	50

Tabell 7.2: Minste overdekning av hensyn til bestandighet

Dette kan leses som at man ønsker 60 mm overdekning på overside brudekker, mens minimumskravet for jernbane etter Eurocode 2 vil være 35 mm.

N400 angir også toleranser på armering med c_{min} < 70 mm til å være 15 mm.

Teknisk regelverk har i dag krav om bruk av B45 SV-Standard i alle Bane NORs konstruksjoner. For å regnes som vanntett bør en betong ha v/c-tall maksimalt lik 0,45, og tilstrekkelig armering. B45 SV-standard er en betong som har bestandighetsklasse MF 40, med v/c tall maks 0,4 og luftinnhold på 4,5 %. Kloridinnhold er satt til maks 0,1 %, tilsvarende kloridinnholdsklasse Cl 0,10. [1][2]

Oppsummering

	NS-EN 1992/NS-EN 206	N400
Overdekning veibru, c_{min}	50 mm	60 mm
Overdekning bru marint miljø, c_{min}	60 mm	100 mm
Overdekning jernbanebru, c_{min}	35 mm	50 mm
Toleransekrav	10 mm	15 mm
Bestandighetsklasse veibru	MF40	MF40
Bestandighetsklasse jernbanebru	MF45	MF40

Ved å benytte B45-SV-Standard med overdekning 65 mm +/- 15 mm, overoppfyller vi kravene som stilles for jernbanekonstruksjoner i NS-EN 1992.

Overflatebehandling av betong

NS-EN 1504-2

Som en ekstra beskyttelse, kan det benyttes overflatebehandling av betong. Denne har til hensikt å redusere eller fjerne fuktinntrengning i betongen, og dermed forlenge levetid. Dette er særlig relevant for bruer som blir utsatt for saltvann.

I henhold til NS-EN 1504-2 deles systemer for overflatebehandling inn i tre underkategorier:

1. Vannavvisende impregnering
   Stoffer som trenger inn i betongen og gjør porene vannavstøtende. Dette produktet har begrenset inntrengningsdybde og er ikke UV-bestandige, og er trolig lite egnet for jernbanekonstruksjoner.
2. Impregnering
   Stoffer som trenger inn i betongen og lager tettende utfellinger i porer. Stoffene kan han en viss risstettende effekt. Impregneringer er i hovedsak basert på variasjoner av vannglass (natrium-/kaliumsilikater). Dette systemet har tidligere vært benyttet på jernbaneutbygging. De kan øke risiko for alkalireaksjoner [4] og ettersom virksomme stoffene skal reagere med fri kalsiumhydroksid, er de mindre egnet for betonger med stort innhold av flyveaske og silika [4]. Ettersom SV-standard har en del flyveaske og silika, vil det generelt være mindre egnet til å benyttes med en impregnering. Med v/c-tall på 0,4 har impregneringer begrenset effekt.
3. Belegg
   Filmdannende belegg med varierende tykkelse. Dette er foretrukke hos SVV, og har ved forsøk påvist 95 % reduksjon av kloridinntrengning [5]. Er rissoverbyggende og effektiv så fremt belegget er helt. Enkelte systemer trenger beskyttelse mot skader på belegg, for eksempel ved punktering fra pukkstein. Et punktert belegg vil ikke lenger gi ønsket effekt.

[4][5][6]

R762 Prosesskode for bruer

Svv har fire ulike systemer for full fuktisolering av sine brudekker, alle er av typen beleggdannende. A3-2 og A3-4 virker å være de mest anvendte.

1. A3-1 Epoksy og støpeasfalt
   Byggehøyde ca. 2 mm epoksy + 15 mm støpeasfalt, totalt 17 mm. Må sandstrøs for å ha god nok friksjon. Stor fare for blæredannelse, krever rask pålegging av slitelag i asfalt. Trolig mindre egnet for bane.
2. A3-2 Prefabrikkert membran og beskyttelseslag
   Asfaltmembran med tykkelse minst 4,5 mm og 15 mm beskyttelseslag med støpeasfalt
3. A3-3 Akrylat, polyuretan eller polyurea og heftlag
   Tykkelse 2 mm og beskyttelseslag av støpeasfalt på 12 mm.
4. A3-4 C60BP2 og Topeka 4s
   Byggehøyde 12 mm, støpeasfalt med ekstra motstandsdyktig bindemiddel.

[3]
Alle systemene er basert på et beskyttelseslag av asfalt under slitelag, noe som ikke er direkte overførbart til jernbane.

Teknisk regelverk

Frem til 2010, anga Teknisk regelverk vannsikring av betongdekker med natriumsilikat eller tilsvarende. Dette ble så, i mangel på et bedre produkt for jernbanebruer i betong, endret til å følge full fuktisolasjon A3 etter Vegvesenets prosesskoder R762.

Beskyttelseslag

Å beskytte et dekke med asfalt er lite ønskelig, det vil både kreve tid, ta plass og kreve maskiner som ellers ikke er på anlegget. En påstøp som beskyttelseslag vil enten få langt lavere levetid enn underliggende betong eller blir svært tykk dersom det skal oppfylle samme bestandighetskrav som betong i bru. En løsning med XPS har også vært benyttet, men er trolig lite egnet med hensyn til overføring av bremsekrefter til brudekke. Den rimeligste løsningen vil trolig være å benytte et beskyttelseslag av finsand, men dette vil også kreve en viss byggehøyde, kreve en viss tid til utlegging også kan gi uønskede finstoffer i ballastpukken.

Svensk regelverk, TDOK 2016:0204 Krav brobyggande

I sitt regelverk for bruer, har Trafikverket satt opp krav om fuktisolasjon (tätskikt) på veibruer, og på jernbanebruer med ståldekke og samvirkebruer i punkt G.2.3. Kravet om fuktisolasjon for jernbanebruer utført som samvirkekonstruksjoner kan begrenses til soner der det opptrer strekkspenninger i betongdekket ved karakteristisk last.[12]

Erfaringer med bruk av membran

Holmen gods
På bru for Holmen godsspor på drammensbanens km 51,6145 ble det benyttet Topeka 4s som fuktisolasjon i 2016. For å beskytte membran ble det støpt over et beskyttelseslag med 80 mm betong, se KU-005695 s. 4.

Kulvert Østfoldbanen/Ljan
På km 6,36, mellom Oslo og Ski ble det i 2014 lagt inn en plasstøpt kulvert under eksisterende spor. På denne er det benyttet membran tilsvarende krav som stilles i A3-2, men 50 mm XPS som

beskyttelse. Løsningen har kort byggetid og lav kost for arbeider på eksisterende bane, men kan gi problemer med sporstivhet, opptak av bremsekrefter og sporvedlikeholdvedlikehold på sikt. Se KU-007224.

Bruer Vestfoldbanen Farriseide - Porsgrunn
Bruene på Farriseide - Porsgrunn ble prosjektert med natriumsilikat i tidligfase, etter gjeldene regelverk på tidspunktet. Endring i regelverk kom før bruene ble bygget, og medførte utfordringer for prosjektet. Særlig det at fuktisolasjon hadde en antatt byggehøyde på 50-100 mm skapte utfordringer. Det ble i første omgang sendt inn en fravikssøknad til TRV, men dette ble ikke innvilget. Etter en del arbeid fra prosjektet, ble det likevel godkjent en løsning med bruk av Radcon 7, som er et vannglassbasert fuktisolasjonsprodukt.
Se for eksempel UVB-22-K-33308/BK.153988 eller UVB-21-K-52101/BK.153722

Merk at Radcon 7 oppgir i databladet at produktet ikke bør benyttes med betong med flyveaske i klasse F, som er foretrukket. Produktet er således lite egnet sammen med norsk betong med flyveaske, herunder SV-standard.[2][9][11]

Bru Stjørdalselva
Bruen på km 31.955 ble det benyttet fuktisolering med 5 mm polyurea på betongdekke og innerkant av stålvanger. [8]

Bru Stange stasjon
I 2004 ble det lagt inn to trespenns betongtraubruer på Stange på km 114,658. Disse er behandlet med Radcon 7.

Priser

Dersom man legger til grunn en pris på 300 kr/m2 membran, vil en typisk besparelse på en dobbeltsporet jernbanebru med innvendig bredde 12 m være 3600 kr/m. Dersom vi legger til grunn en kostnad på konstruksjoner før påslag på 200’ til 400’ kr/m, tilsvarer dette en kostnadsreduksjon på nesten 1-2 % for de fleste enklere bruene som skal bygges. 300 kr/m bør antas å være et forsiktig anslag, og i tilfeller der man i tillegg har et beskyttelseslag over membran, kan det bli vesentlig høyere.

Diskusjon

Det kan være besparelser i å redusere kvalitetskrav til bestandighetsklasse. Ettersom en nedgang i bestandighetsklasse (lavere v/c-tall) også normalt vil gi en lavere fasthet, og bruer normalt har høy utnyttelse, antas dette å gi en liten effekt, om noen. Dette muliggjør også fortsatt bruk av SV-Standard som er betong med høy kvalitet. Å gå ned på overdekningskrav fra et generelt krav på 65 +/- 15 mm til 50 +/- 15 mm vil gi en beskjeden besparelse, samtidig som det vil gi kortere levetid.

Fuktisolering oppgis av Vegvesenet som en av flere suksessfaktorer for å forlenge levetid på deres konstruksjoner. For jernbane har det nylig vært innført, og erfaringen er begrenset. Mange konstruksjoner utført fra 1995 til 2010 har vært utført uten fuktisolering, og det er i liten grad kjent at det er skader som følge av dette. Det har for enkelte konstruksjoner vært påført en fuktisolasjon med impregnering, som kan antas å ha liten effekt. Enkelte impregneringsprodukter har også oppgitt at de ikke er egnet i kombinasjon med flyveaske i betong. Bruer fra før 1995 har til en viss grad skader fra fukt, men dette er mindre relevante eksempler sett opp mot dagens krav til overdekning, betongkvalitet og tilslag.

Oppsummert virker fuktisolasjon ved belegg som en kostbar løsning med begrenset effekt for jernbanebruer. Fuktisolasjon ved bruk av impregneringsprodukter virker lite hensiktsmessig i kombinasjon med norske betonger med flyveaske og bestandighetsklasse MF45 eller MF40.

Konklusjon

Det foreslås at kravet om membran fjernes for alle betongkonstruksjoner, da betongsikring med betong med god bestandighetsklasse, tilstrekkelig overdekning og dimensjonerende rissvidder bør være tilstrekkelig sikring av armering.

Følgende krav anbefales:

- Overdekning generelt 65 +/- 15 mm
- Bestandighetsklasse MF40
- Rissviddekrav 0,39 mm
- Krav om fuktisolering for betongdekker fjernes

Dette vil gi følgende effekter:

- Lavere priser på jernbanebruer
- Raskere fremdrift ved bygging, spesielt kritisk for arbeider på eksisterende bane
- Mindre byggehøyde
- Redusert risiko for å skade overflatebehandling ved ballastrensing og annet sporvedlikehold
- Jevnt over er det usikkert om en membran på overside dekke vil ha like lang levetid som en jernbanekonstruksjon (>100 år). Vedlikehold eller utskiftning av membran vil kreve at spor og ballast fjernes, og må antas å være kostbart og tidkrevende.

Kilder

[1] Bane NOR (2019) *Teknisk regelverk JD525*

[2] Statens vegvesen (2018) *R762 Prosesskode 2 Standard beskrivelse for bruer og kaier*

[3] Standard Norge (2004) *NS-EN 1992-1-1:2004+A1:2014+NA:2018 Prosjektering av betongkonstruksjoner*

[4] Statens vegvesen (2007) *Teknologirapport 2497 Vedlikehold av betongkonstruksjoner, Eva Rodum: Overflatebehandling av betongkonstruksjoner*

[5] Standard Norge (2004) *NS-EN 1504-2:2004 Produkter og systemer for beskyttelse og reparasjon av betongkonstruksjoner - Definisjoner, krav, kvalitetskontroll og evaluering av samsvar - Del 2: Systemer for overflatebehandling*

[6] Byggutengrenser, Workshop Etterbehandling av betongoverflater, 2012, Lenke: https://issuu.com/byggutengrenser/docs/overflate_kompendium_15-2-12

[7] Standard Norge (2013) *NS-EN 206:2013+A1:2016+NA:2017 Betong - Spesifikasjon, egenskaper, framstilling og samsvar*

[8] IUP-00-K-04061/BK.153943

[9] Radcon formula #7,(8.10.12) Datasheet. Lenke: https://www.radcrete.com.au/sites/default/files/RF%237%20Datasheet_0.pdf

[10] Jernbaneverket/Bane NOR(1.1.2010) *Teknisk regelverk JD525*. Lenke: https://trv.jbv.no/tidligere-utgaver/Gammel%20versjon%20JD5xx%200107%202010/Bruer/525/t25-0407.pdf

[11] Bård Pedersen (2016*) Sementer med flyveaske og slagg: Lab- og felterfaringer, Statens vegvesen*

[12] Trafikverket (2018) *TDOK 2016:0204 Krav brobyggande, version 2.0*

Vedlegg 2; Notat, grunnlag for dispensasjonssøknad 525-002331 i 2022

INTERN

ARBEIDSNOTAT

Utbygging Eidsvoll – Hamar (UEH)

Venjar - Langset

Byggeplan

Minnevika Jernbanebru

Konsekvens for levetid uten membran

00	Første versjon	21.04.2022	AAJ/RUT	AAJ/AGR	AGR
Revisjon	Revisjonen gjelder	Dato	Utarb. av	Kontr. av	Godkj. av

Tittel: Minnevika Jernbanebru Konsekvens for levetid uten membran		AAS-JAKOBSEN
	Produsent:	Dr. Ing. A. Aas-Jakobsen AS
	Forfatter:	AAJ v/Rune Teigland
	Fagfelt:	Konstruksjon
	Doknr:	K-018
Prosjektnr.: 960301 Parsell: 10	Filnavn: K018 Minnevika Jernbanebru - Konsekvens for levetid uten membran .docx	

Innhold

1 OPPSUMMERING 3

2 BAKGRUNN 4

3 TVERRSNITT 4

4 DIMENSJONERENDE BRUKSTID (LEVETID) 5

5 NS-EN 1992-2, KAPITTEL 4 6

6 ERFARINGER FRA MEMBRAN BENYTTET PÅ ANDRE KONSTRUKSJONER I PROSJEKTET 7

7 JERNBANEBRUER GENERELT OG MINNEVIKA JERNBANEBRU SPESIELT 7

1 OPPSUMMERING

Vår anbefaling er at membranen på Minnevika jernbanebru kan sløyfes uten at det får konsekvenser for levetiden og kvaliteten til brua.

- Membran benyttes hovedsakelig på vegbruer og betongkonstruksjoner som er utsatt for salting. Det er ikke tilfellet for Minnevika jernbanebru.
- Minnevika jernbanebru er forberedt for å kunne stå uten membran ved valg av eksponeringsklasse og overdekning.
- Dimensjonerende brukstid (levetiden) på brukonstruksjonen øker ikke ved bruk av membran.
- Membran kan være et vedlikeholdspunkt med kortere levetid enn betongen i brua.
- Bruk av membran gir både økte kostnader og økte klimagassutslipp uten at det øker bruas «verdi».
- Jernbanebruer er «hardt» oppspent og har lite riss hvilket bidrar til å bedre bestandigheten.
- Bruplata i Minnevika ligger nær nøytralaksen i tverrsnittet og får trykkpåkjenning både over støtte og i felt i bruksgrensetilstanden.

2 BAKGRUNN

Minnevika jernbanebru er i utgangspunktet prosjektert med fuktisolasjon iht. krav TRV:04851 hvilket betyr asfaltmembran og membranbeskyttelse (asfalt) som tilsvarer samme fuktisolasjon som benyttes for vegbruer.

For vegbruer er membran et krav pga salting vinterstid. Problemet med salting finnes ikke for jernbanebruer og vi mener derfor at membran kan sløyfes uten at det går ut over levetiden til konstruksjonen.

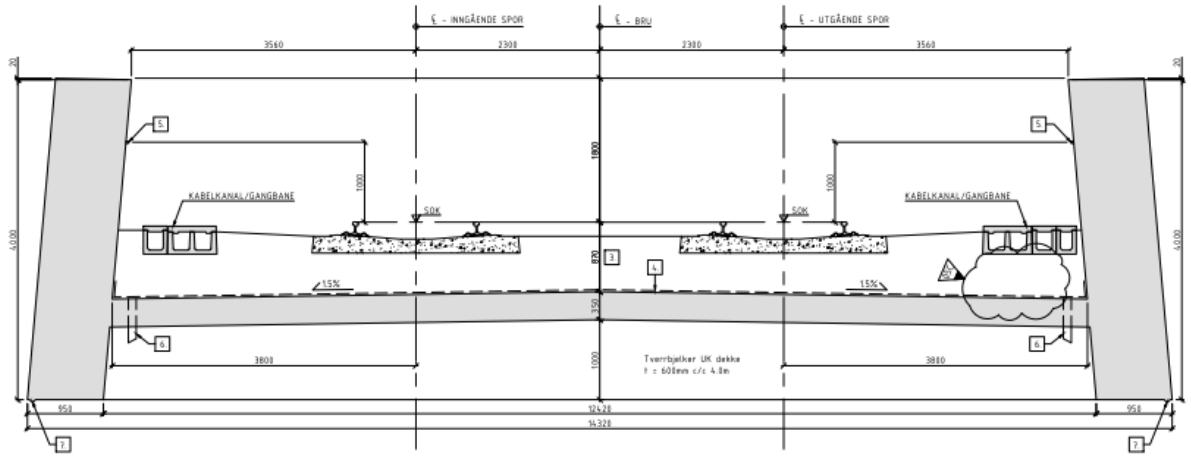
Bruk av membran gir både økte kostnader og økte klimagassutslipp uten at det øker bruas «verdi».

Kravet til membran på jernbanebruer i TRV er av relativ ny dato (fra 2014). Vår erfaring med bruer fra tiden før membran er at de klarer seg utmerket og at behovet for membran derfor bør vurderes.

Ren ubehandlet betong er et så å si vedlikeholdsfritt materiale. Ved bruk av membran og membranbeskyttelse som ikke har like lang levetid som betongen risikerer man at brua må stenges for vedlikehold når membranens eller membranbeskyttelsens levetid er ute og den skal skiftes. Med en to spors bru som i Minnevika må da all jernbanetrafikk mellom Eidsvoll og Hamar stenges i den tiden det tar å fjerne spor, ballast og membran samt legge nytt på den 836 m lange brua.

I andre land som f.eks. Sverige har de ikke krav til membran på jernbanebruer i ren betong enten de er spennarmerte eller ei.

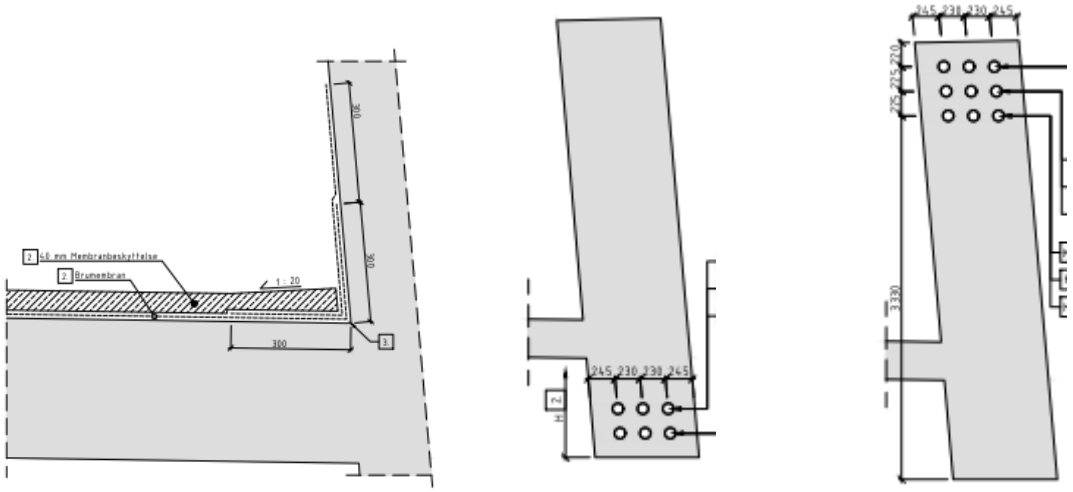
3 TVERRSNITT



Tverrsnittet av bruoverbygningen består av to langsgående spennarmerte bærebjelker som bærer mellom søyleaksene. Mellom bærebjelkene er det slakkarmerte tverrbjelker og brudekke.

En membran iht. TRV vil bli plassert på brudekket mellom de spennarmerte brubjelkene og vil dermed ikke føre til noen ytterligere beskyttelse av spennarmeringen. Spennarmeringen er meget

godt beskyttet med en overdekning langt over minimumskravet der den ligger innenfor slakkarmeringen.



Venstre figur viser hvordan den prosjekterte membranen legges på dekket inn mot de spennarmerte bærebjelkene.
I midten ser vi spennarmeringens plassering midt i felt og til høyre hvordan spennarmeringen er plassert over støtte.

Som figurene viser, vil ikke en membran gi noen spesiell beskyttelse av spennarmeringen sammenlignet med et tverrsnitt uten membran.

4 DIMENSJONERENDE BRUKSTID (LEVETID)

Brua er kontrollert for en dimensjonerende brukstid på 100 år iht. TRV:05882.

TRV:05882

a) Betongbruer skal kontrolleres for en dimensjonerende brukstid på 100 år.

Oppfylling av krav til bruas dimensjonerende brukstid gjøres ved valg av eksponeringsklasse og overdekning. Membran eller ikke er ikke en del av den betraktningen annet enn at man kan gå ned på eksponeringsklasse dersom man har membran.

Overkant brudekke på Minnevika jernbanebru er plassert i eksponeringsklasse XC4 hvilket betyr at den kan bli utsatt for «vekselvis vått og tørt». Ved å velge vekselvis vått og tørt har vi tatt hensyn til at brua skal kunne stå uten membran.
For brudekke med membran kan man iht. NS-EN 1992-2, NA.4.2 benytte eksponeringsklasse XD1 som betyr «moderat fuktighet».

Armeringsoverdekningen (65 +/- 15 mm) er valgt iht. «Statens vegvesen håndbok N400 Bruprosjektering» slik det kreves i TRV:05883.

Minnevika jernbanebru er prosjektert slik at den i hele sin forutsatte brukstid:

- Fungerer tilfredsstillende for det planlagte formål og den arkitektoniske utformingen.
- Oppfører seg tilfredsstillende under normalt påregnelige forhold med hensyn til bl.a. forskyvninger, setninger og svingninger.
- Er sikret bestandighet og funksjonsdyktighet uten unødig bruk av ressurser, uten membran og ved et normalt vedlikehold.
- Har tilfredsstillende sikkerhet mot utmattingsbrudd.
- Tåler alle forutsatte laster og deformasjoner med tilfredsstillende sikkerhet mot brudd eller tilstand som kan sammenlignes med brudd.
- Tåler alle forutsatte laster og deformasjoner med tilfredsstillende sikkerhet mot velting, oppløft, knekking eller annen virkning som vesentlig endrer konstruksjonens statiske system, funksjonalitet, levetid eller utseende.

5 NS-EN 1992-2, KAPITTEL 4

Brua uten membran oppfyller alle krav stilt i NS-EN 1992-2 kapittel 4 vedrørende miljøpåvirkninger. NS-EN 1992-2 gjelder bruer generelt og har derfor med en del krav som ikke er aktuelle for Minnevika jernbanebru.

Kapittel 4.2/NA.4.2:

- (104) Gjelder lukket tverrsnitt. Ikke aktuelt.
- (105) Eksponeringsklasse med membran er XD1. Benyttet eksponeringsklasse i prosjekteringen er XC4 som tilfredsstiller krav uten membran.
- (106) Gjelder ved salting. Ikke aktuelt.

Kapittel 4.3:

- (103) Gjelder ekstern spennarmering. Ikke aktuelt.

Kapittel 4.4/NA.4.4:

- (109) Bestemmelsene i NS-EN 1992-1-1 er overholdt.
- (114) Gjelder veibruer. Ikke aktuelt.
- (115) Gjelder erosjon ved is, rennende vann etc. Ikke aktuelt.

6 ERFARINGER FRA MEMBRAN BENYTTET PÅ ANDRE KONSTRUKSJONER I PROSJEKTET

På ENL prosjektet er det lagt membran på to mindre bruer, Julsruddalsevja og Strandheim samt over Kråkvål togkulvert.
Erfaringene derfra er at man må passe veldig godt på under utførelse dersom resultatet skal bli bra. På alle de tre konstruksjonene var det til dels mye bom mellom membran og betong (paddehatter). Noen av paddehattene var sågar fylt med vann.

7 JERNBANEBRUER GENERELT OG MINNEVIKA JERNBANEBRU SPESIELT

En jernbanebru har strengere krav til rissvidder enn andre samferdselskonstruksjoner som f.eks. vegbruer. Det betyr at det benyttes mere spennarmering i en jernbanebru hvilket sørger for større trykk i tverrsnittet og mindre riss.

Mindre riss betyr mindre sjanse for armeringskorrosjon og forvitring hvilket igjen øker levetiden til konstruksjonen.

På Minnevika jernbanebru har de nå støpt seg frem til akse 12 dvs de har støpt 11 spenn av bruoverbygningen. Vi som har vært ute på konstruksjonen flere ganger i uka har sett etter riss, men det finnes nesten ikke riss sett fra oversiden der membranen er tenkt plassert.

Det spesielle med Minnevika jernbanebru er at brudekket ligger nær nøytralaksen i tverrsnittet sett i lengderetning av brua. Brudekket vil derfor ikke få like stor påkjenning som brudekket i andre brutyper som f.eks. bjelkebru med underliggende bjelke.

Over støtte ligger brudekket under nøytralaksen hvilket betyr at den ligger i trykksonen og får trykk. I felt ligger brudekket over spennarmeringen på trykksiden noe som betyr at det alltid vil være trykk i bruplaten i bruksgrensetilstanden. Bruksgrensetilstanden er den tilstanden som brukes ved beregning av riss og en konstruksjons levetid.