

# ALKALIREAKSJON I SVILLER

AV  
VIGGO JENSEN  
DR TECHN SENIORFORSKER VED  
SINTEF BYGG OG MILJØTEKNIKK  
HALSTEIN GAASEMYR  
SENIORING, JERNBANEVERKET  
KARLE JENSVIK  
PROSJEKTRÅDGIV, SPENCON AS

*I 1994 ble det observert rissdannelser i et meget stort antall jernbanesviller av betong som var utskiftet på grunn av innfestingen av skinne. Jernbanesvillene hadde ligget i jernbanespolet på Raumabanen siden 1975. Det ble rettet henvendelse til SINTEF ved Viggo Jensen som ble bedt om å undersøke en sville for å finne ut årsaken til problemet.*

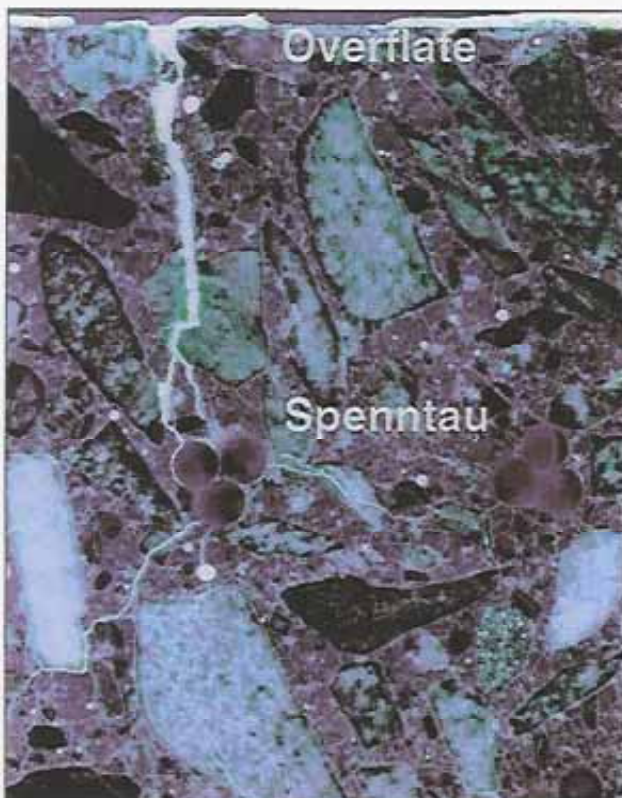
SINTEF-undersøkelsen dokumenterte at svillen (produsert i 1975) var angrepet av rissdannende alkalireaksjon. Videre antydet undersøkelsen at det siden 1973



*Jernbanesvillene fra Raumabanen lagret på fabrikkområdet i Verdal. Fra venstre ses Karle Jensvik, Hallstein Gåsemyr og Viggo Jensen.*

var anvendt alkalireaktive betongblandinger ved produksjon av jernbanesviller. Da det også ble funnet alkalireaksjon i en sville produsert i Moss kunne det

ikke utelukkes at et meget stort antall potensielt alkalireaktive sviller var plassert i det norske banelegeme. NSB (nå Jernbaneverket) ble informert om pro-



*Planslip fotografert i UV-lys. Det ses et riss som kan følges fra overflaten og inn til spennntau. Merk at det er redusert heft mellom spennntau og betong.*



*Sville produsert i Verdal 1973. Det ses en sprekk som tilsynelatende deler svillen opp i 2 langsående halvdel.*





blemet og flere undersøkelser med deltakelse av NSB, Partek Nordspenn AS og SINTEF ble iverksatt. Artikkelen gir de viktigste resultatene fra disse undersøkelsene samt hvor vi står i dag.

### Alkalireaksjon generelt.

Alkalireaksjon er siden 1988 dokumentert i et meget stort antall damkonstruksjoner, kraftverk og vegbruer over hele Norge. Av nyere dato er problemet også dokumentert i fabrikkbetong som f.eks. i prefabrikkerte søyler og bjelker i Det Norske Veritas hus i Oslo (nevnt på Norsk Betongdag i 1997) og i forspente jernbanesviller beskrevet i denne artikkelen. Problemet med fabrikkprodusert betong er at et meget stort antall elementer med alkalireaktive blandinger kan produseres over lengre tid, som f.eks. ved produksjon av sviller.

Vi har i dag metoder og anbefalinger for å produsere bestandig betong uten alkalireaksjon. I henhold til Kontrollrådet for Betongprodukter, klasse P og Norsk Betongforenings publikasjon NB 21 kan en bestandig betong produseres ved bruk av:

- Ikke reaktivt tilslag (inneholder mindre enn 20 % risikobergarter)

eller en av følgende bindemiddelsammensetninger:

- Mindre enn 3 kg alkalier/m<sup>3</sup> betong; eller bruk av norsk produsert flygeaskesement; eller tilsetning av 10 % silikastøv

### Produksjon av sviller

Etterspente jernbanesviller i betong er blitt produsert hos B. Brynildsen & Sønner AS, Moss, siden slutten av sekstiårene. I slutten av 1972 gikk NSB over til forspente jernbanesviller i betong. Produksjon av disse ble igangsatt hos B. Brynildsen & Sønner AS, Moss, Østlandske Spennbetong AS, Hønefoss og Nordenfjeldske Spennbetong AS, Verdal. På grunn av omlegging fra tresviller til betongsviller var det en høy produksjon av betongsviller på totalt 300 000 sviller pr. år tilsvarende årsbehovet hos NSB. Denne fornyelsen ble avsluttet i 1992 og produksjonen redusert. Siden 1998 er alle betongsviller i Norge produsert ved Spenncon Hønefoss. Ved produksjonen av sviller i Verdal ble det først anvendt sement fra sementfabrikken i Kjølsvik. I 1976 ble sementen erstattet med sement produsert i Brevik hvorved sementmengden også ble redusert. Etter ca 1980 er det brukt ca 365 - 400 kg sement/m<sup>3</sup> svillebetong. Siden starten av produksjonen i 1973 er det anvendt lokalt tilslag i betongen til jernbanesviller produsert i Verdal. Da alkalireaksjon ble dokumentert i 1994, ble det lokale tilslag utskiftet med et ikke reaktivt tilslag som oppfyl-

Type/år	Sement (Kg/m <sup>3</sup> )	V/C-forhold	Risikobergarter sand	Risikobergarter stein	Type av alkalireaktive bergarter
Verdal 1973	488	0,4	67 %	97 %	Gråvakke, sandstein, mylonitt
Verdal 1975	571	0,4	55 %	59 %	
Verdal 1994	614	0,35	54 %	53 %	
Moss 1973	456	0,48	25 %	21 %	Metamergel, leir-siltstein, mylonitt, hornfels
Moss 1979	427	0,45	38 %	79 %	

Tabell 1 Rekonstruerte betongblandinger.

ler kravene som stilles i Norge i dag. Totalt er det produsert ca 5 millioner jern-

rissvidde opp til 1 mm (1996). Maksimale rissvidder er anvendt til klassifise-



Sviller produsert i Moss i 1978. Det ses riss/sprekker og avskallet betong. Svillen er sterkt skadet og det er risiko for at skinnefestet er løst. Frysetingprosesser har sannsynligvis forverret nedbrytingen av betongen.

banesviller i betong i Norge. Med det kjennskapet vi i dag har om reaktivt tilslag på de forskjellige steder i Norge, kan det ikke utelukkes at et betydelig antall jernbanesviller har alkalireaktive betongsammensetninger.

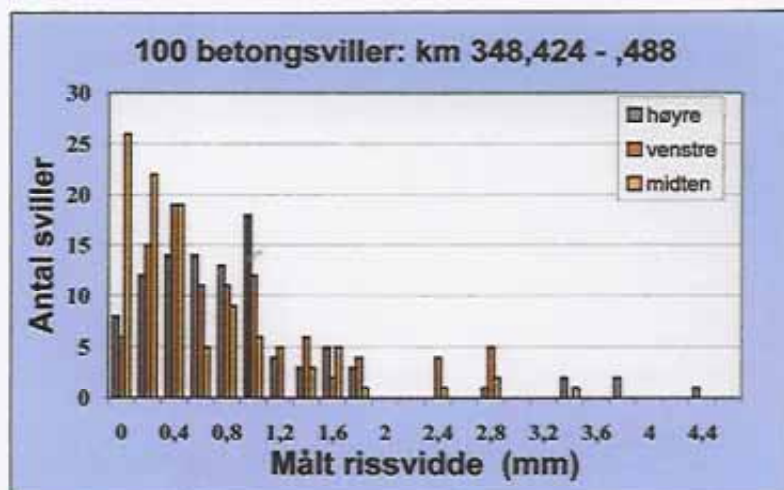
### Alkalireaksjon i alle

Strukturanalysen, hvor betong undersøkes vha. forskjellige mikroskopteknikker og preparater, er eneste sikre metode for å dokumentere forekomsten av alkalireaksjon i betong. Det er dags dato foretatt strukturanalyser av sviller av forskjellig aldre produsert i Verdal og Moss. Alkalireaktive blandinger er dokumentert i alle undersøkte sviller. Alkalireaksjon er klassifisert som rissdannende og medfører hovedsakelig langsgående riss med

ring av skadegrad i sviller hvor størst rissvidde gir størst skadegrad. Analysen har også vist at flere av rissene går inn til spenntau og dermed reduserer heften til betongen. I enkelte sviller er det foretatt punktelling for å rekonstruere betongresept samt tilslaget, som vist i tabell 1.

Tabellen viser at betongblandingen har et meget høyt sementinnhold og innhold av risikobergarter. Svillen produsert i Moss i 1973 har et innhold av risikobergarter nær den kritiske grenseverdi på 20 % som anvendes i Norge. Da norske standardsementer på 1970-tallet hadde et alkaliinnhold større enn 1 %, inneholder betongsvillene mer enn 4,3-6 kg alkali-er/m<sup>3</sup> betong som er langt mer enn anbefalt av NB 21.

(Fortsetter neste side)



Fordelingen av maksimale riss i 100 sviller produsert i Verdalen i 1973 og liggende i banelegemet. Riss er målt med en rissviddemål i svillens overside nær de 2 endeflater og midt i svillen.



(Fortsettelse fra side 11)

### Nedsatt funksjonsegenskap

For å vurdere om svillenes funksjonsegenskaper er blitt redusert på grunn av alkalireaksjon og eventuelt utgjør en sikkerhet for togdriften, er det foretatt statiske belastningsprøvinger av 11 sviller og sykliske belastningsprøvinger av 8 sviller, alle skadet i varierende grad av alkalireaksjon. Prøvingene foregikk ved SINTEF/NTNU's laboratorium under ledelse av professor Erik Thorenfeldt og Dr techn. Andrzej Tomaszewicz. De statiske belastningsprøvingene var i samsvar med Nordspenn KS-prosedyrer KSP nr 7.6.10.7. Prøvingene viste at risslasten (last til riss oppstår) under skinnleiet ble redusert i gjennomsnitt 23 % og opp til 42 % i forhold til produksjonskrav i sviller med alkalireaksjon. Det er videre funnet en ikke entydig sammenheng mellom nedsatt risslast og skadegrad. De sykliske belastningsprøvinger foregikk med samme opplegg som ved de statiske prøvinger, men i en pulsatormaskin. Minimum last var 30 kN og maksimum last 180 kN (enkelte dog 150 kN) med frekvens på 2-5 lastsykler pr sekund (Hz). Før prøving var det generert et riss på 0,5 mm under skinnleiet. Prøvingen ble stoppet når brudd ble registrert (fra 70000 til 2,5 mill sykler). Forsøkene dokumenterte en tendens til redusert utmattingsmotstand (forholdet mellom målt og beregnet antall sykler ved brudd) ved økende skadegrad. Hovedbruddtypen var brudd i spenntau, men det var også i større eller mindre grad tendens til glidning av spenntauene.

De statiske og sykliske forsøkene viste en tendens til reduserte funksjonsegenskaper ved økende rissvidde i svillen (skadegrad). Funksjonsegenskapene er imid-

## Kan levetiden forlenges?

Et viktig spørsmål er om det finnes tiltak som kan forlenge levetiden av sviller med alkalireaksjon? I utlandet er det foretatt forsøk hvor sviller i jernbanelegemet er blitt impregneret med hydrofobere stoffer (monosilan) som hindrer vann å trenge inn i betongen. Resultatene av undersøkelsene er ikke entydige og vanskelig å «oversette» til norske forhold. Derfor er der iverksatt forsøk med 19 forskjellige overflateprodukter påført betongsviller i Nord-Norge og på et stort antall mørtelprismer (inngår i Viggo Jensen's postdoktorprosjekt 1998-2000). Resultater av forsøkene kan først forventes etter ca 3-5 år.



Sviller produsert i Verdal i 1973. Det ses flere langsgående riss/sprekker ved svillendeenden.

lertid ikke redusert i en slik grad at svillene utgjør en risiko for togdriften. Denne konklusjonen forutsetter at rissviddene ikke er større enn 1 mm i svillen og bygger på det forhold at kun få sviller ble testet. Konklusjonen er imidlertid sikker nok.

### Halvert levetid

Etter undersøkelsene ble avsluttet sommeren 1997, er det i dag flere indikasjoner på at størrelsen og omfanget av riss i sviller er økt betraktelig. Dette skyldes sannsynligvis en kombinasjon mellom alkalireaksjon som gir opphav til riss i svillen, og fryse-tine prosesser om vinteren. I 1998 ble det i et område i Region Nord observert sviller med rissvidder opp til 6 mm og hvor det så ut som svillen var delt opp i 2 langsgående halvdele. I Region Øst ble det i 1999 dokumentert alkalireaksjon i flere sviller og det antydtes at problemet er tilstede. Måling av maksimal rissvidde i såkalte «måleområder» viser at det finnes store variasjoner mellom svillene liggende i jernbanelegemet. I et måleområde inneholder halvdel av svillene riss større enn 0,8 mm og 10 % har riss større enn 1,8 mm (ved svillendeender). Betongsviller i jernbanelegemet som ikke oppfyller funksjonskravene iht. vedlikeholdsregelverket, blir forskriftsmessig skiftet ut. Det er i den senere tid i et stort antall byttet ut betongsviller i overbygningen nettopp pga. alkalireaksjoner. Levetiden av disse sviller er betydelig kortere en de 50 år som forventet. Sviller produsert i Verdal 1973 ble kun 27 år og sviller produsert i Moss i 1978 ble kun 19 år.

### Betydning for Jernbaneverket

De gjennomførte belastningsprøvene har

fått stor betydning for Jernbaneverket. Resultatene og konklusjonen fra forskningsarbeidet har gitt viktige innspill til utformingen av Jernbaneverkets regelverk mht. regler og kriterier for vedlikehold og utskifting av betongsviller.

Med en årlig trafikkbelastning på 6-10 millioner brutto tonn blir svillene påvirket av et meget stort antall lastsykler. Det er av den grunn ønskelig å gjennomføre flere belastningsprøver (også for sviller med høyere skadegrad) for å utarbeide enda bedre kriterier for svillbyte.

Trafikkbelastningen på en jernbanestrekning danner grunnlaget for levetidsvurderinger og inspeksjonsrutiner (intervall for kontroll av svillenes tilstand). Et interessant aspekt er om overflatebehandling kan forlenge levetiden til en betongsville med alkalireaksjoner. Det er tatt initiativ til å gjennomføre en slik undersøkelse på en utvalgt jernbanestrekning.

Andre forhold av interesse er iverksettelse av preventive tiltak i betongen som benyttes til produksjon av betongsviller.

Et nytt forskningsprosjekt mellom Jernbaneverket og SINTEF er nylig startet opp i år. Formålet er å teste funksjonsdyktigheten av sterkt skadede sviller og å få en oversikt over omfanget av alkalireaksjon i jernbanelegemet. Dette for at Jernbaneverket skal kunne forbedre sine vedlikeholdsrutiner og prosedyrer mht. vurdering av svillenes tilstand. Prosjektet har således et innhold som vil føre til forbedrede tekniske kunnskaper og som på sikt vil gi en økonomisk gevinst.

## Utlandet

Alkalireaksjoner i betongsviller er et stort problem for mange utenlandske jernbaneselskap. Varmeherding ved produksjonen av sviller er hovedårsaken til problemet i utlandet. Når betongen herdes ved temperaturer over ca 70 grader kan det utvikles «forsinket ettrengitt dannelse» (DEF) som over tid kan nedbryte betongen. Varmeherding «trigger» også alkalireaksjon som blir mer omfattende. Det er ikke pr. dags dato påvist varmeherding av norskproduserte sviller. De fleste forskere (men ikke alle) mener i dag at alkalireaksjon er hovedårsaken til nedbrytingen også i varmeherdede sviller. Problemet er påvist i Finland, Øst-Tyskland, USA, Canada, Australia, Sør-Afrika og uoffisielt i Sverige (presentert i Melbourne 1996).