

BESTANDIG BETONG MED ALKALIREAKTIVT TILSLAG

Forbehold om ansvar

Denne publikasjonen fra Norsk Betongforening er utarbeidet av en prosjektgruppe sammensatt av fagpersoner utnevnt av foreningens fagkomité. I prosessen med utarbeiding av publikasjonen er det lagt vekt på å sikre at innholdet er i samsvar med kjent viten og de standarder som var gjeldende da arbeidet ble avsluttet. Publikasjonen har vært på høring i fagmiljøet.

Noen feil eller mangler kan likevel forekomme.

Norsk Betongforening forutsetter at publikasjonen brukes av personer med den nødvendige faglige kompetansen, og med forståelse for de begrensningene og forutsetningene som er lagt til grunn. Feil tolking og bruk av innholdet i publikasjonen er ikke Norsk Betongforenings ansvar.

Norsk Betongforening, eller medlemmer i prosjektgruppen og fagkomiteen, har ikke ansvar for direkte eller indirekte følger av eventuelle feil eller mangler i publikasjonen, eller bruken av innholdet i publikasjonen.

FORORD

Alkalireaksjoner er en av de alvorlige nedbrytningsmekanismene for betongkonstruksjoner. Selve skademekanismen har vært kjent siden begynnelsen av 1940-tallet, men i Norge trodde man å være uten alkalireaktive tilslag helt til på slutten av 1980-tallet. Siden da har det kontinuerlig pågått forskningsarbeider på alkalireaksjoner i Norge, i nær kontakt med tilsvarende fagmiljøer internasjonalt. Dette dokumentet er utformet for å hindre skadelige alkalireaksjoner i samsvar med henvisning i NS-EN 206 /1/ avsnitt 5.2.3.5 og inneholder tiltak i samsvar med prinsipper angitt i CEN/TR 16349 /5/.

Alkalireaksjoner for norske bergarter foregår sakte, dvs. at skader normalt viser seg først 15 – 30 år etter at betongen er støpt. I mange andre land, eksempelvis Danmark, foregår reaksjonen betydelig hurtigere. Den skaden som først legges merke til, og også ofte betegnes som ”skaden”, er opprissing i karakteristiske mønster på betongoverflatene (krakeleringsriss på frie flater og riss parallelt med lastretningen på belastede/fastholdte konstruksjonsdeler). Etter hvert kan disse visuelt skjemmende rissene åpne opp for andre skademekanismer som armeringskorrosjon og frostsprengning. I mange tilfeller er det imidlertid betongens ekspansjon som kan føre til de største konsekvensene ved å ødelegge konstruksjonens funksjonsevne (eks. damluker), fjerne konstruksjonsdelenes bevegelsesmuligheter (eks. brufuger) og påføre tvangsdeformasjoner og tvangskrefter (eks. brusøyler).

Temaet alkalireaksjoner er vanskelig fordi det utfordrer så mange fagområder; geologi, sement- og betongteknologi, metoder for laboratorieanalyser og vurdering av konstruktive konsekvenser. Det er få, om noen, som alene kan ha full oversikt over alle aspekter som involveres i vurderingen av risikoen for - og følgene av alkalireaksjoner.

Norsk Betongforening utga i 1996 første utgave av Publikasjon nr. 21 ”Bestendig betong med alkalireaktive tilslag”. Publikasjonen var forutsatt å være midlertidig og ble revidert i 2004.

I 2004-utgaven av Publikasjon nr. 21 (NB 21) ble regelverket vedrørende håndtering av risikoen for framtidige skader pga. alkalireaksjoner revurdert i lys av de forskningsresultatene som var framskaffet siden 1995. Spesielt FoU-prosjektet ”Optimal utnyttelse av tilslagsressurser i Norge. Alkalireaksjoner i betong – felterfaringer” (2000-2002) ga verdifull kunnskap /4/.

Behov for presiseringer og komplettering som oppsto i perioden etter forrige revisjon i 2004, har vært utgitt som et supplement til publikasjonen, benevnt «Tillegg», sist revidert 2012. Samtidig har publikasjonen siden 2004 vært holdt oppdatert gjennom endringer/tilføyelser i VEDLEGG C.

I 2017 er publikasjonen igjen revidert, hovedsakelig ved følgende:

- Den generelle grenseverdien for alkaliinnhold er redusert fra 3,0 til 2,5 kg/m³.
- «Tillegget» er innarbeidet i hoveddokumentet
- Presisering mht. tilslag av utenlandsk opprinnelse og betong inneholdende slike tilslag.

- Reglene for produksjon av betong med letttilslag er skjerpet ved at slikt tilslag nå skal betraktes som alkalireaktivt.
- Det er foretatt en justering av spesifikasjonen med hensyn til hvilke bindemidler som tillates funksjonsprøvd i kun ett år (Tabell 5.1).
- En del redaksjonelle endringer.

Resultater fra de senere års FoU-arbeid og internasjonale samarbeid, spesielt innen COIN og RILEM, underbygger at de tre prøvningsmetodene som er benyttet i Norge i snart 25 år, er bedre egnet for dokumentasjon av norske naturlige tilslag, bindemidler og betongsammensetninger enn tilsvarende internasjonale metoder. Prinsippene anvendt i det norske regelverket og prøvningsmetodikken har dermed befestet sin stilling. Det pågår for tiden et stort FoU-prosjekt ved SINTEF (2014-2018) samt ytterligere komitéarbeid i RILEM-regi, og det er naturlig at NB 21 blir gjennomgått og eventuelt oppdatert etter dette.

Publikasjonen er delt i følgende deler:

- Spesifikasjon (Normativ)
- Vedlegg A (Forklaring av systemets prinsipper - Informativt)
- Vedlegg B (Grunnlag og Beregningseksempler - Normativt)
- Vedlegg C (Dokumentasjon av bindemidler og materialkombinasjoner - Normativt)
- Vedlegg D (Regler for forebygging av alkalireaksjoner i lettbetong - Normativt)

Spesifikasjonen er koordinert med beskrivelsene i Norsk Betongforenings publikasjon nr. 32 (NB 32) "Alkalireaksjoner i betong. Prøvingsmetoder og krav til laboratorier" /2/. Metodikk som er nedfelt i NB 32, skal forstås som en normativ del av spesifikasjonen. Publikasjonen er gyldig for betong (også sprøytebetong) som skal brukes i Norge.

Norske tilslag av naturlig opprinnelse har påvist egnethet for prøvning iht. NB 32. For utenlandske naturlige tilslag eksisterer ikke et slikt erfaringsgrunnlag, og det er derfor beskrevet særskilte regler for dokumentasjon av slike tilslag og av betong inneholdende disse.

Det norske systemet for dokumentasjon av alkalireaktivitet, inkludert noe av det faglige grunnlaget for publikasjonen er omtalt nærmere i VEDLEGG A.

Spesifikasjonen baserer sine krav relatert til mengde alkalier i betong [$\text{kg/m}^3 \text{Na}_2\text{O-ekv.}$]. VEDLEGG B gir grunnlag for og viser eksempler på hvordan beregning av alkalimengde utføres, til hjelp for brukere av publikasjonen.

VEDLEGG C beskriver prosedyren for dokumentasjon av bindemidler og materialkombinasjoner egnet til sikring mot skadelige alkalireaksjoner i betong med norske naturlige, alkalireaktive tilslag. Slik dokumentasjon kan omfatte konkrete bindemidler og bindemiddel- og tilslagskombinasjoner. Dokumentet «Vedlegg C – liste» vedlikeholdes som selvstendig dokument og inneholder en oversikt over bindemidler og bindemiddel- og tilslagskombinasjoner med dokumenterte grenseverdier.

Alkalireaksjoner i lettbetong er ikke dokumentert og undersøkt på samme måte som for annen betong, og det finnes ikke dokumenterte prøvningsmetoder for denne typen tilslag. Derfor er

regler for forebygging av alkalireaksjoner i lettbetong gitt separat, i VEDLEGG D. Dette vedlegget vil bli revidert når ny viten tilsier dette.

Tekst skrevet med *mindre skrift og i kursiv* er ment å utdype / eksemplifisere innholdet i spesifikasjonen, men er ikke å regne som en normativ del av denne. Tabeller og figurer med tekst i kursiv er likevel å forstå som del av spesifikasjonen.

Spesifikasjonene vurderes å gi sikring for det alt vesentligste av betongkonstruksjoner på tilsvarende måte som angivelse av bestandighetsklassene i NS-EN 206 + NA /1/ mot andre typer holdbarhetssvikt, som for eksempel armeringskorrosjon og frostskafer. I motsetning til de sistnevnte er imidlertid sikkerheten mot nedbrytning som følge av alkalireaktivitet i liten grad påvirket av kvalitet på arbeidsutførelsen.

Ved eventuelle tvilstilfeller eller tvistespørsmål vedr. tolkning av reglene i denne publikasjonen, kan komiteens medlemmer kontaktes, men det er produkt-sertifiserende organ som har myndighet til godkjenning av samsvar. Sertifiserende organ skal være akkreditert iht. NS-EN 206 inkl. NA (og dermed NB 21 / NB 32).

Siste revisjon av publikasjonen er utarbeidet av en komité bestående av:

Terje F. Rønning, Heidelberg Cement NE, for Norcem (leder)
Jan Lindgård, SINTEF
Jan Karlsen, Kontrollrådet
Eivind Heimdal, Veidekke Entreprenør
Eva Rodum, Vegdirektoratet
Cecilie Hagby, Svelviksand, for Norsk Bergindustri
Bård Pedersen, Vegdirektoratet
Øyvind Sæter, Unicon, for Fabeko

April 2017

DEFINISJON AV BEGREPER

I det etterfølgende er det gitt definisjoner for ulike begreper som er benyttet i publikasjonen. Det er også angitt i hvilket punkt i spesifikasjonsdelen begrepet er omtalt første gang.

Begrep	Pkt.	Definisjon
- Alkalinitivå	3.1.1	Betongens totale innhold av alkalier angitt som kg Na ₂ O ekvivalent per m ³ betong
- Alkalireaktive bergarter	3.3.2	Bergarter som er påvist å ha reagert i betongkonstruksjoner (se oversikt i /2/)
- Alkalireaktiv betong	4	Betong som ikke tilfredsstillter kriteriene gitt i denne publikasjonen til ikke-alkalireaktiv betong (se pkt. 2.1)
- Alkalireaktivt tilslag	2.1	Tilslag som ikke tilfredsstillter kriteriene gitt i denne publikasjonen til ikke-alkalireaktivt tilslag (se pkt. 3.1)
- Betongprismemetoden	3.1.1	Laboratoriemetode (prøvestøp) for å undersøke alkalireaktivitet av tilslag, bindemidler eller betongresepeter (se VEDLEGG A)
- Enkelttilslag	3.3.1	Sandtilslag, steintilslag eller fine steinfraksjoner fra en forekomst
- Fine steinfraksjoner	3.2	Tilslag der d (nedre nominelle kornstørrelse) er større enn eller lik 1 mm og D (øvre nominelle kornstørrelse) er større enn 4 mm men mindre enn eller lik 8 mm, samtidig som mengden materiale større enn 8 mm er mindre enn eller lik 15 vekt-%, for eksempel 2/8 mm og 4/8 mm
- Funksjonsprøving	5	Prøving av alkalireaktivitet av betong. Benyttes dersom betongsammensetningen er å betrakte som alkalireaktiv i henhold til kriteriene gitt i pkt. 3 og 4
- Kritisk grenseverdi	3.3.1	Grenseverdi for innhold av risikobergarter i tilslag (bestemt ved Petrografisk analyse med tynnslip) eller for målt ekspansjon (bestemt ved Mørtelprisme- eller Betongprismemetoden) - se tabell i pkt. 3.3.1. Brukes også i forbindelse med målt ekspansjon for betong (bestemt ved Betongprismemetoden - se tabell i pkt. 5.1). Verdier under kritisk grenseverdi medfører at betongen/tilslaget er å betrakte som ikke-alkalireaktiv(t)
- Mørtelprismemetoden	3.1.1	Laboratoriemetode (prøvestøp) for å undersøke alkalireaktivitet av tilslag (se VEDLEGG A)
- Naturlig tilslag	1.2	Tilslag av naturlig opprinnelse, både knust/sprengt og grus eller sand, som kan være industrielt prosessert men ikke på en slik måte at mineralegenskaper i de enkelte tilslagskorn er påvirket på annen måte enn eventuell fjerning av forvitrede partikler (f.eks. ved knusing/vasking).
- Pessimum	3.1.2	Fenomen knyttet til ekspansjonsprøving, hvor maksimal ekspansjon (skade) ikke inntreffer ved maksimalt, men et (ofte veldig;) lavt innhold av risikokomponenten (mineral/tilslagsfraksjon)
- Petrografisk analyse med tynnslip	3.1.1	Laboratoriemetode (mikroskopianalyse) for å påvise andel risikobergarter i tilslag (se VEDLEGG A)
- Petrografisk sammensetning	3.2	Mineral- og bergartssammensetning for tilslag (oppgis normalt som volum-% av ulike typer bergarter, se VEDLEGG A)
- Risikobergarter	3.2	Samlebetegnelse for alkalireaktive bergarter og tvilstilfeller (se oversikt i /2/). Samlet innhold oppgis i volum-%
- Sammenligningsverdi (Sv) for innhold av risikobergarter	3.3.1	Veid gjennomsnitt for et tilslags innhold av risikobergarter pluss en sikkerhetsmargin (se detaljert definisjon i pkt. 3.3.2)
- Sand / sandtilslag	3.2	Tilslag der d er mindre enn 1 mm og D er mindre enn eller lik 8 mm samtidig som mengden materiale større enn 8 mm er maksimalt 10

		vekt-%, f.eks. 0/4 mm og 0/8 mm; samt der d er større enn eller lik 1 mm og D er mindre enn eller lik 4 mm samtidig som mengden materiale større enn 4 mm er maksimalt 15 vekt-%, f.eks. 2/4 mm
- Stein / steintilslag	3.2	Tilslag der d er større enn eller lik 1 mm og D er større enn eller lik 8 mm samtidig som mengden materiale større enn 8 mm er mer enn 15 vekt-%, for eksempel 8/16 mm
- Tilslagsblandinger	3.3.1	Blandinger av sand, av stein eller av sand og stein
- Tvilstilfeller	3.3.2	Bergarter som ikke er påvist å ha reagert i betongkonstruksjoner, men som antas å kunne være alkalireaktive (se oversikt i /2/)

INNHold

FORORD

DEFINISJON AV BEGREPER

1	GENERELT	1
1.1	Omfang	1
1.2	Gyldighet og begrensning	1
1.3	Levetid	1
1.4	Ansvar, samsvarserklæring	1
1.5	Referanser	2
1.6	Prøving, dokumentasjon	2
1.7	Uttak av materialprøver	2
2	PRINSIPP FOR SIKRING	2
2.1	Generelt	2
2.2	Eksponeringsmiljø	3
3	VURDERING AV TILSLAG	3
3.1	Dokumentasjonsmetoder	3
3.1.1	Norske naturlige tilslag	3
3.1.2	Naturlige tilslag med utenlandsk opprinnelse	4
3.2	Dokumentasjon av et tilslags bergartssammensetning	3
3.3	Tilslagets alkalireaktivitet	5
3.3.1	Kritiske grenseverdier for bedømmelse av alkalireaktivitet	5
3.3.2	Beregning av sammenligningsverdi for resultater av petrografiske analyser	6
3.3.3	Alkalireaktivitet av tilslagsblandinger	9
3.3.4	Gyldighet av prøvingsresultater – prøvingshyppighet	10
4	VURDERING AV BINDEMIDDEL	13
4.1	Generelt	13
4.2	Beregning av alkali-innhold	13
4.3	Grenseverdier for alkali-innhold	13
4.4	Unntak fra bestemmelsen om dokumentasjon der flygeaske eller silikastøv tilsettes	15
5	VURDERING AV ALKALIREAKTIVITET UT FRA FUNKSJONSPRØVING	16
5.1	Generelt	16
5.2	Funksjonsprøving av bindemidler	16
5.3	Funksjonsprøving av konkrete kombinasjoner av tilslag og bindemiddel	18
6	DOKUMENTASJON AV FUNKSJON I FELT – PRINSIPP OG BEGRENSNINGER	19
	REFERANSER	20

VEDLEGG:

- A NORSK SYSTEM FOR SIKRING MOT ALKALIREAKSJONER I BETONG
- B GRUNNLAG OG BEREGNINGSEKSEMPLER
- C DOKUMENTASJON AV BINDEMIDLER OG MATERIALKOMBINASJONER
- D REGLER FOR FOREBYGGING AV ALKALIREAKSJONER I LETTBETONG

1 Generelt

1.1 Omfang

Denne spesifikasjonen gir regler for sikring av betongkonstruksjoner mot framtidige skader som følge av alkalireaksjoner.

1.2 Gyldighet og begrensning

Publikasjonen er gyldig for betong (også sprøytebetong) som skal brukes i Norge.

Norske tilslag av naturlig opprinnelse har påvist egnethet for prøvning iht. NB 32 (alle metoder). For utenlandske naturlige tilslag – og betong produsert med utenlandske naturlige tilslag – gjelder særskilte regler for dokumentasjon i henhold til pkt. 3.1.2. Utenlandske tilslag skal uansett tilfredsstillende kriterier for anvendelse i opprinnelseslandet. Tilslag inneholdende mer enn 1 % chert (flint) eller andre, tilsvarende hurtig reaktive bergarter som kan utvise pessimisme oppførsel i betong, tillates ikke anvendt, heller ikke via dokumentasjonsprøving iht. NB 32.

Letttilslag og andre industrielt framstilte tilslag kan ha en kjemisk sammensetning som potensielt kan forårsake alkalireaksjoner. Samtidig er en del letttilslag lite egnet for prøvning iht. NB 32, i og med at alkaligelen som dannes vil kunne absorberes i tilslaget og således gi mindre bidrag til ekspansjon av betongen under prøvningen i forhold til betong med naturlig tilslag. Erfaringsgrunnlaget i form av systematiske langtidsobservasjoner fra felt er videre mangelfullt, og dette gjør det vanskelig å definere kritiske grenseverdier for ekspansjon eller vektendring. Regler for forebygging av alkalireaksjoner i lettbetong er gitt i VEDLEGG D.

Publikasjonen gir ikke regler for bruk av andre enn naturlige tilslag og letttilslag av ekspandert skifer/leire, dermed heller ikke for bruk av glass/glassfiller.

1.3 Levetid

Spesifikasjonen er forutsatt å gjelde for konstruksjoner med tiltenkt levetid mer enn 25 år (permanente konstruksjoner, ikke provisorier).

NS-EN 1992-1-1 differensierer tiltak for å ivareta holdbarhet av konstruksjoner for levetid på henholdsvis 50 og 100 år. Når det gjelder alkalireaksjoner har en imidlertid ikke erfaring som tilsier differensiering av preventive tiltak for disse to levetidene.

1.4 Ansvar, samsvarserklæring

Den som produserer betong som skal være i samsvar med norsk standard, har ansvaret for å påse og dokumentere at betongens delmaterialer og sammensetning oppfyller kravene til ikke-alkali-

reaktiv betong gitt i NS-EN 206. Ved leveranse av betong som sikres mot alkalireaksjoner kun ved at den plasseres i permanent tørt miljø (se pkt. 2.2), skal følgeseddelen merkes med "Alkalireaktiv".

Resepter for betong tiltenkt allmenn bruk skal anses å bli eksponert i fuktig miljø, dvs. sikring mot alkalireaksjoner må skje i henhold til kravene gitt i denne publikasjonen pkt. 3, 4 eller 5.

1.5 Referanser

Denne spesifikasjonen henviser til og baserer seg på Norsk Betongforenings publikasjon nr. 32 (NB 32) "Alkalireaksjoner i betong. Prøvmingsmetoder og krav til laboratorier" /2/.

1.6 Prøving, dokumentasjon

All prøving som er omtalt i denne spesifikasjonen skal være utført i et laboratorium sertifisert av et sertifiseringsorgan i henhold til kriteriene gitt i NB 32 /2/. For petrografisk analyse kreves det i tillegg at operatøren som skal utføre prøvingen må være godkjent spesielt.

1.7 Uttak av materialprøver

Uttak av materialprøver av tilslag for prøving som skal gi grunnlag for betongprodusentens samsvarserklæring, skal utføres av sertifiseringsorganet som har sertifisert tilslagsproduksjonen, eller av produsenten i samråd med sertifiseringsorganet i henhold til NB 32 /2/. Det skal sikres at materialprøven er representativ for kilden, eventuelt at variasjoner i kilden dokumenteres ved flere prøveuttak.

2 Prinsipp for sikring

2.1 Generelt

Betong anses å være sikret mot skadelige alkalireaksjoner dersom minst én av følgende forutsetninger er oppfylt:

1. Tilslaget er dokumentert ikke-alkalireaktivt i henhold til pkt. 3.
2. Bindemidlet har sammensetning som sikrer mot skadelige alkalireaksjoner i henhold til pkt. 4.
3. Funksjonsprøving er gjennomført iht. pkt. 5 og med tilfredsstillende resultat.
4. Eksponeringsmiljøet for betongen er tilstrekkelig tørt i henhold til pkt. 2.2.

5. For spesielt fuktige og varme miljø som eksempelvis moderne badeanlegg skal det likevel beskrives både et ikke-alkalireaktivt tilslag (se underpunkt nr. 1 ovenfor) og en ikke-alkali-reaktiv bindemiddelkombinasjon (se underpunkt nr. 2 ovenfor).
6. For konstruksjoner med levetid utover det som gis i avsnitt 1.3, kan det gjøres særskilt vurdering.

2.2 Eksponeringsmiljø

Betong som eksponeres permanent i tørt og oppvarmet miljø innendørs og som har en tykkelse mindre enn 0,5 m vil over tid oppnå en relativ fuktighet (RF) mindre enn 80 %, og skal derfor anses sikret mot alkalireaksjoner uansett tilslags- eller bindemiddelsammensetning.

All utendørs betong, samt betong innendørs med tykkelse større enn eller lik 0,5 m og innendørs konstruksjonsdeler som kan bli eksponert for fukt (f eks gulv på grunn eller betong som ikke tillates å tørke ut tilstrekkelig) skal anses fuktig med hensyn til risiko for alkalireaksjoner.

3 Vurdering av tilslag

3.1 Dokumentasjonsmetoder

3.1.1 Norske naturlige tilslag

Norske naturlige tilslag kan dokumenteres ikke-alkalireaktive på grunnlag av prøving ved 3 forskjellige laboratoriemetoder, alle beskrevet i /2/:

1. Petrografisk analyse med tynnslip (heretter kalt Petrografisk analyse) som gir dokumentasjon som er gyldig uten begrensning med hensyn på alkalinitet i betongen.
2. Mørtelprismemetoden som gir dokumentasjon som er gyldig uten begrensning med hensyn på alkalinitet i betongen.
3. Betongprismemetoden som gir dokumentasjon som kun er gyldig opp til det alkalinitet som ble benyttet i dokumentasjonsblandingen(e).

Klassifiseringen ved Petrografisk analyse kan overprøves ved Mørtelprisme- eller Betongprismemetoden. Klassifiseringen ved Mørtelprismemetoden kan overprøves med Betongprismemetoden. Prøving etter flere metoder på samme tilslag skal utføres på samme parti av tilslag /2/.

I tillegg kan betongsammensetninger i eksisterende konstruksjoner som er eldre enn 25 år benyttes for dokumentasjon av tilsvarende betongsammensetningers alkalireaktivitet (se pkt. 6).

Alt tilslag som leveres til betongproduksjon, skal være dokumentert ved petrografisk analyse, minimum én gang. Tilslag som ikke undersøkes videre i henhold til reglene i denne spesifikasjonen, skal anses å være alkalireaktivt. Ved innblanding av slike tilslag, skal det samlede tilslaget anses å ha et innhold av risikobergarter (rb) (se pkt. 3.3.2) på 100 %.

3.1.2 Naturlige tilslag med utenlandsk opprinnelse

De norske metodene med tilhørende grenseverdier er ikke automatisk egnet for dokumentasjon av naturlige tilslag av utenlandsk opprinnelse, hvilket er årsaken til særskilte regler for slike tilslag. Eksempelvis er petrografisk metode lite egnet til å påvise glassfasen (amorf, ikke-krystallin silika) i vulkanske bergarter, vurdere alkalireaktiviteten av ulike chert-varianter og til å skille mellom kvarts og feltspat i finkornede vulkanske bergarter. XRD kan her være et hjelpemiddel. Erfaringsmessig vil imidlertid Mørtelprismemetoden fange opp dersom tilslag med slik sammensetning er alkalireaktive.

For å ivareta usikkerhetene knyttet til utenlandske naturlige tilslag er det valgt å spesifisere et dokumentasjonsregime som baserer seg på norske metoder, men med strengere prosedyrer og grenseverdier enn for norske naturlige tilslag.

Det kreves følgende dokumentasjon av utenlandske naturlige tilslag og betong produsert med slike tilslag:

1. Petrografisk analyse med tynnslip /2/. Dersom tilslaget anses å kunne inneholde porøs flint, skal det benyttes fluorescensimpregnerte tynnslip.
2. Mørtelprismemetoden /2/.

Dersom den petrografiske metoden avdekker at tilslaget inneholder mer enn 1,0 % chert (flint) eller andre tilsvarende, hurtig reaktive bergarter som kan utvise pessimum oppførsel i betong, tillates det ikke brukt i Norge. *Med pessimum oppførsel menes at reaktiviteten av det samlede tilslaget kan være betydelig større ved et relativt lavt til moderat innhold av disse bergartstypene enn ved et høyere innhold (motsatt av hva som er erfaringen med norske naturlige alkalireaktive tilslag).*

For andre utenlandske naturlige tilslag gjelder at tilslaget skal klassifiseres som ikke-alkalireaktivt – og med dokumentasjon gyldig uten begrensninger i alkaliinnhold – dersom begge etterfølgende kriterier samtidig er tilfredsstillt:

- Sammenligningsverdien < 10,0 % (se pkt. 3.3.2).
- Ekspansjonsverdier ved mørtelprismeforsøk /2/:
 - o $\leq 0,08$ % for sand og sandblandinger, fine steinfraksjoner og blandinger av sand og stein hvor sanden eller steinen er alkalireaktiv
 - o $\leq 0,05$ % for stein og steinblandinger

Dersom ovenstående kriterier ikke er tilfredsstillt skal tilslaget klassifiseres som alkalireaktivt. Utenlandske alkalireaktive tilslag (men med begrensning mht. flint; se over) – eller tilslagsblandinger hvor slike inngår - tillates kun brukt i Norge dersom det utføres funksjonsprøving for å fastsette begrensninger mht. alkalinitet og/eller bindemiddelsammensetning. Slik prøvning utføres med Betongprismemetoden /2/ som beskrevet i pkt. 5, men med følgende skjerpelse av største tillatte ekspansjonsverdier (i forhold til Tabell 5.1): Prøvingen skal foregå i to år. Grenseverdien etter ett år er 0,020 % og etter to år 0,040 %, uavhengig av type bindemiddel. Begge skal tilfredsstilltes.

MERKNAD: Årsaken til skjerpede grenseverdier med utenlandske naturlige tilslag er at disse, i motsetning til et stort omfang av norske tilslag, ikke har vært gjenstand for en vurdering av relasjon mellom prøvningsresultater med denne metodikken og observasjoner i felt med norske konstruksjoner og i norsk klima.

Prøveresultater for utenlandske tilslag (petrografisk analyse og mørtelprismemetode) har en gyldighet på ett år. Dersom dokumentasjon av konkrete materialkombinasjoner vha. funksjonsprøving gjennomføres, har disse resultatene en gyldighet på fem år, under forutsetning av at de årlige resultatene fra mørtelprismemetoden ikke øker mer enn 0,02 % i løpet av samme periode.

3.2 Dokumentasjon av et tilslags bergartssammensetning

Uansett hvordan sikkerhet mot alkalireaksjoner dokumenteres skal tilslag fra hver enkelt forekomst være dokumentert med hensyn til petrografisk sammensetning og innhold av risikobergarter i henhold til Petrografisk analyse beskrevet i /2/ (se pkt. 3.3.1 og 3.3.2).

Dersom tilslagsforekomsten inneholder både sand og stein skal petrografisk sammensetning bestemmes separat for hver av dem. Det samme gjelder for tilslag som har en korngradering som ikke er i samsvar med noen av de to tilslagsfraksjonene nevnt foran. Bergartssammensetningen for fine steinfraksjoner kan bestemmes separat. Hvis ikke dette gjøres, defineres den til å være den samme som bestemt for sandfraksjonen. Både sanden, steinen og fine steinfraksjoner benevnes som enkelttilslag. (De ulike tilslagsfraksjonene er definert i tabell «Definisjon av begreper».)

Det presiseres at for knust sand og pukk fra samme forekomst er det tilstrekkelig å teste én felles enkeltprøve. Prøvingslaboratoriet skal imidlertid motta samtidig uttatte prøver av samtlige fraksjoner for å verifisere samsvar mellom disse.

3.3 Tilslagets alkalireaktivitet

3.3.1 Kritiske grenseverdier for bedømmelse av alkalireaktivitet

For bedømmelse av om enkelttilslag eller tilslagsblandinger kan ansees som ikke-alkalireaktive sammenholdes resultatene fra de tre angitte laboratoriemetodene med de kritiske grenseverdiene som er angitt i Tabell 3.1. For Mørtelprismemetoden og Betongprismemetoden sammenlignes prøvningsresultatet direkte med den kritiske grenseverdien. For Petrografisk analyse beregnes en Sammenligningsverdi Sv basert på de utførte petrografiske analysene (se pkt. 3.3.2), og resultatet av denne beregningen sammenlignes med den kritiske grenseverdien.

Tabell 3.1 Samlet oversikt over kritiske grenseverdier for de ulike laboratoriemetodene ved dokumentasjon av alkalireaktivitet av et enkelttilslag eller en tilslagsblanding

Dokumentasjon av	Kritiske grenseverdier for laboratoriemetodene 1)		
	Petrografisk analyse (omregnede resultater) ²⁾	Mørtelprismemetoden 3)	Betongprismemetoden 4)
Sandtilslag og sandblandinger	20,0 %	0,14 %	0,040 % ⁵⁾
Steintilslag og steinblandinger		0,08 %	0,040 % ⁵⁾
Fine steinfraksjoner		0,11 %	Uaktuelt
Blandinger av sand og stein hvor sanden eller steinen er alkalireaktiv	20,0 % ⁶⁾	0,11 %	0,050 %

- 1) For at enkelttilslag eller tilslagsblandinger skal bli klassifisert som ikke-alkalireaktive, kreves verdier lavere enn de kritiske grenseverdiene oppgitt i tabellen
- 2) Sammenligningsverdi (Sv) skal sammenlignes med kritisk grenseverdi. Metode for beregning av Sv er gitt i pkt. 3.3.2
- 3) Målt ekspansjon etter 14 døgns eksponering skal sammenlignes med kritisk grenseverdi
- 4) Målt ekspansjon etter 1 års eksponering skal sammenlignes med kritisk grenseverdi. Prosedyre for prøvning er gitt i /2/. Betongen skal ha et totalt alkali-innhold (fra CEM I og eventuelt tilsatt NaOH) på 5,0 kg/m³ Na₂O-ekv.
- 5) En sand eller en sandblanding skal prøves sammen med et ikke-alkalireaktivt referanse steintilslag. En stein eller en steinblanding skal prøves sammen med et ikke-alkalireaktivt referanse sandtilslag.
- 6) Maksimalt 15,0 % tillates å komme fra steintilslaget

3.3.2 Beregning av sammenligningsverdi for resultater av petrografiske analyser

Hvis ikke annet er angitt spesielt, menes volum-% dersom det kun er angitt % i teksten.

Ved prøvning i henhold til Petrografisk analyse bestemmes tilslagets innhold av risikobergarter. Risikobergarter er definert som summen av alkalireaktive bergarter og tvilstilfeller /2/.

Følgende notasjoner benyttes:

- rb_{sand} = innhold av risikobergarter i et sandtilslag
 rb_{stein} = innhold av risikobergarter i et steintilslag
 $rb_{fin\ stein}$ = innhold av risikobergarter i fine steinfraksjoner

Et tilslags alkalireaktivitet vurderes med bakgrunn i en beregnet Sammenligningsverdi (Sv) for tilslagets innhold av risikobergarter. Sammenligningsverdien beregnes som veid gjennomsnitt av alle de sist uttatte prøvene (inntil 6 stk) pluss en sikkerhetsmargin. Sv tar også hensyn til at alkalireaktive steintilslag anses mer skadelige enn sandtilslag ved at innhold av risikobergarter i steintilslag og fine steinfraksjoner vektet med faktorer på hhv. 2 og 1,5 i forhold til tilsvarende i sand. Beregningen utføres i henhold til følgende prosedyre:

1. Bestem vektet innhold av risikobergarter (rb_{vektet}) ut fra Tabell 3.2 (tar hensyn til at alkalireaktive steintilslag er mer skadelige enn alkalireaktive sandtilslag)
2. Finn Vekttall (kn) ut fra Tabell 3.3 (tar hensyn til at de siste petrografiske analysene tillegges størst vekt)
3. Beregn Veid gjennomsnitt (Vg)
4. Finn Sikkerhetsmarginen (Sm) ut fra Tabell 3.4 (tar hensyn til at usikkerheten avtar når det er utført flere petrografiske analyser over tid)
5. Beregn tilslagets Sammenligningsverdi (**$Sv = Vg + Sm$**). Sv oppgis med èn desimal.

Tabell 3.2 Beregning av vektet innhold av risikobergarter (rb_{vektet})¹⁾ i enkelttilslag

Sandtilslag	Steintilslag	Fine steinfraksjoner
$rb_{\text{vektet sand}} = rb_{\text{sand}} \cdot 1$	$rb_{\text{vektet stein}} = rb_{\text{stein}} \cdot 2$	$rb_{\text{vektet fin stein}} = rb_{\text{fin stein}} \cdot 1,5$

1) Vektet innhold av risikobergarter (rb_{vektet}) i steintilslag og fine steinfraksjoner kan således beregningsmessig bli opp til henholdsvis 200 % og 150 %. Dermed kan Sammenligningsverdien (Sv) bli høyere enn 100 % for flere norske tilslag.

Tabell 3.3 Vekttall (kn) for de ulike målingene av tilslagets innhold av risikobergarter

	Siste måling	Nest siste måling	3. siste måling	4. siste måling	5. siste måling	6. siste måling
Vekttall, kn	1,0	0,9	0,7	0,5	0,4	0,3

Veid gjennomsnitt (Vg) beregnes som:

$$Vg = \frac{\sum (rb_{\text{vektet } n} \cdot k_n)}{\sum k_n}$$

Tabell 3.4 Beregning av Sikkerhetsmarginen (Sm) avhengig av antall målinger

Antall målinger, n	1	2	3	4	≥ 5
Sikkerhetsmargin, Sm (%-poeng)	5,0	3,0	2,0	1,0	0

Eksempel 1

Ett måleresultat; innhold av risikobergarter i sand (rb_{sand}) = 16 %

$$rb_{\text{vektet sand}} = 16 \cdot 1 = 16 \% ; \quad Vg = 16,0 \% ; \quad Sm = 5,0 \%$$

$$\text{Sammenligningsverdi, } Sv_{\text{sand}} = 16,0 + 5,0 = 21,0 \%$$

Eksempel 2a

Tre måleresultater for et sandtilslag;

$rb_{\text{sand}} =$ hhv 16 % (siste måling), 18 % og 12 % = $rb_{\text{vektet sand}}$

$$Vg = \frac{16 \cdot 1,0 + 18 \cdot 0,9 + 12 \cdot 0,7}{1,0 + 0,9 + 0,7} = 15,6 \% ; \quad Sm = 2,0 \%$$

Sammenligningsverdi, $Sv_{sand} = 15,6 + 2,0 = \underline{17,6 \%}$

Eksempel 2b

Tre måleresultater for en fin steinfraksjon 4-8 mm; $rb_{fin\ stein} =$ hhv 16 % (siste måling), 18 % og 12 %:

$rb_{vektet\ fin\ stein} =$ hhv $16 \cdot 1,5 = 24 \%$ (siste måling), $18 \cdot 1,5 = 27 \%$ og $12 \cdot 1,5 = 18 \%$

$$Vg = \frac{24 \cdot 1,0 + 27 \cdot 0,9 + 18 \cdot 0,7}{1,0 + 0,9 + 0,7} = 23,4 \%; \quad Sm = 2,0 \%$$

Sammenligningsverdi, $Sv_{fin\ stein} = 23,4 + 2,0 = \underline{25,4 \%}$

Eksempel 2c

Tre måleresultater for et steintilslag 8-16 mm; $rb_{stein} =$ hhv 16 % (siste måling), 18 % og 12 %:

$rb_{vektet\ stein} =$ henholdsvis $16 \cdot 2 = 32 \%$ (siste måling), $18 \cdot 2 = 36 \%$ og $12 \cdot 2 = 24 \%$

$$Vg = \frac{32 \cdot 1,0 + 36 \cdot 0,9 + 24 \cdot 0,7}{1,0 + 0,9 + 0,7} = 31,2 \%; \quad Sm = 2,0 \%$$

Sammenligningsverdi, $Sv_{stein} = 31,2 + 2,0 = \underline{33,2 \%}$

Eksempel 3

6 måleresultater for et sandtilslag;

$rb_{sand} =$ 16 % (siste måling), 18 %, 12 %, 13 %, 18 % og 15 % = $rb_{vektet\ sand}$

$$Vg = \frac{16 \cdot 1,0 + 18 \cdot 0,9 + 12 \cdot 0,7 + 13 \cdot 0,5 + 18 \cdot 0,4 + 15 \cdot 0,3}{1,0 + 0,9 + 0,7 + 0,5 + 0,4 + 0,3} = 15,5 \%; \quad Sm = 0 \%$$

Sammenligningsverdi, $Sv_{sand} = 15,5 + 0 = \underline{15,5 \%}$

Dersom det er store sprang (se etterfølgende definisjon) mellom resultater fra to påfølgende petrografiske analyser av tilslag fra den samme forekomsten må årsaken til avviket dokumenteres overfor sertifiserende organ før resultatene eventuelt kan godkjennes og inkluderes i grunnlaget for å beregne ny Sammenligningsverdi (Sv). Sertifiserende organ har også anledning til å treffe vedtak om eventuelle nærmere undersøkelser (f eks kreve utførelse av prøving etter Mørtelprismemetoden).

I denne publikasjonen defineres store sprang i måleverdier på følgende måte: To påfølgende petrografiundersøkelser gir 7 %-poeng reduksjon i innhold av risikobergarter (gjelder kun tilslag med beregnet Sammenligningsverdi (Sv) i området 0 - 30 %)

Eksempel 4

Forrige petrografianalyse av en sand ga 19 % risikobergarter, og en beregnet Sv på 17,5 %. Ny petrografianalyse av sanden gir 11 % risikobergarter:

Avviket i innhold av risikobergarter mellom de 2 påfølgende petrografiundersøkelsene er på 8 %-poeng, og den siste verdien er lavest. Samtidig er Sv mindre enn 30 %. Det kreves derfor at årsaken til dette avviket dokumenteres nærmere overfor sertifiserende organ.

Eksempel 5

En produsent skal beregne Sv basert på 6 tidligere utførte petrografiske analyser av en sand, der følgende innhold av risikobergarter ble bestemt: 7 % (siste måling), 17 %, 12 %, 14 %, 13 % og 15 % (første måling):

Avviket mellom de to siste målingene (17 % og 7 %) er på 10 %-poeng, og den siste verdien er lavest. Samtidig er den forrige beregnede Sv (= 14,3 %) mindre enn 30 %. Det kreves derfor at årsaken til dette avviket dokumenteres nærmere overfor sertifiserende organ før prøven med innhold av risikobergarter på 7 % eventuelt kan inngå i grunnlaget for å beregne sandtilslaget nye Sammenligningsverdi (Sv).

3.3.3 Alkalireaktivitet av tilslagsblandinger

Tilslag fra ulike forekomster kan blandes. Alkalireaktiviteten for tilslagsblandingen vurderes på grunnlag av resultatene fra petrografiske analyser og beregning av Sammenligningsverdi for hvert av enkelttilslagene. Blandingens Sammenligningsverdi ($S_{v_{\text{blanding}}}$) for innhold av risikobergarter kan så beregnes ved å ta hensyn til volumandelen av de ulike tilslagene som blandes.

Eksempel 6a

En blanding av 60 % tilslag A og 40 % tilslag B, hvor tilslagene A og B har beregnede Sammenligningsverdier på henholdsvis 25,0 % (S_{v_A}) og 5,0 % (S_{v_B}), har en Sammenligningsverdi ($S_{v_{\text{blanding}}}$) på:

$$\text{Sammenligningsverdi, } S_{v_{\text{blanding}}} = 0,6 \cdot 25,0 \% + 0,4 \cdot 5,0 \% = 17,0 \%$$

Blandinger av sand, blandinger av stein, blandinger av fine steinfraksjoner eller blandinger av sand og stein hvor sanden eller steinen er alkalireaktiv anses ikke-alkalireaktive dersom Sammenligningsverdien ($S_{v_{\text{blanding}}}$) for innhold av risikobergarter er mindre enn 20,0 %, og steintilslaget bidrag til $S_{v_{\text{blanding}}}$ samtidig er maksimalt 15 %.

Eksempel 6b

En tilslagsblanding bestående av 47 % sand (A), 45 % stein 8-22 mm (B) og 8 % finstein 2-8 mm (C) med Sammenligningsverdier henholdsvis 18,4, 8,5 og 29,6 % har en Sammenligningsverdi ($S_{v_{\text{blanding}}}$) på:

$$\text{Sammenligningsverdi, } S_{v_{\text{blanding}}} = 0,47 \cdot 18,4 + 0,45 \cdot 8,5 + 0,08 \cdot 29,6 = 14,8 \%$$

Alkalireaktivitet av tilslagsblandinger kan ikke vurderes ut fra prøvingsresultater for enkelttilslagene i henhold til Mørtelprismemethoden eller Betongprismemethoden. Der minst ett av

enkeltilslagene er klassifisert som alkalireaktivt ved en av disse to metodene, må den aktuelle tilslagsblandingen også prøves.

3.3.4 Gyldighet av prøvingsresultater - prøvingshyppighet

Forutsetningen for gyldighet av all dokumentasjon av enkeltilslag, tilslagsblandinger (pkt. 3.3.3) og betongresepter (pkt. 5), er at man følger reglene for prøvingshyppighet for Petrografisk analyse gitt i Tabell 3.5. Hvis ikke vil en tidligere dokumentasjon være ugyldig.

Produsenter som ønsker å deklare produkter med innhold av risikobergarter i tilslaget (rb) på 100 % kan velge ikke å gjennomføre fysisk prøvning utover førstegangs petrografisk analyse.

Dokumentasjonen av ikke-reaktivitet ved prøving i henhold til Mørtelprisme- eller Betongprismemetoden regnes som gyldig så lenge senere Petrografiske analyser viser lavere innhold av risikobergarter enn en Grenseverdi (G) beregnet på følgende måte:

$$G = z \cdot \left(1 + \frac{tg - tr}{2 \cdot tg}\right) \quad , \text{ der}$$

z = % innhold risikobergarter i prøven hvor det er utført prøving i henhold til Mørtelprisme- eller Betongprismemetoden

tr = prøvingsresultat ved prøvingen i henhold til Mørtelprisme- eller Betongprismemetoden

tg = kritisk grenseverdi for ekspansjon for å karakterisere tilslaget som alkalireaktivt ved den aktuelle prøvingsmetoden (se Tabell 3.1 i pkt. 3.3.1)

Tabell 3.5 Krav til prøvingshyppighet for Petrografisk analyse avhengig av beregnet Sammenligningsverdi (Sv).

Krav om utførelse av Petrografisk analyse med tynnslip hvert 5. år	Krav om utførelse av Petrografisk analyse med tynnslip hvert 3. år	Krav om utførelse av Petrografisk analyse med tynnslip hvert år
Sandtilslag der Sv er mindre enn 5,0 %	Sandtilslag der Sv er større enn eller lik 5,0 % og mindre enn 15,0 %	Sandtilslag der Sv er større enn eller lik 15,0 % og mindre enn 20,0 %
Enkeltilslag som deklarerer som alkali-reaktive for hele perioden	Steintilslag der Sv er mindre enn 10,0 %	Steintilslag der Sv er større enn eller lik 10,0 % og mindre enn 20,0 %
		Enkeltilslag hvor det er utført mindre enn 3 petrografiske analyser
		Enkeltilslag der Sv er større enn eller lik 20,0 %, men der resultatene skal brukes til å beregne ikke-alkalireaktive tilslagsblandinger
		Enkeltilslag der Sv er større enn eller lik 20,0 %, samtidig som det aktuelle tilslaget er klassifisert som ikke-alkalireaktivt ved Mørtelprisme- eller Betongprismemetoden.

Eksempel 7

For et sandtilslag med 21 % risikobergarter (rb_{sand}) er det ved Mørtelprismemetoden oppnådd en ekspansjon etter 14 døgns eksponering på 0,05 %. Grenseverdien for å karakterisere tilslaget som alkalireaktivt er 0,14 %. Dokumentasjonen av ikke-reaktivitet regnes da gyldig så lenge resultater av en senere Petrografisk analyse av sand fra samme forekomst (rb_{sand}) viser resultater lavere enn:

$$\underline{G} = 21 \cdot (1 + (0,14 - 0,05) / (2 \cdot 0,14)) = 21 \cdot 1,32 = 27,8 \approx \underline{28 \%}$$

Eksempel 8

For et sandtilslag med 21 % risikobergarter (rb_{sand}) er det ved Betongprismemetoden oppnådd en ekspansjon etter 1 års eksponering på 0,035 %. Grenseverdien for å karakterisere tilslaget som alkalireaktivt er 0,040 %. Dokumentasjonen av ikke-reaktivitet regnes da gyldig så lenge resultater av en senere Petrografisk analyse av sand fra samme forekomst (rb_{sand}) viser resultater lavere enn:

$$\underline{G} = 21 \cdot (1 + (0,040 - 0,035) / (2 \cdot 0,040)) = 21 \cdot 1,06 = 22,3 \approx \underline{22 \%}$$

Eksempel 9

For et steintilslag med 13 % risikobergarter (rb_{stein}) er det ved Mørtelprismemetoden oppnådd en ekspansjon etter 14 døgns eksponering på 0,05 %. Grenseverdien for å karakterisere tilslaget som alkalireaktivt er 0,08 %. Dokumentasjonen av ikke-reaktivitet regnes da gyldig så lenge resultater av en senere Petrografisk analyse av stein fra samme forekomst (rb_{stein}) viser resultater lavere enn:

$$\underline{G} = 13 \cdot (1 + (0,08 - 0,05) / (2 \cdot 0,08)) = 13 \cdot 1,19 = 15,4 \approx \underline{15 \%}$$

Eksempel 10

For en blanding av 55 % sand med 35 % risikobergarter (rb_{sand}) og 45 % stein med 5 % risikobergarter (rb_{stein}) er det ved Betongprismemetoden oppnådd en ekspansjon etter 1 års eksponering på 0,040 %. Vektet innhold av risikobergarter i blandingen som er prøvd (se Tabell 3.2) vil da være lik $rb_{vektet\ blanding} = 35 \% \cdot 1 \cdot 0,55 + 5 \% \cdot 2 \cdot 0,45 = 23,8 \%$. Grenseverdien for å karakterisere det blandede tilslaget som alkalireaktivt er 0,050 %. Dokumentasjonen av ikke-reaktivitet regnes da gyldig så lenge resultater av senere petrografiske analyser av sand og stein fra de samme forekomstene viser et vektet innhold av risikobergarter ($rb_{vektet\ blanding}$) lavere enn:

$$\underline{G} = 23,8 \cdot (1 + (0,050 - 0,040) / (2 \cdot 0,050)) = 23,8 \cdot 1,10 = \underline{26,2 \%}$$

4 Vurdering av bindemiddel

4.1 Generelt

I pkt. 4.2 og 4.3 er det gitt bestemmelser for beregning av alkaliinnhold og grenseverdier for alkaliinnhold i betong.

Unntak fra disse bestemmelsene er gjort for særlige bindemiddelkombinasjoner der det tilsettes flygeaske eller silikastøv. Hvilke unntak som gjelder, er omtalt i pkt. 4.4.

4.2 Beregning av alkali-innhold

Betongens totale innhold av syreløslige alkalier beregnes som summen av syreløslige alkalier i sement, i tilsetninger (så som silikastøv, flyveaske og slagg), i tilsetningsstoffer og i blandevann (viktig ved bruk av resirkulert vann på betongstasjoner). For sement skal alkali-innholdet bestemmes i henhold til NS-EN 196-2 /3/. Alkali-innhold i naturlige tilslag, samt alkalier som tilføres betongen utenfra i funksjonell levetid, tas normalt ikke med i beregningen (se likevel pkt. 2.1). Alkali-innhold oppgis av leverandør i form av en øvre deklartert grenseverdi, basert på historiske data og forventet nivå, og omfattes av kontroll fra sertifiserende organ.

Alkali-innholdet beregnes som ekvivalent Na_2O mengde ved;

$$\text{Na}_2\text{O ekv.} = \text{mengde Na}_2\text{O} + 0,658 \cdot \text{mengde K}_2\text{O}$$

Alkalier i delmaterialer hvor alkaliene lett kan lutes ut, skal medregnes i sin helhet.

Eksempler på beregning av alkali-innhold i ulike delmaterialer og i ulike betongresepter, inkl. henvisning til metoder er gitt i VEDLEGG B.

4.3 Grenseverdier for alkali-innhold

Dersom beregnet totalt innhold av syreløselige alkalier i betong fremstilt med Portlandsement (CEM I, NS-EN 197-1) er lavere enn eller lik 2,5 kg Na_2O ekv. pr m^3 betong, anses betongen å være sikret mot skadelige alkalireaksjoner framstilt med alle typer / mengder reaktive norske naturlige tilslag.

For spesifikke norske naturlige tilslag kan det benyttes en høyere grenseverdi lik 3,0 kg Na_2O ekv. pr m^3 betong dersom det gjennomføres prøvning i henhold til Mørtelprismemetoden og ekspansjonsverdien etter 14 dager er mindre enn eller lik 0,20 %.

For alle andre bindemidler må det dokumenteres en grenseverdi for generell sikring mot skadelige alkalireaksjoner (forutsatt at disse ønskes benyttet til framstilling av betong med alle typer/mengder reaktive norske tilslag). I denne sammenheng skal følgende betraktes som «andre bindemidler»;

- blandingssementer (Portlandsement inneholdende f eks flygeaske, silikastøv eller slagg)
- kombinasjoner av CEM I og en blandingssement
- kombinasjoner av blandingssementer
- kombinasjoner av sement (CEM I eller blandingssement) og tilsetninger så som silikastøv, flygeaske (NS-EN 450-1, klasse A), andre materialer med pozzolan effekt (f eks glassfiller og andre fillere produsert fra alkalireaktive bergarter) og slagg.

Slik dokumentasjon fremskaffes ved funksjonsprøving i henhold til prosedyre i pkt. 5.2. Dersom slik dokumentasjon ikke foreligger, gjelder grenseverdien angitt for Portlandsement CEM I.

En oversikt over dokumenterte andre bindemidler og tilhørende grenseverdi for maksimalt tillatt alkali-innhold for produksjon av ikke-alkalireaktiv betong er gitt via Vedlegg C. Denne oversikten oppdateres ved behov og publiseres på Norsk Betongforenings hjemmesider (www.betong.net).

Eksempel 11

En Portlandsement (CEM I) som har et innhold av syreløselige alkalier (bestemt i henhold til NS-EN 196-2) /3/ på 0,75 % av sementvekten skal benyttes til framstilling av betong. Det benyttes et plastiserende tilsetningsstoff som totalt bidrar med $0,25 \text{ kg/m}^3 \text{ Na}_2\text{O}$ -ekv alkalier til betongen. Det er ingen andre alkali-kilder til betongen:

Det tillates da benyttet inntil $(2,5-0,25) / 0,0075 = 300 \text{ kg}$ av denne Portlandsementen (CEM I) pr m^3 betong.

Eksempel 12

En betongprodusent skal produsere en sprøytebetong med bruk av alkalireaktivt tilslag. Betongen må derfor settes sammen slik at alkali-innholdet holder seg under en øvre tillatt grenseverdi. De delmaterialene som bidrar til alkali-innholdet er følgende (% alkalier oppgitt er Na_2O -ekv.):

<i>470 kg/m^3 Norcem Standard FA-sement (1,25 % alkalier):</i>	<i>gir 5,88 $\text{kg/m}^3 \text{ Na}_2\text{O}$-ekv.</i>
<i>25 kg/m^3 silikastøv (0,5 % alkalier):</i>	<i>gir 0,13 $\text{kg/m}^3 \text{ Na}_2\text{O}$-ekv.</i>
<i>4,0 kg/m^3 SP-stoff (5,0 % alkalier):</i>	<i>gir <u>0,20 $\text{kg/m}^3 \text{ Na}_2\text{O}$-ekv.</u></i>
<i>Totalt alkali-innhold (levert fra betongprodusent):</i>	<i>6,21 $\text{kg/m}^3 \text{ Na}_2\text{O}$-ekv.</i>

Gitt at øvre tillatte grenseverdi ved bruk av Norcem Standard FA-sement er $7,0 \text{ kg/m}^3 \text{ Na}_2\text{O}$ -ekv. (inkl. alkalier fra flygeasken – kfr. VEDLEGG C). Ved bruk av alkalifri akselerator kan sprøytebetongen anses som ikke-alkalireaktiv i henhold til NB21. Ved bruk av 20 kg/m^3 av en alkaliholdig akselerator med 9,0 % Na_2O -ekv. alkalier, vil denne bidra med $1,80 \text{ kg/m}^3 \text{ Na}_2\text{O}$ -ekv. alkalier. Totalt alkali-innhold i sprøytebetongen vil da bli $8,01 \text{ kg/m}^3 \text{ Na}_2\text{O}$ -ekv., dvs. sprøytebetongen vil bli klassifisert som alkalireaktiv i henhold til NB21.

4.4 Unntak fra bestemmelsene om dokumentasjon der flygeaske eller silikastøv tilsettes

Unntak fra bestemmelsene i pkt. 4.2 og 4.3 er gjort for særlige bindemiddelkombinasjoner der det tilsettes flygeaske eller silikastøv:

Tilsetning/Ekstradosering av flygeaske eller silikastøv: Flygeaske eller silikastøv tillates tilsatt/ekstradosert uten at alkalibidraget fra denne tilsetningen/ekstradoseringen regnes med i betongens alkaliinnhold ved kontroll mot generell ($2,5 \text{ kg/m}^3$), forhøyet ($3,0 \text{ kg/m}^3$) (jfr. pkt. 4.3) eller dokumentert grenseverdi i henhold til kap. 5 og Vedlegg C. Dette gjelder både ved tilsetning i sement og direkte i betong.

MERKNAD: Årsaken til dette unntaket er at ytterligere dosering av disse materialene (med sammensetning som definert i NS-EN 206 + NA /1/) tross noe innhold av alkalier likevel leder til redusert alkalireaktivitet i betongen.

5 Vurdering av alkalireaktivitet ut fra funksjonsprøving

5.1 Generelt

Funksjonsprøving defineres i denne sammenheng som laboratorieprøving av betongblandingers egenskap – i dette tilfelle alkalireaktivitet – med visse akseptkriterier i form av grenseverdier basert på relevans for feltforhold.

Slik funksjonsprøving gjennomføres iht. Betongprismemetoden /2/ og kan benyttes til dokumentasjon av

- bindemidler
- konkrete betongsammensetninger, dvs. kombinasjon av tilslag og bindemidler

Prøvingen må utføres med en bestemt systematikk som er beskrevet i pkt. 5.2 og 5.3.

Prøvingen kan utføres med én eller flere blandinger, og da med en sammensetning slik at de dekker det området som dokumentasjonen skal være gyldig for (f.eks. alkalinitet, flygeaske-, slagg- eller silika-innhold). Kriterier for ikke-alkalireaktiv betong ved funksjonsprøving, dvs. maksimalt tillatte ekspansjonsverdier avhengig av type bindemiddel og betong, er gitt i Tabell 5.1.

Tabell 5.1 Største tillatte ekspansjonsverdier med Betongprismemetoden ved dokumentasjon av bindemidler og naturlige tilslag i konkrete betongsammensetninger.

Dokumentasjon av	Inneholder betongen pozzolaner eller slagg?	Eksponeringstid	Krav til maksimal tillatt ekspansjon ved Betongprismemetoden
- CEM I kombinert med (kun;) flygeaske (V), silikastøv (D) og/eller kalkfiller (L/LL)	Nei	1 år	< 0,050 %
- CEM II bestående av sementklinker og (kun;), flygeaske (V), silikastøv (D) og/eller kalkfiller (L/LL)	Ja	1 år	< 0,030 %
Alle andre bindemidler enn de som er angitt ovenfor og naturlige tilslag i betong med disse andre bindemidlene ¹⁾	Ja og nei	1 år	< 0,030 %
		2 år	< 0,060 %

¹⁾ Prøving skal pågå i to år og begge grenseverdier tilfredsstilles.

5.2 Funksjonsprøving av bindemidler

Prøvingen tar sikte på å dokumentere;

- øvre grenseverdi for alkali-innhold i betong framstilt med et bindemiddel med fast sammensetning

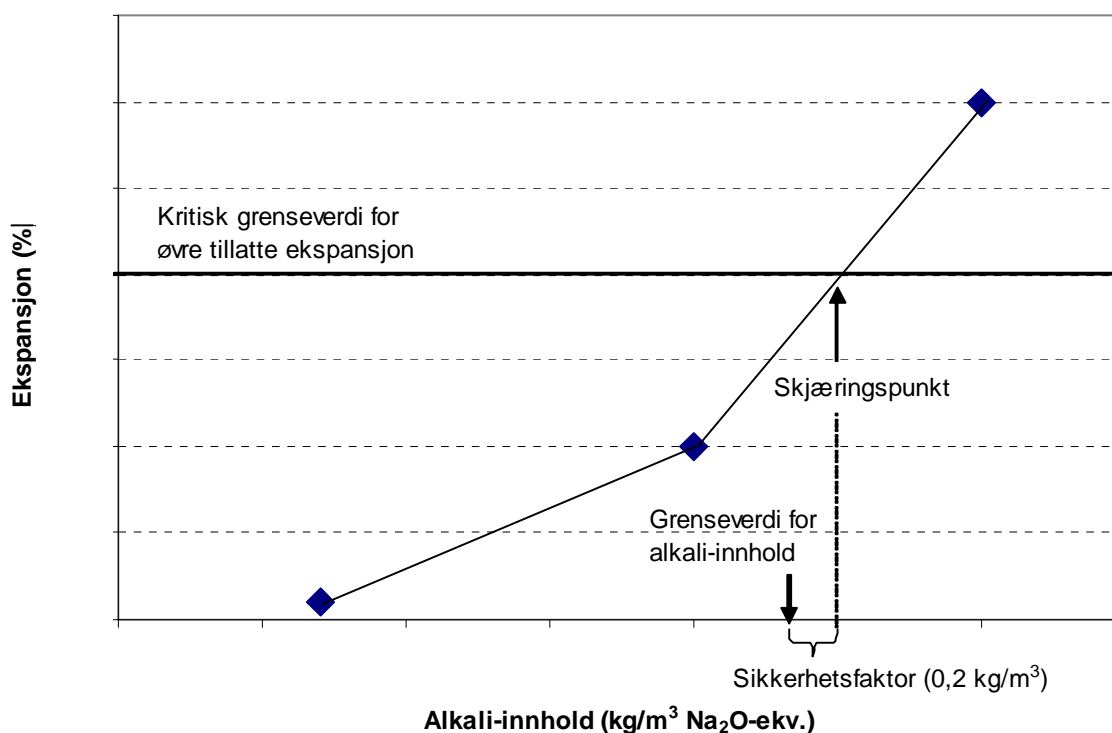
- nedre grenseverdi for andel av et pozzolant tilsetningsmateriale, slagg eller en blandingssement i et kombinert bindemiddel for bruk i betong opp til og med et gitt alkali-innhold.

Dokumentasjonen skal være gyldig for betong med alle typer, mengder og kombinasjoner av norske naturlige alkalireaktive tilslag, for hhv sand- og/eller steinfraksjonen. Prøvningen skal utføres med svært reaktivt tilslag iht. NB 32 /2/.

Det kan utføres en eller flere blandinger. Utføres det kun en blanding, og ekspansjonsresultatet tilfredsstillende kriteriene for ikke-alkalireaktiv betong (se Tabell 5.1), er dokumentasjonen gyldig for bruk av det aktuelle bindemidlet i betong med alkali-innhold opp til og med alkali-innholdet i denne blandingen, fratrukket en sikkerhetsfaktor på $0,5 \text{ kg/m}^3$ når bindemidlet inneholder mindre enn 12 % i sum av enten flygeaske, slagg eller silika. For andre bindemidler er sikkerhetsfaktoren $0,2 \text{ kg/m}^3$. Er ekspansjonsresultatet ikke tilfredsstillende, blir grenseverdien for tillatt alkali-innhold å sette til $2,5 \text{ kg/m}^3$.

MERKNAD: Årsaken til ulik sikkerhetsfaktor skyldes at betong med bare CEM I lekker ut noe mer alkalier under prøvning, et forhold som trekker ekspansjonen ned.

Utføres det flere blandinger, skal ekspansjonsresultatene for hver enkelt blanding plottes mot blandingens alkali-innhold i et diagram som vist i Figur 5.1 (beregning av alkali-innhold utføres som beskrevet i pkt. 4.2). Mellom de plottede punktene trekkes rette forbindelseslinjer, dvs. mellom punktene antas det å være en lineær sammenheng mellom ekspansjon og alkali-innhold.



Figur 5.1 Prinsippdiagram for å fastslå grenseverdi for tillatt alkali-innhold basert på kritisk grenseverdi for øvre tillatte ekspansjon og resultater fra funksjonsprøving av tre betongblandinger med ulike alkali-innhold (her med sikkerhetsfaktor $0,2 \text{ kg/m}^3$).

Ved eventuell skjæring mellom forbindelseslinje og linje som angir kritisk grenseverdi for øvre tillatte ekspansjon, er dokumentasjonen gyldig for bruk av det aktuelle bindemidlet i betong med alkali-innhold opp til og med skjæringspunktet, fratrukket sikkerhetsfaktoren.

Dersom forbindelseslinjene ikke skjærer linjen som angir kritisk grenseverdi for øvre tillatte ekspansjon, blir grenseverdien for tillatt alkali-innhold pr m³ betong å sette til;

- 2,5 kg Na₂O-ekv. dersom alle blandingene ga større ekspansjon enn øvre tillatte ekspansjonsverdi
- tilsvarende blandingen med det høyeste alkali-innhold dersom alle blandingene ga mindre ekspansjon enn øvre tillatte ekspansjonsverdi.

Særskilt mht. midlertidig godkjenning av flygeaskesement: Prøvning av flygeaskesement CEM II med 17-20 % flygeaske framviser stor grad av lineær utvikling for betong med ett års ekspansjon rundt grenseverdien. Det er derfor grunnlag for foreløpig aksept for anvendelse inntil et bestemt alkaliinnhold basert på seks måneders prøvning for slik sement. Den foreløpige aksepten skal som ordinært ta utgangspunkt i de ulike alkalnivå som prøvningen omfatter, minimum to blandinger. Grenseverdi for maksimalt tillatt alkaliinnhold defineres tilsvarende som beskrevet for ett års prøvning men med et annet kritisk ekspansjonsnivå. Spesielt for foreløpig aksept etter seks måneders prøvning er at det er *endring i ekspansjon fra én til 26 uker* som skal sammenlignes med et kritisk ekspansjonsnivå, som etter seks måneders prøvning settes til 0,015 %. Prøvning fortsettes som ordinært fram til ett år. Endelig dokumentasjon baseres på ett års resultat.

5.3 Funksjonsprøving av tilslag og konkrete kombinasjoner av tilslag og bindemiddel

Prøvningen tar sikte på å dokumentere grenseverdi for maksimalt tillatt alkali-innhold i betong med et konkret tilslag, eventuelt en enkeltfraksjon eller en tilslagskombinasjon - eller en konkret kombinasjon av tilslag og bindemiddel.

Presisering mht. funksjonsprøving av sprøytebetong: Tilslag/bindemiddel-kombinasjoner for sprøytebetong (eller annen betong) med maksimalt 10 % korn større enn 8 mm kan testes i overensstemmelse med regelverket, hvor kun 0/8 mm tilslag benyttes ved prøvningen.

Det kan utføres én eller flere blandinger, og da ved bruk av en tilslagssammensetning som skal anses som verst tenkelige tilfelle for de betonger som dokumentasjonen skal dekke, se metodebeskrivelsen i ref. /2/.

Utføres det kun én blanding, og ekspansjonsresultatet tilfredsstillende kriteriene for ikke-alkali-reaktiv betong (se Tabell 5.1), er dokumentasjonen gyldig for bruk av den konkrete kombinasjonen av tilslag og bindemiddel i betong med alkali-innhold opp til og med alkali-innholdet i denne blandingen, fratrukket sikkerhetsfaktoren på 0,2 eller 0,5 kg/m³ etter samme kriterier og beregning som i avsn. 5.2. Er ekspansjons-resultatet ikke tilfredsstillende, blir grenseverdien for tillatt alkali-innhold å sette til 2,5 kg/m³.

Benyttes det flere blandinger, skal ekspansjonsresultatene behandles og vurderes tilsvarende det som er beskrevet i pkt. 5.2.

Dokumentasjonen er kun gyldig for den prøvde betongsammensetningen, samt for sammensetninger med samme kombinasjon av tilslag og bindemiddel, men med forventet redusert alkalireaktivitet i forhold til den prøvde sammensetningen: Alkalireaktiviteten anses å reduseres dersom innhold av pozzolant materiale (av samme type) øker eller tilslaget alkalireaktivitet reduseres, se evt. pkt. 4.4.

6 Dokumentasjon av funksjon i felt – prinsipp og begrensninger

Betongsammensetninger i eksisterende betongkonstruksjoner som er eldre enn 25 år kan benyttes for dokumentasjon av tilsvarende betongsammensetningers alkalireaktivitet. Forutsetningen er at betongen har vært utsatt for regelmessig høy fuktbelastning. Det vil ikke bli gitt godkjenning for bruk av tilslaget i resepter med større mulighet til å utvikle alkalireaksjoner enn de som er undersøkt, dvs. konstruksjoner med høyere alkali-innhold, signifikant høyere innhold av risikobergarter eller konstruksjoner med vesentlig høyere fukt- og temperaturpåkjenninger (eksempelvis konstruksjoner i innendørs fuktig og oppvarmet miljø, slik som svømmehaller og enkelte industrilokaler).

I NB 32 /2/ er det gitt detaljerte regler og prosedyrer for metoden for dokumentasjon av funksjon i felt, samt tilhørende kriterier for evaluering av resultatene. Undersøkelsesmetodene er tilsvarende de som ble benyttet/utviklet i FoU-prosjektet ”Alkalireaksjoner i betong – feltefaringer” /4/. Normalt vil en slik prøving kunne bli aktuell dersom tilslaget ønskes benyttet i et konkret byggeprosjekt, der en ikke har tid til å vente på resultater fra funksjonsprøving i henhold til Betongprismemetoden (se pkt. 5.3).

7 Referanser

1. NS-EN 206+NA: "Betong: Spesifikasjon, egenskaper, framstilling og samsvar"
2. Norsk Betongforenings publikasjon nr. 32 (NB 32) "Alkalireaksjoner i betong. Prøvmingsmetoder og krav til laboratorier"
3. NS-EN 196-2, Sementprøving. Del 2: "Kjemisk analyse av sement"
4. Lindgård, J., Wigum, B.J.: Alkalireaksjoner – feltefaringer, SINTEF-rapport nr. STF22 A02616, Trondheim 2003, 127 sider + 8 vedlegg
5. CEN/TR 16349:2012 "Framework for a specification on the avoidance of a damaging Alkali-Silica Reaction (ASR) in concrete"
6. NS-EN 1992-1-1+NA: "Eurokode 2: Prosjektering av betongkonstruksjoner Del 1-1: Almene regler og regler for bygninger"

NORSK SYSTEM FOR SIKRING MOT ALKALIREAKSJONER I BETONG

I foreliggende vedlegg er det norske systemet for sikring mot alkalireaksjoner i betong presentert, med hovedvekt på prøvingsmetoder, kriterier for å godkjenne prøvingslaboratorier og tilslagsprodusenter, system for ringprøving mellom laboratoriene som utfører petrografiske analyser, samt kontrollfunksjonen til sertifiserende organ. Det er ikke tatt sikte på å presentere faglige resultater eller diskutere ulike faglige problemstillinger, f eks begrunnelse for valg av kritiske grenseverdier for de ulike metodene. I stedet vises det til de refererte norske arbeidene innenfor temaet alkalireaksjoner.

A.1 Kort historisk oversikt – grunnlag for å revidere NB21 i 2004

Mens alkalireaksjoner i mange land er et gammelt og velkjent problemområde, kom erkjennelsen av at dette også kan representere et problem i Norge først i slutten av 80-årene. I 90-årene ble det gjennomført flere store forskningsprosjekter i Norge, samt flere dr. gradsarbeider, som samlet bidro til å gi oss økt kunnskap om problemstillingen. Spesielt bidro disse arbeidene til å skaffe en oversikt over alkalireaktive bergarter i Norge og til å etablere egnede prøvingsmetoder for tilslag og betong.

En beskrivelse av gjeldende prøvingsmetoder i Norge for tilslag ble første gang utgitt i 1993. Metodene er senere blitt justert basert på resultater og innspill fra FoU-prosjektet "NORMIN-2000, Alkalireaksjoner i betong".

Norsk Betongforening utga i 1996 første utgave av Publikasjon nr 21. (NB 21) "Bestendig betong med alkalireaktivt tilslag". I den reviderte 2004-utgaven av publikasjonen ga spesielt FoU-prosjektet "Optimal utnyttelse av tilslagsressurser i Norge. Alkalireaksjoner i betong – felt-erfaringer" (2000-2002) ny verdifull kunnskap. I tillegg ble det ved revisjonsarbeidet tatt hensyn til de erfaringer som var opparbeidet ved bruk av den første utgaven av NB 21, samt til resultater som var fremkommet ved prøving av tilslag og betong i henhold til de tre metodene som har vært benyttet i Norge. Det ble også tatt hensyn til internasjonale erfaringer på området.

A.2 Dokumentasjonsmetoder

De tre metodene som tillates benyttet i Norge (se pkt. 3.1 i Spesifikasjonsdelen av denne publikasjonen), og som vi har snart 25 års erfaring med er:

Petrografisk analyse med tynnslip

Mørtelprismemetoden

Betongprimemetoden

Fram til 2004 har beskrivelsen for alle metodene vært inkludert i metodebeskrivelsene til Kontrollrådet for betongprodukter. Fra 2004 ble imidlertid beskrivelsen av metodene inkludert i en ny publikasjon fra Norsk Betongforening (NB 32); "Alkalireaksjoner i betong. Prøvingsmetoder og krav til laboratorier" (referanse 2 i Spesifikasjonsdelen). Da ble også metodebeskrivelse for Betongprismemetoden supplert med detaljerte beskrivelser for utførelse av

funksjonsprøving både i laboratoriet og i felt (se hhv. pkt. 5 og 6 i Spesifikasjonsdelen). Krav til laboratorier ble også inkludert. For de øvrige metodene ble det ikke gjort vesentlige endringer i beskrivelsene.

Petrografisk analyse med tynnslip (heretter kalt Petrografisk analyse) benyttes for bestemmelse av bergartsammensetning av enkelttilslag. Ved utførelse av metoden foretas det punkttelling i tynnslip ved bruk av polarisasjonsmikroskop. Sand- og steintilslag fra samme forekomst skal prøves separat. For sand undersøkes fraksjonen 1-2 og 2-4 mm (utsiktet fra sanden), mens man for steinfraksjonene undersøker nedknust 2-4 mm (blandet i like deler ved undersøkelse av flere fraksjoner samtidig). De undersøkte fraksjonene antas å representere hhv sand- og steinfraksjonen for det aktuelle tilslaget. Ved undersøkelse av samtidig produsert knust sand og knust stein fra et pukkverk, er det tilstrekkelig å undersøke sandfraksjonen, dvs. bergartssammensetningen for sandfraksjonen antas å representere alle tilslagsfraksjonene.

For fine steinfraksjoner (se definisjon i spesifikasjonsdelen) bestemmes normalt ikke bergartssammensetningen separat, men det er fullt mulig å gjøre dette. I så fall prøves denne som en steinfraksjon. Hvis ikke en slik separat prøving utføres, defineres bergartssammensetningen til å være den samme som bestemt for sandfraksjonen.

På grunnlag av en oversikt over alkalireaktivitet for alle norske bergartstyper ("Bildeatlas") bestemmes innholdet av henholdsvis ikke-alkalireaktive bergarter, alkalireaktive bergarter og tvilstilfeller. Summen av alkalireaktive bergarter og tvilstilfeller (angitt i volum-%) defineres som tilslagets innhold av risikobergarter. Basert på innholdet av risikobergarter bestemt ved de sist utførte petrografiske analysene (inntil 6 stk) beregnes så en Sammenligningsverdi for tilslaget (se pkt. 3.3.2 i Spesifikasjonsdelen), som igjen sammenlignes med den kritiske grenseverdien. Sammenligningsverdien tar både hensyn til at alkalireaktive steintilslag er mer skadelige enn alkalireaktive sandtilslag, at usikkerheten avtar når det er utført flere petrografiske analyser over tid, samt at de siste petrografiske analysene tillegges størst vekt.

Metoden gir dokumentasjon som er gyldig for bruk av det aktuelle tilslaget uten begrensning på alkalinitet i betongen. Dersom et tilslag blir klassifisert som alkalireaktivt etter Petrografisk analyse (se pkt. 3.3.1 i Spesifikasjonsdelen), kan resultatet overprøves med Mørtelprismemetoden eller Betongprismemetoden.

Ved Mørtelprismemetoden bestemmes ekspansjon av mørtelprismer (40·40·160 mm) som lagres neddykket i kar med væske med høyt alkali-innhold (1 M NaOH) og høy temperatur 80 °C. Disse lagringsbetingelsene virker svært akselererende på utviklingen av eventuelle alkalireaksjoner. Metoden kan benyttes for vurdering av alkalireaktivitet av både sand, stein og blandet tilslag. Målt ekspansjon etter 14 døgns lagring i denne væsken sammenlignes med kritisk grenseverdi (se pkt. 3.3.1 i Spesifikasjonsdelen). Differensierte grenseverdier tar hensyn til at alkalireaktive steintilslag er mer skadelige enn alkalireaktive sandtilslag.

Metoden gir dokumentasjon som er gyldig for bruk av det aktuelle tilslaget uten begrensning på alkalinitet i betongen. Dersom et tilslag blir klassifisert som alkalireaktivt etter Mørtelprismemetoden, kan resultatet overprøves med Betongprismemetoden.

Ved Betongprismemetoden bestemmes ekspansjon av betongprismer (100·100·450 mm) som luftlagres i kar med 100 % relativ fuktighet og temperatur 38 °C. Metoden kan benyttes for

vurdering av alkalireaktivitet både av sand, stein og blandet tilslag. Målt ekspansjon etter 1 års eksponering sammenlignes med kritisk grenseverdi (se pkt. 3.3.1 i Spesifikasjonsdelen). Ved prøving av enkelttilslag, dvs. et potensielt alkalireaktivt sand- eller steintilslag, benyttes det henholdsvis et ikke-alkalireaktivt referanse steintilslag eller et ikke alkalireaktivt referanse sandtilslag. Ved prøving av slike enkelttilslag tillates det derfor mindre ekspansjon enn ved prøving av spesifikke blandinger av sand og stein (dvs. alkalireaktiviteten til det samlede tilslaget ønskes vurdert). Ved alle prøvinger av tilslag benyttes det et konstant alkalnivå i betongblandingene, og dokumentasjonen av de prøvde tilslagene vil kun være gyldig opp til og med dette alkalnivået.

I motsetning til Mørtelprismemetoden kan Betongprismemetoden også benyttes til funksjonsprøving (se pkt. 5), dvs. prøving av alkalireaktivitet av ulike bindemiddeltypene og konkrete kombinasjoner av tilslag og bindemiddel dersom disse er å betrakte som alkalireaktive i henhold til kriteriene gitt i pkt. 3 og 4 i Spesifikasjonsdelen.

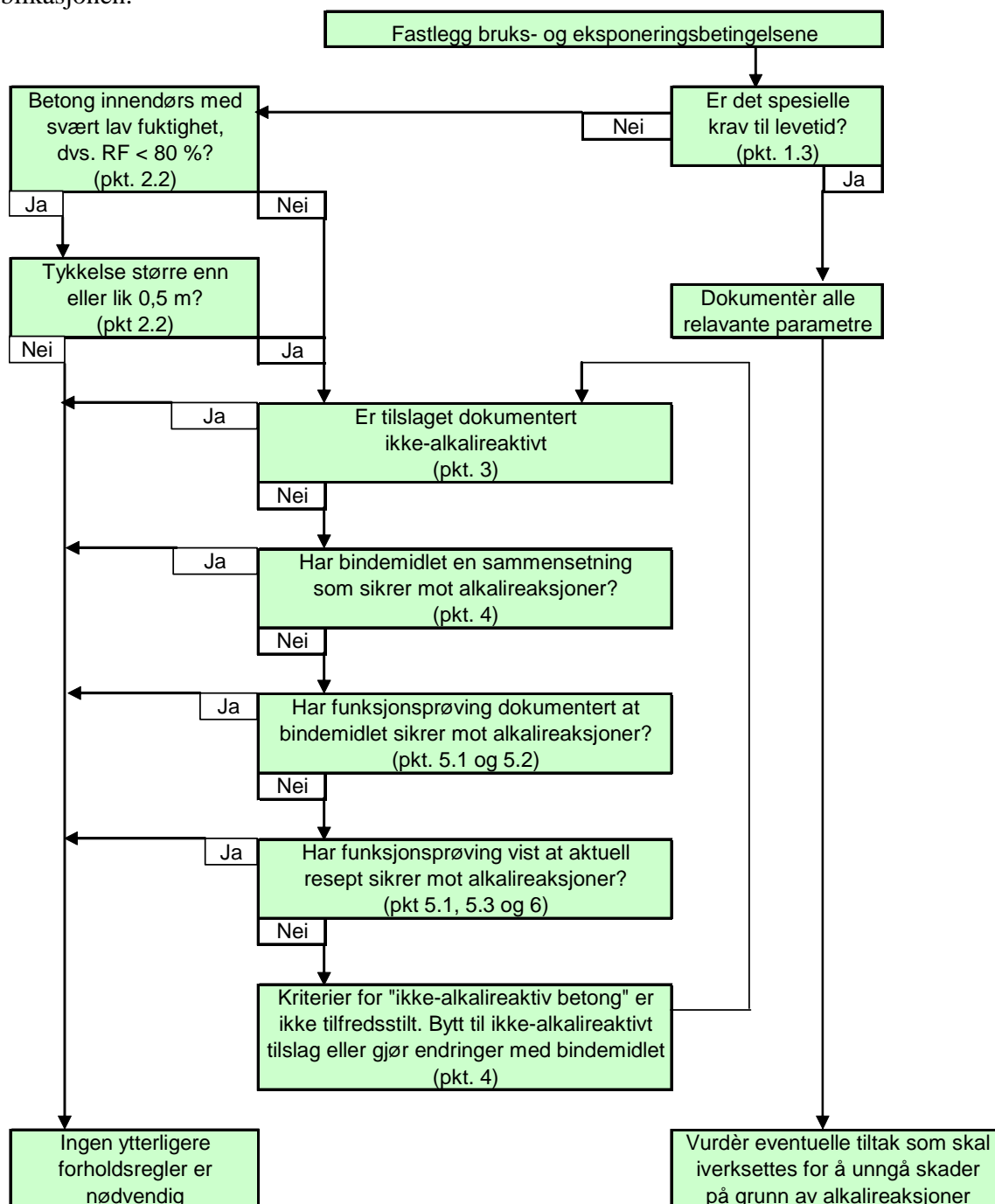
Hvor lenge resultater fra de ulike metodene er gyldige og krav til prøvingshyppighet er beskrevet i pkt. 3.3.4 i Spesifikasjonsdelen.

Uansett hvilken metode som benyttes for dokumentasjon av et tilslags alkalireaktivitet, er det krav om utførelse av Petrografisk analyse. Denne analysen gir grunnlag for å identifisere tilslaget og dokumentere hvilket materiale man utfører prøving av. Over tid vil resultatene fra petrografiske analyser kunne være med på å fange opp eventuelle variasjoner i forekomsten.

Erfaringene fra snart 25 års bruk av de tre metodene i Norge, er at de fleste tilslag kun undersøkes i henhold til Petrografisk analyse. Flere tilslags- og betongprodusenter har imidlertid sett nytten av å utføre funksjonsprøving av konkrete kombinasjoner av tilslag og bindemiddel.

A.3 Flytskjema – prosedyre for evaluering av alkalireaktivitet for nye betongkonstruksjoner

I Figur A1 er det vist et flytskjema som angir prosedyren for evaluering av alkalireaktivitet for nye betongkonstruksjoner. I de ulike rubrikkene vises det til punkter i spesifikasjonsdelen av publikasjonen.



Figur A1. Prosedyre for evaluering av alkalireaktivitet ved prosjektering av nye betongkonstruksjoner.

A.4 Beskrivelse av det norske systemet for sikring mot alkalireaksjoner

Det norske systemet for sikring mot alkalireaksjoner er vel utprøvd og dokumentert, og anses å være tilstrekkelig for å gi generell sikring mot alkalireaksjoner for det alt vesentlige av betongkonstruksjoner på tilsvarende måte som angivelse av bestandighetsklassene i NS-EN 206 mot andre typer holdbarhetssvikt, som for eksempel armeringskorrosjon og frostskafer. Det norske systemet inkluderer:

- beskrivelser av prøvingsmetodene (se ovenfor)
- sertifisering av tilslags- og betongprodusenter
- sertifisering av laboratorier som skal utføre prøving
- ringprøving mellom laboratorier (gjelder foreløpig kun Petrografisk analyse)

Som i de fleste andre land med erfaring fra og kunnskap om alkalireaksjoner, er Petrografisk analyse første trinn for undersøkelse av et tilslags alkalireaktivitet. Til forskjell fra de fleste andre landene, vurderer vi i Norge Petrografisk analyse alene til å være tilstrekkelig som dokumentasjon. Dette betyr at man må legge inn tilstrekkelig sikkerhet i denne metoden, noe vi mener er ivarettatt med utgivelse av denne publikasjonen (se spesielt pkt. 3.3.2 vedr. definisjon av Sammenligningsverdi (Sv) og definisjon av store sprang i måleverdier). Hierarkiet mellom de norske prøvingsmetodene er imidlertid tilsvarende som for de fleste andre land, dvs. mørtelprismeforsøk overprøver resultater fra petrografiske analyser, mens betongprismeforsøk overprøver resultater fra de øvrige metodene.

Fra 1993 var Petrografisk analyse og Mørtelprismemetoden inkludert i den frivillige godkjenningsordningen for tilslagsprodusenter i Norge, som var administrert av Kontrollrådet for betongprodukter fra 1994. Etter utgivelse av NS-EN 206 og NS-EN 12620 er det ikke tillatt å produsere betong i Norge uten at det er utført dokumentasjon av tilslagsets alkalireaktivitet. Som angitt i pkt. 1.4 i Spesifikasjonsdelen av denne publikasjonen er det betongprodusentenes ansvar å påse og dokumentere at betongens delmaterialer og sammensetning oppfyller kravene til ikke-alkalireaktiv betong gitt i denne publikasjonen. Dette innebærer at de kontrollene det sertifiserende organ foretar hos de ulike betongprodusentene vedr. håndtering av alkalireaktivitetsproblematikken, har stor betydning.

Både de tre laboratoriemetodene for prøving av alkalireaktivitet og metoden for dokumentasjon av funksjon i felt (se pkt. 6 i Spesifikasjonsdelen) krever spesiell sertifisering av laboratorier for denne type prøving. Siden 1994 har Kontrollrådet også administrert denne sertifiseringen. Kravene til laboratoriene inngår i Norsk Betongforenings Publikasjon nr. 32 (NB 32 - se referanse nr 2 i Spesifikasjonsdelen). For Petrografisk analyse kreves det i tillegg at operatøren som skal utføre prøvingen må være godkjent spesielt.

Som en del av godkjenningen av operatører for utførelse av Petrografisk analyse er det krav om deltagelse i ringprøving.

A.5 Sentrale norske FoU-prosjekter, doktorgradsarbeider og regelverk

- FoU-prosjektet "Alkalireaksjoner i Sør-Norge", 1990-93, finansiert av Norges forskningsråd og flere firmaer fra betongbransjen
- FoU-prosjektet "Alkalireaksjoner i Nord-Norge", 1993-95, finansiert av Norges forskningsråd og flere firmaer fra betongbransjen
- Jensen, V., 1993: "Alkali Aggregate Reactions in Southern Norway". Doctor Technicae Thesis 1993. The Norwegian Institute of Technology, University of Trondheim, Norway, 262 pp. + Appendices
- Lindgård, J., et. al., 1993: "Bergartssammensetning – alkalireaktive tilslag. Beskrivelse av prøvingsmetoder og krav til laboratorier", SINTEF-rapport nr. STF70 A93030, Trondheim, juni 1993, 9 sider + vedlegg
- Wigum, B.J., 1995: "Alkali-Aggregate Reactions in Concrete; Properties, Classification and Testing of Norwegian Cataclastic Rocks". Dr. ing. avhandling 1995:98, Inst. for Geologi og Bergteknikk, NTNU, Trondheim 1995, 227 sider
- Norsk Betongforening, 1996: "Bestendig betong med alkalireaktivt tilslag", 27 sider
- NORMIN 2000, 1999: "Alkalireaksjoner i betong. Hovedprosjektrapport", 134 sider
- Kontrollrådet for betongprodukter (2002): "Tekniske bestemmelser for klasse P. Betongtilslag", (september 1998, revidert oktober 2002, revisjon 2)
- Broekmans, M.A.T.M. 2002: "The alkali silica reaction: Mineralogical and geochemical aspects of some Dutch concretes and Norwegian mylonites", PhD thesis, Utrecht University, The Netherlands
- Kontrollrådet for betongprodukter (2003): "Metoder for prøving av tilslag – del 2", februar 2003
- Lindgård, J., Wigum, B.J.: "Alkalireaksjoner – feltefaringer", SINTEF-rapport nr. STF22 A02616, Trondheim 2003, 127 sider + 8 vedlegg
- Pedersen, B. 2004: "Alkali-reactive and inert fillers in concrete. Rheology of fresh mixtures and expansive reactions". Dr.ing avhandling, Inst. for konstruksjonsteknikk, NTNU
- Lindgård, J.: "Alkali-silica reaction (ASR) – Performance testing, "PhD thesis 2013:269, NTNU, Trondheim Oct. 2013. ISBN 978-82-471-4666-8 (electronic version).

GRUNNLAG OG BEREGNINGSEKSEMPLER

B.1 Generelt

Alkalier foreligger i de fleste materialer i større eller mindre omfang. Løseligheten av alkaliene vil variere betraktelig avhengig av hvordan de er bundet i de forskjellige materialene.

I noen av betongens delmaterialer er alle alkaliene løselige og derved tilgjengelige for alkalireaksjoner, i noen er så godt som alle alkaliene uløselige og utilgjengelige, mens noen delmaterialer inneholder vesentlige andeler av både løselige- og uløselige alkalier.

Ideelt sett skulle bare de alkaliene som er så vidt løselige at de kan bli tilgjengelige som bidrag til alkalireaksjoner, medregnes ved beregning av betongens totale alkalinitet. Analysemessig er det imidlertid vanskelig å skille nøyaktig mellom alkalier av forskjellig løselighet/tilgjengelighet, men vi vet mye om hvilke delmaterialer som inneholder alkalier som er slik bundet at de vil kunne bidra til alkalireaksjoner og hvilke som ikke gjør det. Derfor:

Alkalier som skal inngå ved beregning av det totale alkalinitet i betong er alle syreløselige alkalier som foreligger i delmaterialer hvor en signifikant andel av alkaliene er så vidt løst bundet at de kan bidra til alkalireaksjoner med tilslagets reaktive bestanddeler.

B.2 Alkalier fra delmaterialer

B.2.1 Alkalier fra sement bestemmes i henhold til prøvestandard for produktet

For Portlandsement (CEM I) og blandingssementer inneholdende flygeaske, silikastøv, slagg eller andre tilsetninger, skal alle alkalier i sementen medregnes ved beregning av betongens totale alkalinitet. Alkalinitet i de ulike Portland- og blandingssementer tilgjengelige på det norske marked vil normalt variere fra ca. 0,4 til 1,25 % ekv. Na_2O .

MERKNAD: Det er sementens alkaliinnhold via klinkerens bidrag som ligger til grunn for beregninger opp mot tillatt grenseverdi eller aksept via dokumentasjonsprøving. En marginal økning i dennes alkalibidrag (opp eller ned) vil ikke i seg selv påvirke det totale alkaliinnholdet denne sementen/bindemiddelkombinasjonen er godkjent for. Det er dette som ligger til grunn for at det kan tilsettes ekstra alkalier (NaOH) under prøving, nettopp for å ta høyde for slike variasjoner/endringer. (Alkali-«boosting» antas å overestimere reaksjonsgrad, da ikke 100% av alkalier fra sementen faktisk vil løses ut.)

B.2.2 Alkalier fra silikastøv bestemmes i henhold til prøvestandard for produktet

For silikastøv skal alle alkalier medregnes ved beregning av betongens totale alkalinitet. Se likevel bestemmelse i pkt. 4.4 i Spesifikasjonsdelen om enkelte unntak fra bestemmelsene om dokumentasjon for materialer som er dokumentert ved funksjonsprøving iht. NB 21. Alkalinitet i silikastøvet fra de ulike norske verk vil normalt variere fra ca 0,1 til 1,0 % ekv. Na_2O .

B.2.3 Alkalier fra flygeaske bestemmes i henhold til prøvestandard for produktet

For flygeaske skal alle alkalier medregnes ved beregning av betongens totale alkalinitet. Se likevel bestemmelse i pkt. 4.4 i Spesifikasjonsdelen om enkelte unntak fra bestemmelsene om dokumentasjon. Alkalinitet i flygeaske fra forskjellige verk vil kunne variere svært meget. For en del verk må det også påregnes store variasjoner over tid.

B.2.4 Alkalier fra slagg bestemmes i henhold til prøvestandard for produktet

For slagg skal alle alkalier medregnes ved beregning av betongens totale alkalinitet.

Alkalinitet i slagg fra forskjellige verk vil kunne variere svært meget. For en del verk må det også påregnes store variasjoner over tid.

B.2.5 Alkalier fra tilsetningsstoffer bestemmes i henhold til prøvestandard for produktet

For tilsetningsstoffer skal alle alkalier medregnes ved beregning av betongens totale alkalinitet.

Alkalinitet i de forskjellige tilsetningsstoffene vil være svært forskjellig. For det enkelte tilsetningsstoff vil ikke alkalinitet variere nevneverdig over tid.

Alkalinitet i tilsetningsstoffer tilgjengelig på det norske marked vil normalt variere fra 0 til ca 7 % ekv. Na_2O .

B.2.6 Alkalier fra blandevann

For blandevann av drikkevannskvalitet er alkalinitet neglisjerbart, og det skal ikke medregnes. Ved bruk av annet blandevann, så som resirkulert vann fra betongproduksjon eller annet vann hvor det er grunn til mistanke om at bruken av vannet vil tilføre betongen mer enn 0,05 kg alkalier (ekv. Na_2O) pr m^3 betong, skal vannets alkalinitet bestemmes etter en av de 3 metodene angitt i ISO 9964 og (dersom bruken av det vil tilføre betongen mer enn 0,05 kg alkalier pr m^3) medregnes ved beregning av betongens totale alkalinitet.

B.2.7 Alkalier fra naturlige tilslag

Alkalier i tilslaget skal ikke medregnes ved beregning av betongens totale alkalinitet.

B.2.8 Alkalier fra spesielle delmaterialer

For spesielle delmaterialer skal alkalinitet og utlutingsfare vurderes i hvert enkelt tilfelle, ref. avsn. 4.2. Der hvor alkalinitet og utlutingsfare vurderes å være høy, skal alkalinitet bestemmes og medregnes ved beregning av betongens totale alkalinitet. Metode vurderes for hvert enkelt materiale.

B.2.9 Alkalier fra omgivelsene i bruksfasen

Alkalier kan tilføres betongen utenfra i konstruksjonens bruksfase. Den vesentligste kilden til dette vil være inntrengning av salt fra sjøvann eller i forbindelse med salting av veier. For konstruksjonens bestandighet vil den sammenhørende inntrengningen av klorider være mer skadelig enn alkaliene. Disse alkalimengdene vil dessuten være meget vanskelig å beregne på anleggsstadiet.

Skadelige alkalireaksjoner opptrer ved reaksjoner i betongens ”indre”. Med norske langsomt reagerende tilslag vil derfor eventuelle reaksjoner i overflaten ikke vil være vesentlig for konstruksjonens bestandighet. Med dette som bakgrunn medregnes ikke alkalier tilført betongen utenfra i konstruksjonens bruksfase.

B.3 Eksempler på beregning av alkali-innhold

Betongens totale innhold av syreløselige alkalier beregnes som summen av syreløselige alkalier i sement, i tilsetninger (så som silikastøv, flyveaske og slagg), i tilsetningsstoffer og i blandevann (viktig ved bruk av resirkulert vann på betongstasjoner). For sement skal alkali-innholdet bestemmes i henhold til NS-EN 196-2 /3/. Alkali-innhold i vanlige tilslag, samt alkalier som tilføres betongen utenfra i funksjonell levetid, tas normalt ikke med i beregningen. Alkali-innhold oppgis av leverandør i form av en øvre deklartert grenseverdi, basert på historiske data og forventet nivå, og omfattes av kontroll fra sertifiserende organ. Dersom ikke kvalitetsdeklarasjon / separat sertifikat (enkelpartier) foreligger - eller sertifisering ikke omfatter revisjon mht. alkali-innhold, benyttes stikkprøvekontroll for bestemmelse av komponentens alkali-innhold. Prøveuttak utføres som for sement iht. NS-EN 196-7. Som deklartert verdi brukes da prøvingsresultatet multiplisert med 1,10 for å ivareta usikkerhet mht. prøvens representativitet.

Metoder for bestemmelse av alkaliinnhold er angitt i foranstående omtale av de aktuelle materialer. Alkali-innholdet beregnes som ekvivalent Na_2O mengde ved;

$$\text{Na}_2\text{O ekv.} = \text{mengde Na}_2\text{O} + 0,658 \cdot \text{mengde K}_2\text{O}.$$

I det etterfølgende er det vist eksempler på beregning av alkalnivå for noen typiske betongsammensetninger. Bemerk at de alkali-innholdene som til en hver tid er gyldige for delmaterialene som inngår i eksemplene kan avvike vesentlig fra de verdier som er benyttet i eksemplene. I alle eksemplene er det samlede tilslaget å anse som alkalireaktivt.

Eksempel B.1:

Betong i bestandighetsklasse M60.

Norcem StandardFa+ Kjøpsvik (ekv. $\text{Na}_2\text{O} = 1,5 \%$)	300 kg/m^3
Sand 0-8 mm	1050 kg/m^3
Stein 8-16 mm	850 kg/m^3
Vann ($v/c=0,60$)	162 kg/m^3
SP (ekv. $\text{Na}_2\text{O} = 1,0 \%$)	2,0 kg/m^3

<u>Alkalinitivå:</u>		
Sement:	$300 \text{ kg/m}^3 \cdot 1,5 \% =$	$4,5 \text{ kg/m}^3$
SP-stoff:	$2,0 \text{ kg/m}^3 \cdot 1,0 \% =$	$0,02 \text{ kg/m}^3$
Totalt alkali-innhold (ekv. Na_2O):		<u>$4,52 \text{ kg/m}^3$</u>

Krav i henhold til en øvre dokumentert grenseverdi for Norcem Standard FA sement (i henhold til metode i pkt. 5.2 – se VEDLEGG C - Liste): Totalt alkalinitivå $\leq 7,0 \text{ kg/m}^3$. Betongen er altså i henhold til NB21 ikke-alkalireaktiv.

Eksempel B.2:

Betong i bestandighetsklasse MF45 – Lavkarbon A.

Norcem AnleggFA (ekv. $\text{Na}_2\text{O} = 0,60 \%$) ¹	280 kg/m^3
Flygeaske FA (ekv. $\text{Na}_2\text{O} = 3 \%$)	85 kg/m^3
Silikastøv (ekv. $\text{Na}_2\text{O} = 1 \%$)	22 kg/m^3
Vann	100 kg/m^3
Gjennbruksvann (ekv. $\text{Na}_2\text{O} = 0,05 \%$)	60 kg/m^3
Sand 0-8 mm	900 kg/m^3
Stein 8-16 mm	900 kg/m^3
SP-stoff: (ekv. $\text{Na}_2\text{O} = 1 \%$)	$5,0 \text{ kg/m}^3$
L-stoff: (ekv. $\text{Na}_2\text{O} = 0,1 \%$)	2 kg/m^3

<u>Alkalinitivå:</u>		
AnlFa:	$280 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,6 \% =$	$1,68 \text{ kg/m}^3$
Flygeaske:	Regnes ikke med – ref pkt 4.4	
Silikastøv:	Regnes ikke med – ref pkt 4.4	
SP-stoff:	$5,0 \text{ kg/m}^3 \cdot 1,0 \% =$	$0,05 \text{ kg/m}^3$
L-stoff:	$2,0 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,1 \% =$	$0,00 \text{ kg/m}^3$
Gjenbruksvann:	$60 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,1 \% = 0,02 \text{ kg/m}^3 =$	$0,0 \text{ kg/m}^3^*$
Totalt alkali-innhold (ekv. Na_2O):		<u>$1,75 \text{ kg/m}^3$</u>

* siden mengden $< 0,05 \text{ kg/m}^3$ så medtas dette ikke, ref

Krav i henhold til pkt. 4.3 i NB21 til betong med Portlandsement: Totalt alkalinitivå $\leq 2,5 \text{ kg/m}^3$. Betongen er ikke reaktiv.

Eksempel B.3:

Betong i bestandighetsklasse M40.

Cemex miljøsement (ekv. $\text{Na}_2\text{O} = 0,80 \%$)	385 kg/m^3
Silikastøv (ekv. $\text{Na}_2\text{O} = 1,0 \%$)	15 kg/m^3
Vann ($v/c=0,45$)	165 kg/m^3
Sand 0-8 mm	900 kg/m^3
Stein 8-16 mm	860 kg/m^3

SP-stoff: (ekv. Na ₂ O = 1 %)	3,5 kg/m ³
L-stoff: (ekv. Na ₂ O = 0,1 %)	2,0 kg/m ³

<u>Alkalinitivå:</u>	
Sement: 385 kg/m ³ · 0,80 % =	3,08 kg/m ³
Silikastøv: Tas ikke med, ref 4.4	
SP-stoff: 3,5 kg/m ³ · 1,0 % =	0,04 kg/m ³
L-stoff: 2,0 kg/m ³ · 0,1 % =	0,00 kg/m ³
 Totalt alkali-innhold (ekv. Na ₂ O):	 <u>3,12 kg/m³</u>

Krav i henhold til en øvre dokumentert grenseverdi for Cemex Minjøsement (i henhold til metode i pkt. 5.2 – se VEDLEGG C - Liste): Totalt alkalinitivå ≤ 4,0 kg/m³. Betongen er altså i henhold til NB21 ikke-alkalireaktiv.

Eksempel B.4:

Betong i bestandighetsklasse M45.

Norcem Industrisement (ekv. Na ₂ O = 1,3 %)	300 kg/m ³
Flyveaske (ekv. Na ₂ O = 3,0 %)	80 kg/m ³
Vann (v/c=0,45)	160 kg/m ³
Sand 0-8 mm	1020 kg/m ³
Stein 8-16 mm	840 kg/m ³
SP-stoff (ekv. Na ₂ O = 1,0 %)	3,5 kg/m ³

<u>Alkalinitivå:</u>	
Sement: 300 kg/m ³ · 1,3 % =	3,90 kg/m ³
Flyveaske: 80 kg/m ³ · 3,0 % =	2,40 kg/m ³
SP-stoff: 3,5 kg/m ³ · 1,5 % =	0,04 kg/m ³
 Totalt alkali-innhold (ekv. Na ₂ O):	 <u>6,30 kg/m³</u>

Krav i henhold til pkt. 4.3 i NB21 til betong med Portlandsement: Totalt alkalinitivå ≤ 2,5 kg/m³. Det totale alkalinitivået for denne betongsammensetningen er således høyere enn grenseverdien i NB21. Dersom det ikke foreligger dokumentasjon fra Betongprismemetoden på at denne betongen er ikke-alkalireaktiv, må den produseres med en ikke alkalireaktiv tilslagssammensetning eller modifiseres med hensyn til bindemiddel (f.eks. 10 % silikastøv) for å tilfredsstille kravene til en ikke-alkalireaktiv betong.

Eksempel B.5:

Betong i bestandighetsklasse MF40 – Lavkarbon A.

Aalborg Rapid (ekv. Na ₂ O = 0,6 %)	200 kg/m ³
Flyveaske (ekv. Na ₂ O = 3,0 %)	120 kg/m ³
Silika (ekv. Na ₂ O = 1,0 %)	20 kg/m ³
Sand 0-8 mm	1050 kg/m ³

Stein 8-16 mm	850 kg/m ³
Vann (v/c=0,60)	162 kg/m ³
SP (ekv. Na ₂ O = 1,0 %)	2,0 kg/m ³

Alkalinitivå:

Sement: 200 kg/m ³ · 0,6 % =	1,2 kg/m ³
Flyveaske: Tas ikke med ref 4.4 =	
Silika: Tas ikke med ref 4.4 =	
SP-stoff: 2,0 kg/m ³ · 1,0 % =	0,02 kg/m ³
 Totalt alkali-innhold (ekv. Na ₂ O):	 <u>1,22 kg/m³</u>

Krav i henhold til pkt. 4.3 i NB21 til betong med Portlandsement: Totalt alkalinitivå $\leq 2,5$ kg/m³.
Betongen er ikke reaktiv.

DOKUMENTASJON AV BINDEMIDLER OG MATERIALKOMBINASJONER

Som beskrevet i spesifikasjonsdelen av NB 21 kan det gjennomføres prøving for å dokumentere at ulike bindemidler/bindemiddelkombinasjoner kan gi generell sikring mot skadelige alkalireaksjoner – eller at tilslag kan brukes inntil visse alkalinitivå sammen med CEM I eller andre bindemidler. Dette gjennomføres i tråd med i kap. 5.

Dokumentasjon av bindemidler (produkter) for generell bruk gjøres ved funksjonsprøving med et norsk referansetilslag som er kjent for å være sterkt alkalireaktivt. Referansetilslaget defineres av ansvarlig instans hos Norsk Betongforening.

MERKNAD: I skrivende stund er dette definert av komiteen som er ansvarlig for denne publikasjonen, og ordningen administreres praktisk av SINTEF Byggforsk.

Dokumentasjonsprøving skal gjennomføres ved et uavhengig laboratorium og resultatene legges fram for sertifiserende organ. Sertifiserende organ (akkreditert for NS-EN 206 + NA inkl. NB 21 / 32) skal bekrefte eller angi dokumentasjonens gyldighet mht. bruken av det aktuelle produktet i betong, med grenseverdier for hva som anses å være «på sikker side» (f.eks. maks alkaliinnhold eller minimum innhold av flygeaske, silika eller slag). Anvendelse av dokumentasjonen for erklæring av samsvar med NS-EN 206 + NA ved framstilling av betong skal på vanlig måte framlegges for og godkjennes av organ som sertifiserer betongproduksjonen.

Alle produktleverandører og andre interessenter har rett til å initiere dokumentasjonsprøving.

Etter godkjenning fra sertifiserende organ av dokumentasjon som er rettet mot generell bruk skal produktet/løsningen på anmodning fra interessenten inkluderes i listen over dokumenterte løsninger, med de begrensningene som gjelder. «Vedlegg C – Liste» skal da oppdateres og publiseres på Norsk Betongforenings hjemmeside, www.betong.net.

Dersom forutsetninger for dokumentasjonen ikke lenger er gyldige, plikter den som har initiert prøving (interessenten) å varsle både sertifiserende organ og Norsk Betongforening, slik at løsningen kan fjernes fra oversikten.

Redaktør for «Vedlegg C – Liste» oppnevnes av Norsk Betongforening.

MERKNAD: I skrivende stund innehas rollen av komiteens leder.

REGLER FOR FOREBYGGING AV ALKALIREAKSJONER I LETTBETONG

Letttilslag kan ha en kjemisk sammensetning som potensielt kan forårsake alkalireaksjoner. Forsøk med testing av lettbetong iht. mørtelprismemetoden har dokumentert (ved mikrostrukturanalyse) slike reaksjoner i flere letttilslag. Mørtelprisme- og betongprismemetoden, slik den pr i dag praktiseres med akseptkriterier knyttet til ekspansjon, anses imidlertid lite egnet for testing av letttilslag. Det er heller ingen internasjonalt anerkjente prøvningsmetoder for betong med denne typen tilslag.

Det er så langt ikke dokumentert alkalireaksjoner i lettbetong i felt i Norge, men eksponeringstiden selv for de eldste konstruksjonene er foreløpig under 30 år. Alkalireaksjoner i lettbetong kan derfor ikke utelukkes før erfaringsgrunnlaget blir bedre. Inntil det skjer, og med bakgrunn i at metodene i NB 32 per nå (med dagens akseptkriterier) ikke er egnet til dokumentasjon av slike tilslag, skal letttilslag og blandinger av naturlige tilslag og letttilslag betraktes som reaktive.

For sikring mot alkalireaksjoner ved bruk av letttilslag av ekspandert leire eller ekspandert skifer kan de bindemidlene som er dokumentert i henhold til kriteriene i spesifikasjonsdelens pkt. 4.3 til å gi en generell sikring mot alkalireaksjoner for alle norske naturlige tilslag, med ett unntak, også benyttes for å gi en generell sikring mot alkalireaksjoner i slike lettbetonger. Unntaket gjelder bindemiddel av typen CEM I, som ikke tillates brukt som eneste sikring mot alkalireaksjoner selv om betongens alkaliinnhold ligger under $2,5 \text{ kg/m}^3$ (ekv. Na_2O).

For sikring mot alkalireaksjoner ved bruk av andre typer letttilslag, for eksempel letttilslag produsert av ekspandert glass, må det treffes spesielle og strengere sikringstiltak. Denne publikasjonen gir ikke regler for bruk av slike tilslag.

For alle typer letttilslag vil betongen anses å være sikret mot skadelige alkalireaksjoner dersom eksponeringsmiljøet er tilstrekkelig tørt, se pkt. 2.2.