



ALKALIREAKSJONER IKKE I MÅL

Artikkelen gir informasjon og forskningsresultater som ikke er kommet med i rapporten fra forskningsprosjektet Normin 2000 "Alkalireaksjoner i betong" omtalt i siste nummer av Betongindustrien. Det kan også påstås at vi i dag har tilstrekkelig med dokumentasjon til å komme med anbefalinger til eventuelle endringer av dagens system. For god ordens skyld skal det nevne at synspunkter i denne artikkel er forfatterens egne og ikke skal tas til inntekt for noen institusjon.

Normin 2000 prosjektet

Siden 1993 har det i Norge vært en frivillig Deklarasjon – og Godkjenningsordning av Betongtilslag, nå under Kontrollrådet for betongprodukter, klasse P. For å vurdere et tilslag for alkalireaktivitet anvendes i dag 2 metoder 1) petrografisk analyse og 2) akselerert mørtelprisme test (også kallet sørafrikansk metode). I Norge er et tilslag alkalireaktivt når det inneholder mer en 20% alkalireaktive bergarter eller ekspandere mer enn 0,10% etter 14 dager i et akselerert miljø. Deler av bransjen i Norge har vært kritiske til metodene og grenseverdiene og disse har derfor blitt "frosset" i påvente av resultater fra et nå avsluttet forskningsprosjekt "Alkalireaksjoner i Betong" under programmet Normin 2000. Det er nylig gitt ut en hovedrapport fra prosjektet og prosjektet er også omtalt i siste nummer av betongindustrien. Hovedformålet med Normin 2000 prosjektet har også vært å dokumentere den petrografiske metode og akselerert mørtelprisme metode mht usikkerheten og verifisere riktigheten av grenseverdiene som anvendes i dag både i laboratoriet og felt. Det er utført flere viktige undersøkelser i prosjektet og flere nye aktører er kommet fram på dette forskningsområdet. Etter å ha lest Normin 2000 rapporten og artikkelen gjengitt i siste nummer av Betongindustrien sitter en tilbake med følelsen at prosjektet ikke kom i mål med målsetningen og det utfra rapporten alene ikke kan gis noen sikre anbefalinger til eventuell endringer til dagens metoder og krav.

Dokumentasjon av alkalireaktive bergarter i Norge

Det er meget viktig å slå fast at bergarter klassifisert som alkalireaktive i Norge alle har reagert i betongkonstruksjoner i skadelig omfang. Dokumentasjon for dette, samt liste over alkalireaktive bergarter i Norge og petrografiske beskrivelser av bergartene finnes i min bok (thesis) "Alkali Aggregate Reaction in Southern Norway" som jeg forsvarte for den Teknisk Doktorgrad i 1993. Her er det også utført omfattende undersøkelser av mikrostrukturen av Norske alkalireaktive bergarter. Et senere forskningsprosjekt "Alkalireaksjoner i Nord-Norge" ved SINTEF 1993-1996 under min prosjektledelse, samt adskillige forskningsoppdrag, har ytterligere dokumentert at "negativlisten" av alkalireaktive bergarter er gyldig i dag også. Det er nå dokumentasjon for at Devone sandstein i Vestlandet har medført skadelige alkalireaksjoner i 2 konstruksjoner så at disse formasjoner kan innføres på det geologiske kart over alkalireaktive bergarter i Norge. Selvom det i dag er flere aktører som utfører strukturanalyser (mikroskopundersøkelser av betong) er det ikke innført nye typer alkalireaktive bergarter i Norge så vidt jeg er informert. Det er i dag funnet enkelte konstruksjoner med skadelige alkalireaksjoner forårsaket av bergarter som ikke er inkludert i "negativlisten". Dette er granitter, gneiser og enkelte typer kvartsitter med krystalstørrelser over 130 mikrometer. Reaksjonene finnes i eldre og fuktbelastede konstruksjoner og vi velger å si at reaksjonene skyldes spesielle forhold som ikke berettiger bergartene å bli inkludert i "negativlisten".



Foto 1: Causeway Bridge i Perth, Vest Australia bygget 1953. Alkalireaksjoner har medført at betongen er revnet og stedvis delt opp i blokke. Størst revnedannelse ses øverst i piler hvor revner opp til ca 2 cm kan observeres. Alkalireaksjoner er forårsaket av bergarten granit som også er eneste bergartstype som anvendes i Perth. I Australia anvendes ikke petrografiske analyser til rutineundersøkelser av betongtilslag. Årsaken til hvorfor granit reagerer i betong er ikke kjent. Fotoet er fra en befaring i forbindelse med forfatterens postdoktorprosjekt, mars 1999.

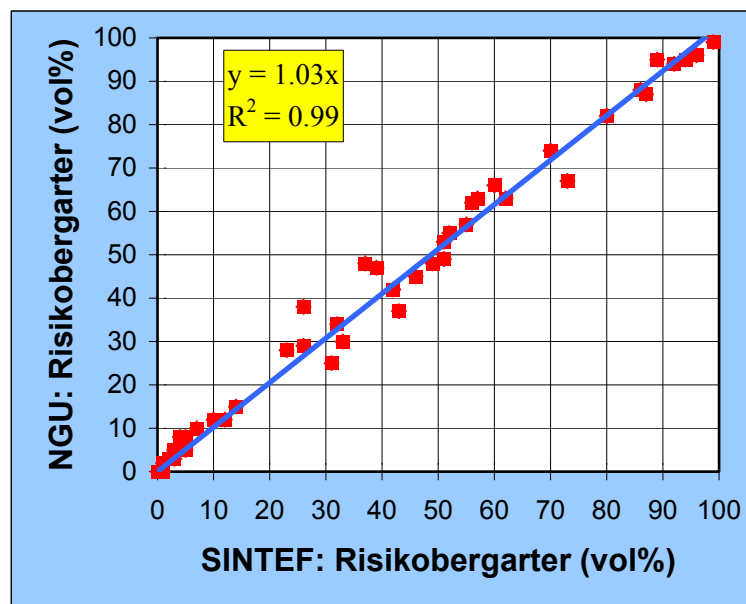
Petrografisk analyse

I forbindelse med DGB ordningen utviklede forfatteren den petrografiske analysen som anvendes i dag, nemlig punktelling i tynnslip (ofte kallet DGB-metoden) beskrevet i SINTEF rapport nr. STF70 A93030 (1993). DGB- metoden erstatter en mer forenklet metode som var i bruk i Norge hvor bergartspartikler ble talt ved hånd. Metoden er en variasjon av den Danske metoden TI B52 men tilpasset Norske forhold. Blant annet er Norske alkalireaktive bergarter mere komplekse og mangfoldige enn porøs flint som er eneste alkalireaktiv bergart i Danmark. Unner utviklingen av metoden var det nødvendig å innføre en ny gruppe bergarter kallet mulig reaktiv. Dette var kvartsrike bergarter med krystalstørrelser mellom 60 - 130 mikrometer. Disse bergarter var ofte vanskelig å klassifisere og det kunne ikke utelukkes at bergartene var alkalireaktive, men dokumentasjon manglende på daværende tidspunkt. I forbindelse med Nord Norge prosjektet ble skadelige alkalireaksjoner i flere tilfeller dokumentert forårsaket av sådanne kvartsrike bergarter.

Dokumentasjon av petrografisk analysens usikkerheten

DGB -metoden har vært i kommersiell bruk på SINTEF siden starten av 1993 og blir her utført av Marit Haugen som ble opplært til å utføre analysene. Opplæring av Marit Haugen var meget intensiv i startfasen og det ble utøvet sterk intern kvalitetskontroll for å oppnå best mulig resultat og så liten variasjon som overhodet mulig. Dette kan også gjenspeiles i variasjonen av prøver fra samme lokalitet analysert ved SINTEF hvor det kunne beregnes en gjennomsnittlig standardavvik på 1,4 (NORMIN 2000 forprosjektrapport). Dette antyder også at det er små variasjoner i innholdet av alkalireaktive bergarter i Norske naturgrus forekomster.

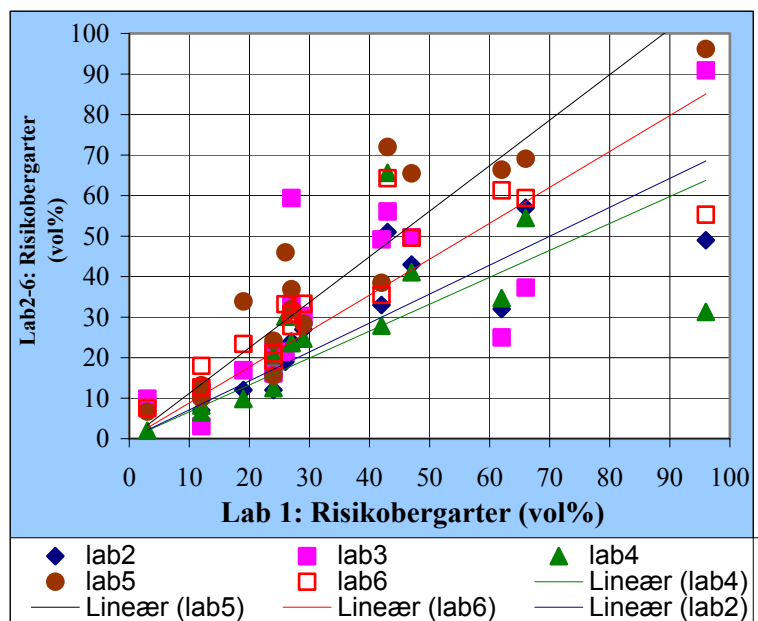
I forbindelse med Nord-Norge prosjektet ble det utført en spesiell undersøkelse av den petrografiske metoden med formål å vurdere metodens reproduserbarhet og statistiske usikkerhet. Dette utfra 47 innsamlede sandprøver fra Nord-Norge som skulle analyseres både av SINTEF og NGU. Det ble laget et spesielt utdanningsprogram for NGU personalet, hvor norske reaktive og ikke reaktive bergarter i tynnslip ble demonstrert i løpet av ca 5 dager. Det ble videre utført "pilot punkttellinger" fra 6 utvalgte forekomster som led i utdannelsen. Resultatene av parallellprøvingen viste at den petrografiske metoden er reproduserbar og at det var en meget god korrelasjon mellom laboratoriene ($R = 0,99$). Videre kunne det vises at metodens absolutte usikkerhet er av størrelsesordenen $\pm 3\%$. Resultatene av parallellprøvingen er vist i figur 1.



Figur 1: Sammenheng av risikobergarter mellom SINTEF og NGU utfra en parallell prøving.

Normin 2000 prosjektet foretok også en ringprøving av den petrografiske metoden. 6 laboratorier deltok (deriblant SINTEF) og 16 prøver ble analysert. Før iverksettelsen av ringforsøket var der opplæring i at utføre metoden på en dags varighet. Et av de deltagende laboratoriene deltok ikke i opplæringen. Figur 2 viser resultatene av ringforsøket plottet på samme måte som i figur 1. Som det ses i figur 2 er det vanskelig å tale om noen god korrelasjonen mellom laboratoriene, desverre. Ringforsøket viser klart viktigheten av å utdanne geologene/petrologene i å utføre metoden og at en dags opplæring ikke er tilstrekkelig. En kan mene at ringforsøket ble utført i omvendt rekkefølge, nemlig ringforsøket først og deretter utdanning og diskusjon av resultater etter. Det er innlysende og burde være kjent bla utfra

utenlandske ringforsøk at usikkerheten ved metoden er meget stor når operatørene ikke er i stand til å klassifisere bergartene på samme måte.



Statistiske parametre mellom Lab 1 og...					
..lab 2	$y=0.71x$	$R^2=0.63$..lab 5	$y=1.12x$	$R^2=0.84$
..lab 3	$y=0.89x$	$R^2=0.57$..lab 6	$y=0.88x$	$R^2=0.59$
..lab 4	$y=0.66x$	$R^2=0.34$			

Figur 2: Ringforsøk under Normin 2000 programmet som viser ”sammenhengen” av risikobergarter mellom 6 laboratorier. Tabellen under gir beregnede statistiske resultater mellom laboratorie 1 og laboratoriene 2-6.

Revidert bergartsliste

I hovedrapporten kan en lese at SINTEF i forbindelse med utførelsen av den petrografiske analyse anvender en uoffisiell liste utarbeidet av Børge Wigum i 1990-1992. Dette er ikke korrekt. SINTEF anvender en listen av bergarter publisert i SINTEF rapport STF A93030 som også er referanse og gjeldende for kontrollrådet ved utførelse av petrografiske analyser. Derimot anvendes listen (som også andre har utarbeidet) men mer forenklet ved innlegging av data i vår petrodatabase. Forenklet betyr, at SINTEF ikke anvender så detaljerte bergartsnavne som på den uoffisielle listen grunnet dette krever geologisk spesialviten av våre kunder. I nevnte ”uoffisielle” liste og ”forslag til revidert bergartsliste for petrografisk analyse” utarbeidet av en arbeidsgruppe under Normin 2000 prosjektet er det innført en ny alkalireaktiv bergart kallet mylonittgneis. En sådan bergart finnes ikke på det Norske berggrunnskart og er ikke rapport å ha medført skadelige alkalireksjoner i betong så vidt jeg er orientert. Hvis en skal følge de samme prinsipper som ved utarbeidelsen av den Norske ”negativliste” skal det dokumenteres at bergarten har reagert i minst en betongkonstruksjon. Videre skal det være utført petrografiske beskrivelse av bergarten som er offentlig tilgjengelig og opplysningene bør også giss til kontrollrådet for betongprodukter, klasse P.

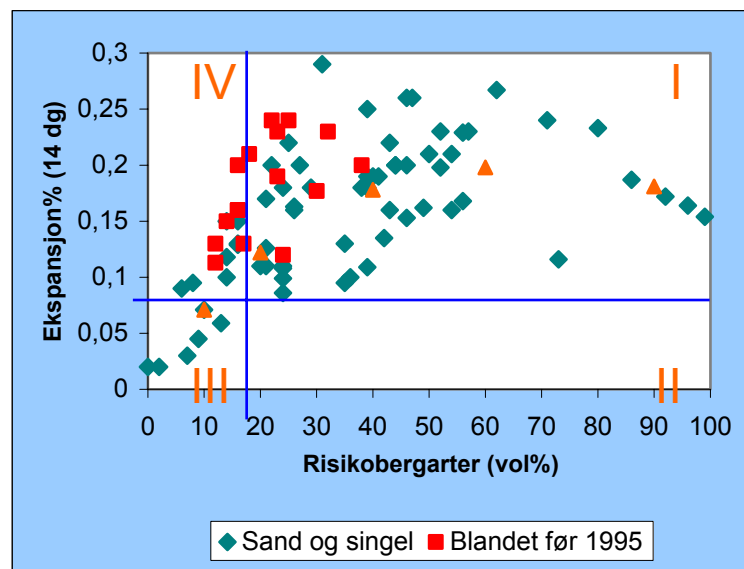
Akselerert mørtelprisme metode

Den akselererte mørtelprismemetoden er utviklet av Sør Afrikaneren Bertie Oberholster i 1986

og detaljert beskrevet i en rapport fra det Sør Afrikanske byggforsknings institutt NBRI i 1987. Den akselererte mørtelprismemetoden som anvendes i Norge er stort sett identisk med NBRI metoden mht utførelse og grenseverdier. En viktig forskjell finnes, nemlig prismestørrelsen, da det i Norge anvendes 4x4x16 cm prismer (RILEM) og det i Sør Afrika (og stort sett alle andre lande) anvendes 2,5x2,5x25-30cm prismer (ASTM). Innenfor et nylig avsluttet EU prosjekt "STAR" (final report) er det dokumentert at RILEM prismer gir ca halvdelen av ekspansjonen av ASTM prismer (omregningsfaktor 0,54). I Norge anvendes en kritisk grenseverdi på 0,10% ekspansjon etter 14 dager basert på RILEM prismer. Denne grenseverdi tilsvarer således ca 0,20% ved bruken av ASTM prismer. En kritisk grenseverdi på 0,20% vil i utlandet bli betraktet som meget høy og vil der kunne frikjenne tilslag dokumentert alkalireaktiv. Sammenlignet med utenlandske erfaringer er den Norske grenseverdi på 0,1% ekspansjon etter 14 dager **ikke konservativ** hvis det tas hensyn til prismeeffekten.

Sammenheng mellom petrografi og mørtelprismeekspsjon

Ifølge Normin 2000 prosjektet er det vist at "grensen for kritisk andel risikobergarter (20%) ikke samsvarer med kritisk ekspansjon etter 14 døgn (0,10%)". Videre "Ut i fra dagens internasjonale standarder vedrørende de akselererte mørtelprismemetodene, er dagens norske kritiske grense muligens konservativ". Figur 3 viser sammenhengen mellom den petrografiske analyse og mørtelprismemetoden for løsmasser av sand og singel som dags dato er utført i Norge og vist i Normin 2000 prosjektet. Prøver av pukkl er ikke vist.



Figur 3: Sammenheng mellom risikobergarter og mørtelprismeekspsjon av sand og grus, blandet tilslag samt dagens grenseverdier.

Hovedparten av resultatene stammer fra petrodatabasen ved SINTEF som også inneholder ekspansjonsresultater av den akselerert mørtelprismemetoden. Videre er vist resultatene for blandet tilslag fra tidligere forsøk utført før 1995. For flere av disse prøvene, men ikke alle, er analyser foretatt på forskjellig materiale fra samme forekomster. Da det kun forekommer mindre variasjoner i Norske løsmasseforekomster og tilslaget videre er blitt fortynnet antas det at innholdet av alkalireaktive bergarter er korrekt. I figuren er det også vist 5 blandingsprøver fra Normin 2000 prosjektet (orange trekant). Merk at hovedparten av punkter (men ikke alle) faller i kvadrant 1 og 3 hvilket vise det er samsvar mellom metodene dvs at den petrografiske metoden og mørtelprismemetoden klassifiserer tilslaget på samme måte. Noen punkter faller i

kvadrant 2 og 4 som viser manglende samsvar mellom metodene. Spesiell er det flere punkter i kvadrant 4, hovedsakelig blandet tilslag. Hvis en skal kreve bedre samsvar mellom den petrografiske analyse og mørtelprismeeekspansjon er det kun en mulig løsning, nemlig redusere grenseverdien for risikobergarter. Sammenlignet med utlandet er 20% alkalireaktivt tilslag i tilslag meget høyt. Ut fra figur 3 ser det ikke ut til å være nødvendig å endre grensen for mørtelprismeeekspansjonen da kun enkelte punkter faller i kvadrant 2. Som tidligere omtalt er denne grenseverdi absolutt ikke konservativ. For geologisk materiale og sett i betraktning av begge metodenes usikkerhet kan en ikke forvente en 100% samsvar mellom metodene og det må forventes at noen prøver faller utenfor.

Grenseverdi utfra feltefaring

At fastsette en grenseverdi utfra feltefaring er meget vanskelig og usikker og kan med dagens metoder kun gjøres utfra innholdet av risikobergarter i tilslaget. Beste måte å gjøre dette på er å støpe ut store prøvelegemer med varierende alkalireaktivitet og følge disse over tid. Dette krever også stor tålmodighet da Norsk tilslag er langsomt reagerende og resultater først kan forventes etter ca 20 år. Nest best metode er å undersøke eksisterende konstruksjoner men her skal forventes store usikkerheter på resultatet. Forfatteren vil ikke komme inn på hvordan dette best gjøres. Det ser det ut til at Normin 2000 prosjektet allerede har produsert et resultat for en sådan vurdering. Det kan leses i hovedrapporten av tilslagsforekomsten Nenseth inneholder 16% risikobergarter i 0-8 mm fraksjonen. Ved å anta en usikkerhet på +/-3% varierer innholdet av risikobergarter sannsynligvis mellom 13%-19% altså under dagens kritiske grenseverdi. Det er også kjent at tilslag fra Nenseth har medført skadelige alkalireaksjoner i minst en betongkonstruksjon i nærområdet. Vi har hermed et eksempel fra felt som viser at et innhold på 16% risikobergarter kan medføre skadelige alkalireaksjoner. Som en sidebemerkning kan det nevnes at forsøkene i Normin 2000 prosjektet med varierende innhold av risikobergarter (orange trekant på figur 3) antyder en kritisk grense på 15%-16% risikobergarter (skjæringspunktet med 0,10% grensen).

Sluttbemerkning

Norge har nå i 6 år levet med analysemetoder og akseptkriterier innarbeidet i regelverket DGB under kontrollrådet for betongprodukter, klasse P. Det har vist seg, at stort sett all testing for alkalireaktivitet av tilslag i dag utføres ved petrografisk metode. Forfatterens vurdering er, at den petrografiske metoden også gir tilfredsstillende svar på om et tilslag er reaktiv eller ei. Påliteligheten i denne vurdering ligger alene i fastsettelsen av grenseverdien og operatørens kvalifikasjoner. Hvis en skal se på metoder og regelverker andre steder vil jeg vurdere at systemet innarbeidet i Norge gir hurtigere, billigere og mer pålitelige svar enn i mange andre lande. Den petrografiske metode vi anvender i Norge er nå akseptert av en internasjonal arbeidsgruppe som "RILEM petrographic analysis" under RILEM Teknisk komitee 106. Hermed anvender vi i Norge en internasjonal metode. På lengre sikt kan det ikke utelukkes at RILEM metoden også blir en CEN standard, kun tiden vil vise dette. Arbeidet med utarbeidelsen av RILEM metoden er under forfatterens ledelse sammen med en Belgisk kollega. Arbeidsgruppen vil framlegge en endelig versjon av metoden på et møte medio juni 1999. Heretter vil det nok gå et år før metoden kommer til avstemning og forhåpentlig godkjenning av RILEM komiteen.

