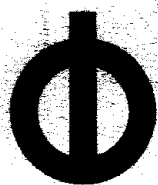
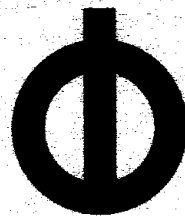


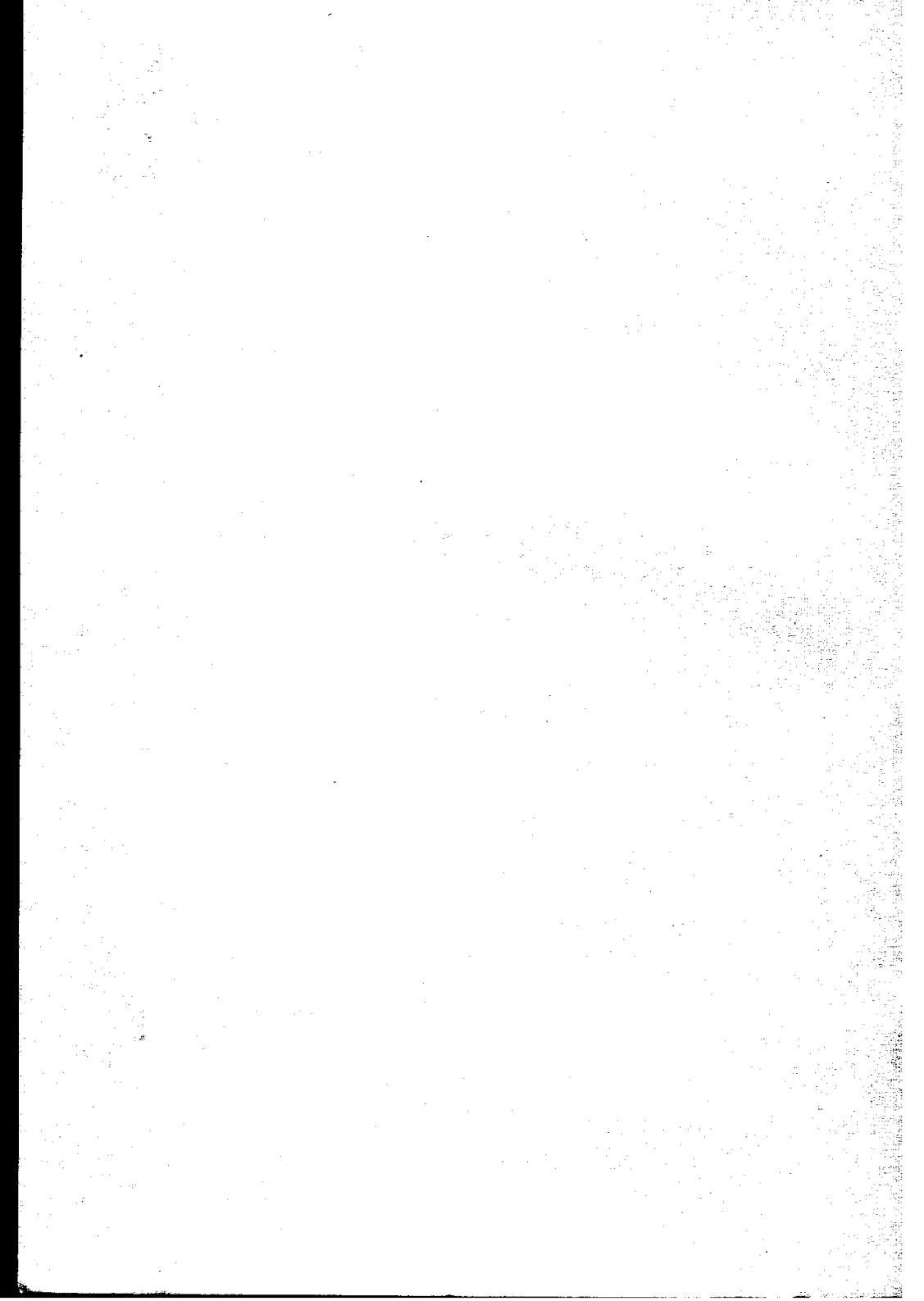
Dansk Betonforening



**Dansk
Betondag
1994**

Publikation nr.

41



Dansk Betonforening



Publikation nr. **41**

Publikation nr. 41:94

Denne publikation indeholder indlæggene fra

Dansk Betondag 1994

der blev afholdt
den 29. september 1994
på Hotel Balka Strand, Nexø, Bornholm

Publikationen er udgivet af:

Dansk Betonforening
c/o Dansk Ingeniørforening
Vester Farimagsgade 29, 1780 København V
Tlf.: 33 15 65 65 - Fax: 33 93 71 71

<u>Indhold:</u>	<u>Side</u>
Attila Hegyközy:	
5 års eftersyn; BBB fungerer, papirerne mangler. Kvalitetssikring, dokumentation og byggeskedefondens erfaringer	5
Christian Munch-Petersen:	
BBB skal revideres	15
Birgit Sørensen og Erik Stoltzner:	
Katodisk beskyttelse - erfaringer og perspektiver . . .	23
Christian Sylvest:	
Privatisering af driften af offentlige bygværker og anlæg	45
Christian Listov-Saabye:	
Også Øresundsforbindelsen skal vedligeholdes	51
Steen Lykke:	
Øresundsprojektet, Kyst til Kyst Forbindelsen	63
Ole Rask:	
Bornholmske tilslagsmaterialer til Beton	67

Byggeskadefonden
Studiestræde 50
1554 København V

Kvalitetssikring, dokumentation og Byggeskadefondens erfaringer.

af

Attila Hegyközy

August 1994

Indholdsfortegnelse

Kvalitetssikring, dokumentation og Byggeskadefondens erfaringer	
Kvalitetssikring, dokumentation og Byggeskadefondens erfaringer	
Indledning	
Kvalitetssikring	
At sætte betonkvaliteten	
At sikre og dokumentere kvaliteten	
5-års eftersyn	
5-års eftersyn af betonbygningsdele	
Hvorledes ser det ud med overholdelse af krav og dokumentationen?	
Hvorledes ser det ud, når dokumentationen for kvalitetssikringen mangler?	
Hvorledes ser det ud, når kvalitetssikringen svigter?	
Eksempel fra anmeldt skade umiddelbart efter gennemført 5-års eftersyn	

Kvalitetssikring, dokumentation og Byggeskadefondens erfaringer.

Indledning

Materialet beton har siden tresserne været genstand for megen kritik og har i en periode af denne grund pådraget sig et uheldig image, som den bestemt ikke fortjener.

Alle andre materialer, der anvendes i byggebranchen, kunne på nøjagtig samme måde have været uretfærdigt behandlet ved at fremhæve enkelte kostbare byggeskader og angive, at det er materialernes skyld.

De fleste materialer besidder nogle givne egenskaber, som gør dem enten velegnede eller uegnede til et bestemt formål. Udsættes materialer for påvirkninger, som de ikke er egnede til at modstå, vil de før eller siden nedbrydes, såfremt vedligeholdelsen er utilstrækkelig.

Det er således ikke materialerne i sig selv, der forårsager byggeskader, men snarere et kompliceret samspil af design, ydre påvirkninger, manglende egenskaber og en ikke til udgangsegenskaberne tilpasset drift, der i fællesskab kan føre til udvikling af byggeskader.

Resultaterne fra de hidtil gennemførte 5-års eftersyn kan bekræfte dette. Der foreligger endnu ikke et tilstrækkeligt materiale til at kunne foretage en generel bedømmelse af situationen omkring beton, der er anvendt i henhold til BBB i boligbyggeriet og den senere omtalte skade skal derfor ikke tages for mere end et enkeltstående eksempel på Byggeskadefondens konstateringer.

Kvalitetssikring

At en bygningsdel er kvalitetssikret, betyder at bygningsdelen udviser en tilfredsstillende kvalitet, d.v.s. at bygningsdelen har alle de egenskaber, som kan forventes

efter aftale eller forudsætninger (specificerede krav) eller efter offentlige forskrifter eller god byggeskik (underforståede krav).

For at kunne **sikre** en kvalitet (=summen af egenskaber), er det nødvendigt at **sætte** en reference.

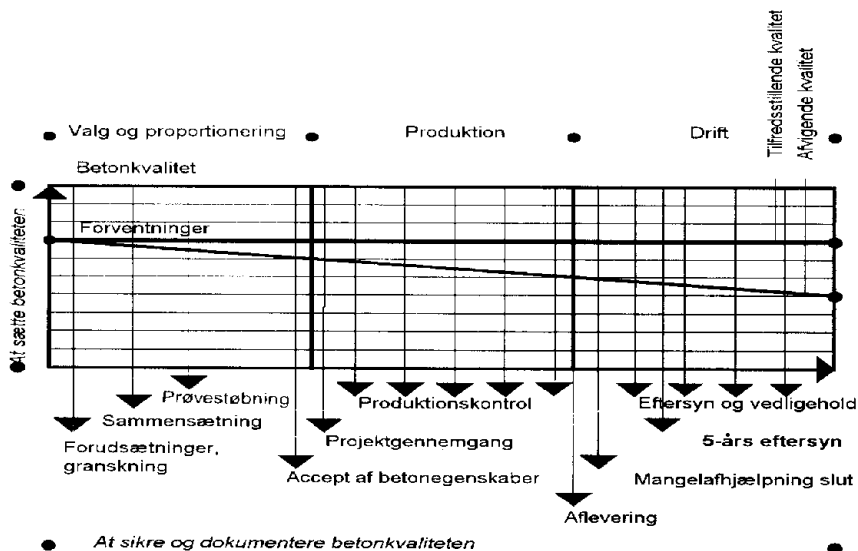
At sætte betonkvaliteten

At sætte betonkvaliteten vil sige, at opstille krav og ønsker til betonens egenskaber.

I Basisbetonbeskrivelsen, som blandt andet er en vejledning i kvalitetssikring af beton, er opstillet krav og ønsker til betonens egenskaber.

Når en bygherre ønsker en beton leveret i overensstemmelse med kravene i Basisbetonbeskrivelsen, er kvaliteten af betonen sat.

Udover kravene i Basisbetonbeskrivelsen, har bygherren mulighed for at stille supplerende krav om f.eks. betonbygningsdelens udformning og relationer til andre bygningsdele.



At sikre og dokumentere kvaliteten

Når betonkvaliteten er sat, drejer det sig for rådgivere, entreprenører og leverandører om at **sikre** og **dokumentere**, at de stillede krav løbende bliver opfyldt.

I Basisbetonbeskrivelsen er det beskrevet, hvorledes sikring af kvaliteten ved gennemførelse af løbende kontrol og indsamling af den nødvendige dokumentation i praksis kan foregå, og der er stillet krav til, hvilken dokumentation på den gennemførte kvalitetssikring der mindst skal foreligge.

5-års eftersyn

5-års eftersynet er et specielt eftersyn, som gennemføres af professionelle personer, som har et bredt kendskab til byggeteknik, men kan også opfattes som en del af bygningsdriften.

5-års eftersynet har til formål at klarlægge bygningsdeles tilstand, vurdere bygningsdelens risiko og konstatere bygningsdelens driftstilstand. Specielt er det vigtigt ved tilstandsregistreringen at klarlægge eventuelle svigt for at forebygge, at disse svigt senere udvikler skader.

Ifølge "Kvalitetssikring", Byggestyrelsen 1986, bilag 3, side 43 defineres svigt således:

"Svigt betegner, at materialer, konstruktioner eller bygningsdele i et bygværk savner egenskaber, som efter aftaler eller forudsætninger, efter offentlige forskrifter eller god byggeskik hører med. Svigt omfatter alle sådanne forhold uanset deres årsag."

5-års eftersynet gennemføres ved tre typer eftersyn:

- **A-eftersynet** gennemføres på bygningsdele, der er tilgængelige for et direkte eftersyn.
- **B-eftersynet** er et indirekte eftersyn og gennemføres ved at efterse tegninger, beskrivelser og kvalitetssikringsdokumenter fra opførelsen.
- **C-eftersynet** er et specielt og målrettet eftersyn af bygningsdele, der ikke på baggrund af A- og B-eftersynet er tilstrækkelig belyst med hensyn til deres tilstand og risiko.

5-års eftersyn af betonbygningsdele

For bygningsdele af beton er det i princippet nødvendigt at gennemføre et B-eftersyn, da det ikke på bygningsdelen kan ses, hvilken betontype der er foreskrevet eller anvendt til at fremstille bygningsdelen og hvilken håndtering betonen har været udsat for på byggepladsen.

Ved 5-års eftersynet skal der (*pr. definition*) således foreligge dokumentation på, at der til bygningsdelen er foreskrevet, blandet, leveret, indstøbt og efterbehandlet en beton, der opfylder kravene i BBB.

Hvorledes ser det ud med overholdelse af krav og dokumentationen?

Ved de hidtil gennemførte 5-års eftersyn har Byggeskadefonden fundet

- at de projekterende generelt har forstået at foreskrive beton, der tilfredsstillere kravene i BBB
- at entreprenørerne generelt har tilstræbt at anvende den i projektet foreskrevne beton
- at det for begge nævnte parter gælder, at dokumentationen oftest ikke er til stede i tilstrækkeligt omfang

Hvorledes ser det ud, når dokumentationen for kvalitetssikringen mangler?

- på grund af den manglende dokumentation kan fonden formelt tage forbehold for dækning af omkostningerne ved en eventuelt anmeldt betonskade.
- oftest vil det i praksis være nødvendigt for fonden at lade foretage et særligt eftersyn (C-eftersyn) for at tilvejebringe en erstatning for den manglende dokumentation, der senest på afleveringstidspunktet burde have været overdraget til bygheren/bygningsejeren.
- omkostningerne ved gennemførelse af C-eftersynet afholdes i første omgang af fonden, men da kvalitetsdokumentationen lovmæssigt burde have foreligget ved 5-års eftersynet, kan fonden eller bygningsejeren gøre ansvar gældende, idet der er tale om en manglende ydelse (foreskrevet i offentlige forskrifter, BBB) på lige fod med andre mangler. Den ansvarlige for betonbygningsdelen, herunder dokumentationen for kvalitetssikringen, kan således efterfølgende blive afkrævet at betale omkostningerne ved C-eftersynet.

Hvorledes ser det ud, når kvalitetssikringen svigter?

Byggeskadefondens erfaringer viser,

- at der til trods for manglende dokumentation kan ved særlige undersøgelser dokumenteres, at betonen opfylder - eller næsten opfylder kravene i BBB.
- at der ved ganske banale fejl (svigt i kvalitetssikringen) kan opstå kostbare betonskader - hidtil konstateret på udsatte betonkonstruktioner.

Eksempel fra anmeldt skade umiddelbart efter gennemført 5-års eftersyn.

Uddrag fra Byggeskadefondens besigtigelsesrapport.

Registrering:

Eftersyn af projektmaterialet:

Projektmaterialet (relevante afsnit fra beskrivelse og tegninger) er fundet i overensstemmelse med offentlige forskrifter, herunder DS 411 og Basisbetonbeskrivelsen).

Der forelå ved besigtigelsen udførlig projektmateriale og kvalitetsdokumentation på både projekt og udførelse.

Kort beskrivelse af de konstruktive forhold:

Altangangen består af selv bærende altangangsplader af betonelementer oplagt på neoprenplader på armerede betonrammer. Enkelte altanplader (i forbindelse med trapper) er fastholdt til betonrammerne med galvaniseret vinkelbeslag.

Fugerne mellem altangangselementerne er af passende størrelse og er udført som elastiske fuger, hvor eventuelle bevægelser kan optages. Fugebredden er ca. 25 mm. Der er enkelte steder observeret fugeslip og nylig reparerede fuger mellem altanpladerne.

Altangangselementerne er oplagt med et passende fald væk fra bygningen mod rammesøjlerne.

Fuger (lodrette og vandrette) ved vederlag på rammerne er projekteret og udført som åbne fuger.

Observationer af skader

Ved besigtigelsen er der observeret omfattende revnedannelser i nogle af de søjler, som befinder sig i facadefronten. Dette forhold er i overensstemmelse med de i 5-års eftersynsrapporten og i anmeldelsen angivne informationer.

Revnemønsteret er tilfældigt, dog med en tendens til overvejende lodret orientering for de revner, der har størst revnevidde. Ved besigtigelsen er det observeret ved betragtning af de tre mest revneskadede søjler, at revnerne er startet ved søjletoppen og revneudviklingen bevæger sig mod søjlebunden. Ved enkelte søjler er det observeret, at revnedannelser er i udvikling startende også ved søjlebunden. Revnebilledet er mere eller mindre udviklet på alle rammesøjler. Hvor revner endnu ikke er synlige er der hårfine aftegninger af mørke striber, som antyder, at revnerne er under udvikling.

På de mest revneskadede søjler er der ved besigtigelsen ikke observeret misfarvninger i forbindelse med revnerne, hvilket tyder på, at der i søjlerne på nuværende tidspunkt tilsyneladende endnu ikke er armeringskorrosion af betydning under udvikling.

Ved besigtigelsen er ligeledes konstateret springere på flere søjler i facadefronten. Springerne kan være bløde kalksten, men ofte konstateres de bløde kalksten at være porøs flint, som samtidig kan være alkalireaktivt. Observationerne bekræfter 5-års eftersynsrapportens registrering af forholdene.

Byggeteknisk/Betonteknologisk vurdering.

Konstruktive forhold:

Bygningsdelene og konstruktionsdetaljer er udført således, at vand fra vandbelastede overflader relativt hurtigt ledes bort og giver således ikke anledning til unormale ansamlinger af vand på selve altangangspladerne eller betonrammerne. En mindre mængde nedbørsvand fra altangangpladernes vandrette overflader kan dog belaste de vandrette områder af betonrammerne nærmest ved facadesøjlen. Dette forhold giver dog skønmæssigt kun i begrænset omfang bidrag til opfugtning af facadesøjlerne.

I kolde perioder med efterfølgende ændring til varmere vejrforhold giver normalt anledning til dannelse af kondens på kolde flader og således også på altankonstruktionens betonoverflader.

De nævnte forhold medfører, at betonsøjlerne især i facaderonten kan udsættes for en normal vandbelastning dels fra regn og kondens og dels grundfugt fra terræn.

Dokumenter fra NN-laboratoriet og notat fra Rådgiver konstaterer enstemmigt, at revnedannelserne primært skyldes alkalikiselreaktioner i betonen. På baggrund af besigtigelsen og de i øvrigt foreliggende oplysninger er Fonden enig i dokumenternes konklusioner.

Betonens sammensætning er vurderet af NN-Laboratoriet og rapporten oplyser, at betonen indeholder mellem 4,8 og 5,2 kg/m³ ækvivalent alkalier i modsætning til den maksimale grænse på 3,0 kg/m³ for den specificerede beton. Endvidere oplyses det, at betonen samtidig indeholder en for stor mængde af alkalireaktivt materiale. Der er ifølge producentens optegnelser i betonen konstateret et v/c tal på mellem 0,42 og 0,52 i modsætning til den maksimalt tilladte på 0,45 i den specificerede beton.

Ved Fondens gennemgang af producentens kontrol dokumenter er det desuden konstateret, at disse dokumenter (prøve nr. 15 af 25/4 1988 og prøve nr. 16 af 2/8 1988, som angår udbyttekontrol, herunder kontrol af betonens sammensætning, der normalt regelmæssigt foretages af producenter under betonproduktionen) udviser uregelmæssigheder i produktet (afvigende v/c-tal og betondensitet i forhold til specificeret), og dokumenterne burde omgående have udløst korrigerende handlinger.

Risiko

På grundlag af de foreliggende oplysninger og observationerne ved besigtigelsen vurderes søjlerne i gruppen **stor risiko**, idet følgende forhold er taget i betragtning:

Der er observeret omfattende revnedannelser i de mest udsatte rammesøjler, revnedannelser i mindre omfang i nogle af rammesøjlerne og tegn på begyndende revnedannelser i de øvrige søjler. Revnerne anses for at være i fortsat udvikling.

Der foreligger laboratorieundersøgelser (Autoriseret laboratorium), der viser, at der **forekommer svigt**, idet Basisbetonbeskrivelsens krav på flere områder i udførelsesfasen med stor sandsynlighed er fraveget, idet der i betonen bl.a. er anvendt et tilslag, der **indeholder alkalireaktive partikler** i en for stor mængde og betonen er produceret med et for højt indhold af alkalier.

Det kan desuden ikke udelukkes under uændrede konstruktive forhold, at der i de vandrette dele af rammen også udvikles skader på grund af alkalikiselreaktioner.

Den konstruktive udformning af altangangen er **valgt udført** således, at de klimatiske påvirkninger (især vandbelastning) af søjlerne ikke kan undgås og der til stadighed kan forventes tilstrækkelig vand til stede for at alkalireaktioner i søjlerne kan foregå, så længe der findes ikke færdigreagerede alkalireaktive partikler i betonen.

Der er således **stor sandsynlighed for** at de observerede skader udvikles progressivt, idet frostpåvirkninger, som konstruktionerne givetvis vil blive udsat for, vil have en forstærkende effekt på skadesudviklingen. Samtidig vurderes, at **følgenvirkninger** ved fuld udvikling af skaden **vil blive store**.

Tiltag

Enkelte af rammerne (rammesøjler i facadefronten) vurderes på nuværende tidspunkt at være så nedbrudt, **at en gennemgribende reparation/helt eller delvis med efterfølgende fugtbeskyttelse eller eventuelt udskiftning må anbefales**. Ønskes den byggetekniske udformning bibeholdt, kan det tillige overvejes at overfladebehandle rammernes vandrette bjælker, der bærer altanpladerne, og rammesøjlernes toppe herunder at overfladebeskytte betonen i de reparerede/evt. udskiftede rammesøjler, idet den anvendte beton i rammesøjlerne må anses for at have et stort potentiale til udvikling af skader.

At foretage konstruktive ændringer i form af en inddækning af konstruktionerne således, at vandbelastning helt hindres, vil give en større sikkerhed mod en videreudvikling af alkalikiselreaktionerne eller i det mindste væsentligt reducere udviklingshastigheden af alkalikiselreaktionen i rammesøjlerne.

Indstilling:

De anmeldte forhold må i byggeteknisk henseende betragtes som skader i henhold til Bygge- og Boligstyrelsens bekendtgørelse nr. 677 af 7. oktober 1991, §3 stk. 1, hhv. stk 3, idet

- der foreligger **svigt** i form af manglende modstandsdygtighed mod alkalireaktioner i tilslaget, som har ført til
- **skade** i form af revner, som i væsentlig grad nedsætter bygningsdelens evne til at opfylde dens normale funktion

Der er ikke i øjeblikket sandsynlighed for en egentlig kollaps, men det konstaterede svigt indebærer, at skaden under de givne forhold med sikkerhed vil udvikles.

Skaderne må på baggrund af ovennævnte byggetekniske redegørelse set ud fra et byggeteknisk synspunkt anses for at være omfattet af Fondens dækning.

Er de juridiske betingelser for fondens dækning fuldt opfyldt, vil fonden dække 95% af omkostningerne ved afhjælpning af skaden. De sidste 5% skal udredes af byggherren/bygningssejeren. Fonden dækker omkostningerne til opretning af bygningsdelene til den oprindeligt **valgte udgangskvalitet**. Der kan principielt ikke opnås dækning for forbedringer.

Ansvarsforhold generelt

Principielt er der tre parter, som har et ansvar i sagen: byggherre, rådgiver og entreprenør. Det er således opgaven ved den retslige efterbehandling at klarlægge ansvarsfordelingen mellem disse parter.

Tilkendes byggherren et ansvar, kan fonden helt eller delvist afvise dækning.

Under alle omstændigheder vil fonden altid forsøge at benytte sin regresret over for de ansvarlige, hvor fondens omkostninger ofte helt eller delvis kan inddrives.

Det vil føre meget vidt at komme nærmere ind på den juridiske del af fondens sagsbehandling, som oftest er en vanskelig og tidskrævende proces, som varetages af fondens juridiske afdeling.

DTI Byggeteknisk Institut
Betoncentret
Gregersensvej, P.O.Box 141
2630 Taastrup

BBB skal revideres

af

Souschef, civilingeniør Chr. Munch-Petersen

August 1994

BBB skal revideres

Hvad er BBB

Basisbetonbeskrivelsen (BBB) fra 1986 er hovedresultatet af ATV-udvalgets arbejde i begyndelsen af 80'erne med at genoprette tilliden til beton som et holdbart byggemateriale.

I den afsluttende publikation: "Betonbygværkers holdbarhed - et spørgsmål om brug af viden" fra 1987 skriver S. Øivind Olesen:

"I hidtidig dansk praksis kan der registreres betydelige afvigelser mellem de krav, der stilles i forskellige byggesagers betonbeskrivelser, selv om der reelt er tale om ensartede byggerier. Eksisterende viden er altså i praksis blevet opfattet og tolket forskelligt. Bortset fra de direkte fejl, som en mangelfuld beskrivelse kan afstedkomme, har de afvigende beskrivelser givetvis bidraget til at nedbryde respekten hos de udførende for de stillede krav.

ATV-udvalget skønnede, at en større ensartethed mellem beskrivelserne fra byggesag til byggesag ville kunne bidrage væsentligt til at forbedre kvaliteten og forebygge fejl, og udvalget iværksatte derfor udarbejdelsen af en basisbetonbeskrivelse (BBB), der skulle være således udformet, at den uden omskrivning kan indgå som andel af det legale kontraktgrundlag for et individuelt byggeri.

Det er let nok at stramme kravene i en sådan beskrivelse så meget, at man med sikkerhed har beskrevet en god beton. Mangler i videngrundlaget gør det vanskeligt at udskille netop de krav - og kun de krav - der er nødvendige for at opnå en tilstrækkelig god beton. De overflødige eller konservative krav opstår, fordi man derved forsøger at kompensere for mangler i videngrundlaget. Udarbejdelsen af BBB har derfor især omfattet en afvejning af på den ene side den grad af konservatisme, som er nødvendig for at sikre en tilstrækkelig god beton og på den anden side de økonomiske og ressourcemæssige konsekvenser heraf.

Der har været lagt vægt på, at afvejningen skulle tilgodese de forskellige berørte parter synspunkter. Selv om dette naturligvis ikke fuldt ud er lykkedes, er den foreliggende basisbetonbeskrivelse dog blevet så positivt modtaget, at Byggestyrelsen har fundet det rigtigt at kræve, at beton i statsligt og statsstøttet byggeri skal anvendes i overensstemmelse med beskrivelsen. Det er nærliggende at antage, at beskrivelsen også vil få en betydelig afsmittende virkning på forholdene i det private byggeri.

BBB blev efter en høring og en kritikperiode gjort gældende for statsligt og statsstøttet byggeri. Dette skete gennem Byggestyrelsens cirkulære af 6. januar 1987 om brug af beton.

I § 6 i dette cirkulære står:

Der er nedsat et fortolkningsudvalg, som på begæring kan fremkomme med vejledende udtalelser om forståelsen af basisbetonbeskrivelsen. Udvalget har adresse i Dansk Ingeniørforening, normsekretariatet. Endvidere skal udvalget indsamle erfaringer til brug ved revision af basisbetonbeskrivelsen.

I den til cirkulæret hørende vejledning er mange guldkorn, såsom:

Ved at lægge vægt på holdbarheden adskiller BBB sig fra den gældende betonnorm (DS 411), som kun i begrænset omfang stiller krav om holdbarhed, men i hovedsagen tager sig af styrkekrav. Det er denne brede hensyntagen til holdbarheden, der gør BBB til et velegnet hjælpemiddel til at modvirke betonskader og i det hele opnå en god kvalitet i betonbygværker. BBB er således et led i byggeriets kvalitetssikring.

og videre:

Cirkulæret omfatter ikke anlægsarbejder.

og mere detaljeret:

Der regnes i BBB med samme tre miljøklasser som i betonnormen DS 411: Passiv, moderat og aggressiv. Klassificeringen er afgørende for kravene til betonen. Indendørs konstruktioner er sædvanligvis i passiv klasse. Udvendige vægge og facader er i moderat klasse. Udvendige dæk, altaner og udvendige ubeskyttede bjælker er i aggressiv klasse.

Med hensyn til 3' parts kontrol giver BBB gode retningslinier:

Denne bestemmelse drejer sig om fremstillingen af beton. Alt efter byggemåden kan det være entreprenører, elementleverandører eller betonleverandører, som bygherren skal forpligte efter bestemmelsen. Den pågældende skal herefter sørge for, at ydelsen er i overensstemmelse med BBB, og at der bliver ført kontrol med materialer efter beskrivelsens regler herom. Som anført i BBB kan anerkendte kontrolordninger erstatte entreprenørens eller leverandørens kontrol.

Også bygherrens tilsyn har en kontrolbeføjelse, se BBB, punkt 2.3.

Pr. november 1986 er taget brancheinitiativer til at etablere en varedeklarations- eller kontrolordning for tilslagsmaterialer med udgangspunkt i BBB. Indtil sådanne ordninger måtte fungere, er det producenten af betonen, der skal kontrollere tilslagsmaterialerne.

BBB er selvfølgelig ikke den endelige sandhed. I vejledningen står:

BBB er i hovedsagen baseret på kendt og dokumenteret viden. På nogle områder er dette videngrundlag imidlertid ikke så afklaret som ønskeligt. På disse områder er der i BBB foretaget en konservativ fastlæggelse af kravene. Herved har man opnået dels at sikre den

ønskede holdbarhed, dels at tilgodese nødvendigheden af enkle kravformuleringer, der gør BBB operationel.

På denne baggrund er der behov for et organ, som kan bistå med en rimelig gennemførelse af de nye regler, og som kan indsamle erfaringer til den revision af BBB, som må forventes indledt efter få år. Dette organ er etableret i form af et fortolkningsudvalg, som i hovedsagen består af det tekniske udvalg, som under Akademiet for de tekniske Videnskaber har udarbejdet BBB.

Enhver, der har tvivlsspørgsmål om brugen af BBB, kan henvende sig til udvalget.

Udvalgets adresse er Dansk Ingeniørforening, normsekretariatet, Vester Farimagsgade 29, 1606 København V.

Den forventede BBB-revision

Som det fremgår var en revision af BBB allerede i 1988-89 påtænkt.

BBB's fædre havde forventet, at BBB ville give anledning til en masse diskussion og indeholde mange fejl. Derfor havde de planlagt både en tidlig revision og havde nedsat et tolkningsudvalg.

Men det gik anderledes. Tolkningsudvalget fik aldrig rigtigt travlt med at tolke BBB, men brugte derimod megen tid på at diskutere BBB med kontrolordningerne. Specielt omkring udformningen af kontrolordningernes tekniske bestemmelser.

Revisionen blev først besluttet i efteråret 1993 - godt 7 år efter BBB's fremkomst.

Årsagen hertil er to forhold. For det første troede mange, at Det Indre Marked fra 1992 ville skabe fælles harmoniserede standarder i hele EF, hvorved BBB ville blive overflødig. Det faldt jo som bekendt til jorden.

For det andet er videngrundlaget på nogle områder ikke ændret ret meget fra 1986 og frem til nu.

Den planlagte BBB-revision vil derfor ikke være så omfattende på det tekniske plan - revisionen vil mere gå på forvaltningen af kravene i kontrolordninger og kvalitetsstyrings-systemer.

BBB-revisionen i 1994 er derfor en modernisering.

Revisionen i 1994

Revisionen foregår på følgende grundlag, idet A20 (det gamle tolkningsudvalg) er det udvalg under S411 (det gamle permanente normudvalg vedr. beton), der forestår arbejdet.

Revisionsgrundlag:

A20 har i efteråret 1993 besluttet at revidere basisbetonbeskrivelsen. Revisionen skal foregå i to faser, nemlig:

- Fase 1: Revision af BBB vedr. strukturanalyse
- Fase 2: Revision af den resterende del af BBB

Fase 1 er udarbejdet og har på nuværende tidspunkt været udsendt til kritik. Revisionen gennemføres efter den korte procedure. Kritikken er modtaget og det er besluttet at lægge implementeringen af fase 1 sammen med fase 2.

Fase 2 er igangsat i foråret 1994 og skal efter planen afsluttes i 1994. Revisionen er omfattende, men forudsættes gennemført efter den korte procedure. Efterfølgende skal der gennemføres en række høringer inden forslaget sendes til kritik. Forslaget skal revideres på baggrund af høringerne og kan herefter offentliggøres til kritik. Det forventes, at offentliggørelsen kan ske 1. marts 1995, hvorefter revisionen kan træde i kraft i løbet af sommeren 1995 afhængig af kritikens omfang.

Tidsplanen skal helst overholdes, da:

- revisionen er påkrævet nu
- virksomhederne skal forberedes på det indre marked og CEN-standarderne nu
- denne revision vil gøre det nemt, at implementere CEN-standarderne i takt med at de færdiggøres
- denne revision vil gøre normsystemet til et fuldstændigt produktcertificeringsgrundlag.

Der er nedsat en projektgruppe med deltagelse af Chr. Munch-Petersen, Freddie Larsen og Peter Birchløv, alle repræsentanter for A20, samt Marlene Haugaard (MHD) som pennefører.

Arbejdsopgaverne i fase 2 er af A20 specificeret til at omhandle følgende punkter:

1. Revisionen af BBB's krav vedrørende luftporeanalyser. Der udarbejdes forslag til denne revision af et udredningsprojekt igangsat af Betonelementforeningen og Dansk Fabriksbetonforening.
2. Alle ikke DS-metoder, som BBB henviser til, gøres til DS-metoder.
3. Alle DS-metoder, som BBB henviser til, skal vurderes og rettes til.
4. Alle tolkninger af BBB skal indføres i teksten.
5. BBB skal vurderes generelt.
6. BBB skal rettes således, at den kan bruges som certificeringsgrundlag for produktcertificeringsordninger.

Projektgruppen har udarbejdet en arbejdsplan for gennemførelsen af fase 2, som består i:

- A. Indsamling af kommentarer fra en række udvalgte personer.
- B. Bearbejdning af de indsamlede kommentarer.
- C. Udarbejdelse af en revideret BBB.
- D. Kritik af denne hos en række udvalgte personer.
- E. Forelæggelse hos A20 og derefter behandling i normsystemet.

Under bearbejdningen af de indsamlede kommentarer og udarbejdelse af en revideret BBB, er projektgruppen blevet klar over, at den eneste fornuftige revision af BBB er, at:

1. Opdele "BBB" i én del for materialer og i én del for udførelse, samt at overføre alt om betonens delmaterialer og udførelse fra DS 411 til BBB. De to dele gøres til Danske Standarder. Herved vil det danske system genspejle CEN's opdeling og implementering af de kommende EN'ere og udarbejdelse af evt. NAD, vil lettes betydeligt. Reelt vil det betyde, at BBB udgår, men at alt stof herfra (og fra DS 411) samles i en ny **tredele DS 411**.
 2. Indføre de europæiske delmaterialestandarder i videst muligt omfang. Det drejer sig pt. om standarder for cement, flyveaske og tilsætningsstoffer.
 3. For at forbedre producenterne på at efterleve Byggevaredirektivets krav om et produktionsstyringssystem, skal de nuværende krav i BBB om kvalitetsstyring erstattes af et krav om kvalitetsstyring efter EN 29002. Der skal her være en overgangsperiode på 2 år.
 4. I forbindelse med produktcertificering af beton har det vist sig, at der er behov for følgende revisioner af BBB:
 - krav til kalibrering af måleudstyr skal indføres
 - regler for slutkontrol af betonelementer skal beskrives
- Forslag til krav til kalibrering af måleudstyr forventes at blive udarbejdet i et brancheprojekt. Der søges pt. midler hertil.
- Indførelse af ovennævnte krav og regler vil give betydelige lettelse hos den enkelte producent, da han ikke selv skal udarbejde kalibreringsrutiner. De vil også betyde en lettelse for certificeringsorganer og besparelse for producenter, da en række diskussioner kan undgås.
5. Der skal indføres endnu en miljøklasse svarende til kraftig chloridlast. Herved bliver reglerne ensrettede og harmoniseret med Vejdirektoratets og DSB's krav, samt være svarende til aktuel rådgiverpraksis.
 6. Såvel DS 405 som DS 423-serien skal revurderes og rettes til. DS 405-serien har været gældende siden 1978 og DS 423-serien siden 1984: Specielt DS 423.1, som omhandler krav til statistisk vurdering, passer ikke til dagens praksis. F.eks. er 100 % inspektion, som foretages på en række betonproducerende virksomheder, behandlet forkert.

7. Alle ikke DS-metoder skal gøres til DS-metoder.

Arbejdet med revisionen af BBB og de tilhørende prøvningsmetoder udføres af:

- | | | |
|----|-----------------------|---|
| 1. | BBB-del om materialer | Marlene Haugaard og
Chr. Munch-Petersen |
| 2. | BBB-del om udførelse | Marlene Haugaard og
Jens Frandsen |
| 3. | DS 411 | Marlene Haugaard og
Erik Jørgen Pedersen |
| 4. | DS 423.1 | Chr. Munch-Petersen,
Chr. F. Justesen og
Gunnar Hansen |
| 5. | DS 423-serien | Ib Jensen og
Gitte Olsen |
| 6. | DS 405-serien | Morten Jørck og
Esper Madsen |
| 7. | Kalibrering | Branchen og DTI Byggeteknisk Institut |
| 8. | Luftporeanalyse | Dansk Fabriksbetonforening, Betonele-
mentforeningen og DTI Byggeteknisk
Institut |

COWiconsult
Rådgivende Ingeniører AS
Parallelvej 15
2800 Lyngby

Vejdirektoratet
Niels Juels Gade 13
Postbox 1569
1020 København K

Katodisk beskyttelse - erfaringer og perspektiver

af

Civilingeniør, Lic. Techn. Birgit Sørensen
&
Civilingeniør Erik Stoltzner

August 1994

Katodisk beskyttelse - erfaringer og perspektiver

INDHOLDSFORTEGNELSE

1. Katodisk beskyttelse som forebyggelse og rehabilitering
2. Danske konstruktioner med katodisk beskyttelse
3. Danske erfaringer med katodisk beskyttelse
4. Fremtidige perspektiver for katodisk beskyttelse
5. Konklusion

Katodisk beskyttelse

Erfaringer og Perspektiver

1. KATODISK BESKYTTELSE SOM FOREBYGGELSE OG REHABILITERING

1.1 Indledning

I gennem de sidste 10 - 20 år er der konstateret et stadigt stigende antal skader på vores betonkonstruktioner, skader, der kan henføres til kloridinitieret armeringskorrosion. Der er konstateret skader på alle typer betonkonstruktioner f.eks. på brosjøler og på kajkonstruktioner i marint miljø, på parkeringsdæk, på vejbroer, i boligbyggeri og svømmehaller.

I takt med at det er blevet erkendt, at kloridinitieret armeringskorrosion er en af de alvorligste årsager til nedbrydning af vores betonkonstruktioner, er der sat et omfattende udviklingsarbejde i gang med at få opstillet:

- Målemetoder til at bestemme den aktuelle kloridindtrængning i betonen og til at bestemme armeringens korrosionstilstand.
- Levetidsmodeller, der ud fra den aktuelle kloridindtrængning, armeringens korrosionstilstand og betonens kvalitet kan prognosticere betonkonstruktionens restlevetid.
- Reparations- og vedligeholdelsesmetoder, der effektivt hindrer start af armeringskorrosion eller stopper igangværende armeringskorrosion.
- Designprincipper, der sikrer nye betonkonstruktioner i udsatte miljøer en acceptabel levetid med et minimum af vedligeholdelse.

1.2 Nedbrydningsforløb

Betonkonstruktioners nedbrydning som følge af kloridindtrængning sker normalt i to faser, se fig. 1.

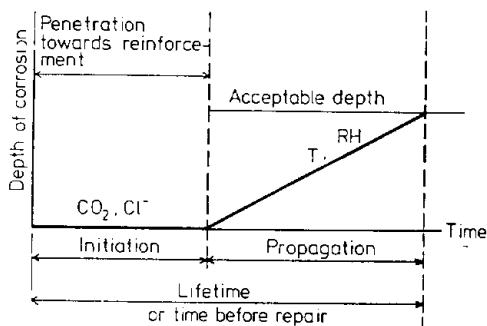


Fig. 1: Nedbrydning af betonkonstruktioner. Eftertryk fra K. Tuutti, CBI 4.82.

Initieringsfasen

I denne periode sker der ikke nogen nedbrydning af konstruktionen.

Cementens hydratisering vil sikre, at der i betonen skabes et kraftigt basisk miljø. Dette vil give anledning til, at der dannes et passiverende oxidlag på armeringen.

Ilt, kuldioxid og vand med opløste salte vil altid kunne trænge ind i betonen. Både kuldioxid og klorider vil nedbryde passiveringen af armeringen.

Kloridinitieret armeringskorrosion vil normalt først starte når kloridkoncentrationen i armeringsniveau er nået op på 0,05 - 0,1 % klorid af betonvægten, og betonfugtigheden samtidig er passende høj, svarende til udendørsforhold og til forholdene i svømmehaller.

Aktiv nedbrydningsfase

Når kloridindholdet ved armeringen er nået over denne størrelse vil passiveringen af armeringen blive nedbrudt og korrosionen vil starte. Herved dannes en række voluminøse jernforbindelser, der med tiden vil give anledning til forøgede trækspændinger i betonen, med revendannelse og afskalninger af dæklaget til følge.

Som hovedregel kan katodisk beskyttelse (KB) anvendes som reparationsprincip frem til det tidspunkt, hvor armeringen ikke er svækket i nævneværdigt omfang og betonen kun er nedbrudt i mindre omfang. Undertiden anvendes KB dog også på konstruktioner, der er kraftigt nedbrudt, og som samtidig renoveres med udskiftning eller forstærkning af armering og udskiftning af betonen i større områder.

1.3 Katodisk beskyttelse - princip.

KB er en gammelkendt teknik, der har været anvendt til at beskytte stål i jord og i vand.

KB anvendt på betonkonstruktioner har vist sig at være en yderst lovende metode til at hindre og/eller standse armeringskorrosion.

Ved KB sænkes metallets (armeringens) elektrokemiske potentiale til et niveau, hvor metallet er termodynamisk stabilt, hvorved korrosionsprocessen ophører (fuldstændig beskyttelse). For betonkonstruktioner vil man ofte anvende en delvis beskyttelse, hvor armeringens potential sænkes til et niveau, hvor korrosionshastigheden er reduceret til et ubetydeligt niveau.

I praksis etableres et KB-anlæg på en betonkonstruktion ved at montere et elektrisk ledende materiale - anoden - uden på eller i betonen. Anoden forbindes til en ensretter, hvortil armeringen forbindes som katode. Derved etableres et elektrisk kredsløb. Princippet er illustreret på fig. 2.

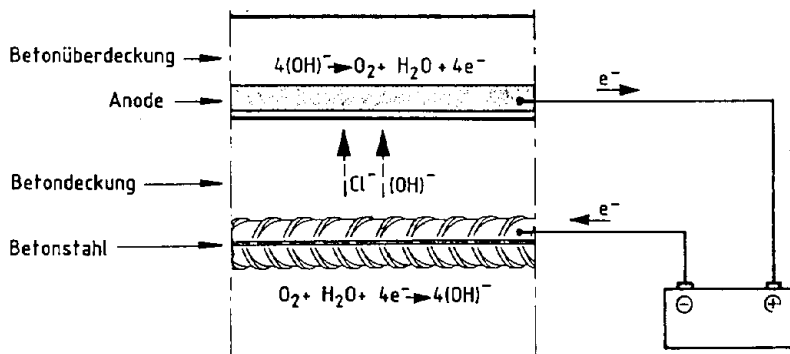


Fig. 2. Principskitse for katodisk beskyttelse. Eftertryk fra DYVIDAG.

Det skal understreges, at et perfekt fungerende KB-anlæg i sig selv kun fastfryser nedbrydningen af konstruktionen på det niveau, den er nået til, før anlægget blev etableret.

For at sikre, at et KB-anlæg virker efter hensigten skal det overvåges løbende. Overholdelse af beskyttelseskravene (potentialsenkning og depolarisation) samt strømforsynings udgangsparametre (strøm og spænding) skal kontrolleres med mellemrum.

Metoden er ret robust, idet anlægget efter en vis indkøringsperiode godt kan stå uden strøm i en periode uden at armeringskorrosionen starter igen. Ligeledes vil der efter en indkøringsperiode på 3 - 12 måneder normalt ikke være behov for justeringer i systemets driftsparametre.

1.4 Katodisk beskyttelse - anvendelsesområder

Nedenfor er angivet nogle retningslinier for hvornår KB er egnet enten som præventiv vedligehold eller som egentlig reparationsmetode.

1.4.1 Nye konstruktioner

Planlægges en ny konstruktion placeret i et miljø, hvor den ofte eller hele tiden er udsat for en kloridpåvirkning bør det overvejes, at forberede konstruktionen for KB, således at beskyttelse kan etableres på et senere tidspunkt med et minimum af indsats.

Det bør derfor sikres, at armeringen er sammenhængende, således at der simpelt kan etableres elektrisk kontakt til al armeringen.

Det bør endvidere overvejes at forsyne konstruktionen med føleanordninger (referenceelektroder og korrosionsceller), der muliggør, at risikoen for start af armeringskorrosion kan opdages på et så tidligt tidspunkt som muligt, før der udvikles skader i betonen.

Det er naturligtvis muligt at indbygge anoder i nye konstruktioner og straks eller på et senere tidspunkt at tilslutte beskyttelsesstrøm. Derved vil man ofte kunne opnå en væsentligt mere sikker montage af anoderne end ved efterinstallation.

I al almindelighed bør fremtidige korrosionsproblemer på nye konstruktioner dog imødegås ved robust design og god beton, og

indbygning af anoder i nye konstruktioner bør kun laves på ekstremt miljøbelastede konstruktionsdele, f.eks. i svømmehaler og kemisk industri.

Viser der sig behov for at etablere et KB-anlæg, for at hindre start af armeringskorrosion, kan det ske f.eks. ved at overflademontere anoder (net eller ledende maling) eller indbore eller indfræse anoder.

Drejer det sig om en konstruktion i marint miljø kan anoder, anbragt i det omgivende havvand, også anvendes til beskyttelse af armeringen i undervandsdelen, vandgangssnittet og splashzonen.

Tilsvarende kan konstruktioner i fugtig jord beskyttes med anoder anbragt i jord, med mindre konstruktionen er påført en isolerende membran.

1.4.2 Eksisterende konstruktioner

Som nævnt i indledningen er kloridinitieret armeringskorrosion en af de væsentlige årsager til skader på vore eksisterende betonkonstruktioner.

En række af disse konstruktioner har været udsat for en kloridbelastning siden de blev bygget. For konstruktioner i havvand er det specielt i vandgangssnittet og i splashzonen problemet kan opstå. For vejbroer, parkeringsdæk og f.eks. altangange er det tørsalt anvendt til glatførebekæmpelse, der kan give anledning til kloridbelastningen på søjler og dækkonstruktioner.

De nævnte skader vil normalt først blive opdaget i forbindelse med de løbende visuelle eftersyn af de nævnte konstruktioner. Synlige skader på betonoverfladen stammende fra kloridinitieret armeringskorrosion, vil normalt først opstå nogle år efter at armeringskorrosionen er gået i gang. Ved hjælp af kloridprofilmålinger og EKP-målinger kan skadesrisikoen dog vurderes på et tidligere tidspunkt.

Betingelsen for at KB med held kan anvendes som rehabiliteringsmetode på sådanne konstruktioner er:

- at hovedarmering og bøjlearmeringen ikke er svækket i nævneværdigt omfang.
- at dæklaget kun er skadet lokalt.

- at armeringen er kontinuert.

Derudover bør der ikke etableres KB på konstruktioner med alkalireaktivt tilslag, uden forudgående undersøgelse af risikoen for accelereret alkalisk reaktion.

Er disse betingelser opfyldt vil et KB-anlæg rimeligt enkelt kunne påsættes konstruktionen. På skadede konstruktioner skal disse forhold naturligvis bringes i orden inden etableringen af beskyttelsesanlægget, hvilket dog vil fordyre og besværliggøre installationen. Det optimale tidspunkt for installation af KB er derfor umiddelbart inden skader begynder at udvikle sig.

Anlægget kan etableres med overflade monterede anoder, indborede anoder, elektrisk ledende malinger og for konstruktioner i havvand eller jord med anoder, anbragt i det omgivende havvand.

Det skal også nævnes, at KB, der ikke yder en fuldstændig beskyttelse af armeringen kan anvendes som en livstidsforlængende foranstaltning for konstruktioner, der er skadet i et sådant omfang, at det på et senere tidspunkt skal renoveres efter en anden metode. KB anvendt på denne måde vil nedsætte korrosionshastigheden af armeringen og dermed kunne udskyde tidspunktet for iværksættelse af den planlagte reparation.

1.5 Sammenligning med andre reparationsmetoder

Når der er konstateret igangværende armeringskorrosion eller når det må forventes, at korrosion vil gå igang indenfor en kortere årrække, står man overfor det klassiske problem, hvornår og hvordan skal der gribes ind for at stoppe armeringskorrosionen.

Nedennævnte reparationsmetoder kan komme på tale:

1. Overfladebehandling.
2. Katodisk beskyttelse.
3. Reparation af dæklag og skadet armering.
4. Udskiftning af konstruktionsdele enten totalt eller partielt.

Hvilken metode, der vælges, afhænger af tekniske, praktiske, lovgivningsmæssige og økonomiske forhold. Ofte vil det være

rent økonomiske overvejelser, der er afgørende for hvilken rehabiliteringsmetode, der vælges.

Et eksempel, hvor KB hyppigt viser sig at være den billigste løsning, er ved renovering af svømmebassiner. Ofte vil meget store partier af betonen her være så kloridinficeret, at den må udskiftes, hvis der repareres traditionelt. En kombination af udskiftning af revnet og delamineret beton og installation af et simpelt anodesystem gør her KB til en attraktiv løsning.

Som eksempel på at lovgivningsmæssige og praktiske forhold har betydning kan nævnes renovering af boligbyggeri, hvor traditionel reparation med nedbrydning af beton og afrensning af armeringsjern til metallisk renhed til tider umuliggøres p.gr. af myndighedernes miljøkrav, primært krav til begrænsning af støv- og støjforurening. Udskiftning af konstruktionsdele vil i en række tilfælde ikke være muligt med mindre bygningen rømmes for beboere i reparaitionsperioden. I disse tilfælde kan adgangsveje holdes åbne og behovet for betonreparationer minimeres hvis der i stedet installeres KB.

2. DANSKE KONSTRUKTIONER MED KATODISK BESKYTTELSE.

De første systemer til KB af armeringsjern i Danmark blev installeret i 1986-87. I den efterfølgende periode er en lang række forskellige konstruktionstyper blevet beskyttet. I appendix er givet en oversigt over hovedparten af de udførte systemer.

Set i europæisk sammenhæng har Danmark været tidligt fremme med at indføre KB, og metoden anvendes hyppigt i Danmark sammenlignet med andre europæiske lande. England og Italien er de europæiske lande hvor flest m² er beskyttet med KB.

Anvendelsen af katodisk beskyttelse i Danmark afviger i nogen grad fra hvad man gør i andre lande:

- I England anvendes metoden hovedsageligt til rehabilitering af større konstruktioner, specielt motorvejsbroer. Metoden er også anvendt i nogen udstrækning til rehabilitering af boligbyggeri. I Italien bruges metoden i overvejende grad forebyggende, idet en lang række nye motorvejsbroer er blevet forsynet med anodesystemer i brodæk og autoværn i forbindelse med udførelsen.

I Danmark er KB hyppigst anvendt på udsatte detaljer i boligbyggeriet, til svømmehaller og marine konstruktio-

ner. Metoden anvendes her i landet næsten udelukkende i forbindelse med rehabilitering. Enkelte nye svømmehaller er dog forsynet med anoder i kritiske områder i forbindelse med konstruktionen.

- I England anvendes hovedsageligt anodesystemer i form af ledende maling, men også løsninger med Titan-net indstøbt i et mørteldæklag anvendes hyppigt. I Italien anvendes næsten udelukkende Titannetsløsningen.

I Danmark anvendes ligeledes i vid udstrækning Titannet-sanoder. Derudover er der til en lang række konstruktioner anvendt den dansk producerede Dur-anode, der er en stav-anode, der monteres i en grafitmasse i borede huller i konstruktionen. Ledende maling er hidtil kun anvendt i meget begrænset omfang i Danmark.

I de senere år er der i Danmark udført KB på 3.000 - 12.000 m² beton per år på konstruktioner i luft. Dertil kommer jf. Appendix en lang række installationer med vandanoder først og fremmest i svømmehaller. Denne type installationer, der udføres med enkelte anoder indbygget i bassinvæggens flisesætning, minder meget om traditionelle systemer til KB af stål i jord og vand, og er væsentligt simplere at udføre end beskyttelsesinstallationer på konstruktioner i luft.

3. DANSKE ERFARINGER MED KATODISK BESKYTTELSE

Som det er tilfældet med mange andre rehabiliteringsmetoder er der ikke udført nogen systematisk opfølgning eller samlet vurdering af hvordan metoden fungerer i praksis.

Den efterfølgende gennemgang af erfaringer er derfor ikke nødvendigvis fuldstændig, men først og fremmest et udtryk for forfatternes egne erfaringer.

- Generelt fungerer de katodiske beskyttelsessystemer efter hensigten, idet armeringskorrosion standses.
- Design og installation af KB-systemer kræver specialindsats, bl.a. i form af en kompetent KB-underentreprenør. Det stiller særlige krav ved planlægningen af entreprisen.
- Efter installation og indjustering er der generelt et meget lille behov for at kontrolmåle og regulere på sy-

stemet. En vis minimumsovervågning af systemet er dog påkrævet.

- For en del bygherrer er det et problem at KB-systemer kræver tilsyn og regelmæssige kontrolmålinger.
- Holdbarheden af installationerne er generelt god, vurderet ud fra den relativt korte periode metoden hidtil har været anvendt i Danmark.
- De forskellige anodesystemer har hver deres fordele og ulemper. Det er vigtigt at vælge det optimale anodesystem - eller kombination af anodesystemer - til den konstruktion, der ønskes beskyttet, og ikke ensidigt gå efter den laveste pris.
- Prisen på etablering af et KB-anlæg til betonkonstruktioner i luft ligger i størrelsesordenen 1.000 - 3.000 kr/m² betonoverflade, eksklusiv eventuelle nødvendige betonreparationer. Prisen er stærkt afhængig af konstruktions-type og -størrelse.

4. FREMTIDIGE PERSPEKTIVER FOR KATODISK BESKYTTELSE

Selv om kun et fåtal af de etablerede KB-systemer har været virksomme i hele deres forventede levetid, kan det ud fra de foreløbige erfaringer med driften af KB-anlæg konkluderes, at teknikken er særdeles egnet til at forebygge armeringskorrosion, samt effektivt at stoppe igangværende armeringskorrosion.

Det er derfor væsentligt, at danske bygherrer mere udbredt anerkender KB som en fulgyldig rehabiliteringsmetode, der i en række situationer vil være den optimale løsning på et vedligeholdelsesproblem. I den forbindelse er det væsentligt at uddrage den maximale mængde erfaringer af de eksisterende installationer herunder af en del særligt overvågede forsøgsinstallationer.

Ved den fremtidige brug af KB bør man lægge vægt på følgende forhold:

- God planlægning af udførelsen er nødvendig

Det gælder naturligvis for al betonrehabilitering. Når installation af KB indgår i arbejdet, skal betonreparationerne imidlertid koordineres med installation af anoder og målesonder samt diverse el-arbejder. Erfarings-

mæssigt kan det give problemer. Den bedste måde at sikre en smidig koordinering er, at anvende hoved- og KB-under-entreprenører, der har erfaring i at samarbejde om denne type reparationsopgaver.

- KB-anlæg skal være simple, robuste og servicevenlige.

En del af de første KB-installationer, der blev lavet i Danmark, er udført som forsøgsinstallationer. System og måleprogram er derfor lavet med henblik på at få et maksimum af informationer om systemets virkning. Disse installationer har derfor været ret komplicerede og med et tæt opfølgings-og overvågningsprogram, hvilket har haft den uheldige bi-virkning, at KB har fået et unødigt og urime-ligt prædikat af at være meget indviklet og dyrt.

Imidlertid har disse første forsøgsinstallationer givet anledning til at vi i dag er langt bedre i stand til at overskue, hvordan man kan simplificere installationerne, og stadig opnå en tilstrækkelig beskyttelse af armeringen. Endvidere har det givet den meget væsentlige erfaring, at armeret beton er et trægt system, der ikke ændrer sig meget i tiden, når beskyttelsen først er ind-reguleret. Frekvensen på kontrolmålinger og overvågning kan derfor være meget lav, f.eks. 1 - 2 gange årligt.

- Ny teknik bør anvendes til at lette overvågningen.

En lang række af de ældre KB-installationer kræver lokal overvågning og justering. Simple overvågningsfunktioner, så som at checke at strømforsyningen kører som den skal, kan ofte udføres af kunden selv, hvis det drejer sig om f.eks. svømmehaller eller større boligbyggeri, hvor der i forvejen er ansat vedligeholdelsespersonale. Dette personale vil ofte have erfaringer for lignende installationer, som f.eks. vandbehandlingsanlæg.

Kontrol af beskyttelsesgraden er imidlertid i højere grad specialistarbejde. Dertil kommer, at det for en del bygherrer er et problem at skulle afse personale til regelmæssig check af om systemet i det hele taget er i drift, selvom det måske kun drejer sig om et simpelt kontrolbe-søg med måneders mellemrum.

Netop på styrings- overvågningssiden er der gennem de seneste år sket en markant udvikling, der imødekommer bygherrernes behov for at minimere manuel overvågning, kontrol og regulering. Grundlaget for denne udvikling er

udviklingen inden for computerteknologien, hvor prisen på databehandlingssystemer er styrtdykket. Dette har muliggjort udviklingen af systemer til automatisk overvågning, herunder også fjernkontrol via modem forbindelse. Den næste fase, hvor resultaterne af kontrolmålingerne automatisk checkes i forhold til de fastsatte beskyttelseskriterier og hvor der herefter - om nødvendigt - automatisk foretages regulering af systemets driftsparametre, er ligeledes en realitet, om end det endnu ikke er anvendt i Danmark.

Disse teknikker - eventuelt i kombination med serviceaftaler med et KB-specialistfirma - kan anvendes til at minimere udgiften til overvågning af KB-systemer samt at minimere eller helt fjerne bygherrens behov for selv at overvåge systemet, hvis dette er ønsket.

- Anodesystemer skal være tilpasset den enkelte konstruktion, lette at montere, og indebære et minimum af muligheder for funktionssvigt.

Også hvad angår anodetyper foregår der en løbende udvikling. De første typer af overflademonterede anoder i form af ledende polymerkabler er afløst af andre og bedre systemer. Med hensyn til de anodetyper, der pt. er på markedet, kan følgende erfaringer fremhæves:

Anodenet af coated titan indstøbt i et ekstra dæklag af en tykkelse på ca 30 mm er normalt meget velfungerende og giver en regelmæssig strømfordeling. Dette system arbejder ved en lav anode/beton strømtæthed, hvorved der ikke er risiko for syreangreb på betonen i grænselaget til anoden. Titannetsanoder er inerte, og levetiden derfor meget lang.

Ulempen ved dette system er, at der er risiko for at lave udførelsesfejl, der fører til, at det ekstra dæklag kan revne eller skalle af. Derudover foreges konstruktionens vægt og dimensioner. Konstruktionens udseende påvirkes ligeledes.

Indborede eller indfræsedede anoder kræver ikke noget ekstra dæklag og er - specielt for små konstruktionsdele - ofte en billigere løsning end netanoder. Indborede eller indfræsedede anoder er fleksible, og derfor egnede til visse typer af lokal-beskyttelse, f.eks. ved støbeskel.

Indborede eller indfræsede anoder giver en mere uregelmæssig strømfordeling end netanoderne, med mindre de monteres meget tæt. Da der ikke lægges ekstra dæklag på, vil al ledningsføring skulle ligge udenpå konstruktionen i kabelbakker. Dette indebærer en risiko for beskadigelse og har konsekvenser for udseendet. Indborede anoder, der monteres i en grafitmasse, antages at have en kortere levetid end netanoder og andre anoder, der indstøbes direkte i beton, p.gr. af forbrug af grafitmassen.

Indborede anoder af DUR-typen arbejder ofte med høje anode/beton strømtætheder, hvilket indebærer en risiko for syreangreb på den omgivende beton. Hvis armeringsgraden er høj, er det vanskeligt eller umuligt at overholde den krævede minimumsafstand mellem armering og anoder.

Derudover sker der løbende en udvikling af nye anodetyper, herunder forbedrede typer af ledende maling samt tynde, ledende betonlag. Ledende maling tegner sig for ca. halvdelen af anodeforbruget på verdensplan, men har kun været anvendt meget lidt i Danmark. Ledende maling har imidlertid en række fordele, som gør dem velegnet til en række forskellige konstruktionstyper. Ledende malinger er lette at påføre, simple at vedligeholde, giver jævn strømfordeling og ændrer ikke konstruktionens vægt og dimensioner. Ulemperne er, at de kun kan levere forholdsvis lave strømtætheder samt at levetiden er kortere end for net-anoder. Derudover er ledende malinger i varierende omfang fugtfølsomme og de kan endvidere ikke anvendes på trafikerede steder p.gr. af dårlig slidbestandighed.

5. KONKLUSION

Erfaringerne med KB i Danmark og i udlandet peger på, at metoden effektivt forebygger armeringskorrosion, samt effektivt stopper igangværende armeringskorrosion. Til rehabilitering af kloridinificerede betonkonstruktioner er KB derfor en værdifuld metode, idet kloridfremkaldt korrosion har vist sig særdeles vanskelig at standse med traditionel pletreparation af betonen.

Installation af KB på nye konstruktioner har ikke været anvendt i nævneværdigt omfang i Danmark og forventes ikke at blive det i de kommende år, bortset for til enkelte, kritiske detaljer. Større, nye konstruktioner, f.eks. i marint miljø, kan dog med fordel forberedes for katodisk beskyttelse i forbindelse med konstruktionen ved at sikre, at armeringen er kontinuert.

KB-systemer til armeret beton er robuste og i et vist omfang selvregulerende, og kræver derfor væsentligt mindre tilsyn end tidligere antaget.

Der er i de seneste år sket en kraftig udvikling indenfor anodesystemer til KB, og der findes anodesystemer, der er tilpasset alle typer af betonkonstruktioner, der er udsat for korrosion. Der er dog stadig behov for en videreudvikling af anodesystemer, dels for at tilvejebringe teknisk bedre løsninger, men først og fremmest for at udvikle systemer, der er billigere og lettere at montere end de nuværende.

Ny teknik indenfor monitorering og styresystemer imødekommer et generelt ønske fra bygherrene om at minimere behovet for tilsyn med systemet.

Erfaringer fra Danmark har vist, at KB kan anvendes såvel til beskyttelse af store, ensartede konstruktioner, som til forskellige specialformål, herunder lokal beskyttelse omkring revner o.l. Specielt for de store konstruktioner vil anvendelse af hel eller halvautomatiske monitorings- og styresystemer kunne anvendes til at lette driftfasen.

KB kan betragtes som en standard rehabiliteringsmetode, der på linje med andre rehabiliteringsmetoder bør bringes i anvendelse hvis dette er den optimale løsning ud fra en teknisk - økonomisk overvejelse.

Appendix:

DANSKE KONSTRUKTIONER MED KATODISK BESKYTTELSE

Projekt	Tidspunkt for installation	Anodetype	Beskrivelse
Stenmarken, Kbh.	1986	Indborede anoder	KB langs revne i væg
Blokland, Glostrup	1987	Polymerkabler	3 søjler
Bro 3-0029, Kbh.	1987-88	Polymerkabler, Ti-net, Indborede anoder	9 søjler
Farum Midtpunkt	1988	Polymerkabler, Ti-net	9 søjler
Nykøbing Falster sygehus	1988	Indborede anoder	bjælker under 10 m fodgængerbro
Kildevangen	1988	Ti-net	500 m altangang
Skandsebadet, Nr. Sundby	1988	Jordanoder	Svømmebassin
Aggersundbroen	1988/89	Ti-net	strømpiller
Cheminova	1989	Magnetitanoder	Vandbehandlingsbassin
Hørhuskollegiet	1989	Indborede anoder	960 konsoller
Skive sygehus	1989	Indborede anoder	Udkraget trappe
Oles gård, Kbh.	1989	Indborede anoder	54 delvist udkragede altaner, KB langs skjult bjælke

Projekt	Tidspunkt for installation	Anodetype	Beskrivelse
Stenmarken, Kbh.	1986	Indborede anoder	KB langs revne i væg
Tinghøj, Kbh.	1989	Indborede anoder	250 m udkraget altangang, KB af indspændings-tværsnittet
Nygade, Aarhus	1989	Indborede anoder	150 m ² parkeringskælder, KB af plader, søjler og bjælker
Flybunker	1989	Indborede anoder	-
Svømmebassin	1989	Vandanoder	12,5 x 5 m bassin
Aadalsparken, Hørsholm	1989 + 1992 - 94	Indborede anoder	200 søjler langs boligblokke
Tværhuset, Kbh.	1889	Indborede anoder	250 m udkragede altangange, KB langs støbeskel
Stevnshallen	1990	Ti-net	Svømmehal
Holbæk Svømmebad	1990	Ti-bånd Bassinanoder	Svømmehal
Svendborg Svømmebad	1990	Ti-bånd Bassinanoder	Svømmehal
Gyldenrisparken	1990	Ti-bånd	Konsoller
Frankrigsgades Svømmehal	1990	Bassinanoder	Svømmebassin
Kildeskovhallen	1990	Bassinanoder	Svømmebassin

Projekt	Tidspunkt for installation	Anodetype	Beskrivelse
Stenmarken, Kbh.	1986	Indborede anoder	KB langs revne i væg
Dommervænget, Roskilde	1990	Indborede anoder	Trapper, KB af reposer og løb
Størevej, Kbh.	1990	Indborede anoder	192 konsoller
Shell huset, Kbh.	1990-91	Indborede anoder	300 m ² facade
Europaplads, Aarhus	1990-91	Indborede anoder	1000 m ² parkeringskælder, KB af dæk, bjælker og søjler
Rugkøbel Skolen, Aabenrå	1991	Indborede anoder	KB af søjler og bjælker på 400 m ² facade
Ringgade afd., Aarhus	1991	Indborede anoder	Bjælker i tagkonstruktion
Enghøj Skole, Kbh.	1991	Indborede anoder	1500 m ² dæk i skolegård, KB af søjler, forspændte bjælker og huldæk
Korskærpar-ken, Fredericia	1991	Indborede anoder	250 m altangang, KB af søjler, Bjælker og dæk-samlinger
Bro M20-0099	1991	Indborede anoder	6 søjler
Gentofte Ho-spital	1991	Indborede anoder	200 m ² loft i gangtunnel
Vestbroen	1991	Al-offeranoder	KB af 68 caissoner

Projekt	Tidspunkt for installation	Anodetype	Beskrivelse
Stenmarken, Kbh.	1986	Indborede anoder	KB langs revne i væg
Fuglsanggårds skole	1991	Ti-net Ledende maling	KB af søjler
Farum Midtpunkt	1991	Ti-net	1200 søjler, 300 vægge
Asnæsværket	1991 - 94	Ti-net Ti-bånd	ca. 3000 m ² pier
Lyngby Svømmehal	1992	Bassinanoder Magnetitanoder Ledende maling	Svømmebassin bassinvægge
Ballerup Svømmehal	1992	Bassinanoder	Svømmebassin
Frankrigsgades Svømmehal	1992	Bassinanoder Ti-net	Svømmebassin søjler
Tommerup Svømmehal	1992	Ti-net	Bassinvægge
Farøbroerne	1992	Magnetitanoder	Pilotprojekt på en pille, under vand
Bolbro vandtanke	1992	Vandanoder	275 søjler
Aarhus Idrætshøjskole	1992	Vandanoder	svømmebassin
Teknikerbyen, Kbh.	1992	Indborede anoder	søjlefødder
Langenæs Alle, Aarhus	1992	Indborede anoder	11 altanplader
Grandhøj, Aalborg	1992	Indborede anoder	Bundplade i tankbund
Høje Søborg, Kbh.	1992	Indborede anoder	Boligblok, KB på udsatte steder af altangang

Projekt	Tidspunkt for installation	Anodetype	Beskrivelse
Stenmarken, Kbh.	1986	Indborede anoder	KB langs revne i væg
Vingstedcentret, Vejle	1992	Vandanoder	Svømmebassin
Stevnshallen	1992-93	Ti-net Ti-bånd	60 m ² væg og loft i svømmehal
Aarhus tekniske skole	1993	Indborede anoder	72 søjlefødder
Tovhøj Skole, Brabrand	1993	Indborede anoder	Vægge og dæk
Næshøj Skole, Haslev	1993	Indborede anoder	Vægge og dæk
Tovhøj Skole	1993	Indborede anoder	Vægge og dæk
Shell Huset, Kbh.	1993	Indborede anoder	KB omkring revner i 500 m ² parkeringsdæk
Parkvænget, Kbh.	1993	Indborede anoder	Søjlefødder
Hudecentralen	1993	Indborede anoder	Udsatte søjler/søjlefødder
Roskildebadet	1993	Vandanoder	Sandfilter
Nordtoft Vandtårn	1993	Vandanoder	Vandtårn
Solbjerg Svømmehal	1993	Bassinanoder Magnetitanoder Ti-net Ti-bånd	Bassinvægge Kanter Promenadedæk
Hjortebro Skolen	1993	Bassinanoder	Svømmebassin

Projekt	Tidspunkt for installation	Anodetype	Beskrivelse
Stenmarken, Kbh.	1986	Indborede anoder	KB langs revne i væg
Stignæs	1993	Indborede anoder	Hammer på oliepier, Beskyttelse omkring revner
Domus Vista	1993 -94	Ti-net	Konsoller
Aarhus svømmehal	1994	Ti-net Ti-bånd	Søjler, trapper og promenadedæk
Åbenrå svømmehal	1994	Indborede anoder Vandanoder	Svømmebassin og promenadedæk
IS Institutionsvask, Kbh.	1994	Indborede anoder	KB omkring revner og gennemsvinninger

Vejdirektoratet
Niels Juels Gade 13
1020 København K.
Tlf.: 33 93 33 38
Fax: 33 93 15 92

Privatisering af driften af offentlige bygværker og anlæg

af

Afdelingsingeniør Christian Sylvest

August 1994

Privatisering af driften af offentlige bygværker og anlæg

Indledning:

Vejdirektoratet har ansvaret for hovedlandevejsnettet, som består af ca. 4.600 km hovedlandevej (heraf ca. 750 km motorveje), samt ca. 2.000 bygværker.

Vejnettets længde udgør kun 7% af det samlede danske vejnet, men der udføres 34% af transportarbejdet på dette vejnet.

Det samlede budget for 1994 til at drive, udvikle og vedligeholde dette vejnet inklusive bygværker er ca. 900 mio. kr.

Ansvaret for driften og vedligeholdelsen af vejnettets varetages af en lille professionel stab på ca. 45 personer, der planlægger og styrer arbejderne på vejnettets i samarbejde med andre offentlige myndigheder samt private rådgivende firmaer.

Den udførende del af drift- og vedligeholdelsesarbejderne varetages gennem indgåelse af aftaler med andre offentlige myndigheder, samt indgåelse af kontrakter med private entreprenørfirmaer efter licitation.

Fra 1. januar 1995 skal alle drift- og vedligeholdelsesarbejder udbydes i licitation, således at både private firmaer og offentlige myndigheder (amter og kommuner) kan byde på arbejderne, undtaget herfra er rene myndighedsopgaver.

Af budgettet på ca. 900 mio. kr. har arbejder for ca. 700 mio. kr. hidtil været udført i privat regi og resten i offentlig regi. Dette vil betyde, at der fra 1994 og fremover vil blive udbudt arbejder for yderligere 200 mio. kr.

Baggrund

I slutningen af 1992 indgik amterne og 27 kommuner, som bistår staten (Vejdirektoratet) med bestyrelsen af ca. 4.600 km hovedlandeveje, en aftale om forlængelse af den hidtidige samarbejdsaftale. Samarbejdsaftalen fik tilføjet et protokollat, som bl.a. pålægger amterne at udbyde alle drift- og vedligeholdel-

sesarbejder på hovedlandevejene inden udgangen af 1994. Udbud skal ske efter princippet "bedst og billigst" og giver samarbejdspartnerne mulighed for selv at byde på arbejderne.

Endvidere har Vejdirektoratet og Trafikministeriet indgået en 4 års aftale med Finansministeriet for det almindelige driftsbudget (900 mio. kr.) som forudsætter en samlet besparelse på ialt 175 mio. kr. som følge af udbud.

Udbuds- og driftforskrifter

Vejdirektoratet og amterne udarbejdede i løbet af 1993 forslag til arbejdsbestemmelser og betingelser for forskellige drift- og vedligeholdelsesarbejder på vejnettet på baggrund af 14 arbejdsgrupperes arbejde. Efterfølgende redigerede Vejdirektoratet dette materiale og udfærdigede første udkast til "Udbuds- og driftforskrifter" for:

- Asfalterationer og kørebaneafmærkning
- Græsslåning, beplantning, afvanding, renhold, bygninger og inventar samt udstyr
- Tavler, kant- og baggrundsmærkning samt autoværn, hegn og støttemure
- Vejbelysnings-, signal- og nødtelefonanlæg
- Bygværker
- Vintertjeneste

Disse 6 udkast blev i efteråret 1993 og i starten af 1994 udsendt til amterne, som vejledning. Mapperne benævnes i daglig tale "de hvide mapper".

Udbuds- og driftsforskrifterne er opbygget på samme måde, som man kender det fra Vejdirektoratets "Udbuds- og anlægsskrifter", hvori der fastlægges de juridiske, tekniske og økonomiske forudsætninger for arbejderne udførelse.

Udbuds- og driftsforskrifterne er udfærdiget anderledes på visse punkter. Dels er udbudsformen ændret for visse af forskrifterne, dels er der opstillet krav til entreprenørens kvalitetsstyringssystem.

Udgangspunktet i udbuds- og driftsforskrifterne er at arbejderne udbydes til tilstandskrav (funktionskrav).

Ved udbud til tilstandskrav forstås, at driftarbejderne på entreprenørens egen foranstaltning skal gennemføres således, at det forud fastlagte kvalitetskrav til enhver tid er overholdt. Entreprenøren har således stor frihed med hensyn til tilrettelæggelse og udvikling af nye arbejdsmetoder. Modsat kan tilstandskrav også medføre en vis usikkerhed for entreprenøren med

hensyn til det nøjagtige omfang af arbejdet.

Udbud til tilstandskrav vælges kun hvor bl.a. usikkerheden i arbejdets omfang er rimeligt i forhold til entreprisens størrelse samt hvor fejlagtig eller manglende drift og vedligeholdelse ikke har store økonomiske og sikkerhedsmæssige konsekvenser.

Når bygherren således fraskriver sig den del af kompetencen vedrørende opgavens udførelse bliver denne i høj grad afhængig af at entreprenørens kvalitetsstyringssystem er velfungerende.

Den traditionelle udbudsform er at udbyde arbejderne til udførelseskrav, hvilket er tilfældet for drift af bygværker samt vintertjeneste, idet vinterens omfang selvsagt er forbundet med stor usikkerhed, og svigt i vintertjenester vil have store økonomiske og sikkerhedsmæssige konsekvenser. For bygværkernes vedkommende er valgt udførelseskrav bl.a. grundet størrelserne af de enkelte entrepriser.

Ved udbud til udførelseskrav beholder bygherren den fulde kompetence og ansvar for arbejderne udførelse. Bygherren beskriver hvad der skal gøres samt hvor og hvornår arbejdet skal udføres.

Entreprenører, private som offentlige, som ved udbud får overdraget driftentrepriser skal som minimum udarbejde og fremlægge dokumentation og procedure for at følgende er opfyldt:

- Ansvar og opgavefordeling er fastlagt
- Dokumentstyring
- Rutiner for information af medarbejderne ved opstart af nye opgaver eller vanskelige arbejds gange
- Der findes rutiner for indkøb
- Der findes rutiner for håndtering og lagring af materialer
- Der findes rutiner for bygherreleverancer
- Der kan udføres modtagekontrol på leverancen
- Der udføres proceskontrol og den kontrol planlægges og dokumenteres ved hjælp af checklister, skemaer og lign.
- Der udføres slutkontrol

Udbud i årene 1993-95

Omfanget af nye udbud var meget begrænset i 1993, hvilket skyldes at udkast til udbuds- og driftforskrifterne først var færdige ultimo 93.

Derimod er året 1994 ændringsår, hvor der er sket og vil ske en mængde udbud på hovedlandevejene. Der er flere eksempler på større kombinerede udbud som dækker flere fagområder, men dog indenfor amtsgrænserne.

Grænseoverskridende udbud indeholdende arbejder i flere amter er også blevet overvejet, idet Vejdirektoratet har haft særdeles gode erfaringer med sådanne udbud i forbindelse med forstærknings- og slidlagsarbejder, hvor de større mængder har resulteret i en fordelagtig prisdannelse. Ved grænseoverskridende arbejder har amterne hidtil været forhindret i at byde på hinandens arbejder grundet "kommunal fuldmagten", men disse hindringer er nu ryddet af vejen efter at Folketinget har vedtaget en lov, der tillader vejafdelinger at udføre arbejder på tværs af amtsgrænserne.

Men er amterne overhovedet interesseret i at byde på arbejderne hos sig selv eller i andre amter? Der tegner sig ikke et klart billede for alle amter endnu. Nogle amter har oprettet egne entreprenøraftdelinger og har meldt ud, at man vil byde på arbejderne på hovedlandevejene, mens andre har besluttet ikke selv at byde på arbejderne. Andre har ikke taget stilling endnu.

Vejdirektoratet forventer at praktisk talt alle drift- og vedligeholdelsesarbejder udbydes inden udgangen af 1994. Det er kun få og små arbejder, som ikke vil blive udbudt. Det er arbejder som hensigtsmæssigt kan supplere de rene myndighedsopgaver, som amterne selv skal udføre, således at den beskædne mandskabsstyrke, som amterne bibeholder, kan have en fornuftig beskæftigelse hele året.

Vejdirektoratets forventninger

De mange udbud vil give et godt erfaringsgrundlag og med de mange former for udbud forventer Vejdirektoratet også at resultatet "bedst og billigst" vil vise sig.

Desuden vil det samtidig blive mere tydeligt hvad gennemførelsen af det enkelte arbejde koster at få løst til en bestemt kvalitet, som igen vil medføre en større omkostningsbevidsthed således at man bedre og mere bevidst kan prioritere de offentlige midler.

Fra de allerede afholdte licitationer samt rapporteringer fra amterne vedrørende forventede besparelser ved udbud kan Vejdirektoratet næppe nå den forventede besparelse på ialt 175 mio. kr. over de fire år 1993-96.

Vejdirektoratet kan derfor blive nødt til at benytte sin genforhandlingsklausul med Finansministeriet for at få sit driftbudget justeret.

MOE & BRØDSGAARD A/S
Rådgivende Ingeniører
Hollandsvej 12
2800 Lyngby

OGSÅ ØRESUNDSFORBINDELSEN SKAL VEDLIGEHOLDES

af

Christian Listov-Saabye
Civilingeniør

August 1994

Indholdsfortegnelse

1.0	Indledning	
2.0	Baggrund og organisation	
3.0	Øresundsforbindelsens målsætning for drift og vedligehold	
4.0	Grundlag for drift og vedligehold	
.1	Generelle oplysninger	
.2	Driftsgrundlag	
.3	Driftsplan	
.4	Basismateriale og KS-materiale	
5.0	Betontekniske aspekter	
.1	Generelt	
.2	Projekt- og udførelsesmæssige forholdsregler .	
6.0	Arbejdet med konstruktionsudformningen	
7.0	Litteraturhenvisninger	

OGSÅ ØRESUNDSFORBINDELSEN LANDANLÆG SKAL VEDLIGEHOLDES

* Hvad betyder konstruktionsudformningen for den fremtidige vedligeholdelse

1.0 INDLEDNING

De indledende arbejder for Øresundsforbindelsens landanlæg er p.t. (august 1994) igangsat på en række lokaliteter. Samtidig pågår projektering og udbud af samtlige øvrige anlæg.

Det samlede anlæg omfatter:

- 33 stk. broer og støttemure
- 6 stk. tunneler eller overdækket banegrav
- 1 bygværkskonstruktion
- 1 bro over vand
- 2 jernbaner
- 1 motorvej

I de enkelte anlæg indgår mangeartede bygningsdele fra lamper, pumper og ventilationsanlæg til betonkonstruktioner, der i stor målestok indgår i samtlige anlæg.

2.0 BAGGRUND OG ORGANISATION

Udførelsen af Øresundsforbindelsens landanlæg vil efter sædvanlig model blive overdraget til en række forskellige entreprenører, der efter prækvalifikation og bunden licitation udfører arbejdet.

Som noget nyt vælges rådgiverne efter tilsvarende principper. A/S Øresundsforbindelsen (ASØ) har i øjeblikket 5 forskellige rådgivergrupper til at projektere betonkonstruktionerne.

For at opnå ensartethed i design, konstruktionsudformning og betonteknologiske krav har ASØ udarbejdet en række anvisninger, paradigmattekster og kravsspecifikationer. De væsentligste fremgår af litteraturlisten bagerst.

Med det formål at samle de mange erfaringer, der gøres i et stort og komplekst projekt som ASØ's landanlæg, har ASØ nedsat en ERFA-gruppe. Denne gruppe er ledet af ASØ's

kvalitetschef Søren Spangenberg og har repræsentanter fra DSB og Vejdirektoratet samt de i projekterne involverede rådgivere.

De samlede anlæg skal opføres af ASØ og derefter helt eller delvist overdrages til forskellige driftsorganisationer. DSB, Københavns Lufthavne A/S, Københavns Amt, København og Tårnby Kommune, Vejdirektoratet, m.fl. For en række af konstruktionerne er driftsorganisationen ikke udpeget på projekteringstidspunktet og vil først på et sent tidspunkt i udførelsesfasen blive fastlagt.

For at sikre et ensartet drifts- og vedligeholdelsesgrundlag har ASØ's ERFA-gruppe udarbejdet en anvisning i at udarbejde drifts- og vedligeholdelsesmanualer samt en objektnummereringsmanual til identifikation af anlæg og bygningsdele.

3.0 ØRESUNDSFORBINDELSENS MÅLSÆTNING FOR DRIFT OG VEDLIGEHOOLD

De overordnede målsætninger for drift og vedligehold af landanlæggene er, at

- Opnå den levetid, som er fastlagt i forudsætningerne for projektet (f.eks. belastnings-, beregnings- og dimensioneringsforudsætningerne).
- Vedligeholde den indre og ydre fremtræden
- Minimere energiforbrug
- Minimere de samlede driftsomkostninger
- Sikre brugsmæssige egenskaber
- Sikre personsikkerhed
- Sikre trafiksikkerhed
- Sikre miljøet
- Sikre holdbarhed og restlevetid

I forbindelse med projektering specificeres målsætning og kvalitetskrav for drift og vedligehold for tekniske systemer og objekter. Kvalitetskrav for driftsfasen vælges ud fra forhold som:

- Levetid
- Betydning for funktionen af bygværket
- Sikkerhed mod svigt
- Æstetiske hensyn
- Personhensyn
- Klimaforhold herunder indeklima
- Myndighedskrav
- Bekendtgørelser
- Økonomi

Specificering af målsætning og krav til drift og vedligehold kan for eksempel bestå af følgende formulering: For betonkonstruktioner skal driftsperioden være 100 år. I driftsperiodens første 50 år skal betonkonstruktionerne være vedligeholdsfri bortset fra almindeligt vedligehold.

I de efterfølgende 50 år skal konstruktionen kunne repareres uden at driften påvirkes væsentligt.

4.0 GRUNDLAG FOR DRIFT OG VEDLIGEHOLD

4.1 Generelle oplysninger

I forbindelse med projektering og udførelse af de tekniske systemer indsamles oplysninger og data om følgende emner:

- Bygværksidentifikation (teknisk system og lokalitet)
- Tegnings- og dokumentfortegnelse
- Opførelsesår
- Dimensioner
- Garantiforhold
- Projekterende, tilsynet og de udførende

Bygværkerne identificeres i henhold til A/S Øresundsforbindelsens Fælles identifikationssystemer. Her angives lokalitet og teknisk system og evt. objekttype.

Tegnings- og dokumentfortegnelse omfatter en komplet fortegnelse af tegninger, diagrammer, beskrivelser, KS-dokumenter, indreguleringsrapporter, særlige undersøgelser m.m. For hvert emne angives teknisk system, lokalitet, dato, forfatter og arkiveringsform.

Opførelsesår angives som det tidspunkt, hvor bygværket afleveres til bygherren.

Dimensioner: For bygninger angives bl.a. arealer af etager og grund. For broer og tunneler angives længde, bredde m.m.

Garantiforhold beskrives ved oversigt over garantibeviser, afleveringstidspunkt, tidspunkt for eftersyn, udløb af afhjælpningsperioder og nedskrivning af sikkerhedsstillelse.

En komplet fortegnelse over projekterende, tilsynsorganisationen og entreprenører inkl. underentreprenører og leverandører og med firmanavn, adresse, tlf., fax og navnet på kontaktpersoner.

4.2 Driftsgrundlag

Systematisk opdeling

Med reference til A/S Øresundsforbindelsens Fælles identifikationssystemer inddeles landanlæggene i følgende tekniske systemer:

Teknisk system	nr.
Jordarbejder	21
Veje	22 og 23
Broer og tunneler	24
Aptering og ũdstyr	25
Bygninger	26 og 27
Mekaniske installationer	30-39
Elektriske installationer	40-59

Beskrivelse af et teknisk system/objekttype

I forbindelse med projektering og udførelsen af hver teknisk system/objekttype udarbejdes en drifts- og vedligeholdelsesmanual, som sikrer, at drift og vedligehold opfylder den formulerede målsætning for drift og vedligehold i afsnit 3.

Der skal i materialet indgå henvisninger til f.eks. vejregler og anvisninger, som er udarbejdet for eftersyn og vedligehold m.m.

Driftsgrundlaget skal indeholde følgende:

1. Betegnelse for tekniske system / objekttype
2. Omfang - mængder
3. Opbygninger
4. Funktion og betjening
5. Levetid
6. Materialer og komponenter evt. med reference til basismaterialet - se senere.
7. Vedligeholdelsesanvisning og -intervaller
8. Kritiske områder
9. Renholdsanvisning
10. Anvisning i eftersyn, herunder kontrolplan og vurderingskriterier. For installationer udarbejdes desuden fejlsøgningsvejledning, check- og kontrolskemaer for eftersyn og vedligehold, afprøvning samt afleveringsmaterialer.
11. Leverandører

4.3 Driftsplan og budget

På baggrund af driftsgrundlaget udarbejdes en plan over drifts- og vedligeholdsaktiviteter, hvor følgende hovedpunkter kan angives:

- Eftersyn
- Vedligehold
- Forsyning
- Renhold

Driftsplan for forsyning omfatter kontrol og styring af el, kommunikation, vand, varme, køling, ventilation, afløb og kloak samt renovation.

Der skal angives om vedligeholdes er behovsbaseret eller planlagt. Behovsbaseret vedligehold udføres, når der observeres en given tilstand af objektet.

Desuden skal der opstilles et langtids drifts- og vedligeholdsbudget for objekttyperne for en nærmere angivet periode - min. for 30 år. Budgetter beregnes på baggrund af aktivitetsplanen samt volumen, materialer og aktiviteter, som er beskrevet under afsnit 5. Forsyningens omfang - forbruget - vurderes som grundlag for beregning af driftsbudget.

Opbygning

Driftsplanen skal overordnet opdeles i to niveauer.

Et niveau A), der beskriver den rutinemæssige drift og vedligehold, og et niveau B) der beskriver den langsigtede drift og vedligehold samt langtidsbudgetteringen.

Niveau A indeholder:

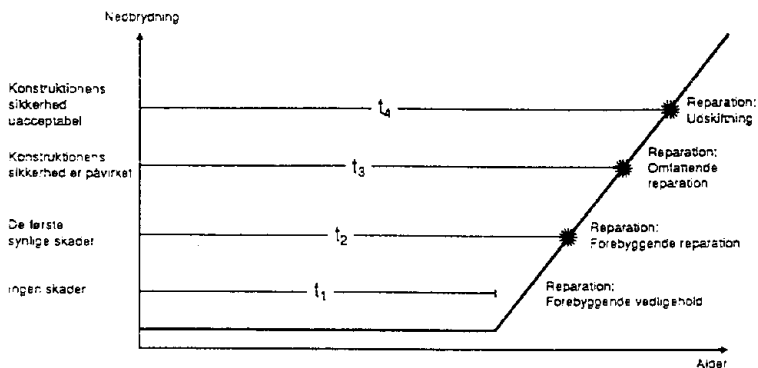
- Beskrivelse af omfanget af løbende visuelt eftersyn.
- Beskrivelse af løbende renholdelse (fejning, spuling, afvaskning, oprensning, græsslåning osv.)
- Beskrivelse af kontrol og styring af forsyning (el. kommunikation, vand, varme, køling, ventilation, afløb og kloak samt renovation).
- Beskrivelse af reparationsarbejder.
- Aktivitetsprogram.
- Rapportering af reparationsarbejder.
- Rapportering af kontrol og styring af forsyning.

Niveau B indeholder:

- Beskrivelse af generaleftersynsinterval samt beskrivelse af hvilke typer skadesymptomer eller tilstandsændringer, der bør udløse særeftersyn. Generaleftersyn er en overordnet visuel inspektion, mens særeftersyn er en detaljeret undersøgelse af et problem, et afgrænset, kritisk område eller et objekt, Særeftersyn kan omfatte målinger og laboratorieundersøgelser.
- Beskrivelse af udsatte konstruktionsdetaljer med øget risiko for udvikling af skader (f.eks. søjler omkring

terræn/stålspons omkring vandlinien, støbeskel o.lign.).

- Beskrivelse af områder som på baggrund af udførelsen må frygtes at være "svage". Disse oplysninger hentes fra KS-materialet/tilsynets dagbøger.
- Beskrivelse af primære parametre (f.eks. dæklag. v/c-tal, kloridindhold, dæklagtykkelser for beton og korrosionsklasse for stål).
- Beskrivelse af hvor og med hvilket interval, de primære parametre skal vurderes gennem et særligt måleprogram.
- Beskrivelse af miljøklasse/korrosionsklasse, samt definition af tidspunkterne t_1 , t_2 , t_3 , t_4 . Jf. figuren nedenfor. Derudover beskrives hvilke tiltag, der eventuelt er anvendt for at øge t_1 , t_2 , t_3 , t_4 (f.eks. maling eller katodisk beskyttelse).
- Beskrivelse af hvilke vedligeholdstiltag, der er forudsat til tidspunkterne t_1 , t_2 , t_3 , t_4 .
- Beskrivelse af nødvendige eftersyn (generaleftersyn, særeftersyn og målinger evt. med henvisning til standarder og metodebeskrivelser).
- Instruks for udførelse af nødvendige eftersyn evt. med henvisning til standarder og metodebeskrivelser.
- Opstilling af eftersynsprogram evt. med henvisning til standarder og metodebeskrivelser.
- Aktivitetsprogram (eftersyn og vedligehold).



Figur: Levetid kan defineres som fire forskellige tidsperioder: t_1 = Tiden til skader initieres. t_2 = Tiden til de første synlige skader udvikles. t_3 = Tiden til skaderne har udviklet sig til et omfang, hvor konstruktionen/objektets funktion/sikkerhed er påvirket og t_4 = Tiden til konstruktion/objektet ikke længere kan opfylde sin funktion.

4.4 Basismateriale og KS-materiale

Basismaterialet består af følgende materiale:

- Et komplet sæt tegninger af "som udført" tegninger.
- Supplerende datablade.
- Supplerende anvisninger og rapporter.
- Myndighedsgodkendelser.

Der udarbejdes en oversigt over KS-dokumenter samt arkiveringsform.

Driftsrelevant KS-dokumentation som f.eks. særlige prøvninger indsamles.

5.0 BETONTEKNISKE ASPEKTER

5.1 Generelt

De betonkrav, der anvendes til Øresund Landanlæg, er i vid udstrækning baseret på Vejdirektoratets og DSB's AAB-krav. Erfaringsmæssigt sikrer disse krav en høj kvalitet af den udstøbte beton. På enkelte punkter er kravene ændret under hensyntagen til de nyeste erfaringer fra ind- og udland.

Betoner med de angivne specifikationer vil give en teoretisk levetid på ca. 50 år for konstruktioner i aggressiv og særlig aggressiv miljøklasse. brodæk vil dog have en betydelig længere levetid, såfremt de fugtisoleres. Levetiden defineres her, som tiden til de første synlige skader forventes at opstå.

Da der imidlertid ønskes en 100 års driftsperiode, hvor de første 50 år skal være vedligeholdsfri, vurderes i projektforslaget en række tiltag, som anvendes enten i projekt-udførelsesfasen eller senere i driftsperioden, f.eks. katodisk beskyttelse eller forberedelse for katodisk beskyttelse. Tunnelkonstruktioner og broen over Kalvebodløbet er konstruktioner, hvor brug af levetidsforlængende tiltag er særlig relevant, idet disse konstruktioner vil være problematiske at efterse og reparere. Søjler langs vejbaner og kantbjælker fremhæves som andre konstruktionsdele, hvor brug af levetidsforlængende tiltag kunne være relevant.

De levetidsforlængende tiltags relevans skal vurderes ud fra både tekniske og økonomiske betragtninger. De omkostninger, der er forbundet med brugen af levetidsforlængende tiltag, skal sammenholdes med en kapitalisering af de udgifter, der er forbundet med reinvestering/reparationer efter de første 50 år.

5.2 Projekt- og udførelsesmæssige forholdsregler

Som enkle og erfaringsmæssigt virkningsfulde forholdsregler mod uventet hurtig nedbrydning skal følgende påpeges:

- hensigtsmæssig tværsnitsudformning
- korrekt armeringsføring
- placering af konstruktionsdele så langt fra trafikken som muligt
- vurdering/beregning af risikoen for termo-svind problemer
- kontrablanketter og/eller fald væk fra konstruktionsdelen
- overholdelse af dæklagskrav
- korrekt og omhyggelig vibrering

Minimering af udførelsesmæssige problemer

En minimering af risikoen for udførelsesmæssige problemer vil knytte sig til at:

- betonen har en god bearbejdelighed
- betonen ikke revner under hærdningen

Skærpelser af kravene til betonen, primært nedsættelse af v/c-forholdet og brug af puzzolaner, må ikke medføre, at der opstår en øget risiko for termosvindrelaterede revner i betonen eller, at der stilles urealistiske fordyrende krav til både projektering og udførelse for at undgå disse problemer.

Valget af beton, specielt v/c-forhold og brug af tilsetningsstoffer, skal sikre betonen en optimal bearbejdelighed og dermed sikre en god udførelseskvalitet. Valget af beton bliver dermed et kompromis foretaget ud fra et ingeniørmæssigt skøn, hvor hensynet til betonens bearbejdelighed og den fejlfri udførelseskvalitet sættes højere end hensynet til den højere tæthed, der teoretisk kan være forbundet med at vælge en beton med f.eks særligt lavt v/c-forhold eller højt mikrosilicaindhold.

6.0 ARBEJDET MED KONSTRUKTIONSUDFORMNINGEN

Projekteringen af samtlige ASØ's anlæg pågår p.t. (august 1994). Arbejdet med at sikre ensartethed i design, konstruktionsudformning og kravsspecifikationer foregår bl.a. i ASØ's ERFA-gruppe.

De forskellige rådgivergrupper fremlægger de respektive projekter for ERFA-gruppen. Der fokuseres særligt på:

- membranløsninger
- fuger (støbeskel og dilatationsfuge)
- revner/betonteknologi
- levetidsforlængende tiltag
- overvågning af konstruktion

Projekternes særlige forhold med hensyn til vedligeholdelses- og holdbarhedsmæssige aspekter, herunder konstruktionsudformningen samles i ERFA-notater. Der findes følgende notater:

- ERFA-notat nr. 10, Målsætning og politikker for drift og vedligehold.
- ERFA-notat nr. 20, Broer på Sjælland.
- ERFA-notat nr. 21, Banegrav Sydhavnsgade.
- ERFA-notat nr. 22, Kalvebodkrydsningen.
- ERFA-notat nr. 40, Broer på Amager.
- ERFA-notat nr. 44, Overdækning i Tårnby.
- ERFA-notat nr. 50, Kastrup Station.

7.0 LITTERATURHENVISNINGER

Drifts- og vedligeholdelsesmanualer, A/S Øresundsforbindelsen. April 1994.

Objektnummereringssystem. A/S Øresundsforbindelsen. Marts 1994.

Vejledning i valg af beton, A/S Øresundsforbindelsen, 1993.

Tegningsnummereringssystem. A/S Øresundsforbindelsen. Oktober 1993 (2. udgave).

Kvalitetsstyringsvejledning. A/S Øresundsforbindelsen. Juni 1993.

Fællesbetingelser FB. A/S Øresundsforbindelsen. Februar 1994 (2. udgave)

Paradigma for Særlige Betingelser SB-P. A/S Øresundsforbindelsen. Februar 1994 (2. udgave).

Øresundskonsortiet
Vester Søgade 10
1601 København V.

Øresundsprojektet, Kyst til Kyst Forbindelsen

af

Steen Lykke
Kontrakt Direktør
Tunnel,
Dredging & Reclamation

Øresundsprojektet, Kyst til Kyst Forbindelsen

Tunnel - øer - broer

Den samlede faste forbindelse, der fører jernbane og motorvej over Øresund, har en kyst til kyst længde på ca. 16 km og forbinder Kastrup i Danmark med Lernacken i Sverige.

Forbindelsens hovedelementer er:

- En kunstig halvø på ca. 430 m fra den danske kyst ved Kastrup. Halvøen opbygges - ligesom de to kunstige øer - af overskudsmateriale både fra de danske landanlæg og fra jordarbejder i forbindelse med kompensationsafgravningerne. Dermed sikres en 100 pct. genanvendelse af materialer - hvorved dumpning af overskudsmaterialer undgås, og indvinding af råstoffer (sand, grus mv.) reduceres.
- En sænketunnel på ca. 3.750 m mellem den kunstige halvø og det kunstige ø-kompleks. Tunnelen består af fire hovedrør og et mindre installationsgalleri. To rør bruges til 2 spor i hver retning med biltrafik og de andre to rør benyttes til jernbanen.
- En kunstig anlagt dobbelt-ø, der i fuld udstrækning er 4.210 m - med en 600 m lang bro i midten, der forbinder de to øer. Øerne har såkaldte hammerhoveder mod øst og vest, der leder vandet i henholdsvis Drogden og Flinterenden videre med så ringe strømningsmodstand som muligt.
- En bro over Flinterenden
 - En vestlig tilslutningsbro, som leder op til højbroen fra den danske side.
 - En højbro med et frit spænd på ca 490 meter og en største frihøjde på 56 m.
 - En østlig tilslutningsbro, som fører ned til Lernacken syd for Malmö på den svenske side.

Broen kan udformes som en to-etages stål-gitterbro, hvor den dobbelte to-spors motorvej bæres af øverste dæk og den dobbeltsporede jernbane er placeret på nederste dæk inden for gitteret. Broen kan også udformes som en en-etages bro, hvor jernbane og motorvej kører i samme plan, med jernbanen midterlagt.

Design & Construction

Kyst til kyst projektet udbydes som "Design & Construction" kontrakter. Øresundskonsortiet fastlægger derfor de overordnede funktionskrav til vej- og jernbaneforbindelsen, og det vil derefter være op til de vindende entreprenørkonsortier at udvikle et detaljeret projektmateriale og opføre konstruktionerne.

Funktionskravene stilles på tre niveauer:

- 1) De overordnede kyst-til-kyst krav.
- 2) De heraf afledte mere specifikke funktionskrav til de enkelte sektioner i forbindelsen.
- 3) Enkelte specifikke detailkrav på specielle områder, hvor Øresundskonsortiet måtte ønske at give præcise retningslinier.

Betonspecifikationer, filosofi og strategier

Ovenstående filosofi er også gennemført på betonspecifikationsområdet.

Kvaliteten af det færdige betonprodukt sikres bl.a. gennem:

- Kvalitetskrav til de anvendte delmaterialer.
- Krav om, at QA-systemet i alle produktionsled lever op til EN29001.
- Beskrivne krav til conformity procedurer med angivne acceptkriterier og testmetoder.

Med hensyn til mix-designet overlades størst mulig fleksibilitet til entreprenørerne, idet der kun opstilles nogle rammekriterier for mix-designet indenfor bestemte hovedområder for betonens anvendelse. Formålet med disse rammekriterier er primært at sikre, at betonsammensætningen holder sig indenfor begrebet "kendt teknologi".

Som basis for udformningen af Konsortiets betonspecifikationer er der udarbejdet "State of the Art" notes på en række hovedproblemstillinger, herunder bl.a. følgende:

- Frost/tø modstandsevne
- Temperatur/stress modstandsevne
- Afdækning/curing
- Conformity procedurer
- Er vi indenfor "kendt teknologi" ?
- Chloride penetration
- Beregning af revnevidder
- Alkali-silica reaktioner
- Slag cement
- Støbemetoden
- Brand modstandsevne

Superfos Construction a/s

Bornholmske tilslagsmaterialer til Beton.

af

Ole Rask

August 1994

Indlæg på Dansk Betondag 1994

Bornholmske tilslagsmaterialer til Beton.

Geologi.

Når man taler om råstofindvinding på Bornholm, er det p.g.a. øens særlige geologiske opbygning noget fundamentalt andet end i den øvrige del af landet. Sand- og grusgravning sker kun i lille målestok, det er brydning af granit, en helt anden type råstof, der dominerer og det skyldes de særlige geologiske forhold på Bornholm.

Bornholm ligger i grænsezone mellem de dele af Skandinavien, hvor grundfjeldet er blottet eller findes lige under istidens aflejringer og det vestdanske område, hvor grundfjeldet er dækket af tykke sedimentaflejringer.

Grænseområdet kaldet "Den fennoskandiske randzone", domineres af nord-vest-sydøst løbende brudlinier, hvor Bornholms grundfjeld rager op som en granithorst begrænset af disse brudlinier. På øens nordøstlige del er grundfjeldet kun dækket af istidslag, mens der på den sydvestlige del af Bornholm findes større sedimentaflejringer.

Lyse og mørke granitter.

De bornholmske granitter kan opdeles i forskellige typer. Rønne-granit er en mørk blålig-grå til sort granit. Vang-granit er mørkegrå, svagt rødlig. Hammer-granitten er den lyseste granit. Den har ofte et rødt skær, som skyldes omdannelse af jernminerale på blottede overflader. Endelig er der Svaneke-granit, der er mere grovkornet end de øvrige granitter.

Fra mange små brud til få store.

Granitbrydningen på bornholm begyndte i sidste århundrede at blomstre op på grund af stor efterspørgsel på byggesten og vejmaterialer. I slutningen af 1800-tallet var der mere end 2000 beskæftigede i den bornholmske stenindustri. Alt foregik ved håndkraft, med håndbor og forhamre i granitbrydningens første år. Der var adskillige små brud, som især blev anlagt ved højdedrag med stejle klippevægge, hvor granitten var nem at bryde. Byggekrisen og import af kantsten og brosten fra Europas lavtlønsområder i 60'erne og 70'erne ramte også den bornholmske stenindustri og betød, sammen med et gradvist farvel til den arbejdskræftkrævende granitbrydning, et drastisk fald i antal beskæftigede i stenindustrien.

I de senere år er der igen kommet gang i granitbrydningen, men de moderne brydningsmetoder og administrationen i forbindelse med råstofindvinding betyder, at produktionen nu er koncentreret på få store brud, hvor der primært produceres skærver. Superfos Construction a/s (SC) producerer idag i to brud på Bornholm.

Rønne granitværk.

Rønne Granitværk a/s blev etableret i 1940 som et bifirma til det daværende Dansk Damann Asfalt a/s, nu Superfos Construction a/s, der var et 100 % ejet datterselskab af Dansk Svovlsyre & Superfosfabrik a/s.

Formålet var levering af granit-skærver til DDA's asfaltværker i den øvrige del af landet, efter at undersøgelser bl.a. på Statens Vejlaboratorium havde vist, at Rønne Granitter havde usædvanlige gode egenskaber. Samtidig hermed blev etableret asfaltproduktion i

Rønne.

I de mere end 50 år produktionen af "blå rønnegranit" skærver har været i gang, er der produceret ca. 25 mio. ton. Skærverne har fra starten haft et godt ry, og er blevet anvendt til så godt som alle større danske broprojekter i perioden.

Der har i perioden været betydelig eksport til Tyskland, således omkring 1970 hvor eksporten androg ca. 200.000 t./å., og ligeledes i de senere år hvor der i 1991 blev eksporteret ca. 380.000 t.

Årsproduktionen for de seneste år ligger mellem 0.7 og 1 mio. t.

Hasle Granitværk.

Superfos Construction a/s overtog Hasle Granit a/s fra entreprenør Poul Larsen, Rønne a/s i 1990

Ved overtagelsen blev der kun produceret vandbygningssten på virksomheden, der blandt andet i 1988/89 leverede ca. 1 mio. t. vandbygningssten til indfatningen af Sprogø.

Virksomheden daterer sig tilbage til århundredeskiftet hvor de forskellige ejere beskæftigede sig med fremstilling af byggesten, brosten, kantsten samt monumenter.

Da efterspørgslen efter disse produkter p.g.a. konkurrence fra især Portugal aftog, blev der i 1970 af Kosangas A/S (Tholstrup familien) etableret et skærvknuseri.

Projektet løb hurtigt ind i problemer, dels produktionsmæssigt, dels med udskibning idet der ikke var nogen havn, men kun et stort transportbånd placeret på sænkekasser direkte i det åbne hav.

Hertil kom, at man ikke på forhånd havde etableret et marked for produktet. Driften blev indstillet i 1975 og produktionsanlægget fjernet.

Efter S.C.'s overtagelse er der blevet etableret et moderne skærveanlæg primært baseret på afsætning til de nye tyske bundesländer ved Østersøen.

Årsproduktionen andrager ca. 600.000 t.

Der verserer pt. en fredningssag for en del af Hasle Granit's arealet ned mod kysten. En arbejdsgruppe, nedsat af Naturklagenævnet, bestående af Skov- & Naturstyrelsen (formand), Dansk Naturfredningsforening, Bornholms Amt og S.C. har gennem 2 år arbejdet med at finde en for parterne acceptabel løsning. Dette er nu sket, og det forventes at Naturklagenævnet godkender den fremlagte løsning, der vil sikre muligheden for granitbrydning frem til år 2023.

Produktion.

Produktionsgangen er principielt den samme i begge granitbrud:

Overjord fjernes så klipperne blottes, i et forud fastlagt mønster bores et antal ø 75 mm huller i 15 - 25 m dybde.

Hullerne fyldes med sprængstof (Dynamex) ca.50 kg. pr. hul, ialt op til ca. 4 t. pr. sprængning. Ladningerne forbindes og bringes til detonation elektrisk.

Den udsprængte mængde typisk 10 - 40.000 t læsses med gravemaskine på dumpere med op til 50 t. lasteevne og transporteres til forknuser (type: kæbeknuser). Det nedknuste materiale passerer en forsigtig, hvor alt materiale under 25 mm sorteres fra til sikring af renhed og kvalitet af de færdige skærver.

Stenene passerer herefter minimum yderligere 2 knusere (type: Kegleknuser) dels for yderligere nedknusning og dels for opnåelse af den ønskede kubicitet.

De færdig knuste skærver sorteres derefter i de ønskede fraktioner eller sendes yderligere

en gang gennem finkuseriet såfremt der er behov for flere fine fraktioner end der opnåes ved et gennemløb.

Produktion af skærver er det man i driftsøkonomien kalder forenet produktion. Man kan ikke fremstille en skærvefraktion uden at der med teknisk nødvendighed fremkommer en vis mængde af de underliggende fraktioner.

Allerede ved tilrettelæggelse af sprængningen kan man inden for visse grænser bestemme kornkurven på det udsprængte materiale ved at bore mere eller mindre tæt og fylde mere eller mindre sprængstof i hullerne.

Ved hver knuserpassage kan man bestemme den ønskede max. kornstørrelse, men resultatet bliver altid en kornfordeling efter en kurve med max. kornstørrelse som den ene akse og gennemfald ned til 0 på den anden akse.

Vort leveringsprogram i granitskærver ser idag således ud:
0/2 2/5 - 5/8 - 3/11 - 11/16 - 16/25 - 16/32 - 32/45 mm.

Betonproducenterne aftager typisk fra 2/5 til 16/25 eller 16/32 mm.

Asfaltproducenterne aftager typisk fra 0/2 til 11/16 mm.

32/45 mm afsættes som jernbaneballast.

Store leverancer til beton gør at der på de fleste granitværker opstår overskud af 0/2 materiale, der er vanskeligt at afsætte isoleret. 0/2 andelen på ca. 20 % af den samlede produktion er stigende ved yderligere nedknusning, og faldende ved stor afsætning af grove fraktioner.

Jeg vil derfor benytte denne lejlighed, hvor så mange beslutningstagere inden for betonproportionering og -produktionen er samlet til at foreslå, at man nøje overvejer, om det ikke var muligt også at anvende denne sidste del kornkurven, når det nu engang fremkommer ved produktion istedet for at pumpe sand op fra havbunden med de deraf følgende miljøproblemer.

Man kunne hermed løse to miljøproblemer, idet lagrene af stenmel udgør et miljøproblem.

Vi stiller os meget gerne til rådighed for forsøg.

Anvendelse.

De fleste danskere har på et eller andet tidspunkt været i kontakt med bornholmsk granit. Hovedparten af de danske jernbanespor ligger på ballast af bornholmske skærver, ligeledes er en stor del af det danske vejnet forsynet med asfalt-udlægninger med tilslag af bornholmsk granit.

Mange danske havnemoler er bygget af store bornholmske granitblokke.

Af særlig interesse i dette forum må være at samtlige større danske broprojekter i nyere tid er udført med bornholmsk granittilslag således "Den nye lillebæltsbro", Vejle fjordsbroen, Farøbroerne og senest tunnelen til Sprogø samt igangværende leverance til Østbroen. Betonvejstrækningen Udby - Ønslev på Falster, der udførtes i 1984 blev også etableret med bornholmsk granit.

Ud over den indenlandske anvendelse eksporteres betydelige mængder til det tidligere Østtyskland, hvor der er et stort behov for granitmaterialer til opbygning af den forsmættede infrastruktur.

Leverancerne til Storebæltsforbindelsen.

I foråret 1989 indledte vi realitetsforhandlinger med Storebæltsbeton i/s, der skulle stå for betonproduktionen til tunnelbyggeriet til Sprogø.

Der var tale om levering af ca. 300.000 t skærver med leverancestart i eftersommeren 1989.

Kravene til skærverne var meget omfattende i forhold til de krav, vi som medlem af "Sand- og Stenkontrolordningen" i forvejen var underlagt.

Der blev stillet krav til kornkurve, densitet, absorption, kubicitet, petrografi, alkalikieselreaktivitet og cloridindhold.

Selv om vi havde leveret skærver i mange år, måtte vi erkende, at vi ikke havde noget statistisk erfaringsmateriale der kunne dokumentere, at vi kunne overholde alle de stillede krav.

Vi måtte derfor igang med at udtage repræsentative prøver rundt om i stenbruddet og få disse nedknust og analyseret.

Samtidig byggede vi et nyt laboratorium i Rønne og ansatte en kemiingeniør som leder. Hidtil havde SC's centrale laboratorium stået for vor kvalitetskontrol, men det var ikke muligt med det meget store antal prøver der nu skulle foretages.

Laboratoriet kan udføre alle prøver incl. alkalikieselreaktivitet.

Skærverne skulle leveres vaskede, for at fillerindholdet kunne styres.

Det var derfor nødvendigt at opføre et vaskeanlæg, hvor skærverne blev overspulet med vand under 4 atmosfæres tryk ved passage over en sigte. Der medgår 1 m³ vand pr. ton skærver, så anlægget er udført med slambassin og recirkulation for at reducere vandforbruget.

Der blev også stillet krav om at de færdige skærver skulle opbevares på betonunderlag med afvanding, således at der ikke skete forurening under lagring og udlastning. Til dette formål blev anlagt en betonbelagt plads på 5.500 m².

Der var endvidere krav til etablering af et kvalitetsstyringssystem efter ISO 9002. Hidtil havde vor opfattelse af kvalitet været resultatet af færdigvarekontrollen. Det tog temmelig lang tid at få organisationen til at forstå og acceptere dette nye begreb, men idag er det faktisk sjældent, at vi hører bemærkningen: "Det kan jo være lige meget når blot færdigvarekontrollen siger ok".

Leveringsaftalen stiplede at skærverne skulle leveres i forholdet ca. 28%, 2/8, 53% 8/16 og 19% 16/32.

Kort efter leverancens påbegyndelse blev dette forhold ændret radikalt. Andelen af 8/16 blev hævet til 90% og dette var helt klart den største udfordring vi fik i den forbindelse. Det indebærer at vi i lange perioder skulle producere min. 4000 t. 8/16 pr. uge for at kunne opfylde betonproducentens krav.

Det medførte at årsproduktionen fra budgetteret 6-700.000 t måtte hæves til ca. 1 mio. t, hvilket medførte, at vi skulle have nye miljøgodkendelser midt i det hele, men det lykkedes også.

Som følge af de store leverancer til storebæltsbyggeriet har årsproduktionen ligget omkring 1 mill ton i perioden 1990 - 1993.

Leverancen til Storebæltsbeton var oprindelig beregnet til at udløbe ved udgangen af 1991. Som bekendt er borearbejdet blevet forsinket betydeligt. Dette har medført, at leverancen er blevet trukket længere ud.

Der er leveret ialt 360.000 ton og resterer endnu at levere ca. 20.000 ton, så den anslåede leverance bliver ialt på ca. 380.000 ton mod oprindeligt 300.000 ton.

Leverance til Vestbroen (ESG)

Med hensyn til leverancen til ESG har der kun været tale om mindre partier i forhold til det totale forbrug.

Vi har ialt leveret ca. 80.000 ton til dette byggeri, hovedsaglig 8/16 skærver, som er brugt i 1990 - 1993. Der har været tale om supplerende leverancer i de tilfælde hvor hovedleverandøren af skærver ikke har kunnet levere.

Leverance til Østbroen (GBC)

Kontrakten på levering af ca. 350.000 ton blev underskrevet i juni 1992.

Leverancen af skærver påbegyndes umiddelbart herefter.

Leverancen omfatter:

Ca. 35% 2/8 mm gennemfald <4 = 50%

Ca. 35% 8/16 mm

Ca. 30% 16/25 mm

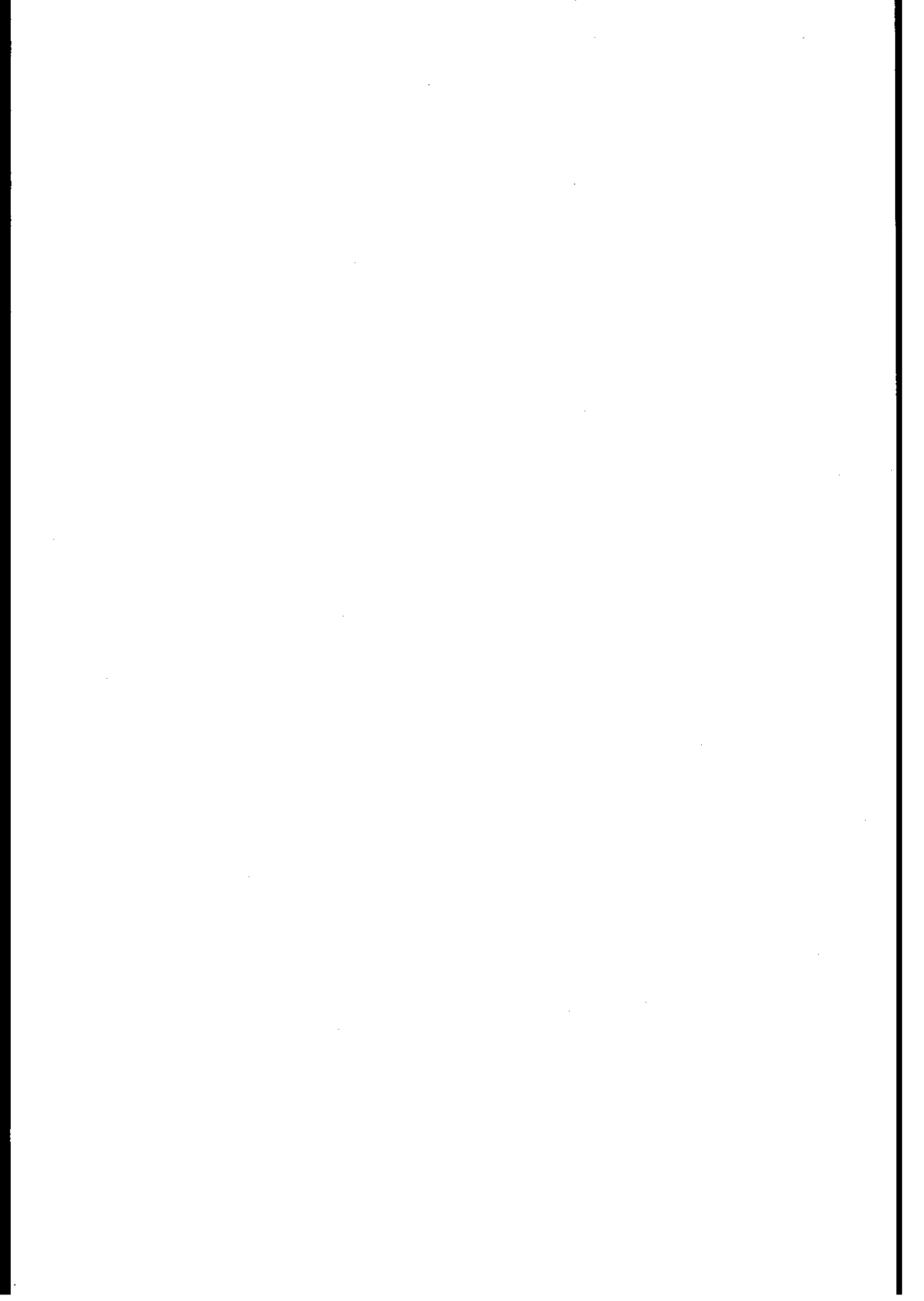
Der er til dette byggeri leveret ca. 306.000 ton.

Der mangler således at levere endnu ca. 44.000 ton. Hele leverancen skal efter tidsplanen være afsluttet med udgangen af 1. kvartal 1995.

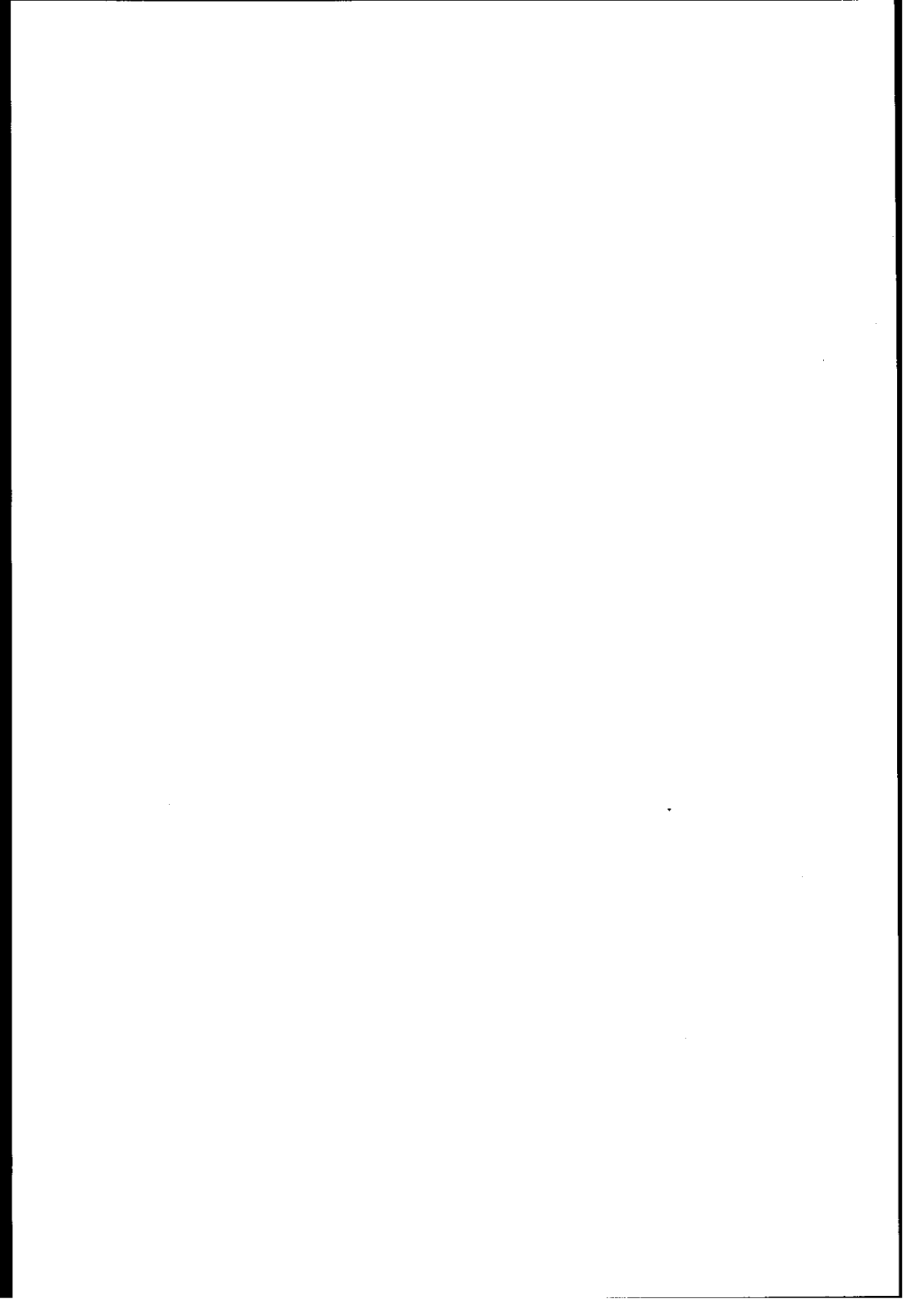
Superfos Construction a/s's samlede leverance af granitskærver til storebæltsbyggeriet udgør pt. ca. 745.000 ton, hvortil skal lægges ca. 35.000 ton ballastskærver til skinnelegemet.

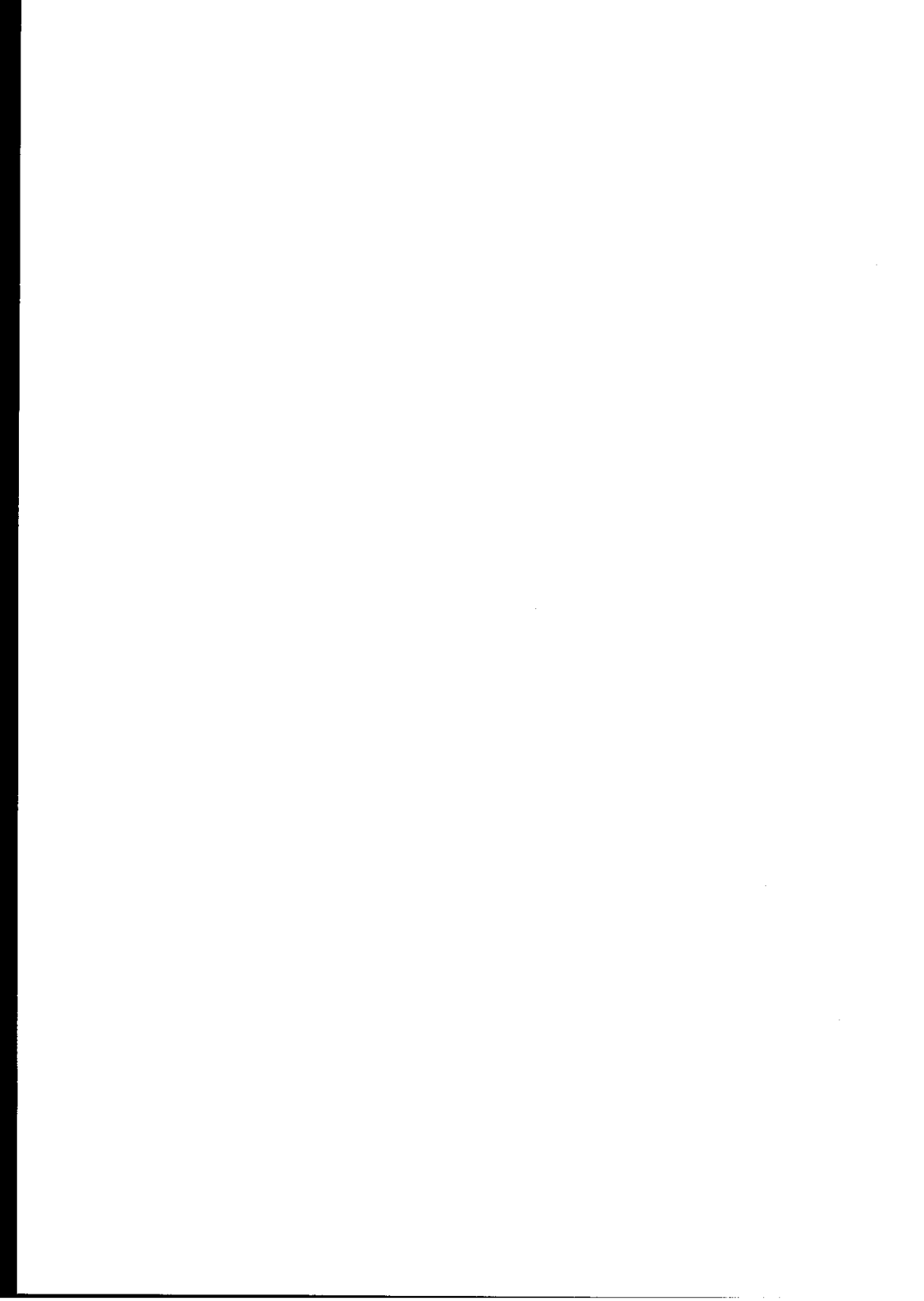
Leverancerne til Storebæltsforbindelsen har medført, at vi i dag står med et moderne produktionsanlæg med stor produktionskapacitet, samt en veldokumenteret viden omkring vore produkter kombineret med et velfungerende kvalitetsstyringssystem således, at vi føler os godt rustede til at påtage os nye tilsvarende opgaver.

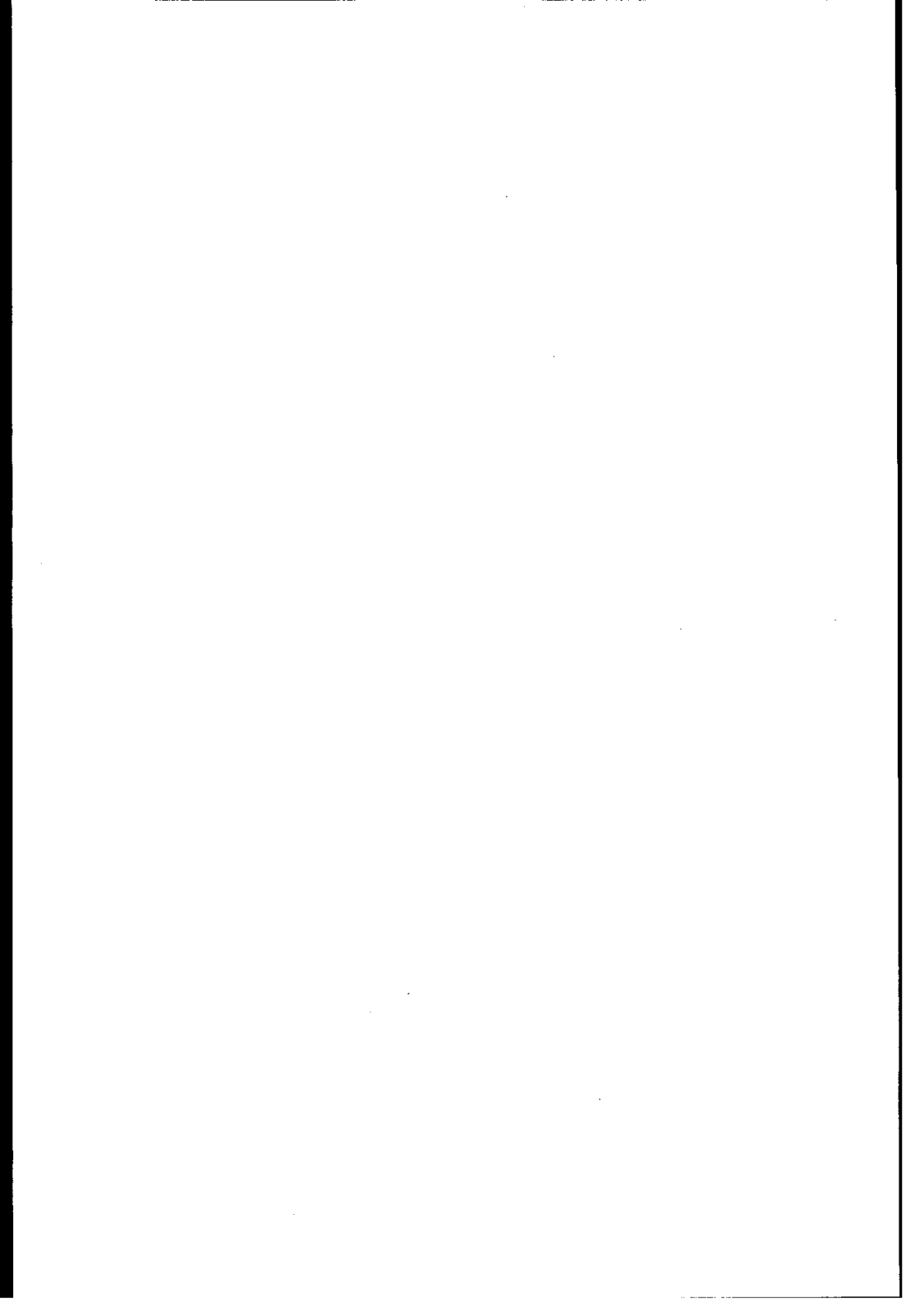


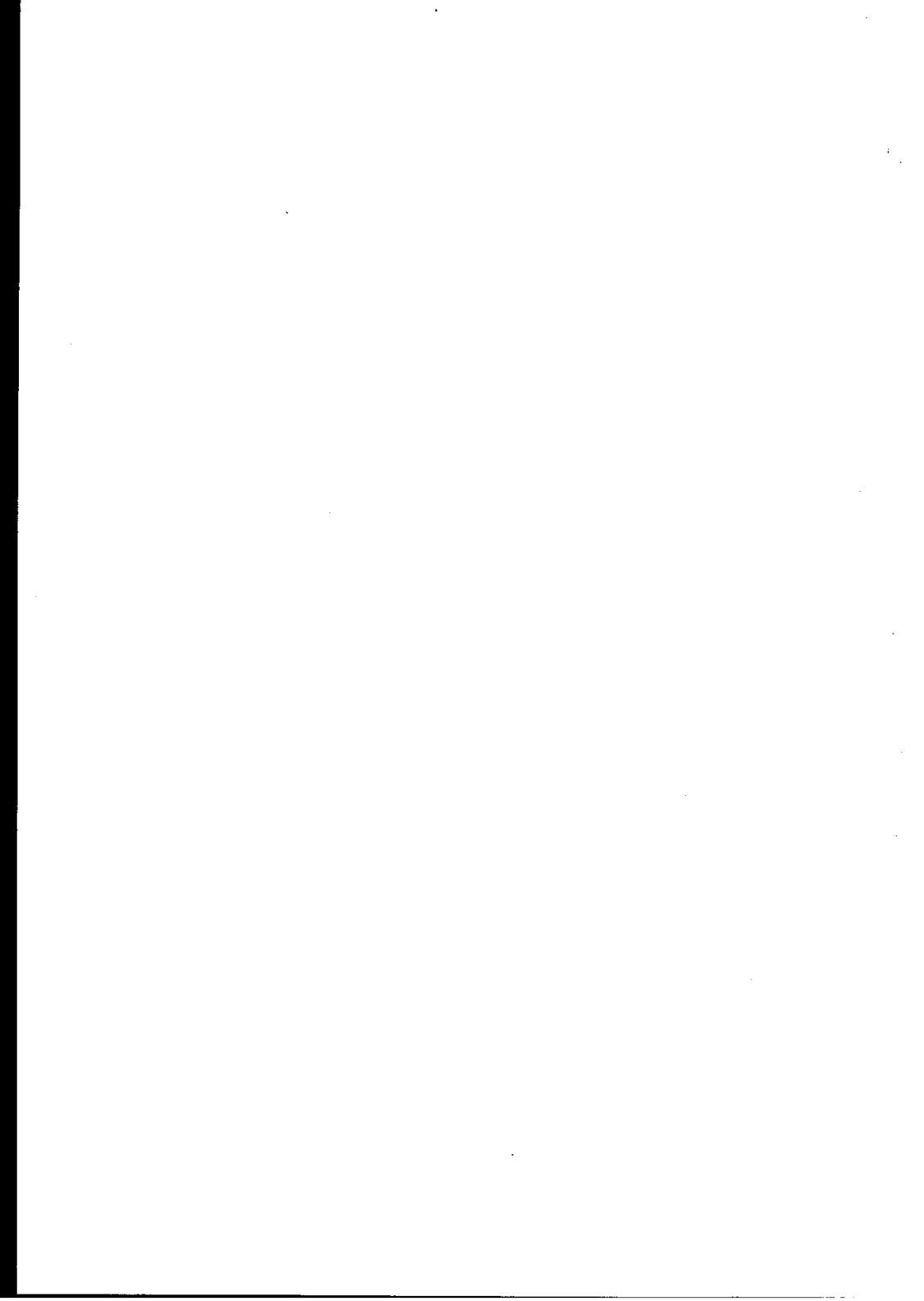












DBF - publikationer:

Nr 4:77	"The Role of Ready mixed Concrete in constr.indust"	Kr.15,-
" 6:77	"Seminar om BRUDMEKANIK" Afh. 29.sept. 1977	" 60,-
" 4:78	"Prøvningsmetoder for beton" Møde 1.3.1978	" 40,-
" 5:78	"Beton i svømmebade"(Anders Nielsen&Sv.E.Petersen)	" 30,-
" 6:79	"Betonuddannelseme i Danmark" (C de Fontenay)	" 0,-
" 7:79	"Dansk Betondag 1979"	" 55,-
" 8:79	"Nedbrydn.af beton & svingn.påvirkn.af bygværker"	" 35,-
" 9:80	"Farø broerne" Møde 3.10.1979	" 45,-
" 11:81	"Brandpåvirkede betonkonstruktioner" Møde 21.1.81	" 35,-
" 12:81	"Tilsætningsstoffer til beton" Datablad II.udg.81	" 30,-
" 14:81	"Luftindblanding i beton" Debatmøde 26.11.1980	" 25,-
" 15:82	"Plastificering af beton" Møde 30.9.81	" 35,-
" 17:83	"Holdbare svømmebassiner" (Sv. E. Petersen)	" 45,-
" 18:83	"Dansk Betondag 1983"	" 70,-
" 19:83	"Proportionering af holdbar beton"	" 60,-
" 20:84	"Demolering og genbrug af beton"	" 45,-
" 21:84	"Dansk Betondag 1984"	" 45,-
" 22:85	"Beton og frost" Nordisk Workshop okt. 1984	" 95,-
" 23:85	"Dansk Betondag 1985"	" 50,-
" 24:85	"Betonelementer - Europæisk udvikl" Møde 18.10.85	" 60,-
" 25:85	"In-situ ikke-destruktiv prøvning" Møde 6.11.1985	" 55,-
" 26:86	"Dansk Betondag 1986"	" 50,-
" 27:86	"Chlorider i armeret beton" Møde 11.12.86	" 55,-
" 28:86	"Luftporestruktur" Møde 22.1.86	" 70,-
" 29:87	"Dårlig beton - hvad nu?" Møde 18+25.3.87	" 70,-
" 30:87	"Store bro- og tunnelprojekter" Møde 26.11.86	" 60,-
" 31:87	"Dansk Betondag 1987"	" 55,-
" 32:88	"Dansk Betondag 1988"	" 60,-
" 33:89	"Dansk Betondag 1989"	" 40,-
" 34:89	"Anvisning for genanvendelsesmaterialer i beton til passiv miljøklasse"	" 30,-
" 35:90	"Anvisning for efterbehandling af beton"	" 30,-
" 36:90	"Dansk Betondag 1990"	" 55,-
" 37:91	"Dansk Betondag 1991"	" 70,-
" 38:92	"Anvisning i katodisk beskyttelse"	" 45,-
" 39:92	"Dansk Betondag 1992"	" 70,-
" 40:93	"Dansk Betondag 1993"	" 60,-
Uden nr.	Kontroljournaler 1988 - Blanketter m/vejledn.	" 75,-

**Publikationerne kan fås ved skriftlig henvendelse til:
Dansk Ingeniørforening, Møderegistreringen
Vester Farimagsgade 29, 1780 København V**

ISSN nr. 0108-0400
ISBN nr. 87-87823-87-7
TEKNISK FORLAG A/S KØBENHAVN