

informerer

Nr 7- 2004

Fliskledte svømmeanlegg – vannkvalitet og materialvalg

Del 2: Vannkvalitetens betydning for materialvalg

Av Arne Nesje og Stein W. Østerhus, SINTEF teknologi og samfunn.

En del oppståtte skader på flislagte konstruksjoner, både i nybygde og nylig rehabiliterte bade- og svømmeanlegg i Norge, har satt i gang en diskusjon omkring hvor årsakene til disse problemene ligger. Skader som har oppstått er utvasking av fuger, flis som løsner fra underlaget, lekkasjer i form av utette fuger, korrosjon mm. Vi står også overfor en satsning med betydelig utbedring og oppgradering av mange av våre bassenger som har blitt både 30 og 40 år gamle. Det er da viktig å vite hva materialer som holder over tid og besørge riktig arbeidsutførelse.

En stor del av produktene som blir benyttet i norske bade- og svømmeanlegg blir produsert av store velrenommerte utenlandske produsenter, noe man skulle tro borget for sikkerhet. Men kjennskap til lokale forutsetninger som vannkvaliteter, drifrutiner mm viser seg å ha vært noe mangelfullt i planprosessen.

SINTEF/ Byggkeramikkforeningen har derfor arbeidet med å se på sammenhengen mellom vannkvalitet og forvitring og nedbrytning av fugemasser og tettematerialer i bassenger og våtromsoner. Målet er å kunne gi klarere retningslinjer for valg av materialer ut fra de kjemiske og fysiske belastningene overflatene utsettes for. Denne artikkelen beskriver den kompliserte vannkjemien i bassengvann. Del 3 beskriver så løsninger og tiltak.

Vannkvalitet og vannbehandling

Vannkvaliteten i bassengene er en kombinasjon av drikkevannskvaliteten fra det lokale vannverket og den vannbehandling som gjøres i anlegget for å oppnå de komfort- og hygienekrav som stilles.

Justering av vannkvalitet og effekter av kjemikalier er komplisert kjemi. Vi har systematisert en del rundt vannkvaliteter og sett på forholdet mellom vannkvalitet, aggressivitet og herav risiko for borttøring og svekkelse av sementbasert fuge-, lim- og membranmasser i bassengene.

Vannkvaliteter

Norsk drikkevann stammer fra enten overflatereservoarer eller grunnvann og vil de fleste steder karakteriseres som surt og bløtt. Typisk kvalitet på norsk overflatevann er:

pH	<6.5
Alkalitet	<0.02 mmol/l
Kalsium (Hardhet)	<3 mg Ca/l

Vannbehandling for korrosjonskontroll er vanligvis påkrevd før distribusjon ut på ledningsnett. Anbefalt drikkevannskvalitet etter behandling er:

pH	=	7.5-8.5	(>8.0)
Alkalitet	=	0.6-1.0 mmol/l	(~1.0 mmol/l)
Kalsium	=	15-25 mg Ca/l	(~20 mg Ca/l)
eller			
pH ~ 8.0-8.5	og	5-15 mg SiO ₂ /l	

For å være egnet til badeformål må drikkevannet behandles i badeanleggets rensesystem. Det er vesentlig bruk av desinfeksjonsmidler (dosering av fritt og dannelsen av bundet klor), samt justering av pH (surhet), som gjøres for å innfri kravene.

Litt vannkjemi

Hardhet

Vannets hardhet kan klassifiseres på en skala fra svært bløtt til svært hardt. Vannets hardhet er i praksis summen av kalsium- og magnesiumkonsentrasjonen i vannet. Hardheten kan måles på flere måter og angis vanligvis enten med betegnelsen dH° (tyske hardhetsgrader), mg Ca/ l (konsentrasjonen av kalsium eller av kalsiumekvivalenter) eller mg $CaCO_3$ / l (konsentrasjonen av $CaCO_3$ - ekvivalenter). Hardhetsklassene og sammenhengen mellom de ulike måtene å angi hardhet på er vist i tabell 2.

Vannets hardhet	Tyske grader [dH°]	mg $CaCO_3$ /L	Kalsiumekvivalenter [mg Ca ekvivalenter/l]
Svært bløtt	0-2	0 -35	0-14
Bløtt	2-5	35 - 90	14-36
Middels hardt	5-10	90 -175	36-71
Hardt	10-21	175 -375	71-150
Svært hardt	>21	> 375	>150
Anbefalte verdier i offentlige bad		100-300	40 -120

Tabell 1: Hardhetsklasser for vann

Typisk norsk overflatevann inneholder 2 – 5 mg Ca/ l, og etter drikkevannsbehandling for korrosjonskontroll økes denne til ca 15 – 20 mg Ca/ l. Norsk vann er derfor typisk svært bløtt eller bløtt, selv etter behandling, og langt fra anbefalte verdier for offentlige bad. Både svært bløtt og bløtt vann, men også svært hardt vann, er negativt overfor materialer som brukes i bassenger i dag.

Alkalitet og pH

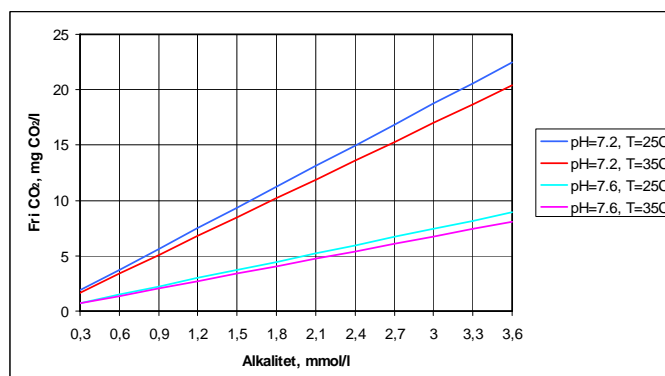
Alkalitet er et uttrykk for vannets totale syrenøytraliseringskapasitet, det vil si mengden karbonat, bikarbonat og base i vannet, mens pH angir vannets surhet.

Det er ofte behov for å senke pH i bassengvann fordi det foregår mange reaksjoner i et badebasseng som hever pH. Vanligvis benyttes kullsyre- gass (CO_2) for å senke pH. Da senkes kun pH, mens alkalitet forblir uforandret.

For å justere opp alkaliteten kan det benyttes flere metoder avhengig av om det også er behov for å heve pH. Natriumbikarbonat har tradisjonelt vært benyttet til å heve alkaliteten. Alternativt kan det benyttes en sterk base i kombinasjon med CO_2 -gass, men dette benyttes sjeldnere. Det er også sjelden behov for å redusere alkaliteten, men må det gjøres benyttes en sterk syre, vanligvis saltsyre (HCl). Dette senker samtidig også pH..

Alkalitet og CO_2

Høy alkalitet i kombinasjon med relativt lav pH gir høyt innhold av fri CO_2 , noe som gjør at man mister CO_2 til omkringliggende luft (tap av CO_2 medfører økning i pH). Denne må erstattes ved å tilsette mer CO_2 eller en annen syre for å få ned pH- nivået. Høyt innhold av fri CO_2 er derfor uheldig fordi det medfører unødvendig stort tap av CO_2 .



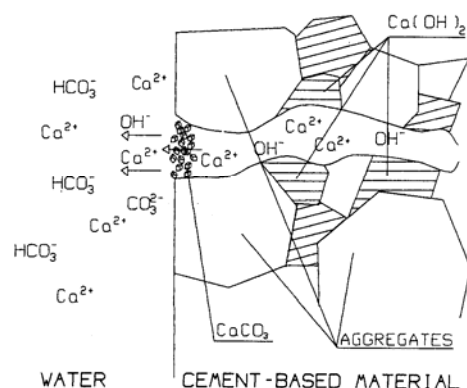
Figur 1 viser sammenheng mellom temperatur, pH, alkalitet og fri CO_2 .

Tæring og utvasking av sement.

Bassengvannet er i direkte kontakt med overflatematerialene i badet, gangsonene og i dusjanlegget. Egenskapene og kvaliteten er kritisk med hensyn til bestandigheten av disse materialene.

Figuren illustrerer hva skjer i overflaten av en sementflate hvor det er transport av fuktighet. På overflaten kan kalsium og OH^- enten transportere ut i vannet og dermed øke pH-nivået, eller så kan kalsium også felles ut på overflaten og danne kalsiumkarbonat som er med til å tette poreåpningene. Dette kan tette for videre utvasking. Kalsium kan også danne synlige karbonatutfellinger på overflaten.

Figur 2 skisserer hvordan kalsium-ioner lekker ut via porevannet og danner kalsiumkarbonat på betongoverflaten.



Desinfisering og vannbehandling

Retningslinjene for bassengvann i Norge er ikke ulike de grenseverdier som er gjeldende f.eks. i Tyskland og Danmark. I retningslinjene er det hovedfokus på hygienisk kvalitet og sikkerhet. Kravene til pH og klornivå er primært satt ut fra hygienehensyn. Det er imidlertid slik at hygienemessige gunstige verdier for pH og klor ofte er lite gunstige i en materialsammenheng.

Norge har detaljert spesifisert grenseverdier for fritt og bundet klor avhenging av vanntemperatur. Vannbehandlingsanleggene må dosere nødvendige kjemikalier så man innfrir disse kravene.

Tabell 2: Krav til klornivå avhenging av vanntemperatur

Vanntemperatur	Vannets laveste innhold av fritt klor	Sum av fritt og bundet klor, max. verdi
$\leq 27^\circ \text{C}$	0,4 mg/l	3 mg/l
$27-29^\circ \text{C}$	0,5 mg/l	3 mg/l
$29-33^\circ \text{C}$	0,7 mg/l	4 mg/l
$33-37^\circ \text{C}$	0,9 mg/l	4 mg/l
$>37^\circ \text{C}$	1,0 mg/l	4 mg/l

Både Tyskland og Danmark har noe videre grenser enn Norge for surhetsgrad (pH) i vannet.

Norge	7,2 – 7,6
Danmark	6,5 – 7,6
Tyskland	7,0 – 8,0

Total sett er det ikke så store forskjell på hva blir oppfattet som gunstig bassengvannskvalitet i de ulike landene. Men vi mangler offentlige retningslinjer for nivået av alkalitet og kalsiumhardhet.

Kjemikalier og vannbehandlingsmetoder

For å innfri kravene til vannkvalitet benyttes nå mye automatiserte vannbehandlingsanlegg. Det foregår mange kjemiske prosesser og det benyttes ulike kjemikalier eller metoder. Det benyttes flere metoder for vannbehandling som for eksempel; hypoklorittdosering, klorgassdosering, ozondosering,

UV-desinfisering, hydrogenperoksid dosering, CO₂-dosering, osv, avhengig av hva man ønsker å oppnå. I tabell 3 nedenfor er det angitt de vanligste kjemikaliene og metodene som anvendes ved vannbehandling i badeanlegg og hvilken funksjon de har.

Funksjon	Kjemikalier eller metode	Merknad.
Nedjustering av pH	Saltsyre (HCl)	Tilsettes som væske. Aggressivt overfor sement
	Karbondioksid (kullsyre) (CO ₂)	Tilsettes som gass. Innvirker på karbonatsystemet. Er helsefarlig i konsentrert form.
Oppjustering av pH og alkalitet	Natriumbikarbonat (NaHCO ₃)	Hever primært alkalitet
	Natriumhydroksid (NaOH)	Hever primært pH
Oppjustering av hardhet	Kalsiumklorid (CaCl)	
Justere saltinnhold	Natriumklorid (NaCl)	
Vanddesinfeksjon	Natriumhypokloritt (NaOCl)	Øker pH- verdien, vannet må derfor ofte også tilsettes syre.
	Kalsiumhypokloritt (Ca(OCl) ₂)	Øker pH- verdien, vannet må derfor ofte også tilsettes syre.
	Klorgass (Cl ₂)	Krever ekstra utstyr og sikkerhetstiltak. Reduserer pH- verdien, vannet må derfor ofte også tilsettes base.
	Hydrogenperoksid (H ₂ O ₂)	Oksidant. Øker pH- verdien, vannet må derfor ofte også tilsettes syre.
	Ozon (O ₃)	Oksidant. Giftig gass og restozon må fjernes fra vannet. Blir ofte kombinert med bruk av klor.
	UV- bestråling	Belysning som bryter ned mikroorganismer. Benyttes ofte sammen med klor.

Tabell 3: Kjemikalier og metoder for vannbehandling

Som tabellen viser er det mange kjemikalier som både påvirker pH, vannets hardhet eller som har desinfiserende (oksidierende) effekt.

Kombinasjonseffekter av disse kjemikaliene på sementbundne og organiske materialer er ikke godt utredet, men noen hovedtrekk kan beskrives.

Vi har her kun omtalt ferskvannsbassenger. I kombinasjonsbassenger hvor det tilføres sjøvann er saltinnholdet større, med høyere hardhet og alkalitet. Sjøvannstilsetning er i tillegg aggressivt overfor de fleste metaller.

Vannets aggressivitet overfor sementbundne materialer.

Norge har de fleste steder svært bløtt vann (lav konsentrasjon av kalsium) med lavt innhold av karbonater (lav alkalitet) sammenlignet med andre land. Dette medfører at vannet blir aggressivt, dvs. kan bryte ned og redusere levetiden av sementbaserte materialer. Bassengvannet kan også inneholde betydelige konsentrasjoner av klorid og sulfat som virker korrosivt på de fleste jernbaserte materialer. Sulfat er spesielt aggressiv overfor sement ved at den trenger inn og reagerer med sementpastaen og forårsaker sprenging og oppsprekking av støpemassene.

Vannets aggressivitet overfor sement kan beregnes ut fra vannkvaliteten (alkalitet og hardhet) samt pH og temperatur. Som aggressivitetsindikator er det her benyttet den såkalte Langlier Indeksen (Langlier Saturation Index), LSI. Denne angir differansen mellom reell pH og den pH man må ha for at vannet skal være i likevekt med CaCO₃. En LSI=0 vil si at vannet er i likevekt med CaCO₃, mens en negativ LSI vil føre til at CaCO₃ løses opp. Jo mer negativ LSI er, jo mer aggressivt er vannet

overfor sement. En positiv LSI vil føre til at CaCO_3 feller ut. Utfelling av CaCO_3 vil kunne gi problemer med ansamling av kalkbelegg på basseng og utstyr.

Forenklet forklart inneholder standard portlandsement normalt mye kalk (Ca(OH)_2) og noe kalsiumkarbonat (CaCO_3) som begge ved kontakt med vann "lekker" ut og fører til at sementen brytes ned. Er vannet i likevekt med CaCO_3 vil ikke denne forbindelsen lekke ut av sementen, mens Ca(OH)_2 fortsatt vil lekke ut. Når Ca(OH)_2 lekker ut, vil man i et vann som er nær CaCO_3 -likevekt kunne få utfelling av CaCO_3 på sementoverflaten, som igjen vil redusere utlekkingen av Ca(OH)_2 . Dette er kjemiske prosesser som må tas hensyn til ved valg av overflatematerialer og kjemisk behandling av vannet.

Vann i porene i sementbaserte materialet vil være i kjemisk likevekt med sementpastaen (alkalisk likevekt). Når kalsium, OH^- og andre alkalier transporteres ut av porene, vil ny kjemisk likevekt oppstå i porene ved at forbindelsene etterfylles fra sementpastaen og sementen vil da gradvis brytes ned.

Tabell 4 viser hvilke fargekoder og kriterier (LSI-verdi) som er benyttet i figur 1 og 2 for å angi aggressivitet.

Tabell 4 Kriterier for angivelse av aggressivitet. Forklaring til figur 1 og 2.

	Svært aggressivt	$\text{LSI} < -1.00$
	Moderat aggressivt	$-1.00 < \text{LSI} < -0.15$
	Lite aggressivt	$-0.15 < \text{LSI} < 0$
	I likevekt	$\text{LSI} = 0$
	Lite utfelling	$0 < \text{LSI} < 0.15$
	Moderat utfelling	$0.15 < \text{LSI} < 1.00$

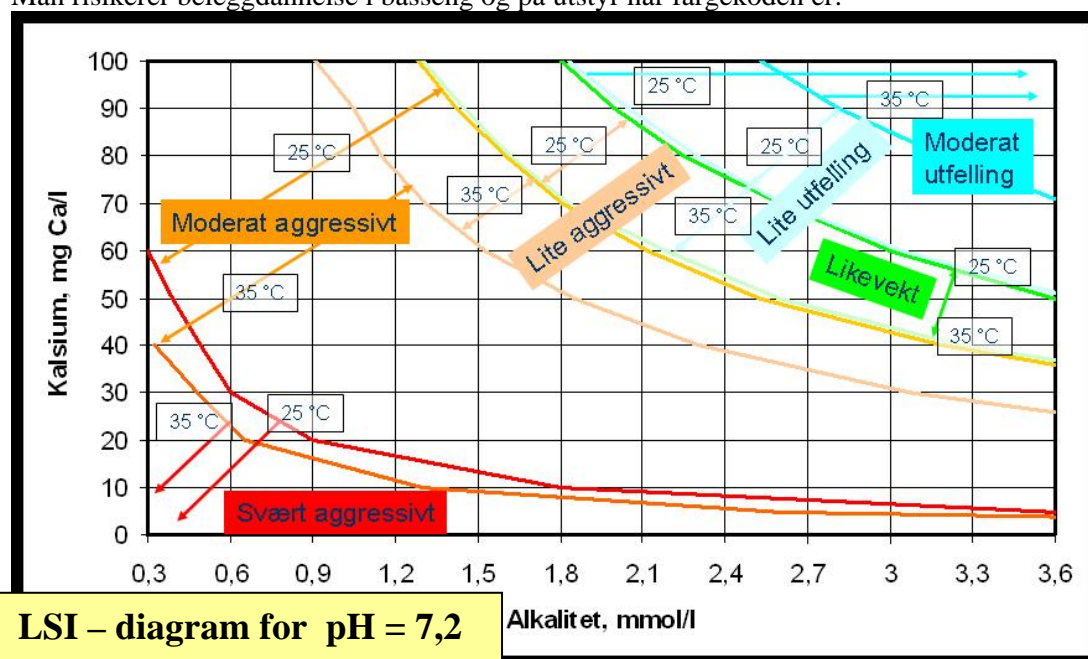
For at vannet ikke skal være aggressivt bør fargekodene være:



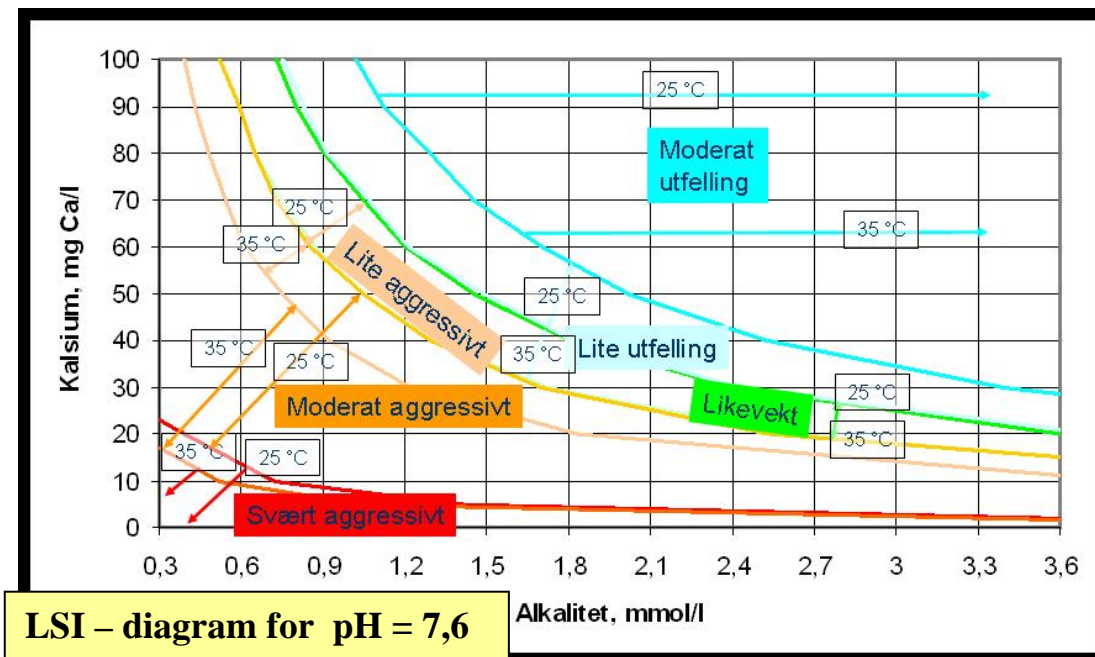
Vannet er aggressivt når fargekodene er:



Man risikerer beleggdannelse i basseng og på utstyr når fargekoden er:



Figur 1: LSI – diagram for pH = 7,2



Figur 2: LSI- diagram for pH= 7,6

Om bruk av LSI-diagrammene.

LSI- indeksen kan beregnes ut fra kjemiske formeler. pH-verdien har stor innflytelse på LSI-indeksen. For å forenkle beregningene har vi laget to typiske diagrammer basert på to pH-nivåer, nemlig figur 3 for pH=7.2 (laveste tillatte pH) og figur 4 for pH=7.6 (høyeste tillatte pH). Diagrammene viser kurver basert på temperaturer mellom 25 og 35 grader. Fargestrekene indikerer hvorvidt vannet ligger i aggressiv-, nøytral- eller i utfellingsone. Hvis man har oppgitt vannets kalsiumkonsentrasjon og alkalitet, kan man benytte figur 3 og 4 til å finne vannets aggressivitet for en temperatur på 25 – 35 °C ved pH på henholdsvis 7.2 og 7.6. Alternativt kan man benytte figurene til å finne hvor mye kalsiumkonsentrasjonen og alkalitet må økes for at vannet ikke lengre skal være aggressivt.

Eksempel 1:

Vann med kalsiuminnhold på 25 mg Ca/ l og alkalitet på 0,6 mmol/ l er svært aggressivt ved 25 ° og pH på 7,2. Økes brukstemperaturen til 35 grader kommer man i moderat sone. For at dette vannet skal komme innenfor sonen "lite aggressivt" (det vil si minimum av det vi anbefaler) må for eksempel alkaliteten økes til høyere enn 1.5 mmol/l. Figur 3 viser da at ved 25 °C må kalsiumkonsentrasjonen økes til 85 mg Ca/l og ved 35 °C må den økes til 60 mg Ca/l. Andre kombinasjoner av kalsium og alkalitet er selvsagt også mulig å benytte for å oppnå det samme.

Er pH på 7,6 viser avlesning av figur 4 at vannet i utgangspunktet er i moderat aggressiv sone uavhengig av temperatur. For at vannet da skal komme innenfor sonen "lite aggressivt" må for eksempel alkaliteten økes til høyere enn 1.2 mmol/l. Figur 4 viser da at ved 25 °C må kalsiumkonsentrasjonen økes til 45 mg Ca/l og ved 35 °C må den økes til 30 mg Ca/l. Det betyr at man kan klare seg med vesentlig lavere kalsiumkonsentrasjon og alkalitet når pH heves fra 7.2 til 7.6. *Ved å høyne pH- nivået reduseres aggressiviteten overfor sementbundne materialer. Høy temperatur reduseres også aggressiviteten.*

Eksempel 2:

Vann med kalsiuminnhold på 90 mg Ca/ l og alkalitet på 2,4 mmol/ l vil gi lite utfelling av kalsiumkarbonat ved pH på 7,2 og 25 °C. Ved 35 °C er man derimot i sonen for moderat utfelling og risikoen for problemer med kalsiumkarbonatbelegg begynner å bli stor (figur 3). Ved pH på 7,6 er risikoen for utfellingsproblemer stor uavhengig av temperatur (figur 4).

Merknad.

Bruk av LSI og andre tilsvarende indekser for å vurdere vannets aggressivitet overfor sement må imidlertid brukes med forsiktighet, da disse egentlig kun beskriver vannets sammensetning i forhold til kalsiumkarbonatlikevekt. Det vil også kunne være stor forskjell i bestandigheten til ulike sementtyper, i tillegg til at andre forbindelser, som f.eks. sulfater også innvirker på nedbrytningsprosessen.

Vannkvalitet og valg av membran-, lim og fugematerialer.

Vannkvalitet er svært viktig for hvilke materialer som bør benyttes hvor. Det betyr at enten må man velge materialer som er tilpasset den vannkvaliteten man har, ellers må man justere vannkvaliteten slik at den er tilpasset materialene som velges.

Ut fra vannkvalitet og LSI, samt tabellene/figurene ovenfor har vi i del 3 av artikkelserien laget en veiledning for materialvalg. Den tar for seg fuger, lim, membraner og tettemasser i bassenger, gangarealer og dusjanlegg.

	LSI-indikator	Flisfuger	Lim	Membraner
Svært aggressivt	LSI < -1.00	Epoksymasse	Epoksylim	Epoksymembran
Moderat aggressivt	-1.00 < LSI < -0.15	Epoksy/ spesial sementbasert fugemasse	Spesial sementbasert lim	Spesial sementbasert membran
I likevekt Lite utfelling Moderat utfelling	LSI = 0 1.00 < LSI < 0.15 0,15 < LSI < 1,00	Spesial sementbasert fugemasse	Spesial sementbasert lim	Spesial sementbasert membran

Veiledningen (Del 3) viser for eksempel at hvis sementbaserte flisfuger ønskes, bør det benyttes vannbehandling på anlegget som justerer alkalitet og kalsiuminnholdet slik at LSI blir mellom -0.15 og 0.15. Hvis man har lavere LSI-verdi enn -0.15 etter evt. vannbehandling, bør det benyttes epoksy i stedet for sement i flisfugene.

For mer informasjon : Stein Østerhus, SINTEF tlf 73592302 eller stein.w.osterhus@sintef.no
Arne Nesje, SINTEF tlf 73597016 eller arne.nesje@sintef.no