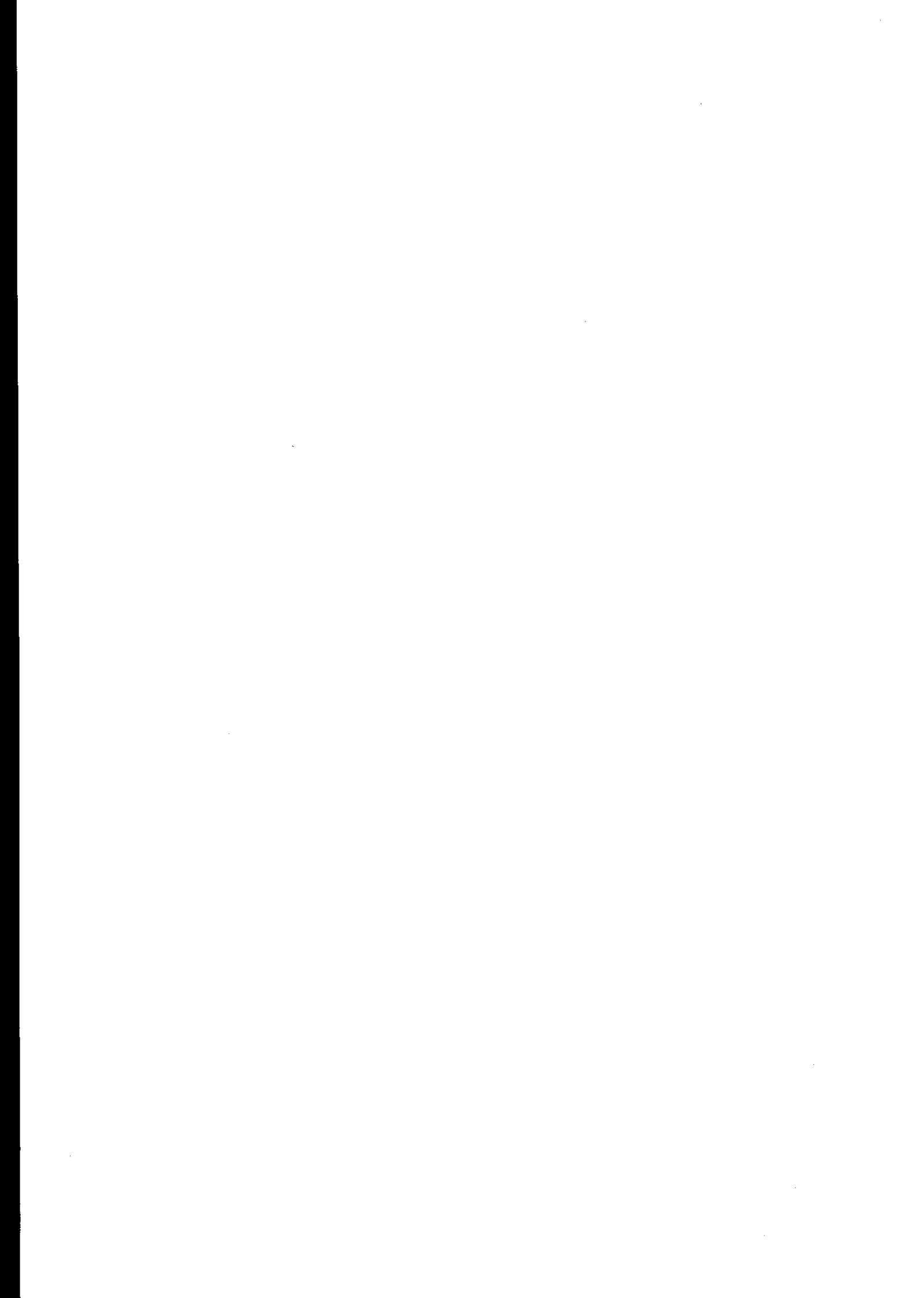


DBF

HOLDBARE SVØMMEBASSINER

Svend E. Petersen

**PUBLIKATION 17: 1983
DANSK BETONFORENING**



DANSK BETONFORENING

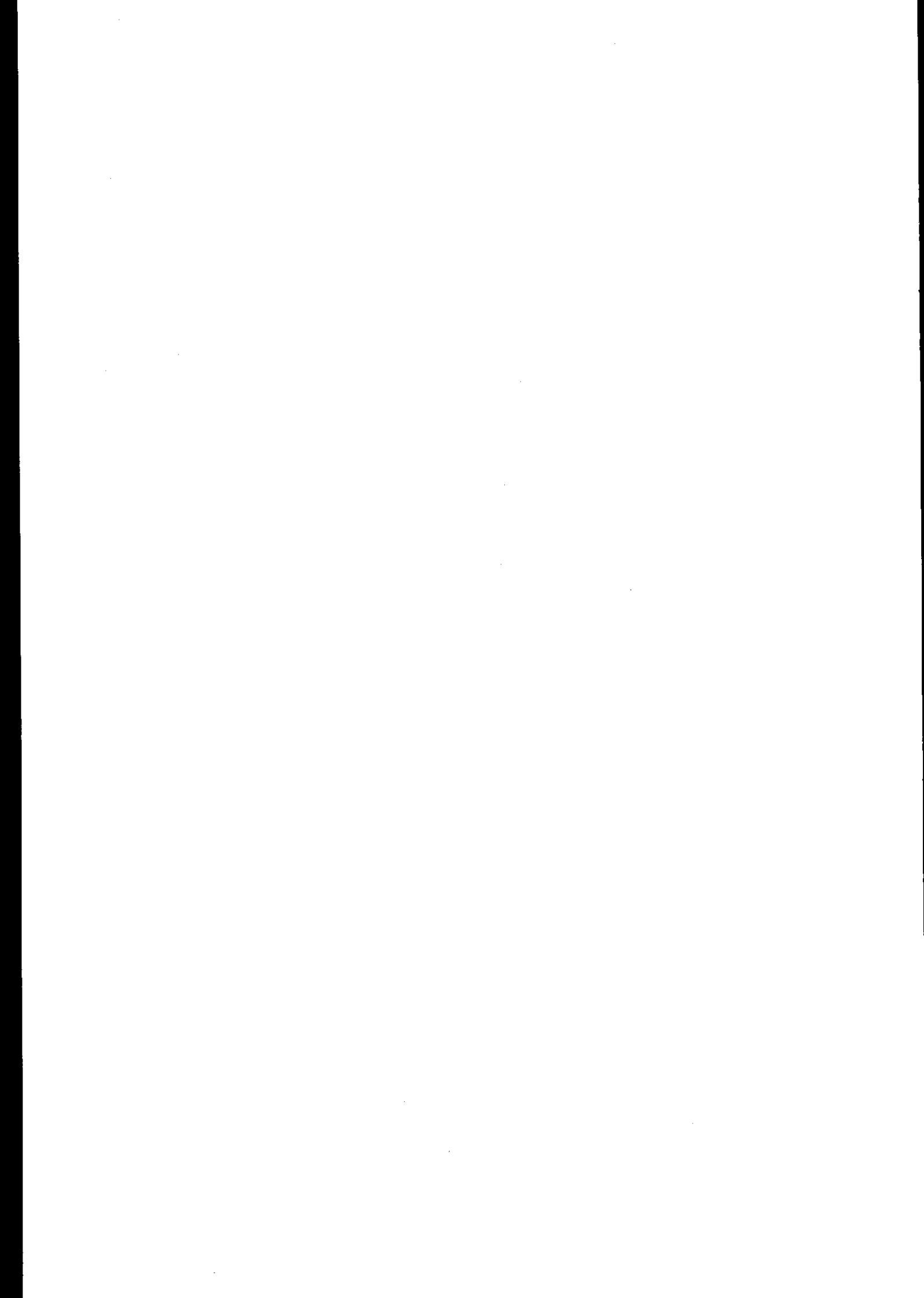
Cowiconsult, Rådgivende Ingeniører AS

HOLDBARE SVØMMEBASSINER

af

civilingeniør Svend E. Petersen

Januar 1983



Holdbare svømmebassiner

Foredrag i DBF 1982-12-08 - bearbejdet til DBF-publikation

Det er jo et varmt emne der her skal behandles.
Der er fokus på betons holdbarhed i almindelighed - og på svømmebassinernes i særdeleshed.

Mange af os er involveret i disse problemer på den ene eller anden måde. Cowiconsult og jeg er det i aller-højeste grad. BL.a. er vi part i en syns- og skønssag, der endnu ikke er afklaret.

Jeg vil derfor i mit indlæg bestræbe mig på først og fremmest at fremlægge nogle kendsgerninger, et erfaringsmateriale og nogle prøveresultater - og undgå vurderinger, der kan opfattes som et partsindlæg eller et defensorat.

For godt 5 år siden afholdt Dansk Betonforening en lignende foredragsaften om beton i svømmebade *. Anders Nielsen og jeg prøvede at samle de erfaringer vi havde og udmønte dem i nogle gode råd til de projekterende og udførende.

Det er nærliggende idag at tage tråden op og vurdere på hvilke punkter de anvisninger, vi gav dengang, bør revideres i lyset af de erfaringer, der er indhøstet siden.

* Udgivet i DBF's publikationsserie som Publikation 5:1978
Beton i Svømmebade v. Anders Nielsen & Sv.E. Petersen.

Vi konkluderede vore betragtninger i den på fig.1 viste 10 pkt. opskrift på fremstilling af en vandtæt betonkonstruktion.

TABEL 1. FREMSTILLING AF VANDTÆT BETONKONSTRUKTION
<p><u>A. Delmaterialer og sammensætning</u></p> <p>1. <i>Cement</i>. Fint formalet cement kan anvendes for at mindske risikoen for vandseparation. Hvis den anvendes, øger man dog risikoen for fremkomsten af termorevner. Minimumcementindhold 300 kg/m³ af hensyn til poretætheden. Maximumcementindhold 350 kg/m³ af hensyn til temperaturgradienter og svind.</p> <p>2. <i>Tilslagsmaterialer</i> skal være tætte og alkaliresistente. Jævn korngradering med sandprocent mellem 40 og 45 volumenprocent ved $d_{max} = 32 \text{ mm}^{\square}$. Indhold af cement + sand mindre end 0,25 mm[□] skal være større end 375 kg/m³.</p> <p>3. <i>v/c</i> så lavt som hensynet til bearbejdigheden tillader. Middelværdien af v/c maksimalt 0,45.</p> <p>4. <i>Tilsætningsstoffer</i>. Der indblandes luft ca. 4-6 vol-% (ca. 25 vol-% af cementpastaens volumen). Anvend plastificeringsstof eller flydetilsætningsstof.</p> <p><u>B. Konstruktionsudformning</u></p> <p>5. Dæklag større end 30 mm.</p> <p>6. Revneanvisninger undgås.</p> <p>7. Vibreringsvenlig udformning.</p> <p><u>C. Udstøbning og efterbehandling</u></p> <p>8. Komprimering foretages omhyggeligt. Hvis vandseparation opstår, må betonens sammensætning straks ændres, så blødningen undgås.</p> <p>9. Støbeskel: Så få som muligt. De nødvendige støbeskel sandblæses, vandes og cementsvømmes umiddelbart inden støbningen startes igen. - Gummibånd frarådes, hvis der ikke skal optages bevægelse i fugen.</p> <p>10. Efterbehandlingen består af fugtigholdelse og omhyggelig temperaturstyring. Efterbehandlingen fortsættes indtil risikoen for fremkomsten af termorevner er reduceret til et minimum og indtil den sammenhængende kapillarporøsitet er brudt (min. 14 døgn).</p>

Fig. 1. Opskrift på vandtæt beton.

Det kan måske være særligt interessant at se lidt nærmere på hvad Anders Nielsen, der tog sig af materialedelen, sagde om alkalikiselreaktioner. I publikationen står: "Alkalikiselreaktioner bør man sikre sig imod ved at anvende alkalibestandig tilslagsmateriale og ved at anvende en tæt beton. Det skal dog tilføjes, at i de bassiner, jeg (AN) har inspiceret, har der ikke været utætheder eller alvorlige nedbrydninger som kunne henføres til skadelige alkalikiselreaktioner."

Jeg lagde i mit indlæg, der handlede om den konstruktive udformning og udførelsen, vægt på dæklag, problemer ved revner i forbindelse med differenssvind og temperatur, fuger og støbeskel og på en støbevenlig udformning af vægge og armering.

Af interesse for det efterfølgende er det også at se på den lysbilledeserie som Anders Nielsen og jeg efter vore hovedindlæg præsenterede. Vi viste forskellige karakteristiske skader på svømmebassiner, som var resultat af en gennemgang af en række indendørs og udendørs svømmebassiner omkring København. Der indgik i den serie ikke væsentlige skader, der kunne henføres til alkalikiselreaktioner. Det var dårligt reparerede stenreder, indstøbninger, revner og rustafsprængninger, der var de hyppigste skadesårsager.

Det fremgår endvidere af referatet af diskussionen, at alkalikiselreaktioner heller ikke af vore tilhørere opfattedes som noget problem.

Jeg mener på denne baggrund indledningsvis at kunne slå fast, at indtil 1978 var der ikke rapporteret væsentlige skader på grund af alkalikiselreaktioner i svømmebassiner og selv om den potentielle risiko var erkendt, jvf. Anders Niensens's indlæg, var det en almindelig opfattelse baseret på erfaringerne, at såfremt betonarbejdet var vel udført og betonen godt proportioneret var alkalikiselreaktioner ikke problemet.

Derfor blev der heller ikke i almindelighed stillet særlige krav til tilslagsmaterialerne, hvad angår alkalireaktivitet - hverken af rådgivende, entreprenører eller betonproducenter. Det ville iøvrigt også have budt på vanskeligheder på grund af manglen på egnede prøvemethoder, manglende varedokumentation på grusmaterialerne og dårlig distribution af viden om egnede og uegnede grusforekomster.

Hvordan ser situationen så ud idag? Ja, skal man tro dagspressen ser det jo ikke godt ud. Men det skal man som bekendt ikke! Så det er nok fornuftigt at se lidt nærmere på hvad der gemmer sig bag de forargede og sensationsprægede overskrifter.

Den første indikation af, at alkalikiselreaktioner i svømmebassiner fortjente større opmærksomhed end hidtil, kom i 1979 i skal vi kalde den svømmehal nr. 1.

På det tidspunkt gennemførte vi i samarbejde med Teknologisk Institut en første systematisk undersøgelse af bassinet, der er opført i 1976.

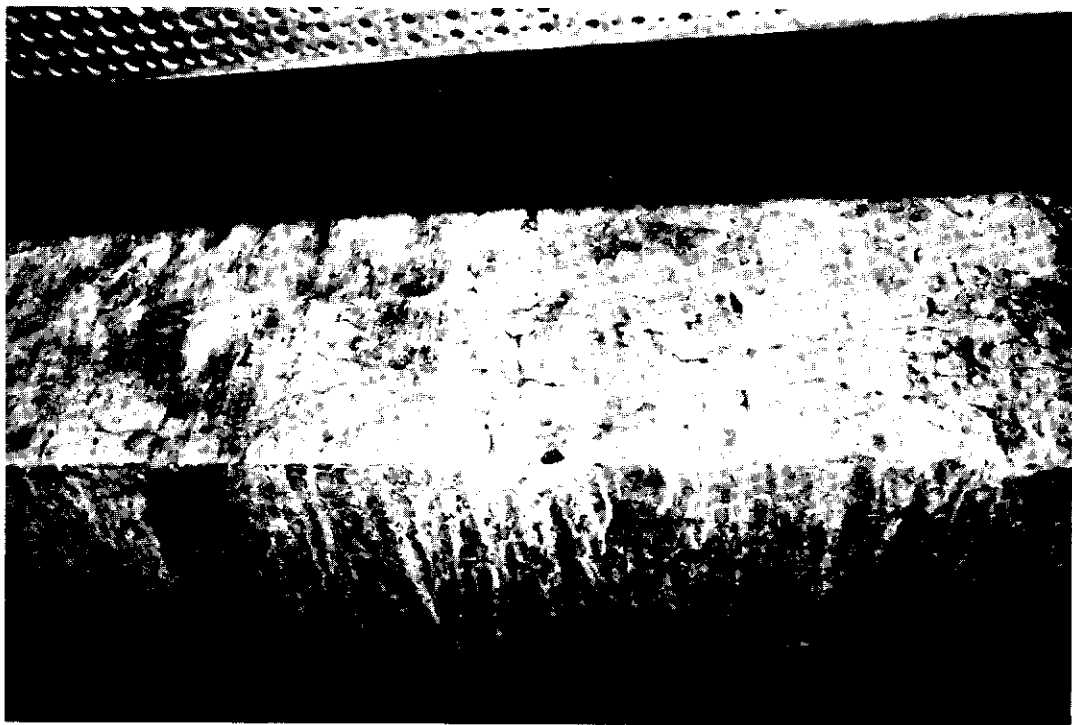


Fig. 2. Alkalikiselreaktioner i bassinvæg.
Billede fra 1981 af bassin 1 støbt i 1976.

Der konstateredes alvorlige revner og gennemsvivninger og områder med omfattende alkalikiselreaktioner (fig.2). Det er interessant at notere sig, at TI i sin første rapport baseret på visuel betragtning af udborede kerner anfører, at de formoder "at alkalikiselreaktionerne er sekundære fremkaldt af gennemsvivende saltvand i allerede utæt (revnet?) beton." Og videre forventer "at skadelige alkalireaktioner ikke vil fremkomme i områder hvor betonen ikke er utæt".

I den endelige rapport udarbejdet efter studie af tyndslib er betænkelighederne blevet større. Der siges at "det er uklart om der også siden vil opstå skadelige alkalikiselreaktioner i betonen, der i øjeblikket ser ud som kerne 2 (svage reaktioner). De vil dog næppe få så voldsomt et forløb som de steder hvor betonen fra starten har været utæt, sandsynligvis på grund af udstøbningsproblemer". Og videre "tyndslibsundersøgelsen viser at alkalikiselreaktioner må betragtes med større alvor end den visuelle inspektion af kernerne gav anledning til".

Det er altså lige ved at vi her på dato kan tidsfæste omslaget i vurderingen af alkalikiselreaktioner i svømmebassiner. Siden er pesimismen vokset, og der er på dette svømmebassin gennemført en meget omfattende reparation med udførelse af en membran i hele bassinet.

Som det næste eksempel skal jeg kort nævne en mindre svømmehal, som i anden anledning skulle renoveres, og derfor gav mulighed for en nøjere gennemgang af bassinet i 1980. Det er opført i 1971.

Bortset fra en del gennemsvivninger ved fugen mellem bassin og dæk (repareret for 15.000 kr), fandtes betonen i væggene stort set at være sund. På tyndslibene kan konstateres alkalikiselreaktioner, men de har ikke givet anledning til skader.

Dette er særligt interessant da kravene til denne beton var meget beskedne: $\delta_T = 240 \text{ kg/cm}^2$. Sandet hører til blandt de mest reaktive vi er stødt på indtil dato i svømmebade - bestemt ved optælling af reaktive korn på tyndslib.

I 1978 blev der opført to store svømmehaller. Ved projekteringen og udførelsen af bassinerne blev de principper, som jeg indledningsvis citerede fra Anders Nielsen's og mit foredrag i 1978, i det store og hele fulgt, dog uden at der blev stillet specielle krav til sandets indhold af alkali-reaktivt materiale.

At følge disse to bassiner er interessant derved, at de er praktisk talt ens i størrelse og form, og de er støbt med beton leveret fra samme betonfabrik, efter samme blandercept, indeholdende bakkegrus fra Farum Grusgrav. Som det siden har vist sig med et højt indhold af alkalireaktivt materiale.

I efteråret 1981 rapporteredes utætheder i de to bassiner og en undersøgelse blev sat i værk og gennemført i dette forår.

Ved undersøgelsen fandtes i det ene bassin skader p.g.a. alkalikiselreaktioner på et begrænset område, ca. 15 m^2 (samlet vægoverflade 440 m^2), altså 3-4%, og ved udboring af kerner konstateredes i dette område en helt banal fejl, idet der ikke var noget stenmateriale i betonen. Fejlen blev erkendt og en reparation udført af entreprenøren. Den vil jeg komme tilbage til senere.

I den anden var skadebilledet noget mere kompliceret, årsagsforholdene betydeligt mere uklare og de skadede områder større, ca. 15% af vægoverfladen. Der er på visse områder tale om grove revner med gennemsivninger (fig.3 og 4) og selv om der er indikationer af støbefejl (kolde støbeskel,



Fig. 3 og 4. Alkalikiselreaktioner i bassinvæg.
Billede fra 1981 af bassin støbt i 1978.

dårlig udstøbning under undervandslys og omkring formklampshuller), kan undersøgelser af tyndslib ikke med sikkerhed dokumentere at starten på udviklingen af alkalikiselreaktionerne er klare mangler eller fejl. Resultatet her er da også blevet en syn- og skønssag, der ikke på nuværende tidspunkt har fundet sin afslutning.

Hvad kan vi da konkludere af disse erfaringer, lagt til dem vi havde i forvejen? Ja, for mig at se, at det bud Anders Nielsen og jeg gav på udførelse af holdbare og vandtætte svømmebassiner i 1978, stadig er godt nok, men bør have en enkelt væsentlig tilføjelse, nemlig en streg under pkt.2 i fig.1: tilslagsmaterialerne skal være tætte og alkaliresistente.

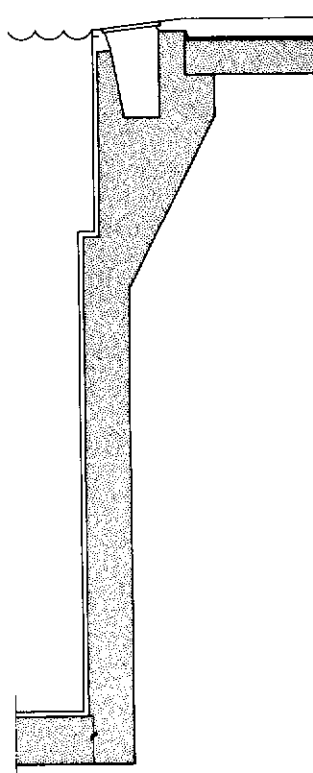
Ikke fordi erfaringerne entydigt har vist, at den tidligere ofte fremførte betragtning at alkalikiselreaktioner er en følgeskade til andre skader (revner, utætte områder etc.) ikke er rigtig, for vi har stadig ikke set skadelige alkalikiselreaktioner, altså expansioner, i beton, der er tæt og sund helt igennem.

Men fordi vi må erkende, at der altid er områder med mindre mangler, der kan danne udgangspunkt for et angreb. Og er et angreb først startet, breder det sig gennem de revner som dannes ved ekspansionerne. Sagt på en anden måde, sikkerhedsmarginen er for lille.

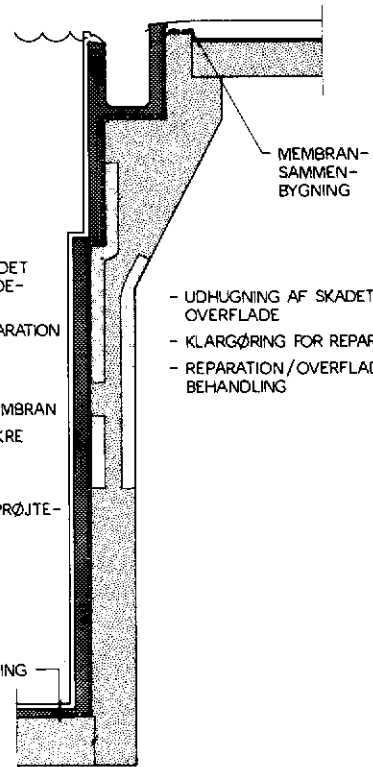
Men problemerne er jo ikke løst med sådan en rundt formulert anvisning. Hvad betyder det, at tilslagsmaterialerne skal være alkaliresistente? Ja, på dette punkt venter vi stadig på hjælp fra TI og forskningsinstitutionerne.

Vi må enten have udviklet egnede prøvemethoder, som tilstrækkelig hurtigt kan afgøre om et grusmateriale er i orden, eller vi må have leveret grus med varedeklaration.

UDSKIFTNING AF BETONVÆG



INDVENDIG MEMBRAN



- KLINKER FJERNES
- UDHUGNING AF SKADET BETON + SKVULPRENDE-FORKANT
- KLARGØRING FOR REPARATION
- SPRØJTESTØBNING

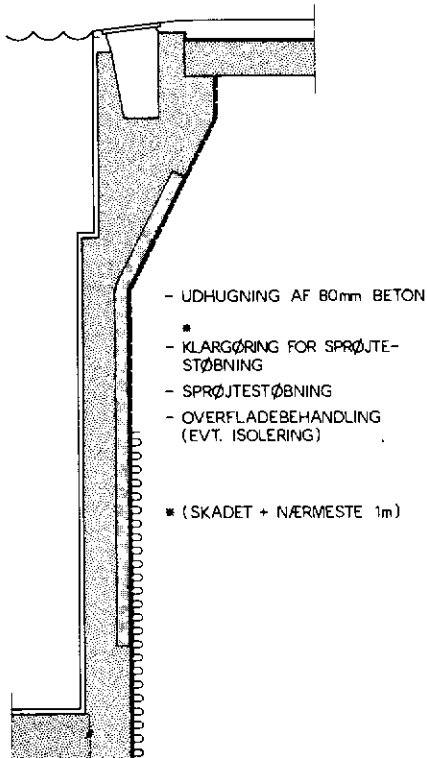
- KLARGØRING FOR MEMBRAN
- FASTGØRING AF ANKRE
- BITUMENMEMBRAN

- KLARGØRING FOR SPRØJTE-BETON
- SPRØJTESTØBNING

- KLINKEBEKLÆDNING

- UDHUGNING AF SKADET OVERFLADE
- KLARGØRING FOR REPARATION
- REPARATION/OVERFLADE-BEHANDLING

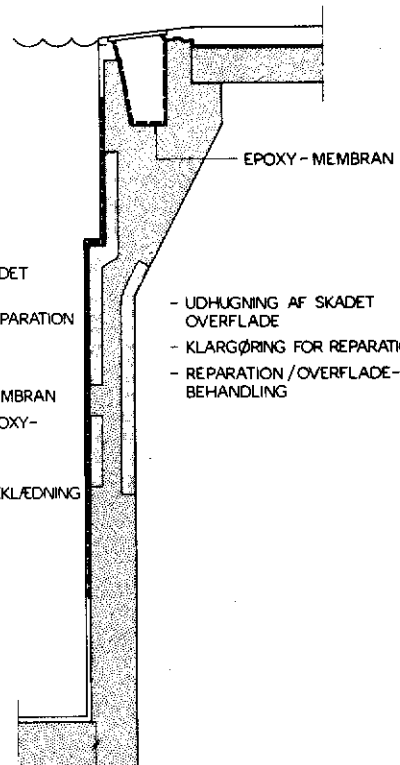
UDVENDIG REPARATION



- UDHUGNING AF 80mm BETON
- * KLARGØRING FOR SPRØJTE-STØBNING
- SPRØJTESTØBNING
- OVERFLADEBEHANDLING (EVT. ISOLERING)

* (SKADET + NÆRMESTE 1m)

INDVENDIG REPARATION



- KLINKER FJERNES
- UDHUGNING AF SKADET BETON
- KLARGØRING FOR REPARATION
- SPRØJTESTØBNING

- KLARGØRING FOR MEMBRAN
- OPSPARTLING AF EPOXY-MEMBRAN

- KLARGØRING FOR BEKLÆDNING
- KLINKEBEKLÆDNING

- UDHUGNING AF SKADET OVERFLADE
- KLARGØRING FOR REPARATION
- REPARATION/OVERFLADE-BEHANDLING

Fig. 5. Reparationsmuligheder for skadet bassinvæg.

Formentlig kan en sådan baseres på de mørtelprismeforsøg, der er for langsomme til undersøgelser i forbindelse med en konkret byggesag.

Vi må også have oplysninger om betydningen af fugtforholdene i bassinvæggene. Bl.a. viden om i hvor høj grad den meget kraftige udtørring af bagsiden af bassinvæggen, der skyldes anvendelsen af kældergangen rundt om bassinet til ventilationskanal, har indflydelse på revnedannelse og koncentration af salte i væggene.

Jeg kunne vel i og for sig sige, at jeg med disse konklusioner havde opfyldt min pligt i henhold til emnet "Holdbare svømmebassiner". Men jeg synes, at jeg bør supplere med nogle bemærkninger om reparationsmulighederne for bassiner, der har fået skader som dem, jeg her har gennemgået.

I princippet findes der 3 reparationsmuligheder (fig.5):

- En begrænset reparation af de skadede partier
- Etablering af en eller anden form for membran, der forhindrer bassinvandet i at trænge ind i betonen
- En fuldstændig udskiftning.

Det at alkalikiselreaktionerne starter på væggen yderside, og det at de tilsyneladende hænger sammen med initiale utætheder, kunne føre til den hypotese, at det er en stadig forøgelse af alkalikoncentrationen, på grund af vandgennem-sivningen og fordampningen fra bagsiden, der starter processen.

Hvis det er tilfældet, skulle det være muligt at stoppe den ved at erstatte den skadede beton på ydersiden af væggen f.eks. med en tæt sprøjtebeton med ikke-reaktivt tilslag - og reducere fordampningen ved en tæt malerbehandling.

Fig. 6a. Saltkoncentration i bassinvæg.

UDBORET CYLINDER FRA BASSINVÆG

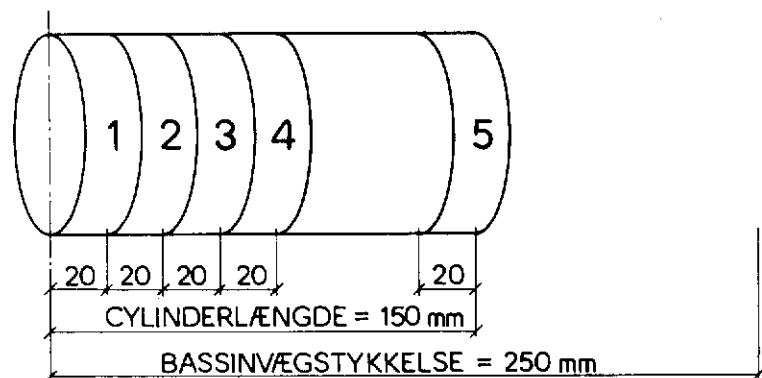
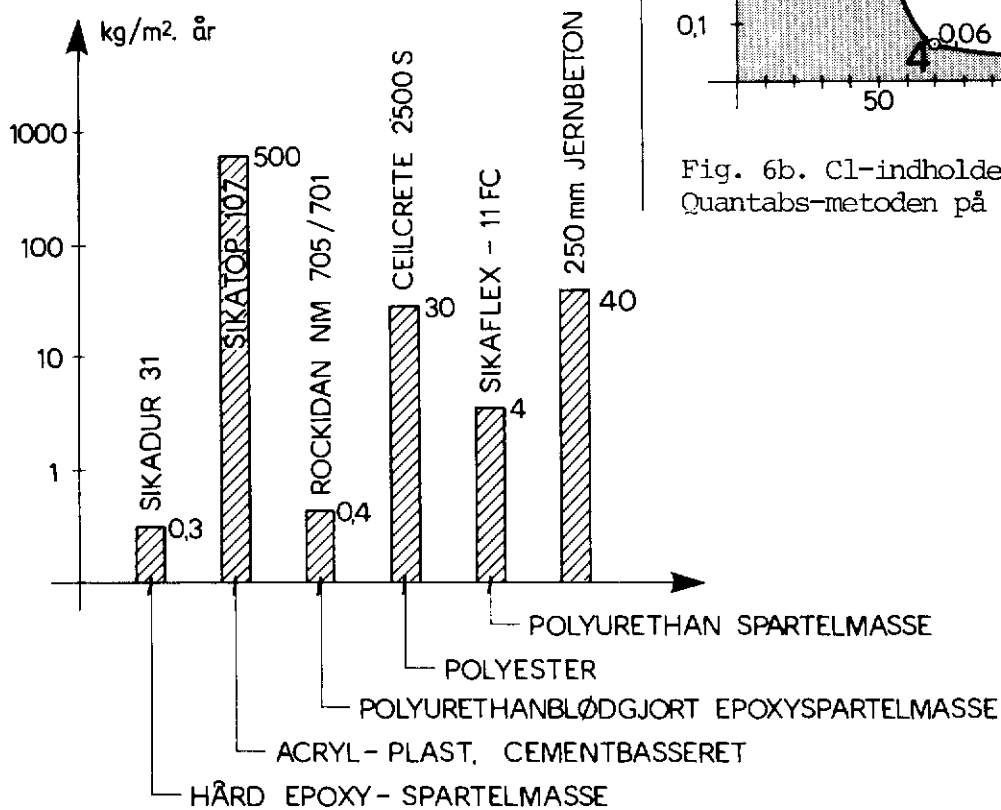


Fig. 7. Resultat af tæthedsmåling.

VANDTÆTHED

(MATERIALETYKKELSE 4mm)



CL⁻ KONCENTRATION PRØVE 25

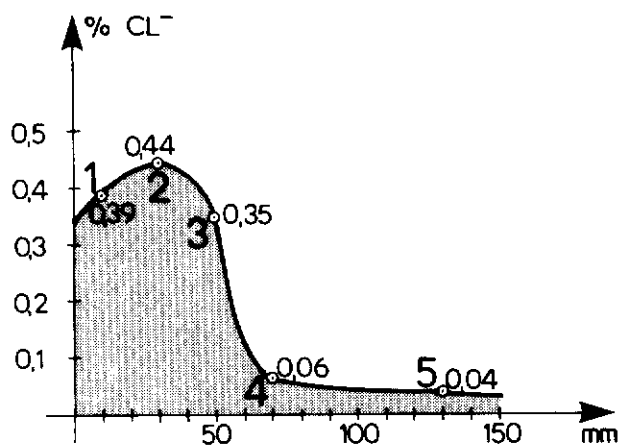


Fig. 6b. Cl-indholdet målt ved Quantabs-metoden på DIA-B.

Vi har forsøgt ved målinger på udborede prøver af bassin-væggene i de to sidstnævnte bassiner, at påvise en sådan koncentration af salte og har også i en enkelt prøve kunnet påvise den (fig. 6 a + b, men har desværre ikke fundet nogen entydig sammenhæng med skaderne.

Dette kan skyldes at gennemsvivningen er så stor, at for-dampning og afsætning af salte sker på overfladen af be-tonen således som det også umiddelbart kan iagttages. Men det må konstateres, at vi stadig mangler en bekræftelse på hypotesen om alkalikoncentrationens betydning..

En anden reparationsmetode er udførelse af en membran

I princippet er der to muligheder. Membran i form af folie, f.eks. bitumenplade, og membran udført ved hjælp af opspartlet hærdeplast.

En foliemembran, uanset hvilket stof den er lavet af, vil i almindelighed kræve en indre bassindel til at bære overfladebeklædningen, og dermed medføre nogle ulemper, som jeg skal komme tilbage til senere, hvorfor muligheden for at anvende et klæbestof, der samtidig kan bære flisebeklædningen, er meget attraktiv.

For at få denne mulighed belyst har vi i samarbejde med DIAB udført en række forsøg med forskellige klæbemembraner.

De krav vi har opstillet og ønsket afprøvet knytter sig til tætheden, evnen til at bygge bro over revner, vedhæftningsstyrken og holdbarheden.

- 1) Tætheden - det er vanskeligt at opstille et talmæssigt krav - men tætheden bør i hvert fald være af en anden størrelsesorden end betonvæggens tæthed - måske 10-100 gange større.

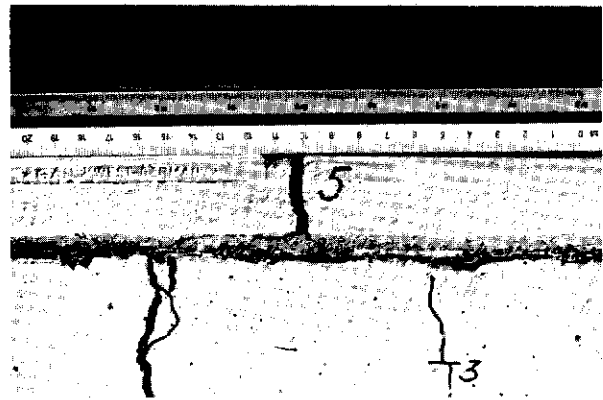
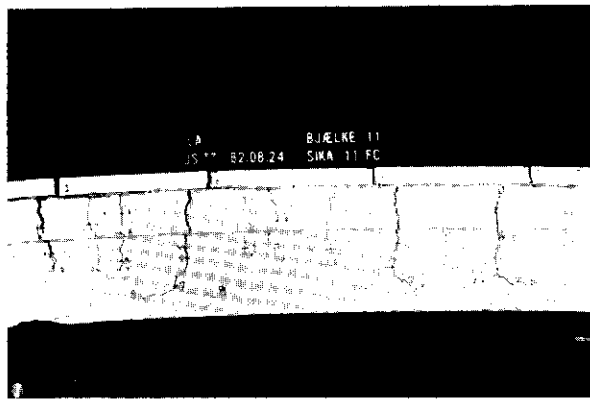


Fig. 8. Bjælke med membran og flisebelægning prøvet til brud. Revner i betonen på op til 2 mm uden brud i membranen.
(Foto: Lizzie Allesen-Holm)

VEDHÆFTNINGSFORSØG (MIDDELVERDIER)

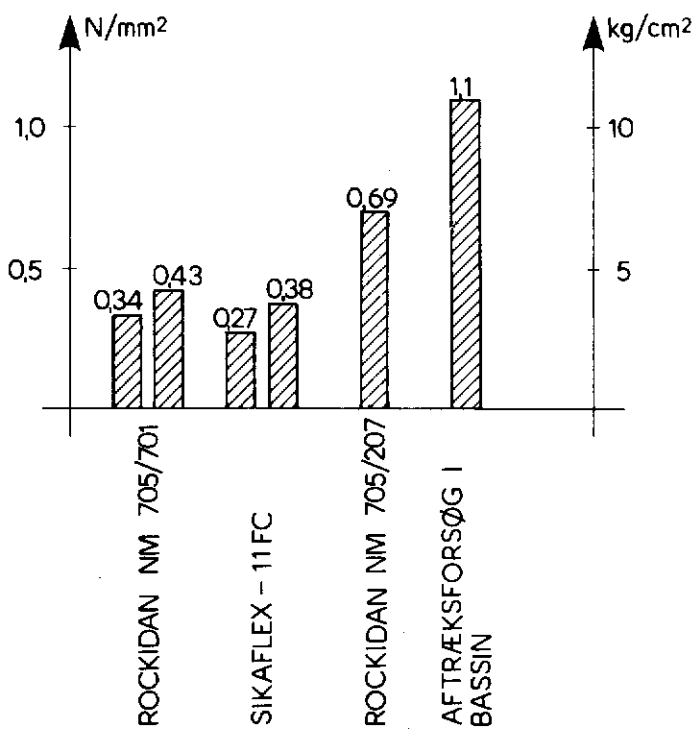


Fig. 9. Forsøgsresultater revneforsøg.

REVNEOVERBYGNING

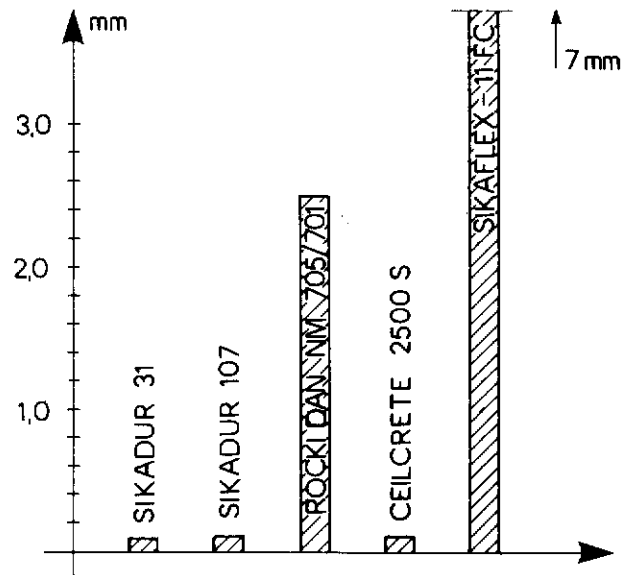


Fig. 10. Vedhæftningsstyrker.

Tætheden af en række klæbemembraner er bestemt ved den såkaldte "Cup-metode".

Ved denne metode er det kapilærkræfterne i det porøse materiale der driver vandet gennem membranen.

Som det ses af fig.7 svarer tætheden af den tætteste membran i 4 mm's tykkelse til godt 100 gange tætheden af 25 cm god beton.

- 2) Evnen til at bygge bro over revner. Revner der normalt kan opstå i betonvæggen (bøjningsrevner, svindrevner) må ikke slå ud gennem membranen. Det vil sige den skal med sikkerhed kunne bygge bro over revner på 0.1 -0.2 mm (ifølge vejledningen til betonnormen max. for beton i miljøklasse A) - med en sikkerhedsmargin satte vi kravet til 0.4 mm. De forskellige membraner blev påført jernbetonbjælker, der derefter blev underkastet bøjning som ved et bøjningsforsøg (fig.8). Det ses af fig.9 at de bedste membraner kunne klare revnevidder på over 1 mm.
- 3) Vedhæftningsstyrken - som gerne skulle være på niveau med den, der kendes fra normale fliseopsætninger og som nok er omkring 0.6 N/mm^2 (6 kg/cm^2). Man kunne også gå ud fra den max. påvirkning, der formentlig optræder, hvis der kan opbygges vandtryk bag fliserne ved tømning af bassinet. Den absolut største værdi er i det tilfælde 0.04 N/mm^2 svarende til 4 m vandtryk. Resultaterne er gengivet på fig.10.
- 4) Holdbarheden. Materialet skal være resistent mod bassinvand og have en lang levetid. Holdbarhed i det lange løb er det svært at dokumentere. Accelererede forsøg er ret umulige og producenternes garantier ikke meget værd.

TEKNISK / ØKONOMISK SAMMENLIGNING

UDVENDIG REPARATION (OVERFLADEBEHANDLING)		ELASTISK KLÆBEMEMBRAN	
+	-	+	-
ENKELT AT UDFØRE INGEN LUKNING NØDVENDIG	USIKKERT GRUNDLAG KORTE REPARA- TIONSINTERVALLER BEGRÆNSET LEVETID	GOD TÆTHED UÆNDREDE BASSINMÅL GOD TILSLUTNING MOD INDSTØB- NINGSDELE PÅ GENNEMBRYD- NINGER PLET-VIS UDFØ- RELSE MULIG	HOLDBARHED IKKE DOKUMENTERET MILJØ (UDFØRELSE)
PRIS KR. INCL. MOMS		0,6 MILL.	2,4 MILL.

TEKNISK / ØKONOMISK SAMMENLIGNING

FOLIE (BITUMEN) MEMBRAN		UDSKIFTNING	
+	-	+	-
GOD TÆTHED FORVENTET GOD HOLDBARHED	ÆNDREDE BASSINMÅL KOMPLICERET UDFØRELSE KOMPLICEREDE ANKRE OG GENNEMFØRINGER	LANG LEVETID KENDTE, PRØVEDE MATERIALER	VANSKELIG UDFØRELSE
PRIS KR. INCL. MOMS		5,5 MILL.	4,3 MILL.

Fig. 11. Sammenligning mellem forskellige reparationsmetoder.

Selv om det nok er almindelig antaget at epoxymaterialerne er meget stabile er det næppe muligt at fjerne den sidste usikkerhed. Vi har heldigvis i forbindelse med den før omtalte begrænsede reparation på bassin nr. 3 fået en mulighed for at afprøve holdbarheden.

Konkluderende ses på fig.11 en teknisk og økonomisk sammenligning af de skitserede 4 reparationsmetoder - anvendt på et 50 m bassin - og kun på væggene. Tal må tages med forbehold. Der er tale om overslag -kun membranløsningen er baseret på tal fra en udført reparation.

En endelig afgørelse af om de her skitserede reparationsmetoder vil fungere tilfredsstillende kan vi kun få ved at afprøve dem i fuld skala.

Og hvis det billede som Thaulow har tegnet af behovet for reparationer er korrekt - burde der være en meget stor samfundsmæssig interesse i at få videreudviklet og afprøvet de enkle og billige reparationsmetoder.

Men det kræver meget mod og megen forståelse af vore bygherrer, at gå ind for løsninger, der har et element af eksperiment i sig, i en situation, hvor man som reaktion på de alt for mange bygningsskader har vendt sig til det sikre, det kendte og afprøvede.

Det kræves også mod at gå imod den strøm, der i nogen grad er blevet næret af os selv. I forsøget på at skabe opmærksomhed hos de bevilgende myndigheder for betons holdbarhedsproblemer har nogle måske talt med større bogstaver og jongleret med større tal end sagen berettigede til.

Det er svært at bevare det kølige overblik i en sådan strøm.

Standse denne strøm kan jeg ikke - men jeg håber jeg har givet et lille bidrag til dette overblik.

