



# Fuger i murværk

Vejledning.

Udført af Teknologisk Institut, Murværk  
Projektledelse v/ ingeniør Abelone Køster

Aarhus, den 7. juli 2014

*Resultatet af undersøgelsen må kun gengives i sin helhed.  
I uddrag kun efter Teknologisk Instituts godkendelse.*



## **FUGER I MURVÆRK VEJLEDNING**

*I denne vejledning samler og videregiver Teknologisk Institut mange års erfaring med murværks styrkeudvikling og holdbarhed (durability) samt fugtforhold, som påvirker optimal udtørring og styrkeudvikling.*

*Projektet er finansieret af Kalk- og Teglværksforeningen af 1893. Formålet er at opstille tydelige og letforståelige kriterier for optimalt valg af muremørtel.*

*Betydning af fugefærdiggørelse indgår.*

*Der gøres for god ordens skyld opmærksom på, at vejledningens sigte er at medvirke til mørtelvalg, så misfarvninger og frostskafer undgås. For at sikre for eksempel en optimal vedhæftning mellem sten og mørtel henvises samtidig til producenternes deklarerationer og anvisninger.*

I praksis sikres gode styrkeudviklingsforhold ved at undgå kombinationer af mørtel og mursten, som ikke er anbefalet i denne vejledning, samt i nødvendigt omfang at beskytte murværket mod nedbør, frost og i varme perioder mod udtørring. Der henvises til afdækningsvejledning på [www.mur-tag.dk](http://www.mur-tag.dk) for konkrete tiltag.

Der kan forekomme mørtler, som ikke er dækket af denne vejledning. Man må for sådanne mørtler følge producentens vejledninger og, i det omfang vejledning fra producenten ikke dækker behovet, foretage nødvendige afprøvninger.

## Fuger i murværk. Vejledningsskema.

I nedenstående tabel ses anbefalede kombinationer af mørteltype, eksponeringsklasse, minutsug og trykstyrke af teglsten samt fugefinish. Tabellen skal læses sammen med noterne på næste side. Forudsætningerne angivet på side x skal være overholdt. Yderligere vejledning og uddybning findes på de efterfølgende sider.

Mør- tel- type	MX1	MX2 til MX3.1	MX 3.2	MX4	MX5	Minutsug klasse (kg/m <sup>2</sup> )	Fuge-finish <sup>2)</sup>
KC våd	KC 20/80/550 <sup>1)</sup>	KC 20/80/550 <sup>1)</sup>	KC 20/80/550 <sup>1)</sup>	KC 20/80/550 <sup>1)</sup>	KC 20/80/550 <sup>1)</sup>	Klasser: Middel, Høj og Meget høj (Fra 2,0 kg/m <sup>2</sup> og opad)	Ru/skrabet <sup>2)</sup>
	KC 35/65/650 <sup>1)</sup>	KC 35/65/650 <sup>1)</sup>	KC 35/65/650 <sup>1)</sup>	KC 35/65/650 <sup>1)</sup>			
	KC 50/50/700	KC 50/50/700	KC 50/50/700 <sup>4)</sup>				
	KC 60/40/850	KC 60/40/850					
	KK <sub>h</sub> 20/80/475	KK <sub>h</sub> 20/80/475	KK <sub>h</sub> 20/80/475				
	KK <sub>h</sub> 35/65/500	KK <sub>h</sub> 35/65/500					
	K100/750-1000 <sup>3)</sup>	K100/750-1000 <sup>3)</sup>					
KC tør	KC 20/80/550 <sup>1)</sup>	KC 20/80/550 <sup>1)</sup>	KC 20/80/550 <sup>1)</sup>	KC 20/80/550 <sup>1)</sup>	KC 20/80/550 <sup>1)</sup>	Klasser: Lav, Middel og Høj (intervallet 1,0 til 4,0 kg/m <sup>2</sup> )	Ru/skrabet <sup>2)</sup>
	KC 35/65/650 <sup>1)</sup>	KC 35/65/650 <sup>1)</sup>	KC 35/65/650 <sup>1)</sup>	KC 35/65/650 <sup>1)</sup>			
	KC 50/50/700	KC 50/50/700	KC 50/50/700				
	KC 60/40/850	KC 60/40/850					
	Kh 100/400 <sup>1)</sup>	Kh 100/400 <sup>1)</sup>	Kh 100/400 <sup>1)</sup>	Kh 100/400 <sup>1)</sup>			
	KK <sub>h</sub> 20/80/475	KK <sub>h</sub> 20/80/475	KK <sub>h</sub> 20/80/475				
	KK <sub>h</sub> 35/65/500	KK <sub>h</sub> 35/65/500					
K100/750-1000 <sup>3)</sup>	K100/750-1000 <sup>3)</sup>						
M/CM	MC5 <sup>1)</sup>	MC5 <sup>1)</sup>	MC5 <sup>1)</sup>	<sup>5)</sup>	<sup>5)</sup>	Iht. mørtelleve- ran-dørens an- visning	Iht. mørtelle- veran-dørens anvisning <sup>2)</sup>
	MC2½	MC2½	MC2½				

Tabel 1. Vejledningsskema

Afgrænsning og forudsætninger	Definition af mørteltyper
<p>Vejledningen gælder for muremørtler iht. EN 998-2, type G, og teglbyggesten iht. EN 771-1, type HD, med en maksimal højde på 60 mm. Krav i DS/INF vedr. delmaterialer og muremørtel som helhed skal være overholdt.</p> <p>Vejledningen gælder for murværk iht. EC6 i forbindelse med ny-byggeri, og er kun begrænset gældende for renoveringsopgaver.</p> <p>Det forudsættes, at gældende regler for projektering og udførelse i øvrigt er overholdt, herunder mørtelleverandørernes blandaanvisninger.</p> <p>Leverandørernes anvisninger om, hvilke mørtler der skal anvendes til hvilke byggesten, går forud for denne vejledning.</p>	<p><b>KC-våd:</b> Receptvådmørtler (KC- og KKh-mørtler), byggepladsfremstillet ud fra en kalktilpasset vådmørtel, herunder også K-mørtler. Cement eller hydraulisk kalk tilsættes på byggepladsen.</p> <p><b>KC-tør:</b> Recepttørmørtler (KC- og KKh-mørtler) leveret som færdig tørmørtel, hvor der kun tilsættes vand på byggepladsen.</p> <p><b>M/CM:</b> Tørmørtel, med cement eller hydraulisk kalk som eneste bindemiddel, eksempelvis deklareret som funktionsmørtel, C 100/400 eller murcement mørtel.</p>
<p>1). Disse mørtler er relativt stærke mørtler. Såfremt de anvendes sammen med byggesten, som har en trykstyrke <i>mindre</i> end 20 MPa, skal man være opmærksom på, at der er en forøget risiko for revner og at en eventuel revnedannelse i murværket erfaringsmæssigt vil forårsage revner i murstenene, og ikke blot i fugerne. Læs mere om statiske styrkekrav på side 8.</p>	
<p>2). anbefaling vedr. fugefinish er kun gældende, når der opmures med færdig fuge, og vedrører kun selve fugens overflade. Alle fuger, som færdiggøres under opmuring, skal komprimeres med egnet værktøj, som f.eks. fugeske, fugejern, tilpasset træpind. Når der efterfuges ved udkradsning af opmuringsmørtlen, anvendes normalt samme mørtel som ved opmuring, se dog pkt. 4) nedenfor. Læs mere om fugefærdiggørelse på side 10.</p>	
<p>3). Denne mørtel anvendes ikke til efterfugning ved udkradsning af opmuring. Mørtlen kan anvendes i andre eksponeringsklasser, når der efterfuges med en mørtel som anbefales til den pågældende eksponeringsklasse</p>	
<p>4). Ved anvendelse af KC 50/50/700 som KC-våd i MX3.2, skal man være særligt opmærksom på, at denne klasse omfatter kraftig vandpåvirkning, hvilket betyder en højere risiko for, at murværket opfuges kraftigt i en kritisk periode efter opmuring. Derfor bør KC 50/50/700 som KC-våd kun anvendes, hvis der er tale om sten med høj eller meget høj minutsugning, i denne eksponeringsklasse, eller der skal være særligt fokus på afdækning af murværket mod nedbør. Læs mere om fugtforhold på side 8.</p>	
<p>5). Iht. mørtelproducentens deklaration om eksponeringsklasse.</p>	

Tabel 2. Noter til vejledningskema

## Eksponeringsklasser og holdbarhed (durability)

Eksponeringsklassen fastlægger den belastning i form af fugt, frost og salte, som murværket udsættes for i sin levetid. Jo højere belastning, jo stærkere mørtel kræves. Det samme gælder den mekaniske / statiske belastning. Derfor bør mørtlens styrke vælges efter såvel eksposering som mekaniske krav, idet mørtlen vælges, så den netop kan opfylde begge krav.

Fremgangsmåde:

1. I forbindelse med projekteringen skal den aktuelle eksponeringsklasse fastlægges.
2. Når eksponeringsklassen er fastlagt, vælges den nødvendige mørtelstyrke ud fra vejledningsskemaet tabel 1.
3. Herefter tjekkes, om denne mørtelstyrke også er tilstrækkelig i forhold til den statiske projektering, eller der må vælges en stærkere mørtel.

Generelt bør mørtlen vælges ”netop stærk nok” til at opnå den nødvendige holdbarhed (durability) og mekaniske styrke. En stærkere mørtel end nødvendigt kan forårsage revner i murværket, f.eks. pga. temperaturbetingede bevægelser, svind etc.

Eksponeringsklassen fastlægges efter tabel 3 og 4 nedenfor. Den ”skrappeste” eksponeringsklasse kan vælges for hele bygningen, eller eksponeringsklassen fastlægges for en praktisk afgrænset bygningsdel, f.eks. murværk i sålbænke, i sokkel med kontakt til terræn og lignende.

Bemærk at Klasse MX2 til og med MX3.1 er slået sammen, idet klasse MX2.1 og MX2.2 (uden frostpåvirkning) sjældent optræder i udvendigt murværk. Det er da klasse MX3.1 der i praksis omfatter facademurværk, hvor vandpåvirkningen er normal (ikke kraftig).

Eksempler på parametre, der betragtes ved vurdering af, om murværket er kraftigt vandpåvirket er angivet efterfølgende (de kritiske forhold er listet med de mest kritiske først):

Tabel 3: Kritiske parametre for fugtbelastning

Parameter	Mest kritisk	mindst kritisk
Vind *)	Åbent hav, søer, landbrugsarealer, parcelhusområder, by	
Salt **)	Tøsaltning, vestvendte kyster	andre kyster indland
Udhæng	0 m og høj facade	1 m og lav facade
Kompasretning	Vest og syd	øst og nord

\*) Landskabsklasserne svarer til de klasser, som anvendes ved fastlæggelse af vindlasten ved projektering.

\*\*\*) Se kort over saltbelastning i Danmark i bilag 1, opgjort som luftbåren deposition af Na (natrium ioner). Områder med Na belastning  $\geq 2,5$  ton/km<sup>2</sup> henregnes til MX4, med mindre bygningen ligger beskyttet i parcelhusområde, by eller anden lægiver.

Tabel 4: Eksponeringsklasser

Klasse	Mikrobetingelse for murværket	Eksempler på murværk i denne tilstand
<b>MX1</b>	<b>I et tørt miljø</b>	Indvendigt murværk i bygninger, inklusive udvendige hulmures bagmur, der har lille sandsynlighed for at blive fugtigt.  Pudset murværk i udvendige mure, der ikke eksponeres for moderat eller kraftig slagregn, og som er isoleret mod fugt fra tilstødende murværk eller materialer. Puds skal være tyk puds, opbygget i 2 eller 3 lag.
<b>MX2</b>	<b>Eksponeret for fugt el. vandpåvirkning</b>	(Slås sammen med MX3.1) Denne klasse "uden frost" optræder sjældent i praksis for udvendigt murværk i Danmark og beskrives derfor ikke nærmere.
<b>MX3</b>	<b>Eksponeret for vandpåvirkning + frost/tø-cykler</b>	
MX3.1	Eksponeret for fugt- eller vandpåvirkning og frost/tø-cykler, men ikke eksponeret for sulfater eller aggressive kemikalier.	Normalt facademurværk i lavt byggeri i Danmark, hvor det er beskyttet med udhæng.
MX3.2	Eksponeret for <u>kraftig vandpåvirkning</u> og frost/tø-cykler, men ikke eksponeret for sulfater eller aggressive kemikalier.	Murværk i høje facader, eller uden tagudhæng, eller udsat for kraftig slagregn. Samt tyndpudset murværk.
<b>MX4</b>	<b>Eksponeret for saltmættet luft, havvand eller tørsalt</b>	Murværk i kystområder. Murværk i umiddelbar nærhed af veje, fortove eller trapper, der saltes om vinteren.
<b>MX5</b>	<b>I et aggressivt kemisk miljø</b>	Murværk, der er i kontakt med jord eller fyldjord eller grundvand, hvor fugt og signifikante niveauer af sulfater er til stede (f.eks. muret sokkel).  Murværk, der er i kontakt med meget sur jord, forurenede jord eller grundvand. Murværk i nærheden af industriområder, hvor aggressive kemikalier føres gennem luften.

### Statistiske styrkekrav.

De styrkekrav for murværket, som følger af de statistiske beregninger for murværket (ingeniørprojektet), kan ikke fraviges.

Der henvises til projektering iht. EC6 og DS/INF 167, hvor der kan findes tabeller for styrkeværdier for receptmørtler. For funktionsmørtler anvendes producentens deklarerede værdier.

Generelt skal man vælge en tilstrækkelig stærk mørtel, dvs. med styrkeværdier, som overholder kravene fra ingeniørprojektet.

Styrkeværdier, som deklarerer eller findes via DS/INF 167, er:

- Bøjningstrækstyrke for mørtel,  $f_{m,t}$
- Trykstyrke for mørtel,  $f_m$
- Bøjningstrækstyrke (vandret) for murværket, for den pågældende mørtel i kombination med specificerede byggesten,  $f_{xk1}$
- Vedhæftningsstyrke for mørtlen,  $f_{m,xk1}$

Især de to sidste værdier forveksles ofte. Vedhæftningsstyrken for mørtel omsættes til bøjningstrækstyrke for murværk, via en tabel i DS/INF 167, hvor murstenenes trykstyrke skal være kendt.

Mørtlens styrke bør så vidt muligt harmonere med teglstenenes styrke. Det vil sige, at man bør vælge en mørtel, som netop er tilstrækkelig iht. eksponeringsklassen og de statistiske krav, men ikke så stærk som mulig.

For yderligere vejledning om statik, se [http://ec6design.com/da/help/images/Kom\\_godt\\_i\\_gang.pdf](http://ec6design.com/da/help/images/Kom_godt_i_gang.pdf) side 1 og 2.

### Fugttekniske forhold

Det anbefales at mørteltype og stenenes sugsevne passer til hinanden. Stenenes sugsevne kan karakteriseres ud fra egenskaben minutsugning og inddeles i denne vejledning i 5 klasser:

Tabel 5: Klasser for minutsug og anbefalet mørteltype

"Klasse"	Minutsug kg/m <sup>2</sup>	Anbefalet mørteltype
Meget lavt	Sug <1,0	Anvend specialmørtler til meget lavt minutsug/ ikke sugende sten
Lavt	1,0 ≤ sug <2,0	Alle, dog særlige forbehold ved KC-våd. Se <sup>1)</sup>
Middel	2,0 ≤ sug <3,0	Alle mørteltyper kan anvendes
Højt	3,0 ≤ sug <4,0	KC-våd, KC-tør eller M/CM til højt minutsug
Meget højt	4 <sug	KC-våd eller M/CM til højt minutsug Se <sup>2)</sup>

Teglstenenes minutsug er ofte deklareret i intervaller, som dækker flere af ovenstående minutsugningsklasser. Det vil da være nødvendigt at vurdere den typiske midelværdi, eller evt. søge at få oplyst den aktuelle minutsug for det leverede parti. Hvis der ikke foreligger data på teglstenenes minutsug anbefales det, at man kontakter teglværket.

Sten i de 3 midterste klasser for minutsugning vil kunne anvendes med de fleste mørtler uden problemer. Se dog note 1.

Bemærk, at der findes enkelte sten på markedet med højt minutsug og lav vandoptagelse. Det kan være vanskeligt at finde den korrekte mørtel til sådanne sten, og for at sikre optimal styrkeudvikling skal man da være særligt opmærksom på forholdsreglerne nedenfor, samt efterfølgende note 1 og 2.

Når det af en eller anden grund ikke er muligt at vælge den optimale mørtel, kan følgende forholdsregler være gavnlige:

- Ved anvendelse af KC-våd i køligere perioder kan der med fordel anvendes RAPID® cement, da denne cementtype har en forholdsvis hurtig afbinding/styrkeudvikling.
- Ved anvendelse af KC-våd kan der i varme og udtørrende vejrligsperioder med fordel anvendes mester cement®, som har en langsommere afbinding/styrkeudvikling.
- I vådt og køligt vejr, samt ved udsigt til regn og blæst inden for få dage efter opmuringen, vær særlig omhyggelig med afdækning og afdæk mod ”vindhjørnet” over hele murfladen. Dette gælder generelt, men især ved mørtler med højt vandindhold og/eller mursten med lav vandoptagelse.
- I hedt og tørt vejr, vær særlig omhyggelig med at beskytte murværket mod udtørring og brus det evt. over med vandforstøver. Dette gælder især ved mørteltype M/CM, hvis mørtlen ikke er designet med højt vandindhold og vandholdsevne, og KC tør.

Note 1):

Sten med lavt minutsug bør ikke kombineres med KC våd. I tvivlstilfælde anbefales det at foretage en prøveopmuring og at undgå de mest vandholdige mørtler (kalktilpasset vådmørtel kan fås med vandindhold ned til 14%).

Man bør samtidig være særlig opmærksom på årstid og vejrlig, da koldt vejr betyder langsommere styrkeudvikling og udtørring. I sommermånederne bør man især have fokus på risiko for stor nedbørsmængde og udsat murværk (dæk af!). Det gælder især om at undgå utilsigtet opfugtning i de første 2 til 14 dage efter opmuring, længst tid i koldt vejr.

Note 2)

Sten med meget høj minutsugning bør ikke kombineres med M/CM mørtler, medmindre mørtlen er særligt fremstillet til at passe til sådanne sten eller har passende højt vandindhold. I tvivlstilfælde anbefales det at foretage en prøveopmuring.

Kombineres mursten med meget højt eller højt minutsug med M/CM mørtler, bør man være særlig opmærksom på årstid og vejrlig, da varmt og tørt vejr kan fremskynde en for tidlig udtørring. Hav fokus på murværk, som er udsat for udtørring, og dæk af. Solindfaldet er kraftigst på syd- og vestvendte facader. Om nødvendigt tilføres murværket ekstra vand med vandforstøver.



## **Fugefærdiggørelse og fugefinish**

I tidens løb er der anvendt mange forskellige fugeudformninger, jfr. TEGE 28, 1999.

Uanset fugeudformning skal fugen komprimeres/trykkes, men dette kan gøres på flere måder:

I dag komprimeres fugeoverfladen enten med et fugejern, kuglejern, fugeske som skaber en glat fugeoverflade (glattet fuge) eller ved anvendelse af en tilpasset træpind, som giver en mere ru fugeoverflade (skrabefuge).

Sidstnævnte metode, hvor fugen komprimeres/trykkes med en tilpasset træpind, betegnes i dag som en skraberfuge, men tidligere var skraberfugen defineret ved at overskydende fugemørtel blev afskrabet med en fugeske. Begge typer skraberfuge giver en forholdsvis ru fugeoverflade og det er givetvis årsagen til fællesbetegnelsen.

### **Vejledning**

Nedenstående omhandler alene fugefærdiggørelse i forbindelse med opmuring. Ved omfugninger, hvor den vandmængde, der skal fordampe ud gennem fugen, er minimal, kan der også anvendes glattet fuge til KC våd- og tørmørtler.

- I følgende gældende vejledninger skal alle fuger komprimeres. Der skelnes mellem skraberfuge og glattet fuge, dvs. ru eller glat overflade.
- Generelt skal fugefærdiggørelsen udføres iht. producentens anvisninger.
- Dog anbefales det til alle KC mørtler, dvs. både KC vådmørtel og KC tørmørtel, at fugen færdiggøres som en skraberfuge.

### **Baggrund/udbygning**

Teknologisk Institut, Murværks erfaring har vist, at der ved glatte, lukkede fugeoverflader i kombination med KC tør eller KC våd opstår nogle problemer:

- I murværk med kalkcementmørtel eller cementmørtel (hydraulisk bindemiddel) gælder det helt generelt, at fugt og salte vil blive koncentreret i mørtel frem for i teglstenene.
- Glattede fuger suger i praksis lige så meget vand som andre fuger, trods den tilsyneladende tætte overflade.
- Da vandet koncentrerer sig i fugen, sker fordampning af fugt også primært fra fugens overflade.
- Den glattede overflade medfører, at fordampningsfronten kommer til at ligge helt ude i overfladen. Derfor vil alle opløste materialer blive afsat her, når vand fordamper og give misfarvninger.
- På den glattede fugeoverflade virker misfarvninger meget tydelige.

Derfor bør eventuelle ønsker om en særlig finish på fugerne tages i betragtning ved valg af mørtel.

### Bilag 1. Kort over saltbelastning som deposition af Na i Danmark

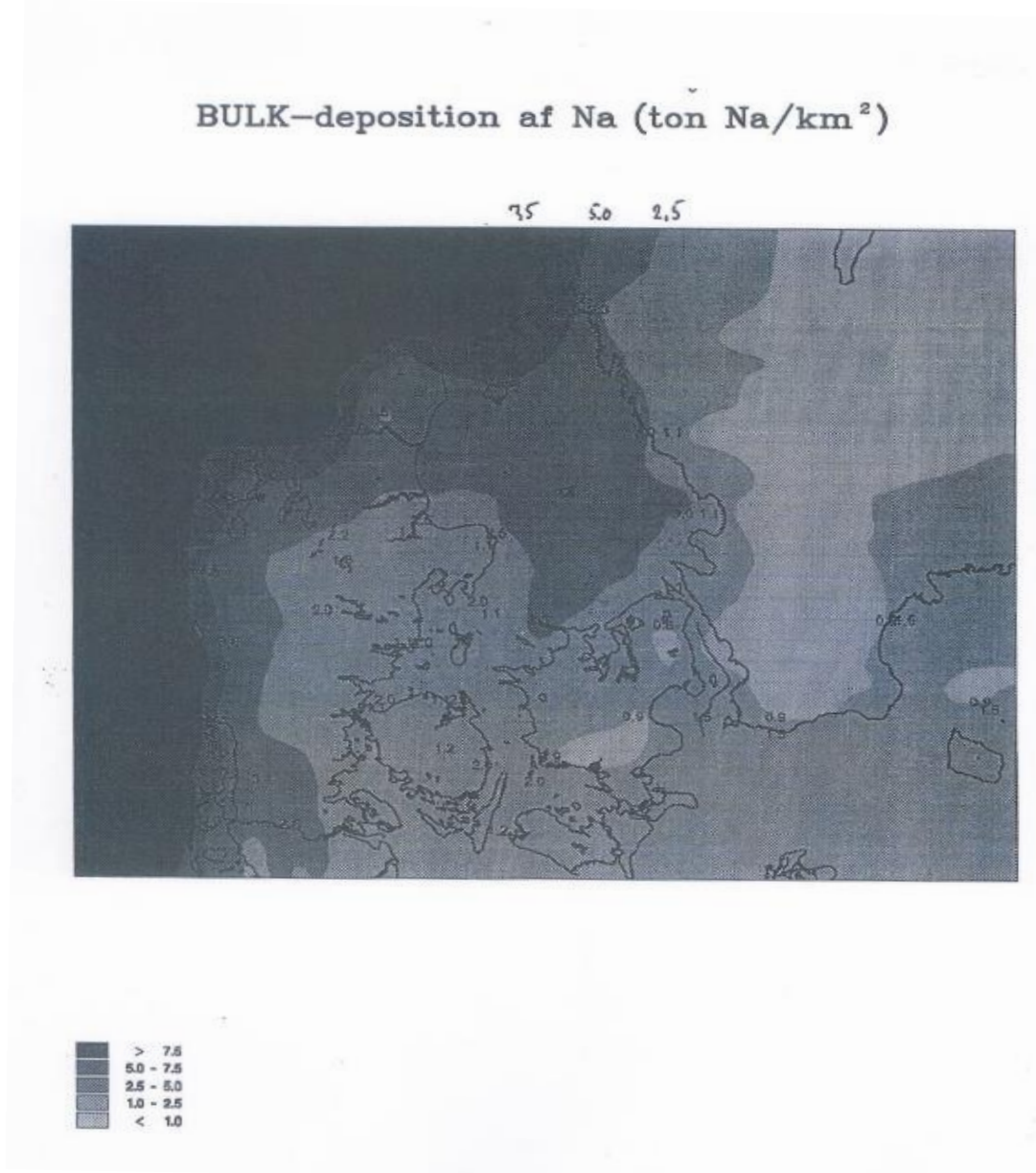


Fig. 1. Kort over saltbelastning i Danmark, opgjort som luftbåren deposition af Na (natrium ioner)