



AALBORG UNIVERSITY
DENMARK

Aalborg Universitet

Valg af miljøklasse for betonkonstruktioner

Jensen, B.C.; Munch-Petersen, C.; Müller, S.

Publication date:
1994

Document Version
Også kaldet Forlagets PDF

[Link to publication from Aalborg University](#)

Citation for published version (APA):
Jensen, B. C., Munch-Petersen, C., & Müller, S. (1994). *Valg af miljøklasse for betonkonstruktioner*. SBI forlag. Beton Nr. 8

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal -

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at vbn@aub.aau.dk providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Valg af miljøklasse for betonkonstruktioner



BETON 8 · STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT 1994



Valg af miljøklasse for betonkonstruktioner

Bjarne Chr. Jensen
Christian Munch-Petersen
Steven Müller



BETON 8 · STATENS BYGGEFORSKNINGSINSTITUT 1994

Beton. I denne serie udsendes orienterende og vejledende publikationer om beton-teknologi og betonkonstruktioner. Beton 1-5 blev udgivet i samarbejde med ATV-udvalget vedrørende betonbyggerkers holdbarhed.

SBI-publikationer. Statens Byggeforskningsinstituts publikationer udgives i øvrigt i følgende serier: Anvisninger, Rapporter, Meddelelser og Byplanlægning. Publikatio-nerne fås gennem boghandelen eller ved at tegne et SBI-abonnement.

SBI-abonnement er en rabatordning med mange fordele for dem, som vil sikre sig løbende orientering om væsentlige udgivelser inden for byggeforskningsområdet. Ring til SBI og hør nærmere.

ISBN 87-563-0863-9.

ISSN 0109-1263.

Pris: Kr. 140,00 inkl. 25 pct. moms.

Oplag: 2000.

Tryk: Dyva Bogtryk a/s, Glostrup.

Tegninger: Annette Juul Maausfeldt og Ervin Poulsen.

Statens Byggeforskningsinstitut:

Postboks 119, 2970 Hørsholm. Telefon 42 86 55 33.

Eftertryk i uddrag tilladt, men kun med kildeangivelse:
Beton 8: Valg af miljøklasse for betonkonstruktioner. 1994.

4	Forord.....
5	Indledning.....
5	Oversigt over indhold, 6
7	Betonnormen DS 411 og BBB, 7
7	Sammenhæng med ENV 206, 7
9	Miljøklasser i DS 411, BBB og ENV 206.....
9	Formål, 9
9	Betonsygdomme, 9
11	Forholdsregler mod betonsygdomme, 11
11	Konstruktiv forebyggelse, 11
11	Materialermæssig forebyggelse, 11
11	Udførelsesmæssig forebyggelse, 11
12	Driftsmæssig forebyggelse, 12
12	Miljøklasser i DS 411 og BBB, 12
12	Aggressiv miljøklasse, 12
13	Moderat miljøklasse, 13
14	Passiv miljøklasse, 14
14	Generalnote, 14
19	Beskrivelser for betonbroer, 19
19	Miljøklasser i ENV 206, 19
22	Specifikation af miljøpåvirkninger.....
22	De vigtigste miljøpåvirkninger, 22
25	Afgørelse af miljøpåvirkninger, 25
25	Samspil mellem miljøpåvirkninger, 25
25	Miljøpåvirkningers tidslængde, 25
25	Ændrede miljøpåvirkninger, 25
26	Miljøzoner som hjælpeværktøj.....
26	Introduktion af miljøzoner, 26
27	Grænseområder, 27
31	Kvantificering af miljøklassesevalg.....
35	Eksempler på miljøzoner og deraf følgende miljøklassesevalg.....
47	Litteratur.....
48	Summary.....
3	

I konkrete projekteringsituationer har det undertiden vist sig svært at få placeret konstruktioner og konstruktionsdele i de rigtige miljøklasser, idet det ikke altid er muligt fx blandt Basisbetonbeskrivelsens eksempler at finde dækkende vejledning. Selv ordinære konstruktionsdele kan indeholde specielle udformninger, der gør miljøklassesevaluering usikkert. Især opstår der problemer, når en konstruktionsdel hører hjemme i flere miljøklasser.

Formålet med denne SBI-udgivelse er at bidrage til øget klarhed omkring et vigtigt punkt i projekteringsarbejdet, men det skal bemærkes, at visse facetter af miljøklasseproblematikken vil være under faglig diskussion indtil den endelige europæiske norm for det betonteknologiske område foreligger i løbet af 1990'erne.

Idegrundlaget, som er blevet udviklet af direktør, professor Bjarne Chr. Jensen (Carl Bro Gruppen) og souschef, civilingeniør Christian Munch-Petersen (Dansk Teknologisk Institut, Betoncentret), udgøres af begrebet *miljøzoner*, der i publikationen fungerer som et nyttigt hjælpemiddel ved miljøklassificering.

Manskripts udarbejdelse har været støttet økonomisk af Boligministeriet ved kontorchef Flemming Letnan og af Knud Højgaards Fond.

Kommentarer er blevet indhentet hos civilingeniør Ervin Poulsen, mens civilingeniør Peter Mogensen, SBI, har foretaget den endelige redaktion.

Hans Jørgen Larsen, direktør

Statens Byggeforskningsinstitut, juni 1994

» Ved brug af Basisbetonbeskrivelsen skal den projekterende definere hver af de betontyper, der indgår i bygværket, ved angivelser af:

I Basisbetonbeskrivelsen er følgende krævet:

» Der er væsentligt, at de projekterende bruger de rigtige miljøklasser. En for lav miljøklasse kan føre til for dårlige betonkonstruktioner. Omvendt må det undgås at anvende beton af høj miljøklasse, idet dette kan fordyre byggeriet unødigt samt på længere sigt medvirke til en dårlig udnyttelse af landets råstoffsourcer.»

I cirkulærets vejledning til § 2 står der bl.a.:

» C) Beton anvendes svarende til opdeling i miljøklasser.»

brug af beton af 6. januar 1987 [5], hvor der i § 2 bl.a. står:

Blandt andet på denne baggrund har Byggestyrelsen udgivet et cirkulære om ikke opnås, hvilket kan have betydelige økonomiske konsekvenser. forkert miljøklasse kan medføre, at en rimelig holdbarhed af konstruktionerne, konstruktionen oplever fra omgivelserne, både nu og i fremtiden. Valg af projektering vælges en miljøklasse, som svarer til den aggressiveitet, som miljøklasserne. Det forudsætter naturligvis, at der for en konstruktion under udgaver af betonnormen og er gået over til talbaserede krav i afhængighed af (BBB) i 1986 har man forladt funktionskravsformuleringen i de tidligere Med udgivelsen af Basisbetonbeskrivelsen for bygningskonstruktioner [4]

kommer. foranstaltninger, som kan foreskrives, hvor særligt aggressive miljøer fore- bestandighed, jf. [3, s. 11]. Dog nævner normens vejledningsstykke særlige foreskriver, hvilke forholdstregler der skal tages for at sikre konstruktionens introduceres termen »særligt aggressive miljøer«, for hvilke normen ikke Med Dansk Ingeniørforenings Norm for betonkonstruktioner fra 1984 kelsen.

kravene til betons delmaterialer, betons sammensætning og dæklagstyk- miljøklasser. Disse benyttes i forbindelse med en differentering af minimums- DS 411 [2] fra 1973 bliver der inden for betonnormens område indført tre Plm i Alkaliudvalgets vejledning 1 [1]. Med Norm for betonkonstruktioner, Begreb »miljøklasse« er første gang anvendt i Danmark i 1961 af Niels Munk

de danske bestemmelser.

Kapitlet *Miljøklasser i DS 411, BBB og ENV 206*, side 9, beskriver miljøklasserne og de betonskader («betonsygdomme») der forebygges imod ved det rette valg af miljøklasse. Der foretages en sammenligning mellem ENV 206 og placeres i.

Hvilken miljøklasse de enkelte bygningsdele eller konstruktionselementer skal Denne publikation har til formål at hjælpe de projekterende med at fastlægge,

Oversigt over indhold

klasseme i DS 411. valgt at beskrive sammenhængen mellem miljøklasserne i ENV 206 og miljø-europæisk standard inden for det betonteknologiske område. Det er derfor 206 [6], og der er udsigt til at den inden for en kortere årrække vedtages som europæisk standard for beton. Den er udsendt som en foreløbig standard, ENV Den europæiske standardiseringsorganisation CEN er ved at udarbejde en henviser vejledningen for DS 411 til BBB, hvad angår krav til tilslag.

publikationer i dag indeholder ens krav til w/c-forhold og styrke. Endvidere en harmonisering af Basisbetonbeskrivelsen, bl.a. således at de to I forbindelse med ændringer i 1990 af betonnormen DS 411 er der foretaget *note*, side 14.

ovenstående. Et eksempel er vist i nærværende publikations afsnit *General-* generalnote, der er en særlig tegning eller beskrivelses side, der indeholder Dette kan gøres relativt kort. En attraktiv mulighed er at anvende en

- Specielle krav.»
- Eventuelle krav om begrænsning af revnevidder ved støbeskel
- Eventuelle krav til tidligste afformnings tidspunkt
- Eventuelle krav om udtørningsbeskyttelse i passiv miljøklasse
- Deklag med tilhørende tolerancer til læg
- Kontrolklasse
- Miljøklasse
- Betontype
- For hver bygningsdel skal den projekterende endvidere angive:
- Specielle krav
- Farve
- Maksimal stensørrelse
- Kontrolklasse
- Styrkeklasse
- Miljøklasse
- Betonidentifikation

Sammenhæng med ENV 206
 Det vesteuropæiske standardiseringsarbejde varetages af Comité Européen de Normalisation (CEN). Inden for det betoneteknologiske område har CEN

Endvidere skal det nævnes, at valg af miljøklasse også er afhængig af sikkerhedsklassen, fx ved jorddækkede konstruktionsdele.

DS 411 vil normalt ikke være tilstrækkeligt blot at benytte aggressiv miljøklasse efter bør altid vurderes enkeltvis med hensyn til nedbrydning og holdbarhed, og det andre konstruktionsdele i svømmebassiner, fx springlære, dæk, bjælker og søjler, klasse, mens svømmebassiner ikke er omfattet af BB. Svømmebassiner og Det skal nævnes, at svømmebassiner i DS 411 placeres i aggressiv miljø-komplet i disse tilfælde.

fejtering af disse konstruktions typer. Man skal blot erindre, at den næppe er dog ikke, at publikationen ikke kan bruges som hjælpværktøj også ved pro-leveid (ca. 80–100 år), er heller ikke omfattet af publikationen. Det betyder påvirkning. Konstruktion, hvor der ønskes sikkerhed for en meget lang mende, aggressive væsker samt bygningsdele udsat for koncentreret, kemisk der, konstruktion inden for landbrug, bygningsdele helt eller delvist i strøm-omhandler nærværende SBI-publikation ikke svømmebassiner, anlægsarbej-Ligesom BB's gyldighedsområde er sædvanlige bygningskonstruktioner,

menhæng med DS 411 og BB.
 publikation om valg af miljøklasse for betonkonstruktioner kan bruges i sam-obligatorisk i statsligt og statsstøttet byggeri. Den her foreliggende SBI-1986 er ved Byggestyrelsens cirkulære af 6.1.1987 om brug af beton gjort [3] danner i dag (1994) grundlag for projektering af betonkonstruktioner og Norm for betonkonstruktioner DS 411, udg. 3, 1984, 4. oplag (revision i 1990)

Betonnormen DS 411 og BB

konstruktionen i elementer, som hver især kun er omfattet af én miljøklasse. 35, gennemgår i detaljer et 2-etagers boligbyggeri, med henblik på at inddele Kapitel *Eksempler på miljøzoner og deraf følgende miljøklassesevalg*, side ud fra de fastlagte miljøzoner vælger miljøklasse.

Kapitel *Kvantificering af miljøklassesevalg*, side 31, beskriver, hvordan man kapitel *Miljøzoner som hjælpværktøj*, side 26, anviser veje til gode løsninger. miljøklassesevalg og den rette konstruktionsopdeling give vanskeligheder, men hver især vil placere dele af den i forskellige miljøklasser, kan det rette Da en betonkonstruktion kan være udsat for flere miljøpåvirkninger, der angreb, som en betonkonstruktion kan blive udsat for.

Kapitel *Specificering af miljøpåvirkninger*, side 22, omhandler de vigtigste

nedsat en række tekniske komiteer, som bl.a. har udarbejdet den betonteknologiske grundstandard ENV 206 »Betonegenskaber; fremstilling, udstøbning og godkendelseskriterier« [6].

ENV 206 er udkommet som en såkaldt europæisk præstandard, der efter en begrænset levetid skal revideres. Efter revision og endelig vedtagelse vil ENV 206 formodentlig sidst i 1990'erne afløse BBB og dele af DS 411.

I afsnittet *Miljøklasser i ENV 206*, side 19, foretages en sammenligning af de europæiske og danske miljøklasser.

Formål

Anvendelse af miljøklassessebejret skal sikre, at man på systematisk vis ved proportionering af beton, valg af delmaterialer, udførelse af betonarbejde og styring af betonhærdning tager højde for de miljøpåvirkninger, som betonkonstruktionen vil være udsat for under såvel opførelse som anvendelse.

Korrekt valg af miljøklasse skal sikre, at betonen under de givne miljøpåvirkninger ikke nedbrydes hurtigt på grund af indirekte fysiske og kemiske processer. Disse nedbrydningsmekanismer betegnes populært som »betonsygdomme«.

Det er i øvrigt vigtigt for konstruktionens holdbarhed at de udføres hensigtsmæssigt. Derved kan man øge konstruktionens modstand væsentligt mod miljøpåvirkningerne. Mange af vore betonskader skyldes nok så meget uheldig konstruktionsudformning som forkert valg af betonsammensætning.

Betonsygdomme

I publikationen *13 betonsygdomme*, Poulsen, Ervin, et al. [7], er der givet en teknisk begrundet oversigt over nedbrydning af beton og over de miljøpåvirkninger, der er forudsættningen for deres opståen og bestemmende for den hastighed, hvormed de udvikles. Det er vigtigt at kende sammenhængen mellem årsag og virkning (miljøpåvirkning og sygdom) for at kunne foretage et korrekt valg af miljøklasse og dermed valg af betontype.

I tabel 1 er de 13 betonsygdomme og de dertil knyttede miljøpåvirkninger sat på tabelform. Nogle af de 13 betonsygdomme er ikke egentlige sygdomme, men naturlige egenskaber hos beton, fx hærdetvare, krybning og svind. Dog er det således, at disse egenskabers udvikling er afhængig af det omgivende fysiske miljø, og en eventuel uheldig udvikling kan efterfølgende give anledning til nedbrydning («sygdom»).

Nitratangreb, sulfatangreb og syreangreb er kemiske nedbrydninger, som der ikke kan tages højde for ved blot at anbringe betonkonstruktionen hensigtsmæssigt i en af de tre miljøklasser: passiv (P), moderat (M) eller aggressiv (A). Hvor der er risiko for disse nedbrydningsmekanismer opståen på grund af det omgivende miljø, må særlige foranstaltninger tages i anvendelse.

Organisk nedbrydning af betonkonstruktioner i form af trærodde er ikke omfattet af de tre miljøklasser i DS 411 og BBB.

I kapitlet *Specifisering af miljøpåvirkninger*, side 22, er de enkelte påvirkninger mere detaljeret beskrevet.

Mekanismen	Miljøpåvirkninger								
	Vand	Chlorid	Alkali-forbindelser	Temperatur	Kuldioxid	Svovldioxid	Sulfat	Nitrat	Syre
Nedbrydningsmekanismer	+	+	+						
Alkaliaktioner	+	+			+				
Carbonatisering					+				
Chlorid-indtæring	+	+							(+)
Frost-/ø-angreb	+	+		+					
Hærdevarme				+					
Instabilitet hos frisk beton	(+)								
Krybning	+			+					
Nitratangreb	(+)							+	
Organisk nedbrydning	+								
Rusdannelse	+	+			+				
Sulfatangreb	+					+	+		
Svind	+			+					
Syreangreb	(+)				+				+

Tabell 1. Miljøpåvirkninger og derved følgende nedbrydninger. Opslillet på baggrund af Ervin Poulsen et al. [7]. + Påvirkning. (+) Påvirkning i kombination med anden miljøpåvirkning.

Carbonatisering er kun en sygdom for armeret beton, idet carbonatisering sænker betonens pH-værdi og derved ophæver passiveringen af armeringsstål i betonen. For uarneret beton er carbonatisering faktisk en fordel, idet betonen derved bliver tættere.

Betegnelsen »instabilitet hos frisk beton« dækker udskillelse af vand (bleeding) og arblanding af sten. Disse to fænomener er ikke et resultat af miljøpåvirkninger, men af betonproportioneringen og betonarbejdets udførelse.

Forholdsregler mod betonsygdomme

Som det fremgår af tabel 1 vil vand i de fleste tilfælde være en nødvendig forudsætning for at nedbrydning kan finde sted. Carbonatisering kræver ikke tilstedeværelse af vand, kun en vis fugtighed hos betonen (40-80 pct. RH), men carbonatisering er skadelig for armeret beton, hvis vand forårsager, at armeringen rustner. For at øge en konstruktions holdbarhed skal vandindtrængning derfor hindres. Hvis det forventes, at vand alligevel trænger ind, skal der for at mindske risikoen for skader vælges modstandsdygtige delmaterialer. Det er således nødvendigt at forebygge både konstruktivt, materialemæssigt og udførelsmæssigt.

Konstruktiv forebyggelse

Konstruktive løsninger, hvor *vand bortledes* (fx ved hjælp af tagudhæng, membraner og skrå flader, således at der ikke opstår vandansamlinger), er hensigtsmæssige ud fra et holdbarhedsmæssigt synspunkt. Konstruktivt kan man endvidere minimere vandindtrængning via revner ved at undgå bratte tværsnitsændringer, der kan virke som «revneavisere» (invitationer til revnedannelser). En konstruktiv beskyttelse mod vand kan øge en konstruktions holdbarhed, men indebærer også risiko for vandophobning under beskyttelsen fx som følge af kondensation af vanddamp. En vandafvisende, men vanddamppermabel overfladebehandling vil i mange tilfælde sænke vandindholdet i konstruktio- nen. Overfladebehandling i form af imprægnering og maling hører ikke under begrebet konstruktiv beskyttelse, jf. BBB p. 10.

Materialemæssig forebyggelse

For at hindre indtrængning af skadelige stoffer er betonnens tæthed afgørende. Betonnens tæthed bestemmes primært af *w/c*-forholdet. Desuden øger tilsætning af mikrosilica tætheden. For at mindske risikoen for skadelige alkaliske reaktioner kræver BBB primært anvendelse af ikke-reaktive tilsagsmaterialer og sekundært anvendelse af en cement med lavt alkaliiindhold. Ved frost/tø-påvirkninger er indholdet og fordelingen af luftbobler i cement-pastaen samt indholdet af porøse sten afgørende for, om der opstår frostska- der. Andre former for betonteknologiske forholdsregler (fx tilsætning af plastificeringsstoffer, mikrosilica og flyvasker) vil også have indflydelse på holdbarheden.

Udførelsmæssig forebyggelse

Ud over at forebygge konstruktivt og materialemæssigt er det også vigtigt for tætheden, at betonen komprimeres og efterbehandles omhyggeligt. Desuden bør placeringen af støbesejl vælges med omhu.

Driftsmæssig forebygelse

I mange tilfælde kan det være vanskeligt at forudsige betonens påvirkninger inden for den forventede levetid, ligesom det ofte er svært på projektstadiet at tage driftsmæssige, forebyggende tiltag i regning. Ved planlægning af driften bør man naturligvis søge at begrænse påvirkningerne af betonen.

Jævnlig spuling af parkeringsdæk om vinteren for at fjerne chlorider, der endnu ikke er trængt ind i betonen, og fjernelse af bevoksning tæt ved betonoverflader, fx støtemure, brokonstruktioner og betonbelægninger, er eksempler på driftsmæssig forebygelse.

En vandaftvisende men vandamppermeabel overfladebehandling kan i teorien sænke vandindholdet i konstruktionen. Praktiske erfaringer med overfladebehandlings egenskaber bør vurderes nøje – også efter flere genbehandling.

Miljøklasser i DS 411 og BBB

Art og omfang af de forholdsregler, der skal sættes i værk inden for de enkelte miljøklasser, afhænger ikke alene af miljøpåvirkningernes type, men også af deres intensitet.

I betonnormen DS 411 og i BBB er der anført tre miljøklasser: aggressiv, moderat og passiv miljøklasse. I vejledningen til DS 411 er det tillige anført, at der kan forekomme *svært aggressiv miljøer*. Disse falder uden for BBB's gyldighedsområde. Det skal bemærkes, at de særligt aggressive miljøer ikke udgør en selvstændig miljøklasse i DS 411.

I betonnormen DS 411 er anført nedennævnte sammenhæng mellem miljøpåvirkninger og miljøklasser. Se i øvrigt tabel 2.

Til *aggressiv miljøklasse* hører salt- og røgholdig atmosfære, havvand og brakvand.

Til *moderat miljøklasse* hører fugtig, ikke-aggressiv, uændret såvel som ændret atmosfære, samt strømmende eller stillestående ferskvand.

Til *passiv miljøklasse* hører tør, ikke-aggressiv atmosfære, dvs. navnlig i ændret klima.

I henhold til DS 411 og BBB kan typiske bygningsdele placeres i de tre miljøklasser som angivet i de følgende afsnit.

Aggressiv miljøklasse

Denne klasse er karakteriseret ved fugtig miljø, både inden- og uendørs, hvor der kan tilføres alkalier og/eller chlorider til betonoverfladen. I klassen er der mulighed for frostpåvirkninger. Følgende bygningsdele kan normalt placeres i denne miljøklasse:

- Udvendige dæk
- Parkeringsdæk

Tabel 2. Sammenhæng mellem miljøpåvirkninger og miljøklasser i DS 411 og BBB. – Ingen påvirkning, (–) Ikke påvirkning i nævneværdig grad. + Fåvirkning.

Miljøpåvirkninger	Miljøklasser i DS 411 og BBB		Passiv	Moderat	Aggressiv
	P	M			
Vand	–	+	–	+	+
Chlorid	–	(–)	–	(–)	+
Alkali	–	(–)	–	(–)	+
Frost	+	+	+	+	+
Kuldioxid	+	+	+	+	+
Svovldioxid	–	–	–	–	+
Sulfat	–	–	–	–	–
Nitrat	–	–	–	–	–
Syre	–	–	–	–	–

– Udvendige bjælker uden konstruktiv beskyttelse overside

– Støtmure

– Lyskasser

– Kanaler og gruber i grundvand

– Udvendige trapper

– Altaner og altankonsoller

– Betonbelægninger

– Udenørs armerede konstruktioner nær en kyststrækning

– Konstruktioner i fabriksområder med stærkt røgholdig atmosfære

– Vandbygningskonstruktioner i saltvand (fx kajmure, bolværker, moler,

dækværker, sluser og tunnelkonstruktioner)*

– Broer (men ikke nødvendigvis brofundamenter)*

– Svømmebassin*

De med * mærkede bygningsdele og konstruktioner er ikke omfattet af BBB, men kun af DS 411.

Moderat miljøklasse

Denne klasse er karakteriseret ved udenørs og indendørs fugtigt miljø, eventuelt med mulighed for frostpåvirkning. Der må ikke i nævneværdig grad kunne tilføres alkalier og chlorider til betonoverfladen.

(side 8.xx) skal stå en nøjere definition af disse krav.
 teksten i Særlig Arbejds-Beskrivelse (SAB) (8.xx). Det betyder, at der i SAB
 I det aktuelle tilfælde i figur 1 er der i generalnoten desuden henvist til

BBB's krav er indeholdt i noten.
 fx indstøbningsdele, forspænding og betonmængder. Vigtigst er det dog, at alle
 Som det ses, indeholder en generalnote også krav, der ikke vedrører BBB,
 vist i figur 1, side 16.

I en generalnote kan angives alle de supplerende krav til BBB. Et eksempel er
Generalnote

en række bygningssdele grupperet efter STB-systemet.
 I tabel 3 bringes en samlet oversigt over typiske miljøklasselaceringer for

- Jorddækkede fundamenter i lempet og normal sikkerhedsklasse.
 - Konstruktioner i indendørs, tørt miljø
 - dele kan normalt placeres i denne miljøklasse:
- Betonen skal blot beskytte armeringen mod at korrodere. Følgende bygningss-
 Denne klasse er karakteriseret ved et tørt miljø uden chloridpåvirkning.

Passiv miljøklasse

- Elevatorrubber.
 - Ingentørge
 - Installationskanaler
 - Altanbrytninger
 - Udvendige bjælker med konstruktiv beskyttelse
 - Udvendige søjler
 - Udvendige vægge og facader
 - Kælderydervægge delvis over terræn
 - Jorddækkede fundamenter i høj sikkerhedsklasse
 - indendørs beton i fugtige lokaler (fx badeværelser)
 - udendørs beton i bygningsskonstruktioner
 - uopvarmede bygninger
 - gennemløb
 - vandledninger
 - jorddækkede tunneler
 - indendørs betonbelægninger
 - tribuner
 - tårne
 - beholdere
 - Konstruktioner udsat for ferskvand
 - Fundamenter delvis over terræn
- Følgende bygningssdele kan normalt placeres i denne miljøklasse:

Tabel 3. Bygningsdelens typiske placering i miljøklasser

Bygningsdel	Passiv miljøklasse	Moderat miljøklasse	Aggressiv miljøklasse	
(1.) Almennt, bygningsbas	(104) Pefundamenter og brøndfundamenter	×		
	(105) Fundamenter i terræn	×		
	(121) Liniefundamenter	×		
	(122) Punktfundamenter	×		
	(123) Pladefundamenter	×		
	(104) Pæle- og brøndfundamenter i høj sikkerhedsklasse	×		
	(105) Fundamenter i terræn i høj sikkerhedsklasse	×		
	(121) Liniefundamenter i høj sikkerhedsklasse	×		
	(122) Punktfundamenter i høj sikkerhedsklasse	×		
	(123) Pladefundamenter i høj sikkerhedsklasse	×		
(2.) Almennt, primære bygningsdele	(202) Hegnsmure			
	(203) Støtemure			
	(204) Teknigange i terræn inkl. rørroer og tunneler	×		
	(205) Fodgængerbroer, viadukter	×		
	(206) Trapper og ramper i terræn	×		
	(211) Kælderydervægge	×		
	(212) Trapper	×		
	(213) Ydervægge	×		
	(221) Kælderdervægge	×		
	(222) Kælderdervægge	×		
(3.) Almennt, kompletterende bygningsdele	(332) Svømmende gulve	×		
	(334) Søkler til maskiner m.m.	×		
	(361) Rækværker, bryrsninger	×		
	(4.) Almennt, overfladebygningsdele	(402) Sier, belægninger		×
		(403) Vej-, parkeringsarealer, belægninger		×
		(404) Opholdsarealer, belægninger		×
		(405) Sports- og havearealer, belægninger		×
		(406) Trapper og ramper i terræn, overflader		×
		(104) Pefundamenter og brøndfundamenter		
		(105) Fundamenter i terræn		
(121) Liniefundamenter				
(122) Punktfundamenter				
(123) Pladefundamenter				
(104) Pæle- og brøndfundamenter i høj sikkerhedsklasse				
(105) Fundamenter i terræn i høj sikkerhedsklasse				
(121) Liniefundamenter i høj sikkerhedsklasse				
(122) Punktfundamenter i høj sikkerhedsklasse				
(123) Pladefundamenter i høj sikkerhedsklasse				
(131) Kældergulv og krybekældergulv i ført miljø				
(132) Terrændæk i ført miljø				
(131) Kældergulv og krybekældergulv i fugtigt miljø				
(132) Terrændæk i fugtigt miljø				
(181) Kanaler under terrændæk				
(181) Kanaler under terrændæk i grundvand				
(182) Gruber og sumpe				
(182) Gruber og sumpe i grundvand				
(202) Hegnsmure				
(203) Støtemure				
(204) Teknigange i terræn inkl. rørroer og tunneler				
(205) Fodgængerbroer, viadukter				
(206) Trapper og ramper i terræn				
(211) Kælderydervægge				
(212) Trapper				
(213) Ydervægge				
(221) Kælderdervægge				
(222) Kælderdervægge				
(223) Skåtvægge, skorstensvaner, installationskæbe m.m.				
(224) Skåbe for elevatore				
(231) Kælderdæk og krybekælderdæk				
(232) Etagedæk i husbygning, ej P-hus				
(232) Etagedæk, P-hus				
(233) Tagdæk, Særlige dæk under opbyggede tage				
(241) Kældertrapper, udvendige				
(242) Trapper, udvendige				
(243) Trapper, indvendige				
(244) Ramper, udvendige				
(245) Ramper, indvendige				
(261) Altaner og altangange, udtragede				
(262) Altaner og altangange, ftiliggende				
(263) Altaner og altangange, påhængte				
(264) Altaner og altangange, fritstående				

I figur 2 og 3 er vist typiske eksempler på skemaer ved anvendelse af generalnoterprincippet.

«Særlig arbejdsbeskrivelse
I generalnoten er på skemaform angivet:
Konstruktionsopdeling på betontyper
Miljøklasse
Kontrolklasse
Styrkeklasse
Maksimal stenstørrelse
Dæklag med tilhørende tolerancetilæg
Krav til største temperaturforskkel under hverdning
Krav til tidligste afformningsstidspunkt
Krav til udtørningsbeskyttelse i passiv miljøklasse
Krav til overflade og farve
Betonenidentifikation (navn).»

Hvis man benytter generalnoterprincippet, bør det i det angivne tilfælde suppleres med en tekst som:

Figur 1. Eksempel på generalnote.

Generalnote for bygningsdele in situ		Generelle krav					Specielle krav	
Renslag, massebeton	P	L	5	32				
	P	N	10	32				
	P	N	15	32	10/10			
	P	N	30	16	10/5	Søllekonsol med skærpet tolerance		
	P	N	30	32	20/10	Rævneanvisning. Se 8. xx		
Uarmerede fundamenter	P	N	10	32				
	P	N	15	32	10/10	Vinterstøbning: Sten M + luft		
Dæk og gulve	P	N	20	32	10/10	Beskyttelse mod udtørring. 8. xx		
	P	N	30	16	10/5	Søllekonsol med skærpet tolerance		
	M	N	30	32	20/10	Rævneanvisning. Se 8. xx		
	A	N	35	16	30/5	Temperaturkontrol ramper, se 8. xx		
	A	S	35	32	30/10	Hvidbeton, overfladestruktur. 8. xx		
Støtmur	P	L	5	32				
	P	N	10	32				
	P	N	15	32	10/10	Vinterstøbning: Sten M + luft		
	P	N	30	16	10/5	Søllekonsol med skærpet tolerance		
	P	N	30	32	20/10	Rævneanvisning. Se 8. xx		
Kælderavgge udv.	M	N	30	32	20/10	Rævneanvisning. Se 8. xx		
	A	N	35	16	30/5	Temperaturkontrol ramper, se 8. xx		
Trapper, ramper og lyskasser udv.	A	N	35	16	30/5	Temperaturkontrol ramper, se 8. xx		
	A	S	35	32	30/10	Hvidbeton, overfladestruktur. 8. xx		
Temperaturkontrol	35-1-A	2	(11.1)					
	35-2-A	1	(513)					
Miljøklasse	30-1-M	1	(10)					
	30-1-P	2	(6.1)					
Kontrolklasse	20-1-P	3	(7)					
	15-1-P	3	(3)					
Styrke	10-1-P	1	(2)					
	5-1-P	1	(1)					
Stenstørrelse	5-1-P	1	(1)					
	10-1-P	1	(2)					
Minimum dæklag og tolerancetilæg	10-1-P	1	(2)					
	15-1-P	3	(3)					
Indstøbningsdele	20-1-P	3	(7)					
	30-1-P	2	(6.1)					
Prøvestøbning	30-1-M	1	(10)					
	35-1-A	2	(11.1)					
Form	35-1-A	2	(11.1)					
	35-2-A	1	(513)					
Tolerancer	35-1-A	2	(11.1)					
	35-2-A	1	(513)					
Overflade og farve	35-1-A	2	(11.1)					
	35-2-A	1	(513)					
Udtørningsbeskyttelse	35-1-A	2	(11.1)					
	35-2-A	1	(513)					
Afformningsstyrke	35-1-A	2	(11.1)					
	35-2-A	1	(513)					
Temperaturkontrol	35-1-A	2	(11.1)					
	35-2-A	1	(513)					
Forpænding	35-1-A	2	(11.1)					
	35-2-A	1	(513)					
Betonnæmngde	35-1-A	2	(11.1)					
	35-2-A	1	(513)					
Kontrolansnit	35-1-A	2	(11.1)					
	35-2-A	1	(513)					
Fordeling	35-1-A	2	(11.1)					
	35-2-A	1	(513)					

Figur 2. Skema for betontyper:

Beton- type	Miljø- klasse	Styrke- klasse	Kontrol- klasse	Maks. sten- størrelse	Farve	Specielle krav

GENERALNOTE I

GENERALNOTE II

Byg- nings- type	Beton- type	Miljø- klasse	Kontrol- klasse	Dæklag	Specielle krav: Udørring Afforming Temperatur- forskelle i støbeskel	Kontrol- afsnit																	

Figur 3. Skema for sammenhæng mellem betontype og bygningsdel.

Beskrivelser for betonproer

Vejdirektoratets og DSB's »Almindelig arbejdsbeskrivelse« (AAB) [8] indeholder et »paradigma for generalnote«, hvori forskellige konstruktionsdele placering i miljøklasser er fastlagt.

Følgende konstruktionsdele skal placeres i *aggressiv miljøklasse*:

- Brodæk
- Vægge
- Søjler
- Vederlag
- Høje

- Fundamenter (frostpåvirkede)
- Pæle i vand eller aggressiv jord

- Kantbjælkeelementer.

Følgende konstruktionsdele skal mindst placeres i *moderat miljøklasse*:

- Armerede pæle

- Armerede fundamenter (frostfri)

- Uarmerede fundamenter (frostfri)

Følgende konstruktionsdele placeres i *passiv miljøklasse*:

- Renselag. Uafhængigt af om miljøet er passivt eller ej.

Der er stor overensstemmelse mellem betonkrav i AAB og BBB. De væsentligste forskelle mellem AAB og BBB er ifølge AAB [8] følgende:

- AAB har et minimumscementindholdskrav for at sikre mod ekstrem udnyttelse af pozzulaner og for at sikre at betonerne er rimeligt traditionelle.
- AAB tillader kun én cementtype, nemlig lavalkali-sulfatbestandig portland-cement.

- AAB stiller krav til ensartetheden i denne cements varmedvikling.

- AAB stiller krav om kubiske korn i stenfraktionen for aggressiv og moderat miljøklasse.

Miljøklasser i ENV 206

De miljøklasser, som den nuværende udgave af ENV 206 beskriver, kan »oversættes« til danske forhold som vist i tabel 4.

Sammenholder man de egentlige miljøpåvirkninger fra tabel 1 med de miljø-påvirkninger, der er tilladte i miljøklasserne i DS 411, BB8 og ENV 206, får man tabel 5.

Tabel 4. Sammenligning af miljøklasser i ENV 206 med miljøklasser i DS 411 og BBB.

Exposure class	Examples of environmental conditions	Miljøklasse ifølge BBB og DS 411	Passiv miljøklasse
1	Dry environment Interior of dwellings or offices ¹⁾		
2	Humid environment without frost	a) Interior of buildings where humidity is high (e.g. laundries) - Exterior components - Components in non-aggressive soil and/or water	Moderat miljøklasse
		b) Exposed to frost - Exterior components exposed to frost - Components in non-aggressive soil and/or water - Interior components where the humidity is high and exposed to frost	
3	Humid environment with frost and de-icing agents		Aggressiv miljøklasse
4	Sea-water environment without frost	a) Components completely or partially submerged in seawater, or in the splash zone - Components in saturated salt air (coastal area)	
		b) Components completely or partially submerged in seawater, or in the splash zone and exposed to frost - Components in saturated salt air and exposed to frost	
The following classes may occur alone in combination with the above classes:			
5	Aggressive chemical environment ²⁾	a) Slightly aggressive chemical environment (gas, liquid or solid) - Aggressive industrial atmosphere	Særligt aggressive miljøer – er ikke dækket af DS 411 og BBB
		b) Moderately aggressive chemical environment (gas, liquid or solid)	
		c) Highly aggressive chemical environment (gas, liquid or solid)	

1. This exposure class is valid only as long as during construction the structure or some of its components is not exposed to more severe conditions over a prolonged period of time.
2. Chemically aggressive environments are classified in ISO 9690. The following equivalent exposure conditions may be used:

Exposure class 5 a: ISO classification A1G, A1L, A1S
Exposure class 5 b: ISO classification A2G, A2L, A2S
Exposure class 5 c: ISO classification A3G, A3L, A3S

Tabel 5. Miljøpåvirkninger i miljøklasserne i DS 411, BB og ENV 206.
 – Ingen påvirkning. (–) Ikke påvirkning i nævneværdig grad. + Påvirkning.

Miljø- påvirkninger	P	M	A	ENV 206				
				1	2	3	4	5
Vand	–	+	+	–	+	+	+	+
Chlorid	–	(–)	+	–	–	+	+	+
Alkali-forb.	–	(–)	+	–	–	+	+	+
Frost	+	+	+	–	+	+	+	+
Kuldiioxid	+	+	+	+	+	+	+	+
Svovldioxid	–	–	+	–	–	–	–	+
Sulfat	–	–	–	–	–	–	–	+
Nitrat	–	–	–	–	–	–	–	+
Syre	–	–	–	–	–	–	–	+

ENV 206 definerer i kapitlet vedrørende holdbarhedskrav en række miljø-
 klasser (MK):

MK 1 Tørt

MK 2a Fugtigt, uden frost

MK 2b Fugtigt, med frost

MK 3 Fugtigt, med frost og løsalt

MK 4a Havvand, uden frost

MK 4b Havvand, med frost

MK 5a Aggressivt kemisk miljø (lav)

MK 5b Aggressivt kemisk miljø (middel)

MK 5c Aggressivt kemisk miljø (høj)

Herefter anføres holdbarhedskrav til en række parametre afhængig af miljøklassen. Der stilles krav til:

– Max. w/c-forhold

– Min. cementindhold

– Min. luftindhold i frisk beton

– Frostsikkert tilslag

– Betonens permeabilitet

– Cementtyper

Det skal bemærkes, at der åbnes mulighed for også at stille holdbarhedskrav via minimum betonsstyrke, såfremt nationale regler kræver det.

Specificering af miljøpåvirkninger

De vigtigste miljøpåvirkninger

Ved valg af miljøklasse for betonkonstruktioner er det af afgørende betydning for holdbarheden, at der foretages en korrekt afgrænsning af miljøklassernes aktualitetsområde. Dette kræver en analyse af hver enkelt miljøpåvirkning, som betonkonstruktionen udsættes for, og til denne analyse kan begrebet miljøzone være nyttigt, jf. kapitlet *Miljøzoner som hjælpeværktøj*, side 26.

Ifølge BBB er de væsentligste årsager til nedbrydning af beton følgende:

- Frostangreb. Alkalkaliselsreaktioner. Armeringskorrosion. Kemiske angreb.

Med udgangspunkt i SBI-publikationen »13 betonsygdomme« kan følgende miljøpåvirkninger betragtes som værende af primær betydning for såvel uarmerede som armerede betonkonstruktioner:

a) Indtrængning i pasta, revner og porositeter af:

- vand
- kuldioxid
- svovldioxid
- alkali-forbindelser
- chloridforbindelser.

b) Pastaopløsende påvirkninger i form af:

- sulfater
- nitrater
- syrer, fx saltsyre og svovlsyre.

c) Temperaturmæssige påvirkninger, nemlig:

- frost
- forhøjede temperaturer.

I det følgende gives eksempler på kilder til de enkelte miljøpåvirkninger.

Vand

Tilstedeværelsen af vand er stort set altid en betingelse for at nedbrydningsprocesserne optræder. Vand kan stamme fra bl.a. regnvand, grundvand, smeltevand fra sne og is, vanddamp, kondensvand, havvug og tåge. Konstruktionsdele af beton, som er i kontakt med grundluft, vil få et væsentligt fugttilskud ved kapillarsugning, fx bropiller og dæmninger. Ved fordampning vil der forekomme en opkoncentration af salte, fx chlorider og alkalimetaller. I praksis vil vandindholdet i udenbørs beton variere. Erfaringerne tyder på at sådanne skiftende vandindhold giver en øget risiko for skadelig nedbrydning.

medfører ligeledes aggressiv påvirkning af betonkonstruktionen. Chloridpåvirkning fra luftbåret havvand i områder nær kyststrækninger nedsetter betonens rustbeskyttende virkning.

hvor kapillarsugning resulterer i ophobning af chlorid. Chloridpåvirkningen vand og sne tilføres i forbindelse med trafik på betonkonstruktioner eller 3) med chloridholdige salte på gang- og kørebanearealer, 2) hvor chloridholdigt Påvirkning sker 1) hvor der i forbindelse med glatførebekæmpelse tilsættes

Chlorider

betonen - stammende fra fx cement, tilsætningsstoffer og tilslag. Alkalmimetallionerne findes fx i tørsalt og havvand, men også naturligt i selve fladen samt i springere og revnedannelser i overfladen.

af afalkaliskiserreaktioner. Reaktionen kan resultere i gældannelse på betonovertreaktivt tilslag og vand kan give problemer med betonens holdbarhed på grund Det er tilstedeværelsen af alkalmimetallionerne Na^+ og K^+ , som i forbindelse med Alkaliforbindelser

svovldioxid SO_2 forekommer især i by- og industriatmosfære og giver anledning til dannelse af calciumsulfat i overfladen af ubeskyttet beton. Betonen mister med tiden sin styrke og rustbeskyttende virkning.

Svovldioxid

medføre kultsyreangreb (udludning) som opløser kitmassen. Tilstedeværelsen af vand, der indeholder kuldioxid, fx surt grundvand, kan i det efterfølgende fugtige miljø.

idet betonen carbonatiserer hurtigt i tørt miljø, hvorefter armeringen korroderer. Der er størst risiko for armeringskorrosion ved vekslende relativ fugtighed, carbonatiseret beton.

beton ikke en rustbeskyttende virkning. Stålarmering kan derfor korrodere i tættere ved den deraf følgende carbonatisering. Til gengæld har en carbonatiseret RF. Kuldioxidindtrængning er en fordel for uarmet beton, da betonen bliver ringshastighed forekommer, når betonens relative fugtighed er omkring 60 pct. vand samt kalciumkarbonat; betonen carbonatiserer. Den største carbonatisering 40 og 80 pct. Kuldioxid reagerer med betonens kalciumhydroxid og danner Kuldioxid trænger ind i betonen, når betonens relative fugtighed er mellem indeholder 0,05 vægt-pct. kuldioxid.

Kuldioxid er naturligt forekommende i atmosfæren. Tør atmosfærisk luft (*Kuldioxid (carbondioxid)*)

binde vandet inde i betonen. Stærkt chloridbelastet beton vil have et forhøjet vandindhold, idet chlorid i lighed med en række andre salte er hygroskopiske, og dermed er i stand til at

Havand omkring Danmark indeholder chlorid i en koncentration, der varierer fra 0,4 pct. i Østersøen til ca. 1,7 pct. i Nordsøen. Ifølge Verbeck og Kliegers undersøgelse [9] udvikler frostskafer sig kraftigt ved chlorid-koncentrationer omkring 2 pct. Dette skal sammenholdes med, at Cl⁻-koncentrationen er 16 pct. og 27 pct. i mættede opløsninger af henholdsvis NaCl og CaCl₂.

Sulfat-, nitrat- og syrepåvirkninger

Sulfat-, nitrat- og egentlige syrepåvirkninger hører under kemiske påvirkninger, som ikke er dækket af denne SBI-publikation. Der henvises til speciallitteraturen for yderligere oplysninger. Påvirkningerne optræder ofte ved landbrugsbyggeri og på konstruktioner der anvendes til opbevaring af gødning. Kuldiioxid er dog medtaget som »syre«, jf. ovenfor.

Sulfat-, nitrat- og syrepåvirkninger er dog medtaget i denne oversigt, idet de ved særlige konstruktioner kan forekomme lokalt stammende fra både natur- og kunstgødning samt i forbindelse med splidevand. Landbrugsbyggeri er uden for BBB.

Sulfat kan forekomme i grundvand, overfladevand, havvand samt i splidevand. I grundvand kan sulfat stamme fra gipsaflejninger, fra forvitring af svovlsis eller fra gødningsstoffer, der indeholder sulfat.

Det skal nævnes, at røgholdige miljøer som industrimråder og stærkt trafikerede veje også medfører syreangreb som følge af SO₂ og SO₃ i luften. Det er dog tvivlsomt, om disse angreb er stærkere tæt ved forureningskilden, eller om vej- og vind jævner påvirkningerne ud over større områder.

Temperaturmæssige påvirkninger

Temperaturforholdene i en betonkonstruktion vil være bestemt af den konstruktive udformning, den fysiske placering og af anvendelsen. Lufttemperatur, tilstødende konstruktionselementers temperatur, omgivelsernes strålingsstemperatur, solstråling og vindhastighed er vigtige parametre i bestemmelsen af temperaturforholdene.

De nødvendige betingelser for frostskafers opståen er hel eller delvis vandmætning, samt temperatur under 0 °C. Meget lave temperaturer kan forekomme i frostrum og i udedørs vandrette betonoverflader, der på klare nætter har »frit udsyn« til himmelrummet.

Temperaturen har stor indflydelse på den hastighed, hvormed nedbrydningen foregår, idet såvel de kemiske reaktionshastigheder som betons fysiske egenskaber er temperaturafhængige. I konstruktioner anvendt inden for industri og anden produktionsvirksomhed kan der lokalt forekomme forhøjede temperaturer, der vil accelerere en eventuelt forekommende nedbrydning-mekanisme (skorstene).

Ændrede miljøpåvirkninger
 Ændrede miljøbelastninger kan forekomme, enten ved at konstruktionen anvendes på en anden måde end projekteringen forudsatte, eller ved at der optræder svigt. For eksempel kan en beton med reaktivt tilslag beregnet for passiv miljø-klasse meget hurtigt udvikle revner og springere, hvis betonen eksempelvis på grund af fugevigt udsættes for alkaliholdigt vand stammende fra tøsalting. Der henvises til BYG-ERFA-bladene; fx »Smuldring af beton udsat for aggressive gasser«, 930607. Miljøpåvirkningerne kan også reduceres fx ved inddækning af betonelementer, påføring af membraner, overfladebeskyttelse eller etablering af katodisk beskyttelse.

Miljøpåvirkningers tidsafhængighed
 En væsentlig parameter, der skal tages hensyn til ved bedømmelse af miljøpåvirkningerne, er den tid, hvori konstruktionen er udsat for de forskellige påvirkninger. For de fleste miljøpåvirkninger kan der ved små påvirkninger over en lang periode risikeres samme skadegrad af konstruktionen, som ved kraftige påvirkninger over en kort periode. For andre miljøpåvirkninger kan selv en kortvarig påvirkning være skadelig.

Samspil mellem miljøpåvirkninger
 Forskel i miljøpåvirkninger er årsag til, at nedbrydning af betonkonstruktioner kan ske med forskellig hastighed. Dette forhold kendes også fra andre byggematerialer, fx træ. Betonforvitring og armeringskorrosion er ofte en kombination af flere forskellige påvirkninger. Hvis man ser isoleret på de enkelte påvirkninger, kan de være mere eller mindre uskadelige for betonkonstruktionerne, mens de ved kombination (synergi) er skadelige.

Det kan være vanskeligt at fastlægge de områder, hvori eller hvorpå påvirkningerne finder sted. Fx kan vind presse vand ind og op i konstruktionen, og chloridioner kan transporteres med overfladevand.
 Ved fastlæggelse af områder i samme miljøklasse er det vigtigt at være opmærksom på eventuelle svigt af konstruktionselementer i driftfasen. Fx vil svigt i driftfasen. Alternativt skal eftersyn af fuger indgå som en fast skemalagt del af den almindelige drift og vedligeholdelse, og den projekterende har da et betydeligt ansvar for at sikre sig, at den kommende brugergøres tydeligt opmærksom herpå.

Ved projektering bør man derfor udstække de højere miljøklasser (jf. afsnittet *Ændrede miljøpåvirkninger*, side 25) til områder, som inddrages ved alternativt skal eftersyn af fuger indgå som en fast skemalagt del af den almindelige drift og vedligeholdelse, og den projekterende har da et betydeligt ansvar for at sikre sig, at den kommende brugergøres tydeligt opmærksom herpå.

Introduktion af miljøzoner

I de tilfælde, hvor DS 411 og BB samt nærværende publikations tabel 3, side 15, direkte anfører en miljøklasse for en konstruktionsdel, kan der ikke være tvivl om valget af miljøklasse.

Problemerne melder sig derimod for eksempel ved konstruktioner med komplicerede geometri, eller hvor konstruktionsselementerne af produktions- niske eller arkitektoniske årsager bryder klimaskærmen. Ligeledes giver områder, der støder op til beægminger, betydelige problemer.

I disse og andre komplicerede tilfælde kan den projekterende med fordel opdele konstruktionerne i zoner, hvori de enkelte miljøpåvirkninger virker. Disse zoner betegnes miljøzoner.

Definition

En miljøzone er det område af en konstruktion, der er udsat for en givet enkelt- miljøpåvirkning.

Miljøzoneopdelingen kan hjælpe den projekterende til at placere konstruktions- og bygningssdele i den rette miljøklasse samt til at skabe klarhed over, hvilke områder der er kritiske med hensyn til udførelse/drift, således at passende for- anstaltninger kan planlægges i tide, fx ved at ændre konstruktionsformning. På figur 4 er det eksempelificeret, hvorledes en bygningskonstruktion kan inddeles i miljøzoner.

Når bygningen er opdelt i miljøzoner, kan bygningssdelene derefter placeres i miljøklasser. Kriterier for miljøklassesevalget er gennemgået i kapitlet *Kvan- tificering af miljøklassesevalg*, side 31.

Miljøklasseseinddeling kræver en redegørelse for, hvilke enkeltmiljø- påvirkninger, der er indeholdt i de forskellige miljøklasser. Som eksempel indeholder DS 411 og BB's moderate miljøklasse følgende enkeltmiljø- påvirkninger.

- Vand
 - Chlorid
 - Alkali
- } ikke i nævneværdig grad
- Frost
 - Kuldioxid

I tabel 2, side 13, er der nærmere redegjort herfor.

Der er tradition for at bygningsdele placeres i miljøklasser efter grænsefladerne mellem de enkelte bygningsdele.

Det betyder, at den projekterende har valgt mellem at placere hele bygningsdelen i den miljøklasse, der svarer til det hårdest påvirkede område, eller at placere bygningsdelen i den miljøklasse som svarer til en gennemsnitlig miljøpåvirkning. Den første løsning fordyrer byggeriet og den anden reducerer holdbarheden af byggeriet.

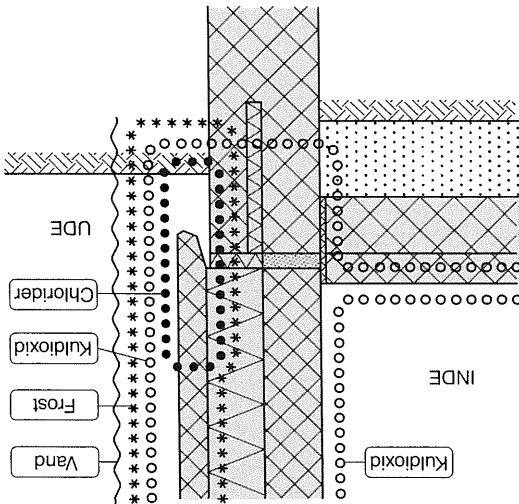
Løsningen på problemet er at søge at placere grænsefladerne mellem de enkelte bygningsdele svarende til de enkelte miljøklassers (og dermed miljøzoners) grænseflader. Et eksempel på denne problemstilling er facadefoden ved en altanangang, se figur 5, side 28.

Altanangangen er i aggressiv miljøklasse, fordi den har opadvendt, vandret overflade. Den kan og vil blive udsat for tørsalt. Det samme gælder for den nederste del af facaden, fordi snerydning og sprøjt af sjap og smeltvand kan føre chlorider og alkalier til den nederste del af facaden, mens resten af facaden kan placeres i moderat miljøklasse, fordi den kun påvirkes af regnvand, ikke har vandrette, opadvendte overflader og ikke saltes.

Denne problemstilling med flere miljøklasser knyttet til samme bygningsdel kan fx løses på følgende måder:

Grænseområder

Figur 4. Eksempel på fordeling af miljøzoner i en konstruktion. Afhængigt af forholdene kan det blive aktuelt på skitser at arbejde med zonegrænser for påvirkninger fra vand, chlorid, alkaliforbindelser, frost, kuldioxid, svovldioxid, sulfat, nitrat og syre.

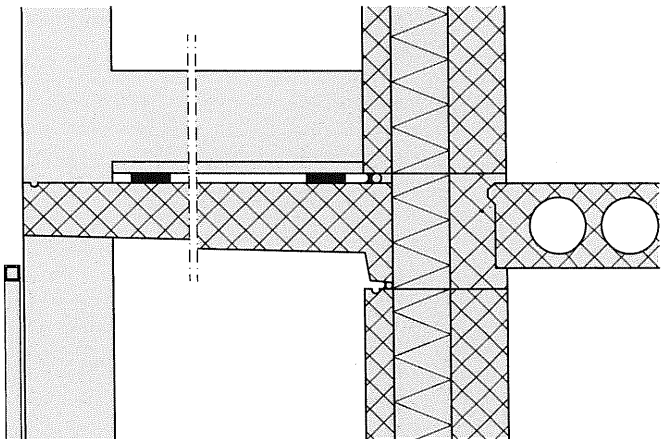


c) Ved konstruktive forebyggeser fjernes nogle af miljøpåvirkningerne, hvorved miljøzonerne svarer til aggressiv miljøklasse flytes væk, således at hele facadeelementet kan placeres i moderat miljøklasse. Dette kan fx gøres ved at ardfække den nedreste del af facadeelementet med en plade, som er modstandsdygtig over for påvirkningerne og som fjerner miljøpåvirkningerne på betonelementet. Løsningen er dog ikke altid problemfri. Derimod kan det ikke blot foreskrives, »at der ikke må saltes«. En sådan forskrift vil med garanti ikke blive fulgt.

b) Den sikre løsning består i, at hele facadeelementet placeres i aggressiv miljøklasse, se figur 7. Det vil fordyre byggeriet, men kan på længere sigt blive billigere i vedligeholdelsesomkostninger end hvis man valgte at placere hele elementet i moderat miljøklasse.

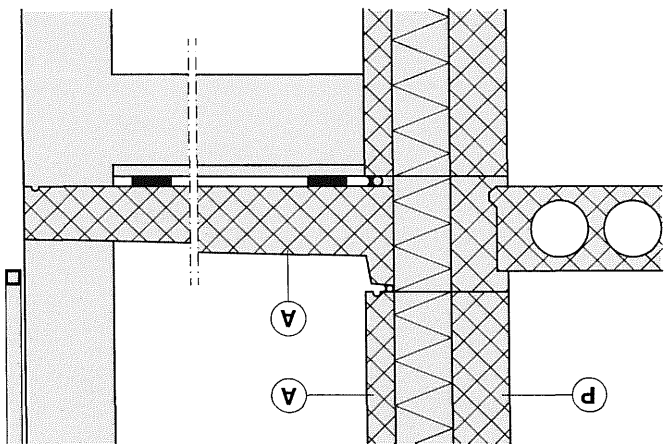
a) Den nedreste del af facaden (ca. 0,2–0,3 m) placeres i aggressiv miljøklasse lig to-trins fuger som i en traditionel elementsamling. medmindre produktionen udføres særlig omhyggeligt eller der udføres egentablet et støbeskel eller en fugesamling, som formentlig ikke bliver tæt, idet der skal støbes med to forskellige betontyper og at der skal ulemper, idet der indbærer produktionsmæssige og det indbærer produktionsmæssige og resten af facaden i moderat miljøklasse, se figur 6. Dette betyder, at der i

Figur 5. Facadefod ved altangang. Når miljøpåvirkningerne er klarlagt, kan miljøklasserne bestemmes. Selve altangangen og den nedreste del af facaden er i aggressiv miljøklasse, mens resten af facaden er i moderat miljøklasse. Det er problematisk, at en bygningsdel er i to miljøklasser.

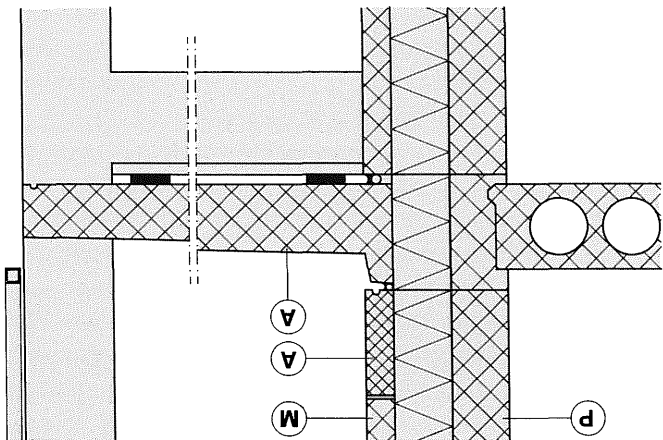


(d) Den ideelle løsning set ud fra et miljøklasssehensyn er placering af samlinger og fuger i overensstemmelse med miljøzonegrænserne, fx en højere liggende fuger (0,2–0,3 m) mellem altanpladen og facadeelementet. Arkitektoniske og konstruktive hensyn kan måske vanskeliggøre løsningen. Et andet eksempel

Figur 7. Facadefod ved altangang. Placering af hele facadelementet i aggressiv miljøklasse giver en sikker løsning, men højere anlægsudgifter end placering i moderat miljøklasse. Til gengæld kan omkostningerne til vedligehold blive mindre.



Figur 6. Facadefod ved altangang. Hvis man for at løse problemet i figur 5 anvender to forskellige betontyper over og under en fugesamling eller et støbeskel, får man let vanskeligheder med tæthed eller produktion.



med en lignende problemstilling er et betonsandwichelement som facadeelement. Forpladen placeres traditionelt i moderat miljøklasse og bagpladen i passiv miljøklasse. Ofte udføres det indvendige dæklag på forpladens armering svarende til et dæklag i passiv miljøklasse, simpelthen for at gøre forpladen tyndere. Dette reducerede dæklag er formentlig i strid med DS 411 og BBB, men er måske acceptabelt, hvis isoleringen bag på forpladen fastholdes til denne. Skønnes der at være risiko for, at isoleringen løsner sig eller der på anden måde er mulighed for, at vand eller fugtig luft bestryger bagsiden, skal dæklaget ubetinget vælges svarende til moderat miljøklasse. Det kan imidlertid også hævdes, at betonsandwichelementers forplader bør placeres i *mindst* moderat miljøklasse ud fra den betragtning, at betonen under alle omstændigheder har et fugtindhold, der svarer til udenørs og fugtigt miljø på grund af betonsens kapillære sugeløshed, og at der er mulighed for frospåvirkning.

Kvantificering af miljøklasser

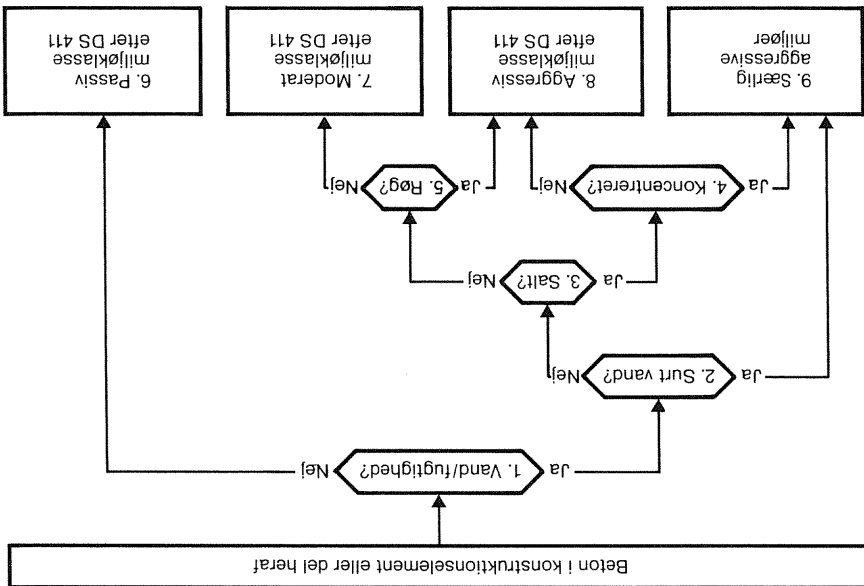
Når miljøpåvirkningernes art og udstækning på konstruktionen er fastlagt ud fra de typer, der er anført i tabel 1 (side 10), og konstruktionen på grundlag heraf er opdelt i miljøzoner, kan hver miljøzone klassificeres ved en miljøklasse i DS 411 og BBB. Dette kan ofte umiddelbart gøres ud fra tabel 2 (side 13), ellers kan nedenstående tabel 6 anvendes som en orienterende vejledning. Se også beslutningsdiagrammet i figur 8, side 32.

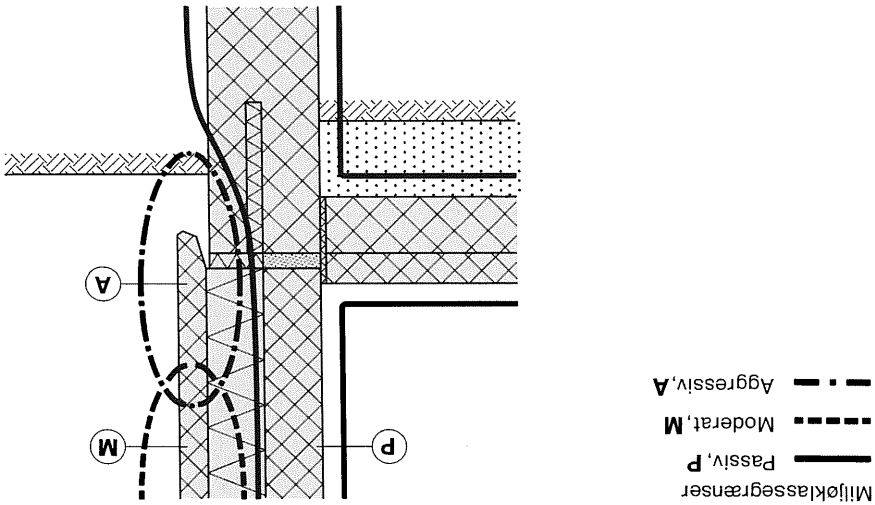
Tabel 6. Valg af miljøklasse for betonkonstruktioner ud fra miljøzoner. Tabelens tal for kystnære områder er skønnede værdier, som bør verificeres ved måling på nabobygninger eller på anden måde. I havneområder er der erfaringer for chloridbelastning på konstruktioner placeret så langt væk som 50 meter fra kaj og mole. Nitrat-, sulfat- og syrepåvirkninger er egentlig pastaopløsende angreb, som principielt ikke er dækket af denne publikation. Påvirkningerne er dog medtaget, idet de kan forekomme på bygge- og anlægskonstruktioner.

Påvirkning	Passiv miljøklasse	Moderat miljøklasse	Aggressiv miljøklasse	Bemærkninger
Chlorid Tøsaltning	Nej	Ikke i nævneværdig grad	Ja Ja L _k ≤ 200 m / 50 m	L _k : Afstand til kyst Vestkyst: 200 m. Øvrige 50 m.
Chlorid Chloridholdig atmosfære	Nej	Ikke i nævneværdig grad	Høj koncentration	Lav koncentration: Svarer til CO ₂ i luftens indhold på 0,05 vægt-pct. CO ₂ indhold > 0,05 vægt-pct. CO ₂ Røgholdige industrionråder. P-kælder, stalde. Moderat kan vælges ved høj koncentration, hvis betonen gøres tættere (mindre r/c-forhold) eller dæklaget gøres tykkere; ellers aggressiv miljøklasse.
Kuldioxid	Ingen vejledende grænseværdier	Høj koncentration	Høj koncentration	Der kendes ingen grænseværdier.
Alkalipåvirkning. Tålførelse af alkalier udefra	Nej	Ikke i nævneværdig grad	Ja	RF: Betons relative fugtighed. Vandrette flader. Vand-samlende detaljer.
Frost		RF ≤ 75 pct.	2) RF ≥ 75 pct.	3) Et der sandsynlighed for op-hobning, skal der ske en klassificering til aggressiv miljøklasse.
Nitrat-, sulfat- og syrepåvirkning		3) Lav belastning	Høj belastning	Lav belastning som fx SO ₂ -holdigt vand indh. < 500 mg/L. CO ₂ -holdigt vand indh. < 10-20 mg/L.

Figur 8. Bestemmingsdiagram for fastsættelse af en betonoverflades miljøpåvirkning efter DS 411, 3. udgave. Diagrammet og teksten er gengivet efter [7]. Efter godkendelse af cirkulæret om Basisbetonbeskrivelsen i 1987 gælder diagrammet ikke for udenbørs konstruktionsdele med opadvendte, vandrette overflader. Aggressiv miljøklasse skal dermod altid vælges for konstruktionsdele med opadvendte, vandrette flader i udenbørs miljø, uafhængigt af om der er chlorider eller ej.

1. Et miljø benævnes fugtigt, såfremt blankt stål vil ruste.
2. Ved surt vand forstås her vand, der er surere end regnvand, hvor man kan komme ned på $\text{pH} = 3,5$. Surt vand forekommer oftest som industrispliddevand. Svovlsure eller blot svovlholdige omgivelser tilhører samme kategori.
3. Et salt miljø findes i Danmark i forbindelse med hav- og brakvandskonstruktioner; svømmebade, tøsalpåkvikninger, kendses især fra tøsalpning af saltbeholdere.
4. Koncentrerede saltpåvirkninger kendes især fra tøsalpning af saltbeholdere.
5. Røgs indhold af svovlsyre, kulsyre og salpetersyre gør stærk røgholdig atmosfære aggressiv. Aggressiv røg findes fortrinsvis i industriværker.
6. Tør og ikke-aggressiv påvirkning betegnes passiv miljøklasse. Ingen skadelige påvirkninger er aktuelle.
7. Ferskfugt og ikke-aggressiv påvirkning betegnes moderat miljøklasse. Carbo-natisering, alkalireaktioner og frost/skader kan være aktuelle.
8. Salt, dog ikke koncentreret, og røg er de påvirkninger, der karakteriserer aggressiv miljøklasse. Chlorid- og sulfatangræb samt alkalireaktioner og frost/rø-angreb kan være aktuelle. Er der sikret mod chloridindtrængning, vil skadelig carbonatisering normalt være mindre risikobeton.
9. Aggressiv påvirkning ud over det normale, som fx finder sted, når beton påvirkes af stærke syrer, koncentreret tøsalpning, smeltet is eller grundvand med højt sulfatindhold, betegnes som særlig aggressiv miljøklasse. For at modstå en sådan på-virkning, kræves ofte specialcementer, særlige tilsetningsstoffer og meget tæt beton, eventuelt anvendelse af diffusionstætte membraner.





Figur 9. Valg af miljøklasser for konstruktionslementer ved fundamenter. Miljøklasserne er valgt ud fra miljøzonerne vist i figur 4, side 27.

I figur 9 er det vist, hvorledes resultatet af miljøklassevalget bliver for fundamentsdetaljen, som der i figur 4 (side 27) blev valgt miljøzoner for. Typiske løsninger vil, som omtalt i afsnittet *Grænseområder*, side 27, være at placere forpladen enten i aggressiv miljøklasse eller i moderat miljøklasse; vælges det sidste, må større vedligeholdelsesudgifter accepteres.

De aggressive kemiske miljøer i miljøklasse 5 i ENV 206 vil formodentlig følgge et arbejdsrapport fra CEN TC 101/WG1/TG1/PANEL I blive klassificeret som angivet i tabel 7, side 34, som er delvis identisk med en anbefaling fra Cembureau (CEB [10]).

ENV 206
 Tabel 7. Forslag til inddeling af miljøklassen for særligt aggressive kemiske miljøer i

Miljøklasse i henhold til ENV 206	5a	5b	5c ¹⁾
Aggressivitet	Mild	Moderat	Stærk
pH	6,5-5,5	5,5-4,5	4,5-4,0
Aggressiv CO ₂	15-40	40-100	> 100
Ammonium mg NH ₄ ⁺ /l	15-30	30-60	60-100
Magnesium mg Mg ²⁺ /l	300-1000	1000-3000	> 3000
Sulfat i vand mg SO ₄ ²⁻ /l	200-600	600-3000	3000-6000
Sulfat i jord mg SO ₄ ²⁻ /kg lufttør	2000-3000 ²⁾	3000-12000	12000-24000

¹⁾ Når disse værdier overskrides, må der foretages en speciel undersøgelse.

²⁾ I tilfælde af fare for opkoncentring i konstruktionen på grund af skiftende optugning og udtørring sænkes grænsen for anvendelse af sulfatbestandig cement fra 3000 til 2000 mg/kg.

Eksempler på miljøzoner og derat følgende miljøklasservalg

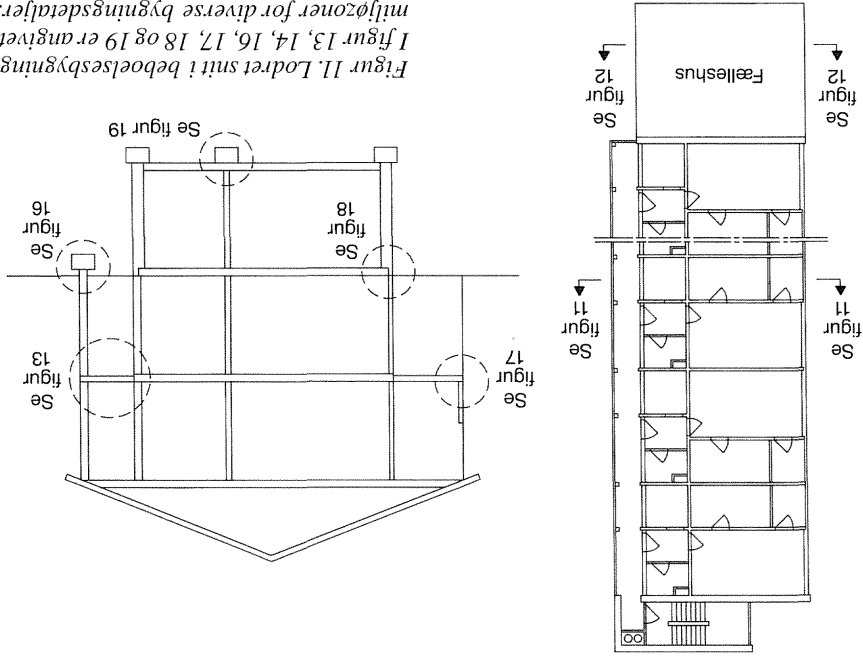
Som eksempel på brug af miljøzoner er valgt et 2-etagers boligbyggeri af en type, der er opført mange af i 60'erne og som generelt har problemer med betonskader.

Bygningen er opført som et traditionelt betonlelementbyggeri med fælles adgangsveje via et trappeshus og udfvendige altangange (figur 10). En del af kælderen er udfnyttet som parkeringskælder.

I forbindelse med beboelsesbygningen er der opført et fælleshus.

De bærende bygningskomponenter i beboelsesbygningen er udført af beton. Ydervæggene er sandwichelementer, etagedækkene er huldek og kælder-konstruktionerne er støbt in situ. Altanpladerne er udført af massive betonelementer. Se figur 11.

Figur 10. Etageplan for 2-etagers beboelsesbygning med fælleshus.



Figur 11. Løddet snit i beboelsesbygning. I figur 13, 14, 16, 17, 18 og 19 er angivet miljøzoner for diverse bygningsdetaljer.

Som det er diskuteret i afsnittet *Grænsesområder*, side 27, kan der for samme element vælges forskellige miljøklasser, hvis det konstruktivt og udførel-

kuldioxid. resten af forpladerne og søjlerne kun er placeret i miljøzoner for vand, frost og nederst placeret i miljøzoner for vand, frost, kuldioxid og chlorider. Miljø-Facadeelementernes forplader og søjlerne i de L-formede elementer er zonen for kuldioxid og de kan derfor placeres i passiv miljøklasse, jf. tabel 2. Bagvægselement og indvendige dækelementer er alene placeret i miljø-

hvorfor de placeres i aggressiv miljøklasse, jf. tabel 2. Altanpladerne er placeret i miljøzoner for vand, frost, kuldioxid og chlorider, jf. tabel 2, side 13.

Med den konstruktive løsning på konsollens overside, befinder den sig i miljøzoner for vand, frost og kuldioxid, og den placeres i moderat miljøklasse, med en ventileret ardekning. Se figurene 14, side 38.

I det aktuelle tilfælde udføres konsollens overside med smig og ardekkes gende konstruktion.

geholdes, men alligevel er der risiko for vand fra altanpladen til den underlig-

Fuger mellem altanplader udfuges med elastisk fugemasse, der skal vedli-henseende er kolde og varme konstruktioner adskilte. Se figurene 13.

oven fastgjort til den indvendige skivekonstruktion vha. rustfrie bolte. I statisk der er udformet som et omvendt L. Søjlen er understøttet ved foden og er for-

Altangang

Altanpladerne spænder parallelt med facaden og mellem konsolbælsøjlerne, der er understøttet ved facaderne er betondragerer, der ved facaderne er understøt-

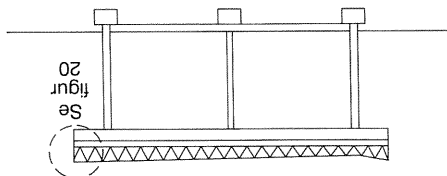
tet af betonsøjler. De indspændte betonsøjler giver bygningen den ønskede stabilitet. Se figur 12.

Tagdækningen er udført med tagpap på trækassetter, spændende mellem betontagbælskerne. Kompletterende bygningselementer er udført af træ.

Som i beboelsesbygningen er de bærende konstruktioner i fælleshuset udført af beton. Tagbælskerne er betondragerer, der ved facaderne er understøt-

ted ved tagbælske og søjle.

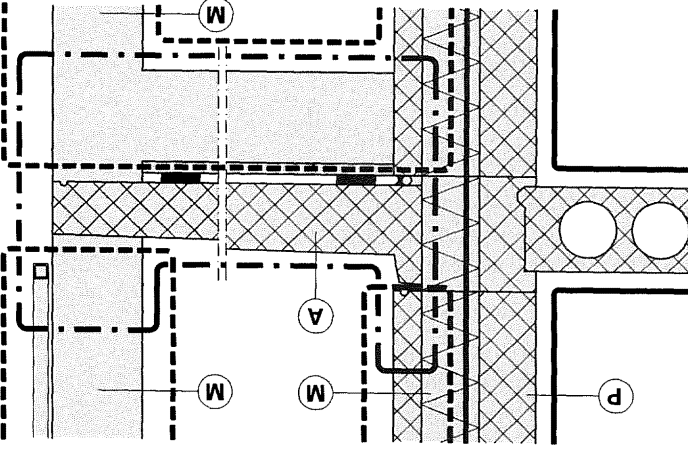
Figur 12. Lodret snit i fælleshus. I figur 20, side 46, er angivet miljøzoner for detaljen



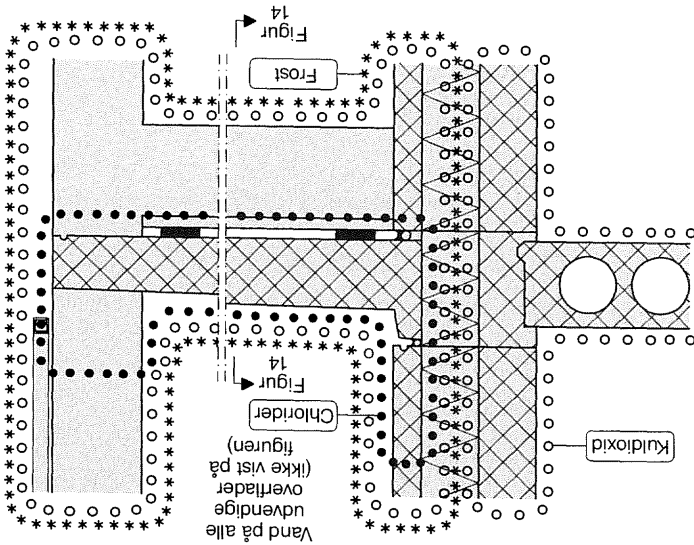
sesmæssigt er acceptabelt. Accepteres støbeskel (eventuelt vådt i vådt) i forplader og søjler er der fornuftige inddækninger ved søjler omkring altanplader; kan der vælges forskellige miljøklasser. De valgte miljøklasser er vist på figur 15, side 39.

Bemærk, at inddækningsdetaljer ved søjler/altaner kan blive så dyre, at hele L-elementet billigere placeres i aggressiv miljøklasse.

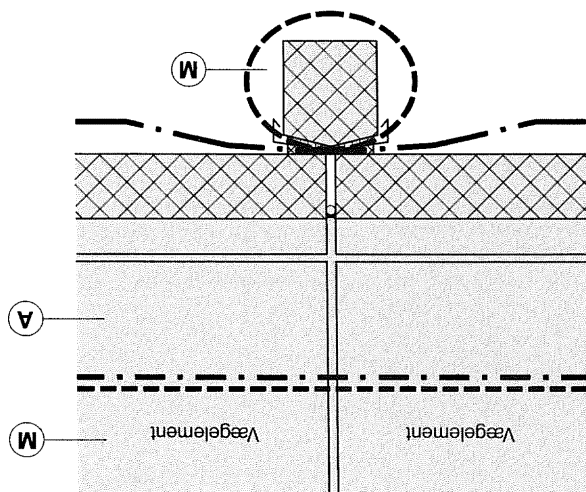
Figur 13b. Miljøklasserangivelser på lodret snit ved altangang.



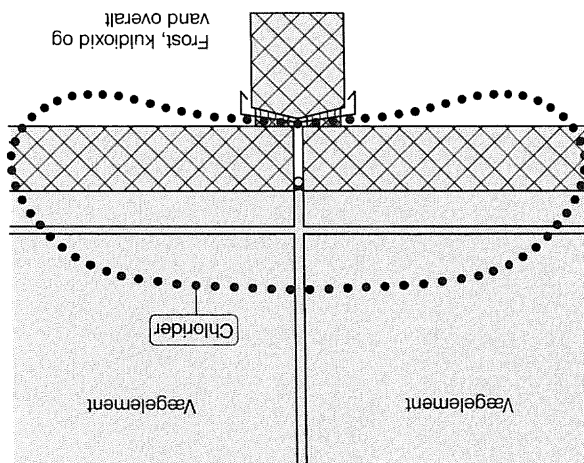
Figur 13a. Miljøzoneangivelser på lodret snit ved altangang.



Figur 14b. Miljøklassessængsanger på lodret snit gennem konsolbjælke.



Figur 14a. Miljøzoneangivelse på lodret snit gennem konsolbjælke.



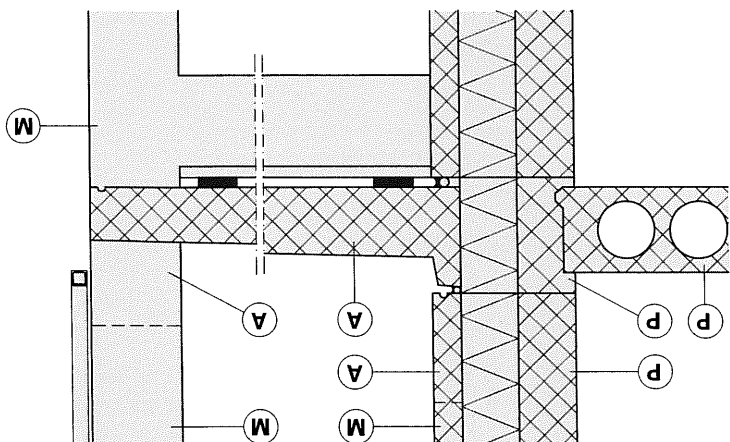
Søjlefundamentet drejnes, og derved er det kun placeret helt eller delvist, afhængigt af dybden, i miljøzonen for frost. Det betyder at det placeres i passiv miljøklasse, jf. tabel 2, side 13.

Søjlen er i miljøzoner for vand, frost og kuldioxid. Brug af løsalt kan ikke udelukkes, så nederste del af søjlen er i miljøzonen for chlorider. Jf. tabel 2 vil nederste del være i aggressiv miljøklasse og resten i moderat miljøklasse. I dette tilfælde vælges at placere søjlen i aggressiv miljøklasse.

Søjle og søjlefundament

Søjlefundamentet er jorddækket, og der er en fugtspærre på oversiden. Se figurene 16.

Figur 15. Endeligt valg af miljøklasser for altangang og tilsløbende bygningssdele.

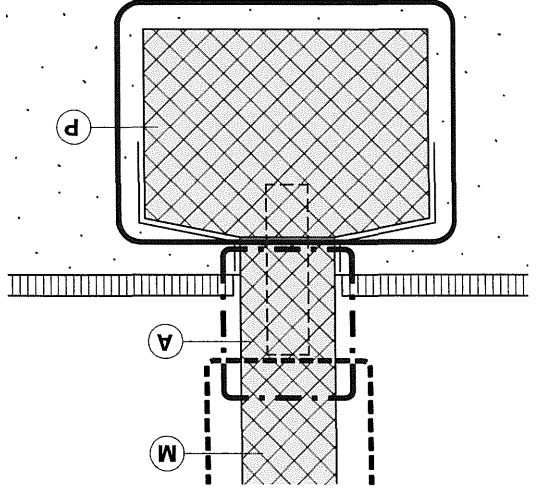


lidt andre løsninger.

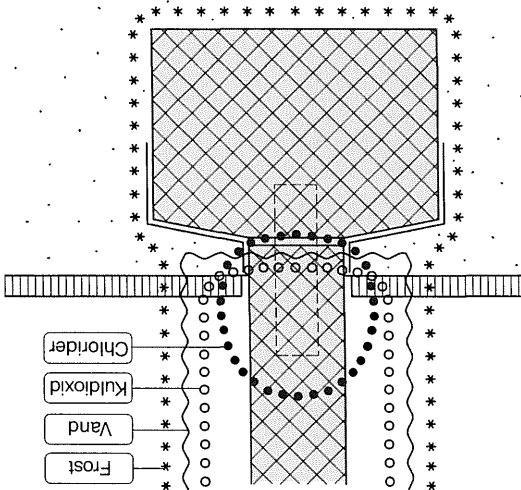
Problemmstillingen minder meget om den ved altgangen, men her vælges lavest langs forkanen.

skotrende, fald væk fra bygningen og opkant langs alle 4 sider. Opkanten er udført med Altaner er indbygget i facaderne. Se figurene 17. Altanpladerne er udført med

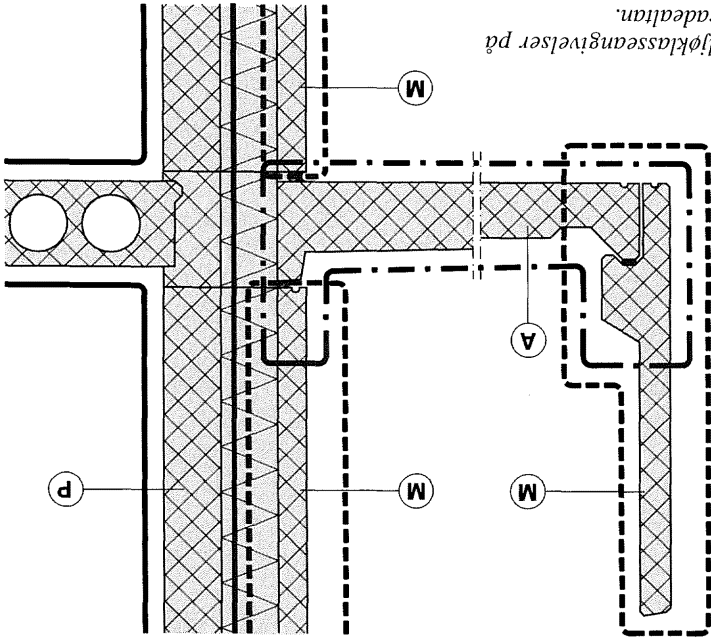
Altaner i facade



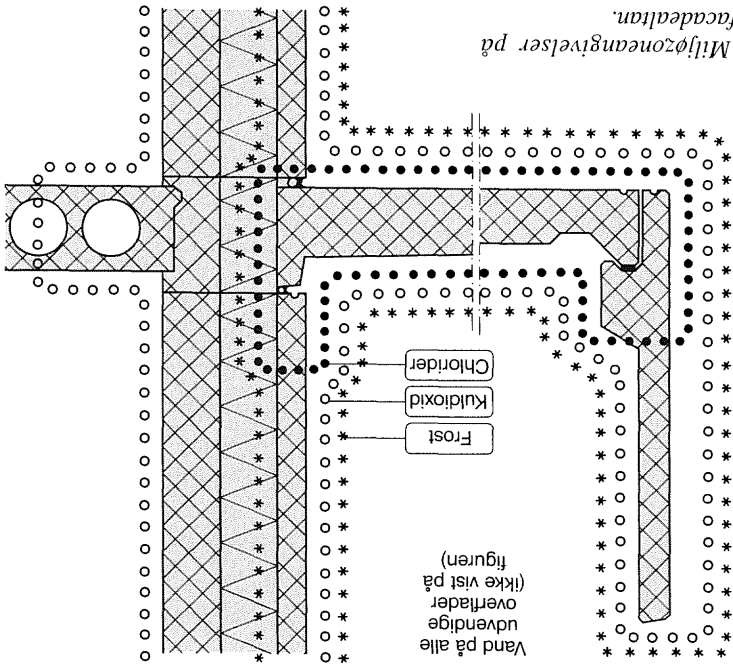
Figur 16b. Miljøklasseringsvelser på lodret snit i søjle og fundament.



Figur 16a. Miljøzonerangvelser på lodret snit i søjle og fundament.



Figur 17b. Miljøklassseangivelser på lodret snit i facadealtan.



Figur 17a. Miljøzoneangivelser på lodret snit i facadealtan.

Kælderydervæg og sandwichfacadeelement

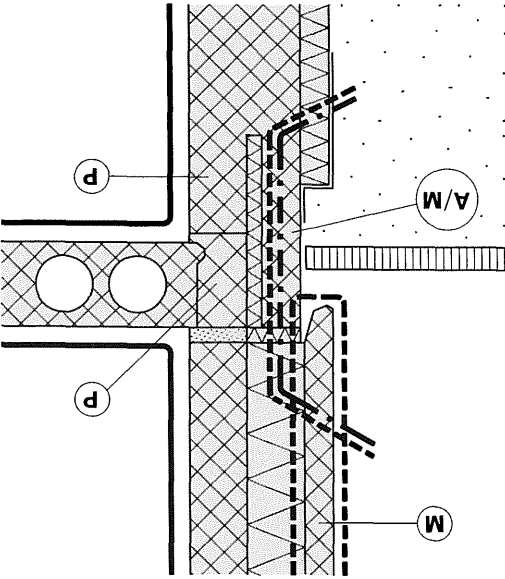
Altanpladen er placeret i miljøzoner for vand, frost, kuldioxid og chlorider, og den placeres derfor i aggressiv miljøklasse. Næreste dele af facadeforplader og altanbrytsninger er placeret i de samme miljøzoner som altanpladene, mens resten af forplader og brytsninger ikke er i miljøzonen for chlorid. Hele altanbrytsningspladen vælges placeret i aggressiv miljøklasse, svarende til den nederste del. Bemærk, at valget ikke er identisk med anbefalingerne i BBB, jf. afsnittet *Moderat miljøklasse*, side 13. Forpladerne kan placeres i moderat miljøklasse, hvis opkanten på altan-elementet gøres tilstrækkelig høj. Det er den ikke på det viste snit, så i dette tilfælde vælges hele forpladen placeret i aggressiv miljøklasse.

Der er flisebelægning foran facaden, og den må forventes at få tørsalt, dvs. at der vil være en miljøzone for chlorider. Se figurerne 18. Forpladen i sandwichelementet vil være i miljøzoner for vand, frost og kuldioxid. Den nederste del desuden i miljøzonen for chlorider, affødt af forventningen om tørsalt. Hele forpladen vælges derfor placeret i aggressiv miljøklasse, svarende til den nederste del. Uden chlorider vil forpladen kunne placeres i moderat miljøklasse, men at den nederste del af facadeelementer er hårdt belastet ses ved mange byggerier fra 60'erne og begyndelsen af 70'erne.

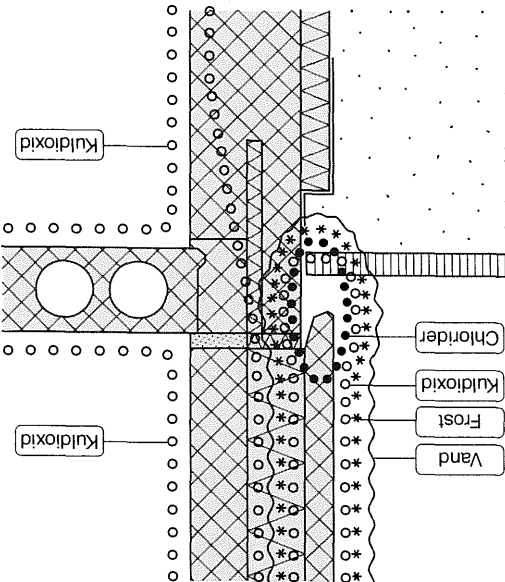
Øverste udvendige del af kælderydervæggen er placeret i miljøzoner for vand, frost, kuldioxid og chlorider. På grund af inddækninger og isolering ligger det meste af væggen dog uden for disse zoner, bortset fra den indvendige side, der er i miljøzonen for kuldioxid. Den øverste del af kælderydervæggen vælges derfor placeret i aggressiv miljøklasse, medens resten vælges placeret i passiv miljøklasse. En skillelinje for betonen kan fx være ved isoleringen midt i væggen. Betonen på indvendig side af isoleringen kan støbes i beton til passiv miljøklasse, men på udvendig side i beton til aggressiv miljøklasse.

Facadeelementets bagplade og indvendige dæklementer ligger i miljøzonen for kuldioxid og vælges derfor placeret i passiv miljøklasse. Bemærk, at forplade og øverste del af kælderydervæg pga. miljøzonen for chlorid placeres i en højere miljøklasse end anbefalet i BBB, jf. afsnittet *Moderat miljøklasse*, side 13.

Figur 18b. Miljøklasseangivelser på lodret snit i kælderydervæg og facade.



Figur 18a. Miljøzoneangivelser på lodret snit i kælderydervæg og facade.



Søjle med fundament og kældergulv i parkeringskælder

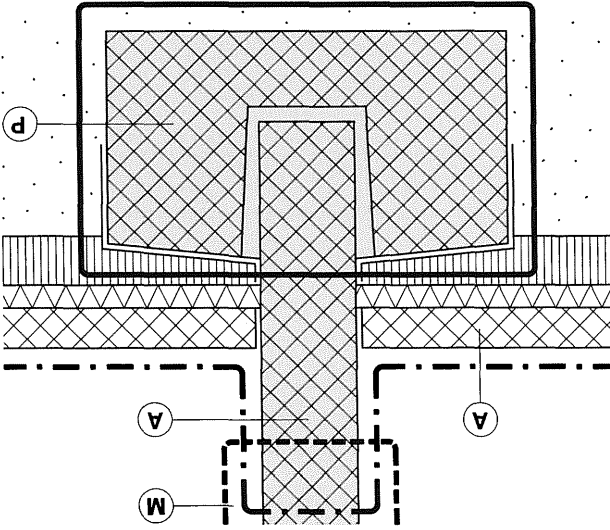
Søjlen er placeret i husets parkeringskælder. Se figurerne 19. Specielt skal man være opmærksom på muligheden af frost og chlorider, når miljøzoner indlægges. I det aktuelle byggeri er kælderen indrettet således, at frost ikke forekommer ved søjlen, og der er kun de chlorider og det vand som bringes med af bilerne.

Kældergulvet ligger i miljøzoner for vand, kuldioxid og chlorider og vælges derfor placeret i aggressiv miljøklasse.

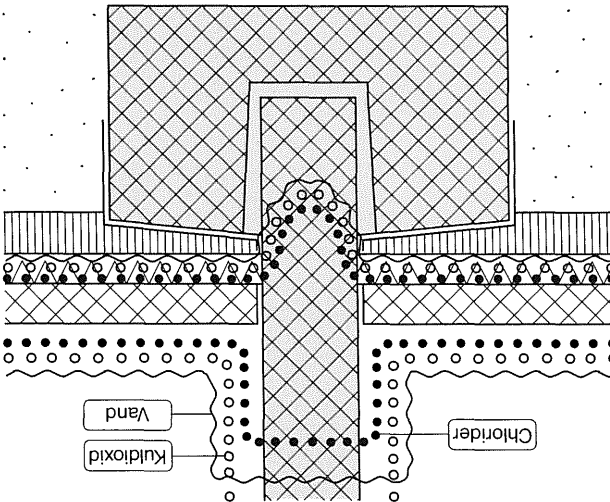
Søjlen ligger i miljøzonen for kuldioxid og den nederste del også i miljøzonerne for vand og chlorider. Hele søjlen vælges derfor placeret i aggressiv miljøklasse.

Søjlefundamentets overside er afdækket med en fugtspærre. Diffusion af vand og chlorider fra søjlen og ud i fundamentet er en mulighed, men det vurderes alligevel at fundamentet ligger uden for miljøzonerne, og det vælges placeret i passiv miljøklasse.

Figur 19b. Miljøklasseringskælder i parkeringskælder.

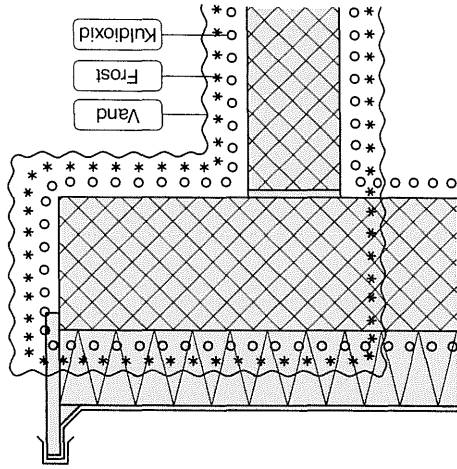


Figur 19a. Miljøzoneangivelser på lodret smit i søjle med fundament og kældergulv i parkeringskælder.

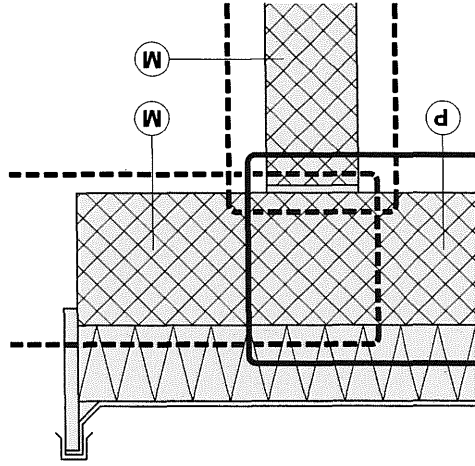


Tagbjælke og facadesøjle i fælleshus

Facadesøjlen er placeret delvis foran en let facade, og tagbjælken er ført ud gennem facaden. Se figurerne 20. Facadesøjlen og den yderste del af tagbjælken ligger i miljøzonerne for vand, kuldioxid og frost. Søjlen kan dermed placeres i moderat miljøklasse, medmindre forhold ved søjlefoden (fx chlorider) kræver aggressiv miljøklasse. Den indvendige del af tagbjælken ligger i miljøzonen for kuldioxid. Tagbjælken vælges placeret i moderat miljøklasse pga. den del, der går uden for facaden.



Figur 20a. Miljøzoneangivelse på lodret snit i tagbjælke og søjle i fælleshus.



Figur 20b. Miljøklasseangivelse på lodret snit i tagbjælke og søjle i fælleshus.

1. N. M. Plum. Foreløbig vejledning i forebygelse af skadelige alkaliske reaktioner i beton. Alkalidvalgets vejledning I. Statens Byggeforskningsinstitut. København 1961.
2. Dansk Ingeniørforenings norm for betonkonstruktioner, 2. udgave december 1973. Dansk Standard DS 411. Normstyrelsens publikationer NP-116-N. Teknisk Forlag. København 1973.
3. Dansk Ingeniørforenings norm for betonkonstruktioner, 3. udgave marts 1984. Dansk Standard DS 411. Normstyrelsens publikationer NP-169-N. Teknisk Forlag. København 1984.
4. Basisbetonbeskrivelsen for bygningskonstruktioner af maj 1986 – ændret december 1986. Publikation nr. 89. Byggestyrelsen. København marts 1987.
5. Cirkulære om brug af beton (Basisbetonbeskrivelsen). Boligministeriet, Byggestyrelsen, 1. kontor. København 6. januar 1987.
6. ENV 206 Concrete. Performance, production, placing and compliance criteria, 1. ed. 1990.
7. Ervin Poulsen et al. 13 betonsygdomme, hvordan de opstår, forløber og forebygges. ATV-udvalget vedrørende betonbyggeriers holdbarhed. Beton 4. Statens Byggeforskningsinstitut. Hørsholm 1985.
8. Udbuds- og anlægskriterier, Betonbrøer. Vejdirektoratet – Vejregeludvalget. København oktober 1989.
9. G. J. Verbeck og P. Klieger. Studies of the salt scaling of concrete. Highway Research Board Bulletin, no. 150, 1957.
10. Durable Concrete Structures. CEB Design Guide. Second Edition 1989. CEB Bulletin d'Information, no. 182, June 1989.

Concrete 8: Choice of exposure class for concrete structures

Until the European Code for the concrete technology field is completed some time in the 1990s discussion will continue on certain aspects of the exposure class problem. This SBI publication is intended to help to cast light on the problems arising in the case of special designs and in cases in which a building component belongs in several exposure classes. A new concept is introduced: "exposure zones"; this is a useful tool in the choice of exposure class, which is the main theme of this publication. Examples are used to illustrate practical use of the exposure zone concept in the design phase.



Projekterende teknikere kan i visse tilfælde være usikre i valg af miljøklasse for en konstruktion eller en konstruktionsdel. SBI har derfor fundet det hensigtsmæssigt at udsende denne publikation, som kommenterer og sammenholder de miljøklasseafsnit, der findes i DS 411, i Basisbeton-beskrivelsen og i den foreløbige europæiske standard ENV 206. Endvidere gennemgås de forskellige miljøpåvirkninger og der introduceres et nyt hjælpeværktøj: miljøzoner med henblik på et lettere miljøklassesevalg.