

Uisolerede broer – en status

Dansk Brodag 2026

Christian von Scholten og Morten Holm Seneka Jespersen



COWI



Agenda

- Baggrund
- Tilstandsundersøgelser, Morten
 - Gennemførte undersøgelser
 - Resultater og restlevetider
- Forhold omkring uisolerede broer, Christian
 - Økonomi og CO2
 - Fordele og ulemper/udfordringer samt risici
 - Saltningsens betydning
 - Hvor kan broer udføres uisoleret?
 - Potentialer i øvrigt
 - Vejregel på vej
 - Forslag til undersøgelser

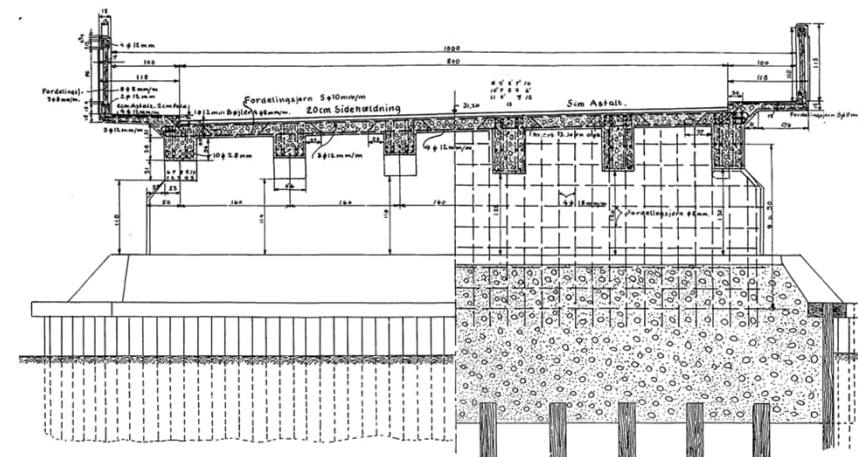


Baggrund

OF Bredalvej over E45, uisoleret, skulle nedrives, hvorfor det var interessant at få den tilstandsundersøgt inden nedrivningen. Og når vi nu var i gang var det oplagt også at undersøge nogle af de andre lidt ældre broer uden fugtisolering.

Historisk set har VD 26 broer og kommunerne mindst 13 broer udført som uisolerede broer. Næsten alle bygget efter 1985. Den ældste er fra 1937 på rute 12.

75 år gammel blev den undersøgt for klorider som viste 0,10% kloridindhold i 70 mm's dybde. Renovering med profileringsbeton og asfalt.



Hvorfor uisoleret ?

Hvorfor kan uisolerede broer være et interessant alternativ til den traditionelle og velfungerende fugtisolering?

For en typisk vejbro udgør omkostningen ved nyanlæg for fugtisolering + belægning typisk 5% - 10%. *)

Men omisoleringer er meget bekostelige og trafikantgenerne er væsentlige (tid+økonomi).

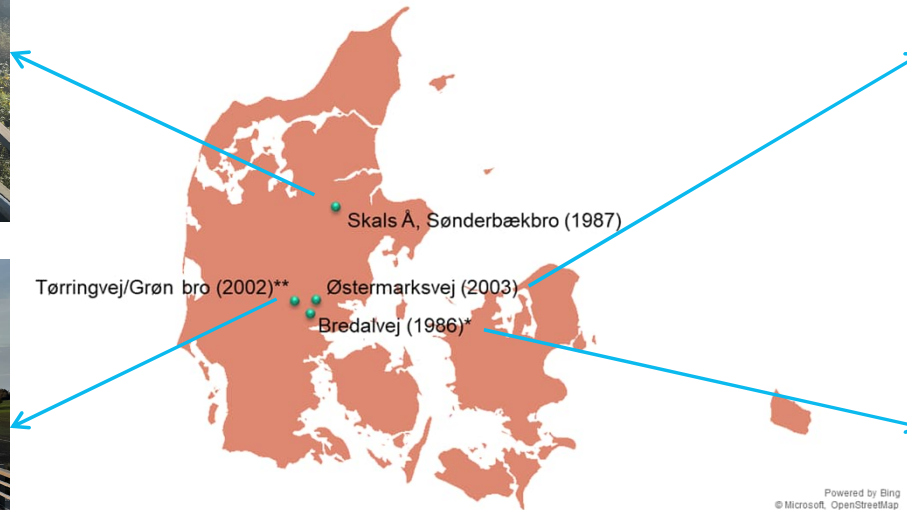
Betonen har de seneste 50 år fået en væsentlig højere kvalitet, er tættere og mere modstandsdygtig.

*) Baseret på entreprisetilbud på Kalundborgmotorvejen fase 3, 2025

Tilstandsvurdering 2024



De undersøgte broer - Placering



*Broen er revet ned sommeren 2024 i forbindelse med motorvejsudvidelse.

De undersøgte broer - Betonrecepter

Bygværk (evt. betontype)	Bredalvej – 1986	Skals Å – 1987	Grøn Bro (AR) - 2002	Grøn Bro (A0) - 2002	Grøn Bro (A1) - 2002	Grøn Bro (NY) - 2010	Østermarksvej* - 2003
Lavalkali cement [kg/m ³]	330	300	317	-	-	418	308
Rapid cement [kg/m ³]	-	-	-	317	238	-	-
Flyveaske [kg/m ³]	-	-	32	32	135	105	** (80)
Mikrosilica [kg/m ³]	33	30	18	18	18	-	** (20)
Vand [kg/m ³]	145	135	153	153	133	168	138
Sand [kg/m ³]	560	642	636	633	579	556	590
Sten [kg/m ³]	1261	1220	1160	1160	1160	1003	1269
v/c-forhold	0,37	0,375	0,42	0,42	0,41	0,37	0,45
Luft [vol.-%]	5,5	5,5-7,6	5,5	5,5	7	6	6,2
Trafiktal [ÅDT/ %-tung trafik]	1.174 / 5,9 (2024)	6.065 / 5,9 (2023)	2.589 / 4,7 (2022)				Ingen data
Vinterklasser	3	1	1				4

*Støberecept foreligger ikke i dokumentation, men er vurderet på baggrund af petrografisk tælling på plansnit og tyndslib af én kerne.

**Standardtilsætning for anlægsbeton fra Unicon i perioden.

Undersøgelser i 2024

De primære undersøgelser for overside af brodæk for de fire broer

- Visuel besigtigelse af overfladens tilstand
- EKP-målinger for overside af brodæk (Måling af igangværende korrosionsstrømme)
- Udtagning af borekerner til måling af kloridindtrængning og karbonatiseringsdybde

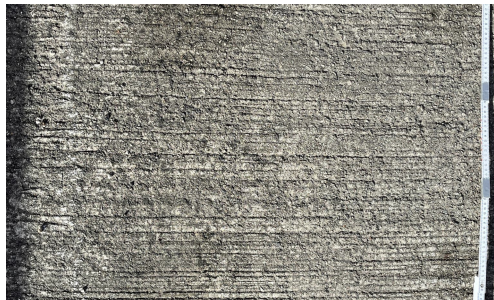
Tidligere undersøgelser af de 4 uisolerede broer:

- Bredalvej Undersøgelsesrapport august 2003
- Bredalvej Undersøgelsesrapport marts 2008
- Bredalvej Undersøgelsesrapport april 2014
- Bredalvej Undersøgelsesnotat januar 2015
- Skals Å Undersøgelsesprogram januar 2001
- Tørringvej, Grøn Bro Undersøgelsesrapport, Teknologisk Institut, januar 2006
- Tørringvej, Grøn Bro Undersøgelsesrapport, Teknologisk Institut, december 2009
- Vejdirektoratet, »Isoleringsfrie broer 1 - Fugtisolering af betonbroer i de nordiske lande (Rapport nr. 359),« Vejdirektoratet, Danmark, 2009.
- Vejdirektoratet, »Isoleringsfrie broer 2 - Betonslidlag - Tilstandsundersøgelser og anbefalinger (rapport nr. 360),« Vejdirektoratet, Danmark, 2009.
- *Østermarksvej er ikke tidligere undersøgt*

Overfladens tilstand og tekstur



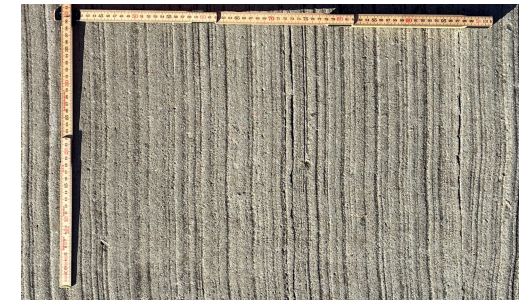
Bredalvej (1986)



Skals Å (1987)



Skal Å (1987) - Revner



Østermarksvej (2003)



Grøn Bro
Betontype: AR (2002)



Grøn Bro
Betontype: A1 (2002)



Grøn Bro
Betontype: A0 (2002)



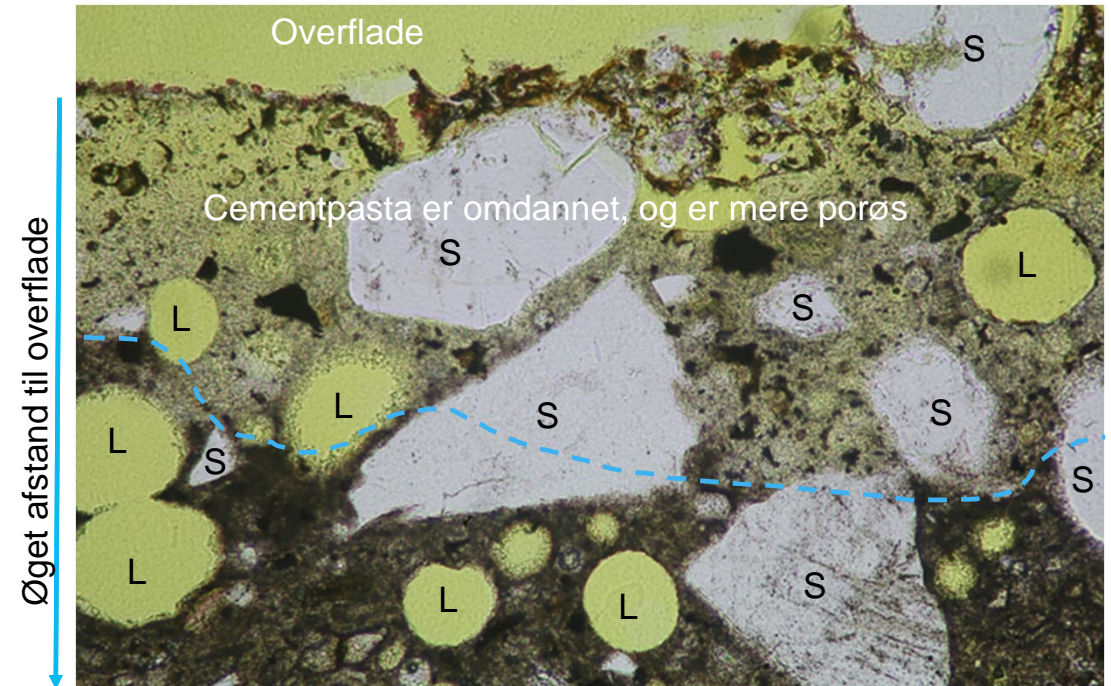
Grøn Bro
Betontype: Ny beton (2010)

Overfladens tilstand og tekstur

- Et step dybere for Østermarksvej (2003)



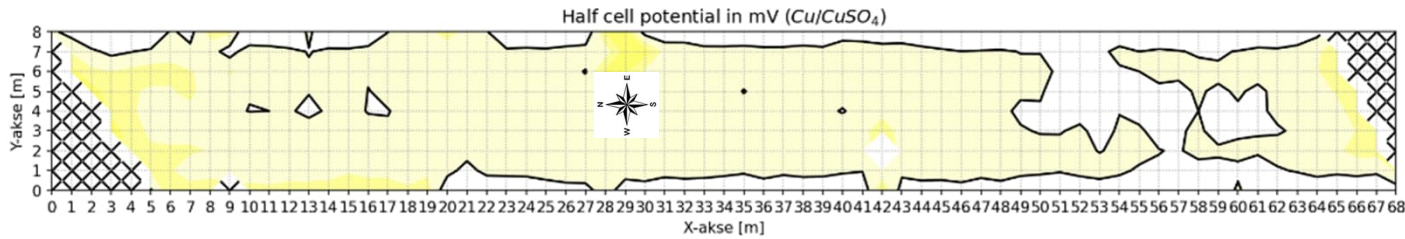
Foto af borehul



Udsnit fra tyndslib (0,6 - 0,9 mm) med overfladen opad.
S = Sand/sten; L = Luft

Screening for igangværende korrosion - øvrige broer

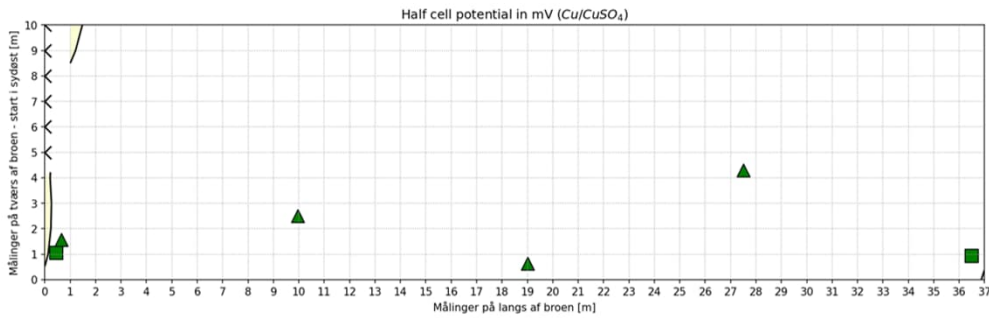
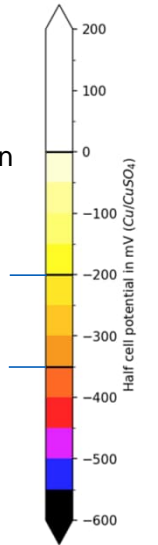
Bredalvej (1986)



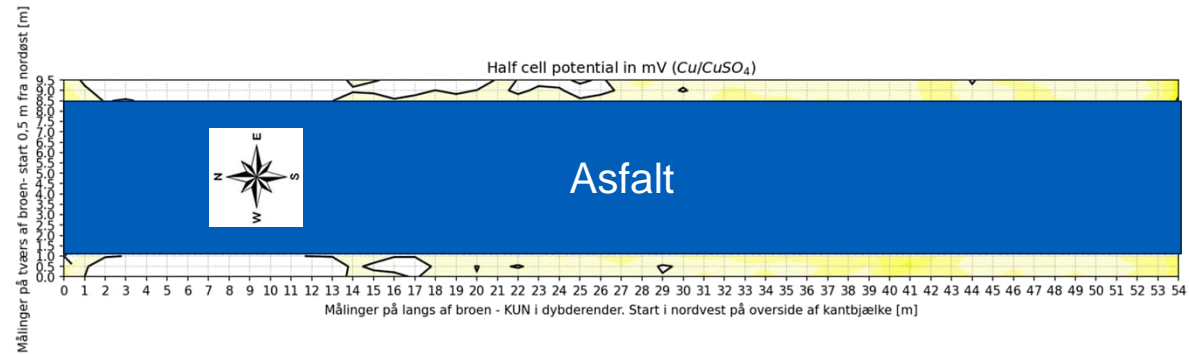
Ingen risiko for korrosion

Lille risiko for korrosion

Stor risiko for korrosion



Østermarksvej (2003)

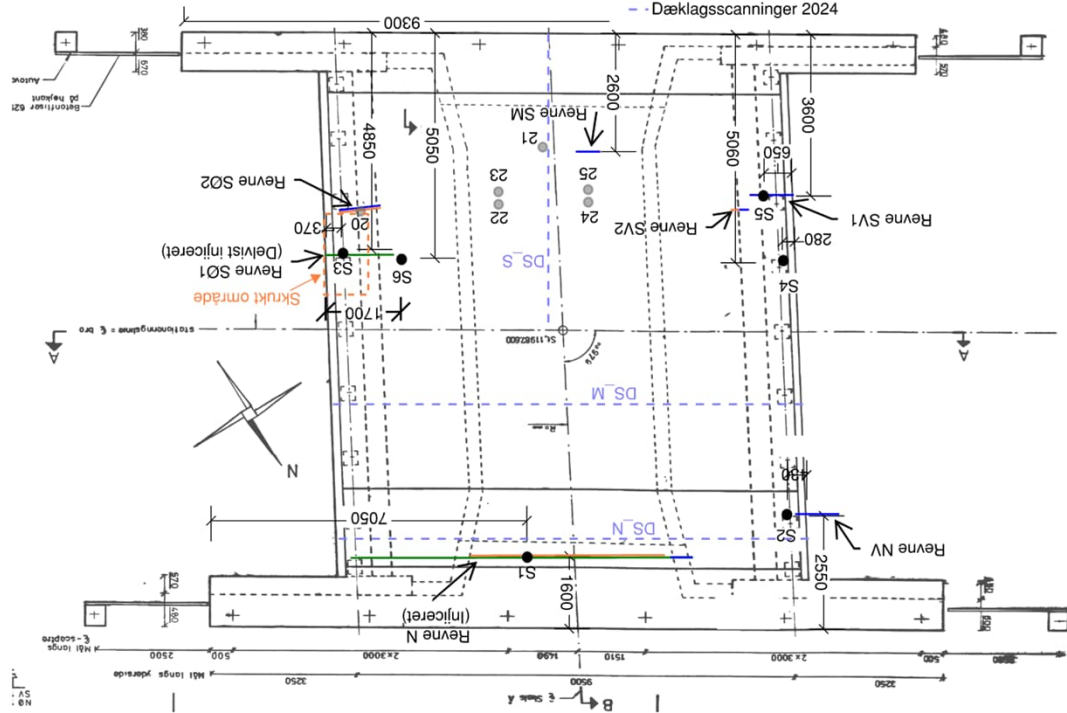


Grøn bro (2002+2010)

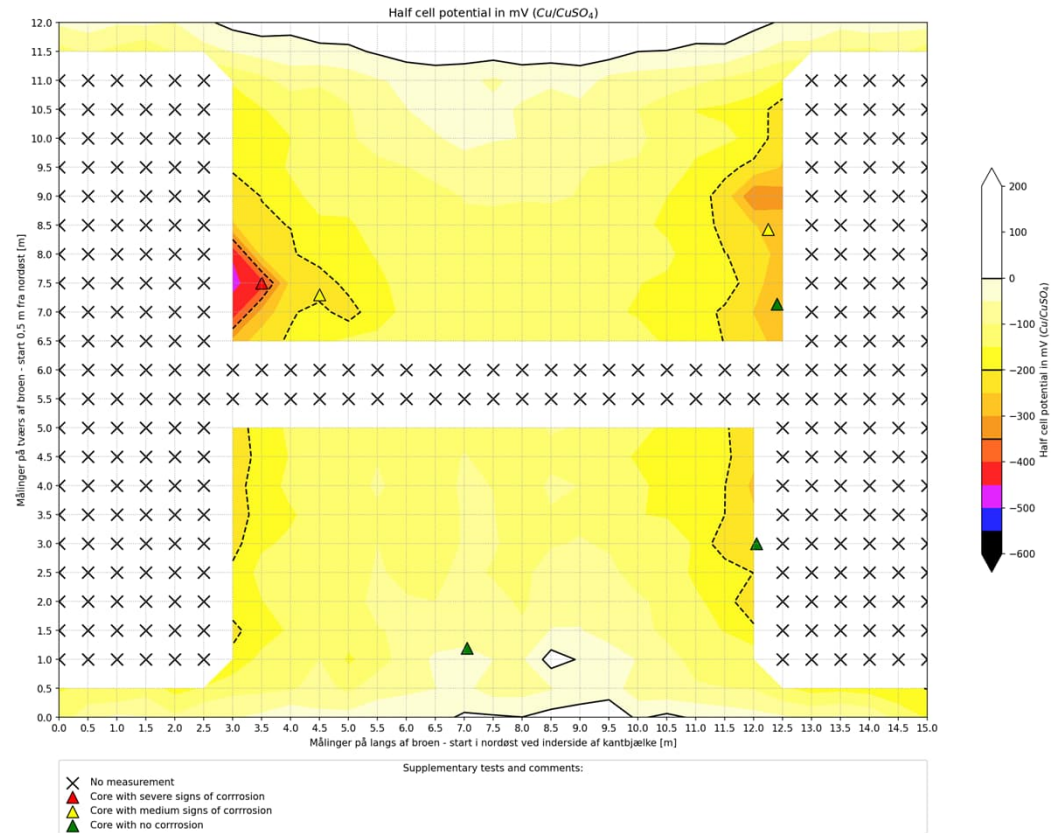
Planer

Skals Å (1987) - Screening for igangværende korrosion

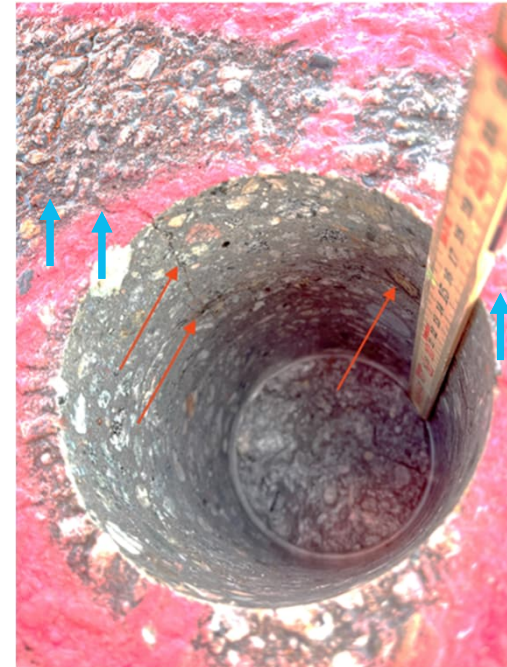
- Borekerner 2001
- Revner 2001
- Borekerner 2024
- Uinjicerede revner 2024
- Injicerede revner 2024
- Dæklagsscanninger 2024



Plan af bro



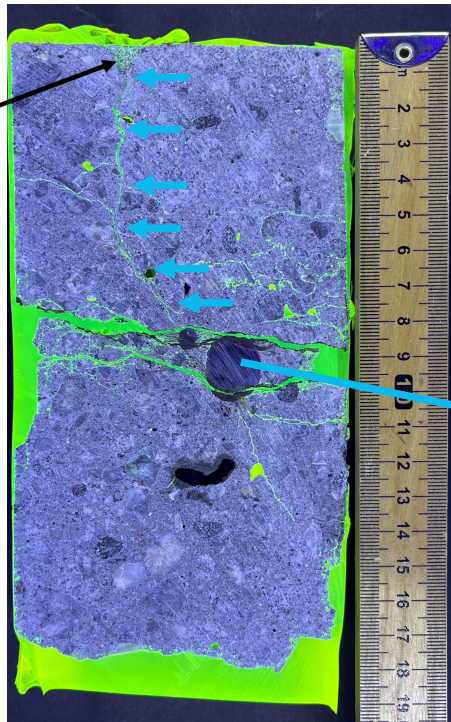
Skals Å (1987) – Revner og armeringskorrosion



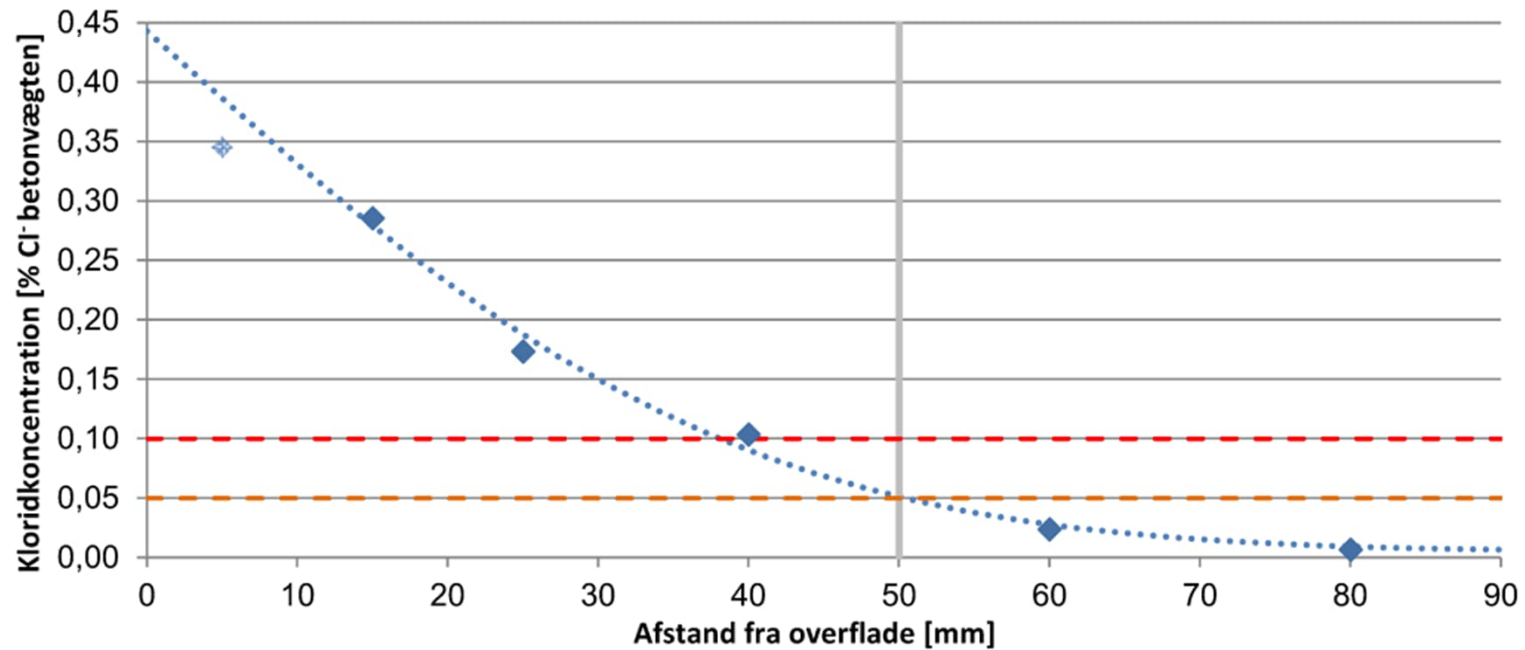
Skals Å (1987) – Revner og armeringskorrosion

Overside af dæk

"Revneforsegling"



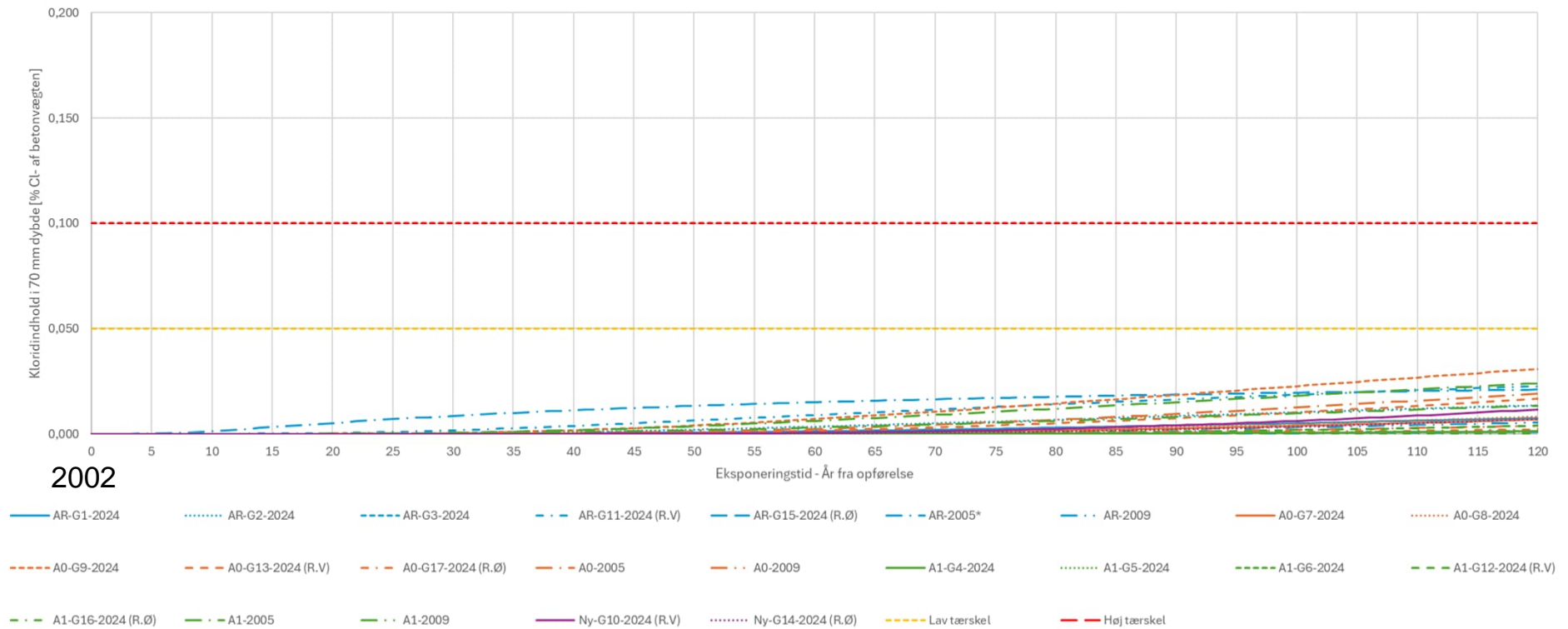
Kloridindtrængning jf. NT Build 443



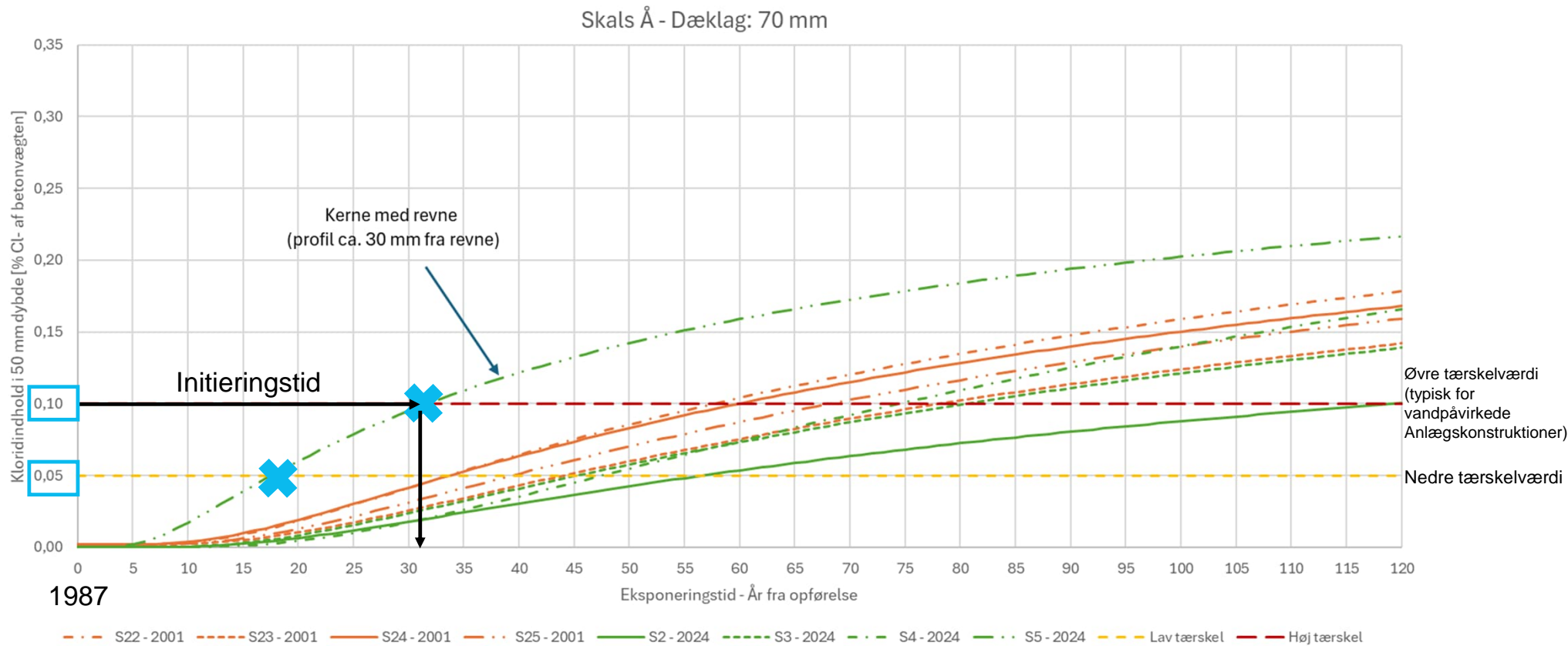
Eksempel fra Bredalvej (1986)

”Fremskrivning” af kloridudvikling 70 mm fra overfladen (Grøn bro - 2002)

Grøn bro - Alle betonyper - Dæklag: 70 mm



”Fremskrivning” af kloridudvikling 70 mm fra overfladen (Skals Å - 1987)



Vurdering af restlevetid i forhold til kloridindtrængning

50 mm dæklag

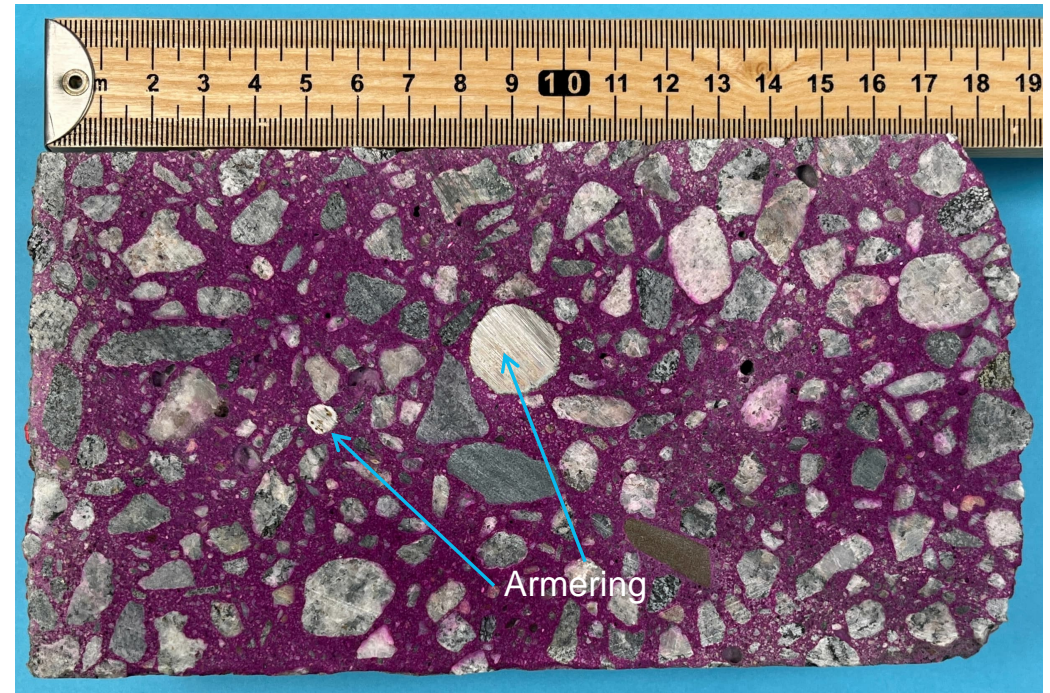
70 mm dæklag

Bygværk (evt. betontype)	Bemærkning til overflade	Initieringstid [år] i 50 mm dybde, ved en tærskelværdi på:		Initieringstid [år] i 70 mm dybde, ved en tærskelværdi på:	
		0,05 %	0,10 %	0,05 %	0,10 %
Bredalvej (1986)	Vejbane påført Conservado 30 ved opførelse	38-63	66-110	74-120	>120
	Rabat /dybderenden påført epoxy ved opførelse	57->120	94->120	>120	>120
Skals Å (1987)	Urevnet	23-29	38-61	45-57	75-119
	Ved revne*	9	16	18	32
Grøn Bro (AR) (2002)	I rabat (uden asfaltbelægning)	>120	>120	>120	>120
	Under belægning fra 2010	>120	>120	>120	>120
Grøn Bro (A0) (2002)	I rabat (uden asfaltbelægning)	109- >120	>120	>120	>120
	Under belægning fra 2010	88- >120	>120	>120	>120
Grøn Bro (A1) (2002)	I rabat (uden asfaltbelægning)	>120	>120	>120	>120
	Under belægning fra 2010	>120	>120	>120	>120
Grøn Bro (NY) (2010)	I rabat (uden asfaltbelægning)	109 - >120	>120	>120	>120
Østermarksvej (2003)	Ukendt	>120	>120	>120	>120

70 mm er foreskrevet minimumsdæklag for uisolerede broer i Projekteringsgrundlag for Broer (afsnit 4.2.2).

Karbonatisering og armeringskorrosion

Karbonatisering er ikke et problem for urevnet tværsnit for oversiden af broerne



Uisolerede broer og 120 års levetid?

Det er muligt, men

- det kræver ordentlig revnestyring i design, særligt med 70 mm dæklag.
- det kræver skærpet fokus ved udførelse og skærpede udfaldskrav for revner og overfladefinish.
- det vurderes nødvendigt at forny friktionen af hensyn til trafikanter for at opnå 120 års levetid.

Forhold omkring uisolerede broer



Økonomi og CO2-aftryk

Scenarier med uisolerede broer og broer med normal fugtisolering

Hvad er det samfundsmæssige potentiale med uisolerede broer i forhold til broer med normal fugtisolering?

- anlægsomkostninger
- vedligeholdelsesudgifter (120 år)
- CO2-aftryk (120 år)
- trafikgener

Scenarierne baseres på en bro som OF Bredalvej over E45, Broareal = 640 m²

Traditionel fugtisolerering		Vedligeholdsscenario (forudsætninger)
Beskyttelsessystem for armering		
S1	Dæklag 50 mm Bitumenbaseret membran og belægning	Slidlag udskiftes hvert 15. år Omisolering år 60
S2	Dæklag 50 mm Kunststofbaseret belægning	Kunststofbelægning udskiftes hvert 20. år

Uisoleret brodæk		Vedligeholdsscenario (forudsætninger)
Beskyttelsessystem for armering		
S3	Dæklag 70 mm	Profilfræsning for reprofilering år 30 og 90 Udskiftning af 50 mm dæklag år 60 (konservativ forudsætning) Betonreparationer, 3% af brodæk, mindre rep. år 15, 45, 75, 105
S4	Dæklag 70 mm	Tyndlagsbelægning, 30 mm asfalt i år 30 Udskiftning af tyndlagsbelægning år 60 og 90 Beton-/asfaltreparationer, 3% af brodæk, mindre rep. år 15, 45, 75, 105

Type		Beskyttelsessystem for armering	Trafik- genedage aht. vedligehold	Levetids- omkostninger kr/m2 brodæk	Nutidsværdi kr/m2 brodæk 4% disk. rate	CO2-aftryk kg CO2e/m2 brodæk
Fugtisoleret	S1	Dæklag 50 mm Bitumenbaseret membran og belægning	42	14.830	6.043	309
	S2	Dæklag 50 mm Kunststofbaseret belægning	45	32.650	9.258	350
Utsoleret	S3	Dæklag 70 mm (inkl. dæklagsudskiftning år 60)	23	4.560	1.544	284
	S4	Dæklag 70 mm (med 30 mm asfalt år 30)	15	4.665	1.580	279

Omkostninger omhandler alene arbejder med dæklag, fugtisoleringer og belægninger. Priser baseret på standardreparationer og estimater.

Tillægsomkostninger til etablering af dæklag og overfladeprofilering i S3 og S4 er indeholdt. Trafikgene-omkostninger er ikke indeholdt

Udskiftning af 50 mm dæklag i S3 er estimeret til 2000 kr/m2 brodæk

Til sammenligning koster en ny bro a la OF Bredalvej 30.000-35.000 kr/m2 brodæk

Fordele og ulemper/udfordringer

Potentielle fordele for uisolerede broer i forhold til isolerede broer:

- Billigere både med hensyn til nyanlæg og vedligehold - måske ned til $\frac{1}{3}$
- Færre trafikgener under vedligeholdsarbejder, måske næsten ned til den $\frac{1}{2}$ tid
- Mindre trafikgeneudgifter til gavn for samfundet, måske næsten ned til $\frac{1}{2}$

Forudsætningen er selvfølgelig at design og arbejder udføres korrekt samt at broerne tilstandsovervåges korrekt – ellers tapes disse gevinster.

Potentielle fordele og ulemper/udfordringer

Potentielle ulemper/udfordringer og opmærksomhedspunkter for uisolerede broer:

- Begrænsede erfaringer med
 - Levetider
 - Reparationsmetoder herunder fornyelse af dæklag
 - Opnåelse af ønsket dæklag for oversidearmering.
 - Jævnhed af overfladen
 - Profiling af dækoverside af hensyn til friktion, dækstøj og kørselskomfort
 - Betonens tilstand under asfaltbelægning
- Skærpede krav til entreprenørens kompetencer og tiltag hvis AAB/SAB-krav ikke overholdes

Risici

Målet er 120 års levetid, hvilket vurderes muligt med et armeringsdækklag på 70 mm

Men hvad kan gå galt?

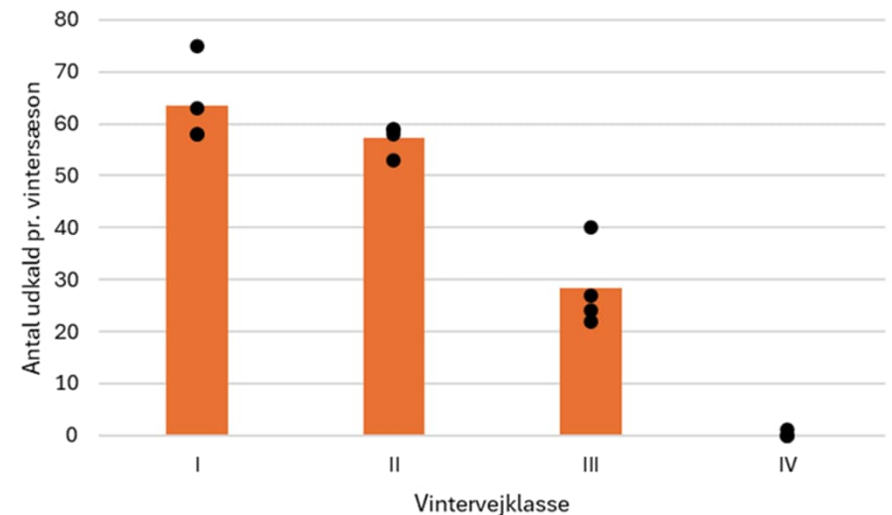
Nogle mulige udfordringer	Tiltag
Armeringsdækklag udføres for lille	Erfaringer fra kommende projekter
Betonoverflade udføres for ujævnt	Erfaringer fra kommende projekter Eventuelt udlægning af asfaltlag
Kritisk kloridindtrængning sker hurtigere end 120 år	Udskiftning af dækklag
Friktionen i profilering reduceres for meget/hurtigt	Erfaringer fra kommende projekter med profilfræsning eller udlæg af asfaltlag
Krav til støj og kørekøkomfort opnås ikke	Udlægning af asfaltlag

Saltning

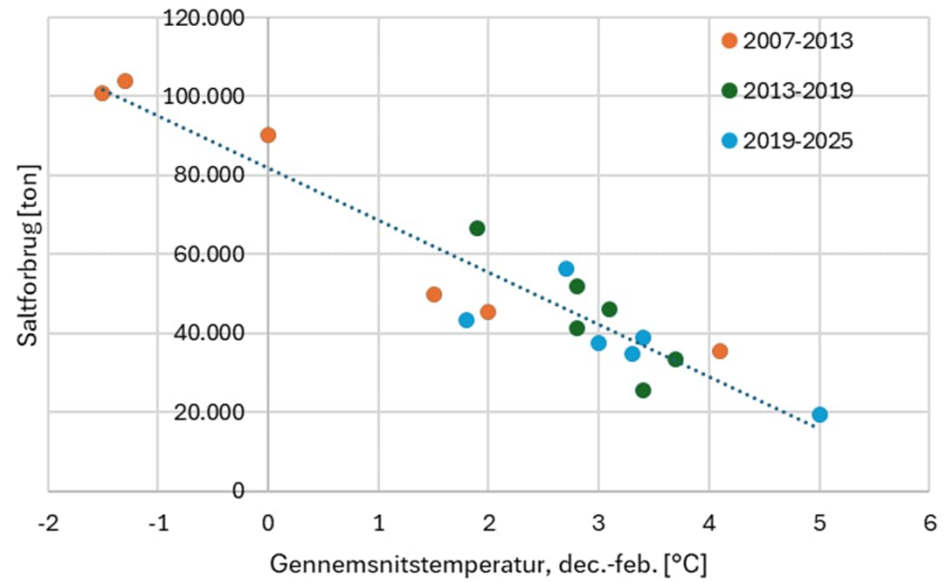
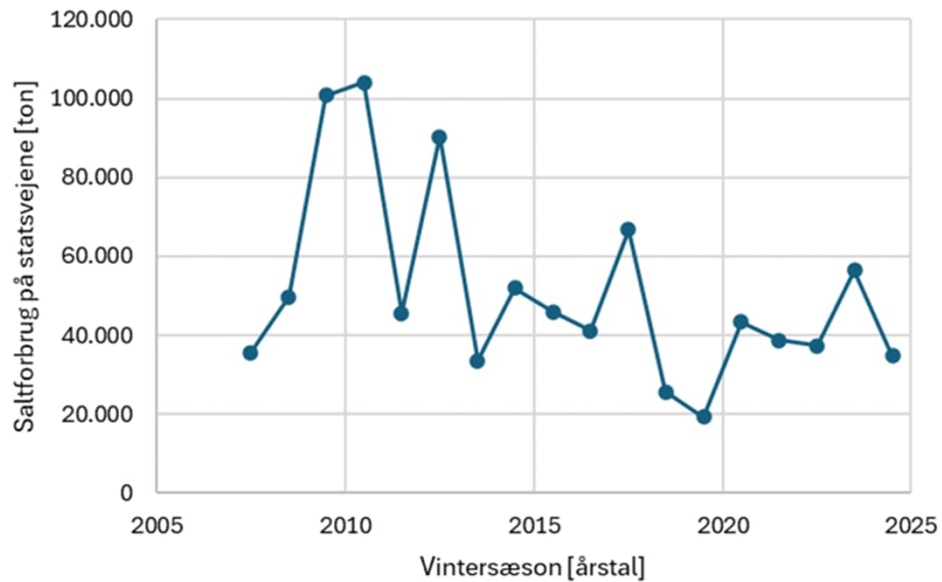
Aalborg Kommunes beskrivelse af vintervejklasserne:

1. **Gennemfartsveje:** Veje, der har afgørende betydning for fjerntrafikken og/eller afgørende betydning for afvikling af den gennemkørende trafik. Vejene tilstræbes holdt farbare uden gener på alle tider af døgnet. Der udføres præventiv saltning.
2. **Fordelingsveje:** Veje, der udgør bindeleddet mellem gennemfartsveje og lokalveje, samt busruter by/land. Vejene tilstræbes holdt farbare uden væsentlige gener på alle tider af døgnet. Der udføres præventiv saltning.
3. **Lokalveje:** Veje, der har betydning for afviklingen af den lokale trafik. Vejene tilstræbes holdt farbare, men gener accepteres. Der saltes først, når der er konstateret glatføre.
4. **Øvrige veje.** Vejene saltes kun undtagelsesvis.

Antal udkald til saltning per vintersæson 2020-2024, Notat, "Saltforbrug afhængigt af vintervejklasser", Niras, 2025. Orange søjler er middelværdier



Saltning



Saltforbrug på statsvejene i perioden 2007-2025 Notat, "Saltforbrug afhængigt af vintervejklasser", Niras, 2025

Temperaturstigninger forventes på sigt at betyde mindre saltning på vejene. Det vil øge levetiden for uisolerede brodæk.

Saltningens betydning

Har saltningen betydning for kloridindtrængningen ?

		Initieringstid fra start (i år), gennemsnit for dæk		
	Dæklag	0,05 % Cl	0,10 % Cl	Vintervejklasse
Bredalvej (1986)	60	74	132	3
Skals Å (1987)	40	16	30	1
Tørringvej (2002/2020)	45	289	611	1
Grøn bro				
Østermarksvej (2003)	33	419	869	4

Hvor kan broer udføres uisoleret? (forslag)

Vinter- vejklasser	Strækningshastighed		Bemærkninger
	< 80 km/t	> 80 km/t	
1	B	Ikke tilladt	
2	B	Ikke tilladt	
3	A eller B	Ikke relevant	A kun hvor støjbelastning øges beskedent for naboer og årsdøgntrafik mindre end 5000
4	A eller B	Ikke relevant	A kun hvor støjbelastning øges beskedent for naboer og årsdøgntrafik mindre end 5000

A Uisoleret bro - kørsel direkte på betonen

B Uisoleret bro - med udlagt asfaltslidlag

Potentialer iøvrigt

Eksisterende broer, som står til at blive omisoleret, kunne i nogle situationer, som alternativ, tænkes udført uisoleret, hvor dæklaget udskiftes og efterfølgende påføres et asfaltlag. Dog ikke for potentielle AKR-broer og andre ikke egnede broer med skader.

Forslag til undersøgelser

- Kørselskomfort, støj og friktion ved kørsel direkte på beton
- "Kolde" broer
- Revnestyring de kritiske steder
- Fortsat følge kloridindtrængningen på uisolerede broer
- Undersøge effekten af asfaltbelægnings (30 mm) betydning for kloridindtrængning
- Skærpede krav til entreprenørens udførelse, især mht.
 - Armeringsdæklag
 - Profilering af betonoverflade aht. støj og friktion
 - Overfladens jævnhed

Kommende revision i Vejregler og AAB/SAB

Nogle forventede krav til uisolerede broer:

- Aggressiv miljøklasse (A) i brodæk og kantbjælke
- Dæklag 70 mm
- Revneviddekrav som for ekstra aggressiv miljøklasse (E)
- Kantbjælkehøjden skal forberedes for en eventuel senere etablering af asfaltbelægning eller traditionel af fugtisolering og belægning

Ny bro på Kalundborgmotorvejen som udføres uisoleret er pilotprojekt for udarbejdelsen af arbejdsbeskrivelserne.

Arbejdet pågår i Vejregelgruppen Bygværker

Tak for opmærksomheden

