



MgO-plader

Undersøgelse af problemer med fugt og korrosion

Udarbejdet af:

**Civilingeniør Tommy Bunch-Nielsen
Bygningskonstruktør Per Bo Larsen og
Civilingeniør Peter Svane**

Sag nr.: KON219-R001

2015-09-16

1. Indledning

I slutningen af november 2014 begyndte vi at undersøge fugtproblemer i forbindelse med lette facader med vindspærre af magnesiumoxid-plader, såkaldte MgO-plader.

Efter de første undersøgelser stod det i begyndelsen af marts 2015 klart, at der var et alvorligt problem med MgO-pladerne, idet der i flere tilfælde var dråber af klar væske på ydersiden af pladerne.

4. marts 2015 blev den første advarsel om problemet publiceret som en artikel i BYG-TEK og der blev lagt en advarsel på Byggeskadefondens hjemmeside den 6. marts 2015.

Fra 11. marts 2015 har Bunch Bygningsfysik været rådgiver for Byggeskadefonden omkring problemer med MgO-plader og har forestået en registrering af problemerne på alle de byggerier under fonden, hvor der er anvendt MgO-plader.

2. Konklusion

Det må konkluderes, at MgO-plader er uegnet til anvendelse som vindspærre under danske klimaforhold.

I de fleste tilfælde må det anbefales at udskifte pladerne med nye vindspærre-plader uden MgO-pladernes hygroskopiske egenskaber.

I nogle byggerier kan udskiftning af MgO-pladerne udskydes til senere, hvis facaderne holdes under observation med årlig inspektion og vurdering af fugt- og korrosionsforhold.

Der er nu i Byg-ERFA-blad fra maj 2015 (se ref. 7) advaret mod MgO-plader.

Som sammenfattende konklusion kan anføres at MgO-plader:

- Er uegnede til anvendelse som vindspærre i det danske klima
- Indeholder saltet $MgCl_2$, der er vandsugende.
- Afgiver vand efter ca. 7 døgn ved 90 % RF, hvilket optræder store del af vinterhalvåret i DK.
- Med tiden mister deres sammenhængskraft, fordi deres bindemiddel dekomponerer ved høje relative fugtigheder.
- Medfører korrosion på tilstødende, ikke rustfri metaldele, når pladerne afgiver saltholdigt vand.
- Medfører at tilstødende trædele bliver mere fugtsugende end normalt træ, når de opsuger saltholdigt vand.
- Kan medføre skimmelvækst, fordi deres pH-værdi ofte er lavere end de anførte ca. 10 i produktbladene, hvilket ellers ville have forhindret skimmelvækst. Der er desuden et relativt højt indhold af træfibre i pladerne. Yderligere vil pH-værdien med tiden falde på grund af optagelse af CO_2 fra luften.

3. Hvad er MgO-plader

MgO-plader er stort set alle produceret i Kina og solgt under en række forskellige handelsnavne på det danske marked, som det fremgår af nedenstående skema:

Produkt	Leverandør	Undersøgt
Power Board M a	Power Board International Ltd Hong Kong	Flere sager undersøgt
Megapan og NPI MgO Board	Nordisk Pladeindustri, NPI	Flere sager undersøgt
Magrock	Scandic Rock OÜ	Ikke undersøgt
Sto Ecoboard	Sto Danmark ApS	Undersøgt
Windcore Board	Honeycore AB	Ikke undersøgt
Skånboard M	Skandan Trä AB	Ikke undersøgt
Promat Mastershield	Promat	Undersøgt
Ivarit Mastershield	Ivarsson	Undersøgt
Wekla	Wekla AB	Undersøgt

kan variere en del, men pladerne består i hovedtrækkene af et bindemiddel og forskellige fyldstoffer. Bindemidlet er såkaldt Sorel-cement, som dannes ved en kemisk reaktion mellem magnesiumoxid (MgO) og en opløsning af Magnesiumklorid i vand. Fyldstofferne er forskellige mineraler samt savsmuld/træfibre.

Pladernes uheldige fugtegenskaber knytter sig til, at der er frit magnesiumklorid ($MgCl_2$) i pladerne og det er vandsugende. Derudover er Sorel-cement ustabil ved relativ fugtighed over 93 %.

Saltindholdet i pladerne gør, at de suger vand fra luften, når den relative fugtighed i den omgivende luft når et vist niveau.

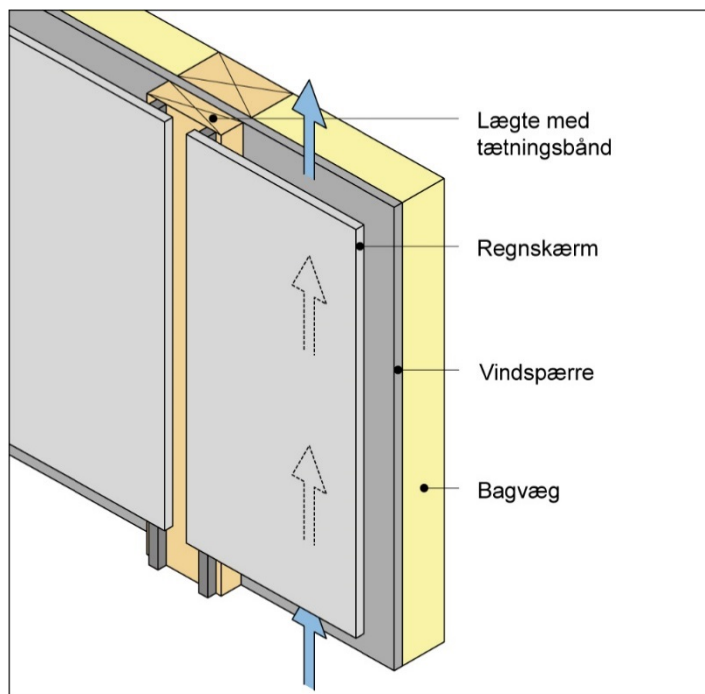
I princippet suger magnesiumklorid vand allerede ved 33 % RF, men i praksis begynder pladerne først for alvor at optage vand fra luften ved et noget højere fugtniveau.

4. Anvendelsesområder

MgO-plader er hovedsagelig anvendt som vindspærre i lette facader i både nybyggeri og ved renovering. Der er typisk brugt plader i 8 mm tykkelse, som netop opfylder brandkravene til vindspærre i lette facader i etagebyggeri.

Der er i nogle typer byggerier anvendt 12 mm MgO-plader, idet pladernes styrkeegenskaber er udnyttet til at stabilisere bygninger eller boxmoduler.

Pladerne er i de fleste tilfælde anvendt som vindspærre bag et ventileret hulrum, som vist på nedenstående figur fra SBI-anvisning 224.

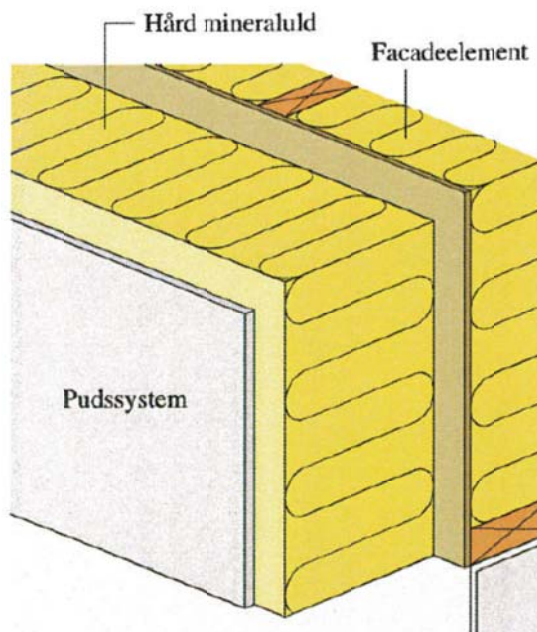


Figur 1: Typisk opbygning af let facade med vindspærre.
Figur fra SBI-anvisning 224.

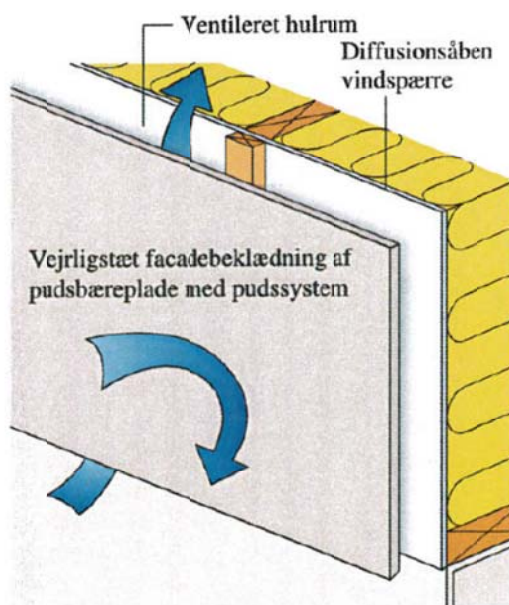
Der findes også MgO-plader, der er anvendt som facadeplader/regnskærm og regnskærmen kan også bestå af MgO-plader med puds på, idet MgO-pladerne er anvendt som pudsbæreplade.

Det ventilerede hulrum er typisk 20-25 mm og bevirker, at pladerne er i direkte kontakt med udeluften og derfor kan optage fugt fra denne.

Der er også anvendt MgO-plader som underlag for mineraluld med puds. Da mineralulden typisk er 50-100 mm, kommer MgO-pladen til at ligge et stykke inde i konstruktionen og uden ventilation. Derfor optager pladen ikke så meget fugt i denne anvendelse.



Figur 2a: Mineraluld med puds uden på vindspærre. Figur fra TRÆ 68, se ref. 3.



Figur 2b: MgO-plader anvendt som vindspærre bag pudsbærelplade. Fra TRÆ 68, se ref. 3.

5. Kemisk sammensætning

Det antages, at bindemidlet i MgO-plader er Sorel-cement, selv om det ikke specifikt anføres i de forskellige datablade for MgO-plader. Sorel-cement må ikke forveksles med almindelig Portland-cement, som

har helt andre egenskaber.

Sorel-cement blev opfundet i 1867 og har været anvendt til en række formål siden f.eks. billardkugler og magnesitgulve.

Det har været kendt i mange år, at Sorel-cement ikke er fugtbestandigt (Se f.eks. Betonbogen fra 1985).

Det anføres i litteraturen at Sorel-cement ikke er fugtbestandig ved høje fugtigheder og allerede i 1947 anføres at 93 % RF er en kritisk grænse.

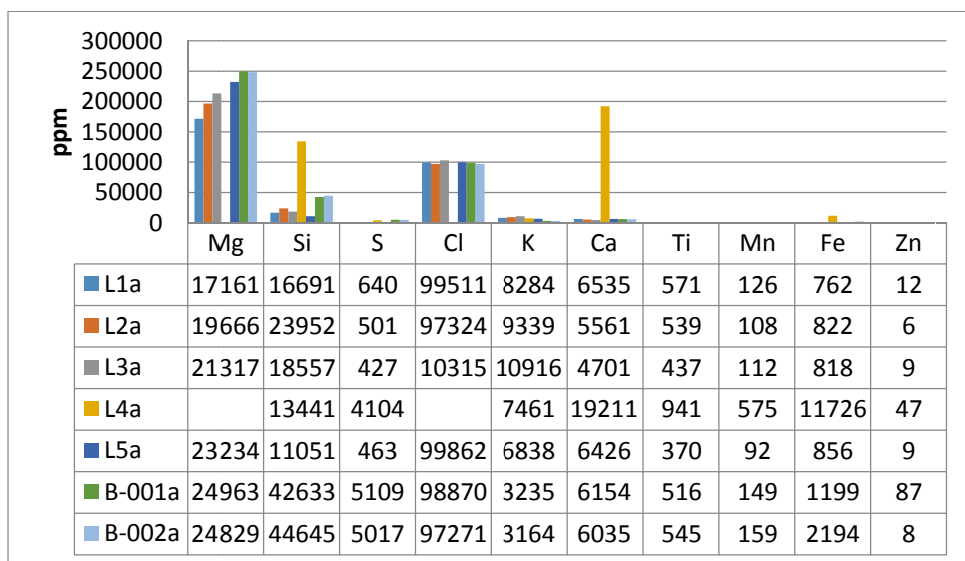
I litteraturen angives forskellige kemiske sammensætninger, idet den kemiske reaktion mellem magnesiumoxid og magnesiumklorid kan forløbe på forskellige måder afhængig af de omgivende betingelser.

Forholdet mellem magnesium og klor skulle ud fra de kemiske formler være mellem 1,4 og 2.

Disse forhold stemmer ikke helt med de forhold, der findes ved analyse af pladen ved røntgenfluorescens, idet masseforholdet her ofte bestemmes til mellem 2,5 og 3.

Analysen afslører imidlertid ikke om der forekommer overskud af frit $MgCl_2$, som ikke indgår i den kemiske reaktion, men i stedet findes som frit salt i pladerne.

Pladerne består som nævnt af bindemiddel og mineralske fyldstoffer samt træfibre. Eksempel på sammensætning ses på figur 3:



Figur 3. Typiske kemiske sammensætninger af MgO-plader. Plade L4A er dog en plade baseret på almindelig Portland-cement, som hverken indeholder klor eller magnesium.

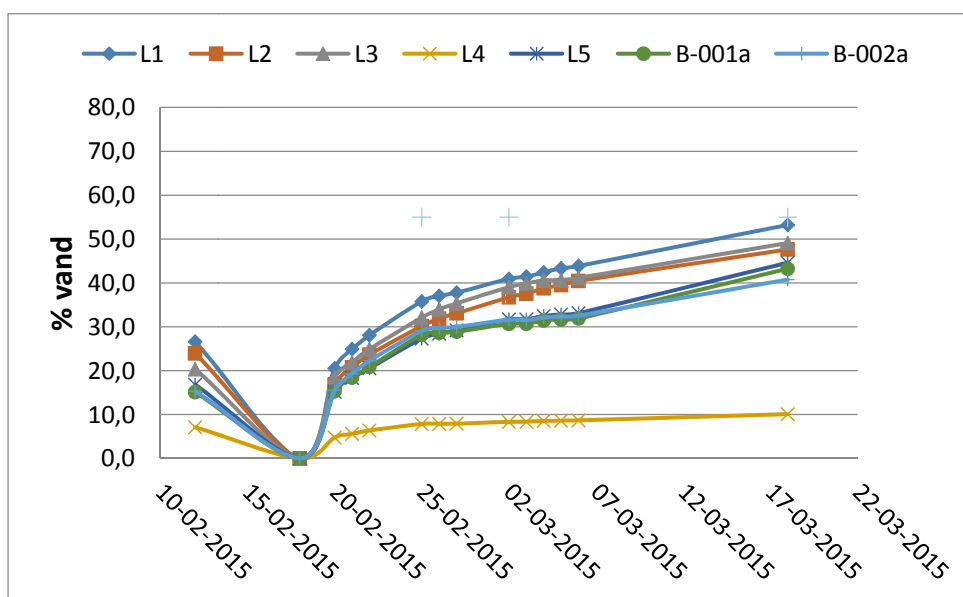
Det har dog ikke været entydigt ud fra databladene for de forskellige MgO-plader, at der har været tale om Sorel-cement som bindemiddel.

Tyndslib af MgO-pladerne viser, at der er væsentlige mængder af træfibre i pladerne, som derfor ikke kan betragtes som helt uorganiske.

6. Vandabsorption fra luften

Der er udført en række forsøg, hvor MgO-pladerne er anbragt i et fugtskab med 93 % RF. Pladerne absorberede fugt fra luften i betydelige mængder og blev ved med at opsuge fugt i en måned eller mere.

Vandoptagelsen efter ca. 1 måned var over 50 % som det fremgår af figur 4.



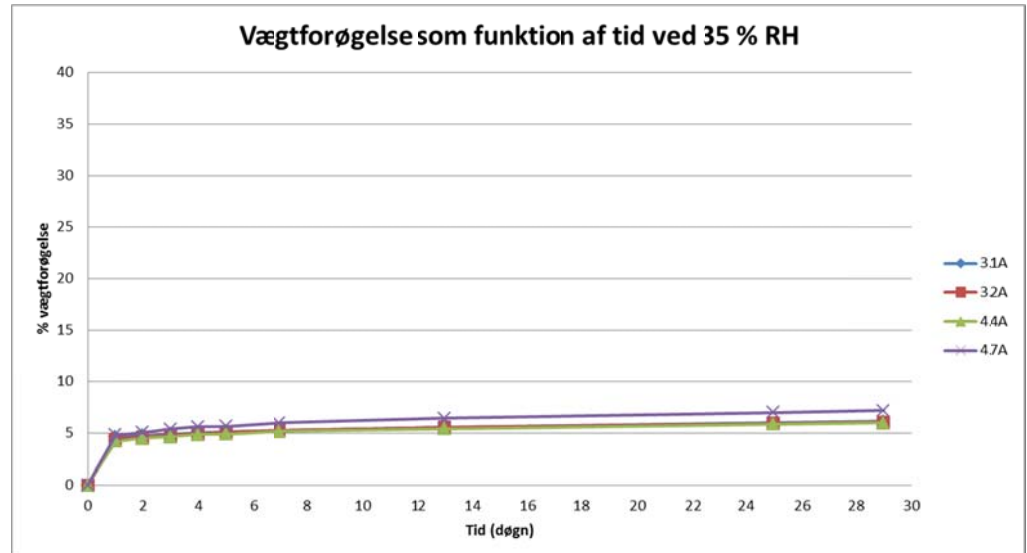
Figur 4: Vandoptagelse fra luften ved en relativ fugtighed på 93 % RF. L4 er et produkt baseret på Portland-cement, som kun opsuger ca. 10 %, mens MgO-pladerne suger op 50 % fugt.

Et væsentligt forhold, som også kunne konstateres ved de indledende forsøg var, at der opstod vanddråber på pladernes overflade efter 7 til 14 dage ved 93 % RF og de fugtmængder, der er vist på figur 4 omfatter også denne mængde fugt. Dette er senere blevet benævnt, at pladerne "græder".

Det vand, der afgives fra pladernes overside indeholder salt i form af $MgCl_2$ og dette er senere blevet benævnt, at pladerne "græder salte tårer".

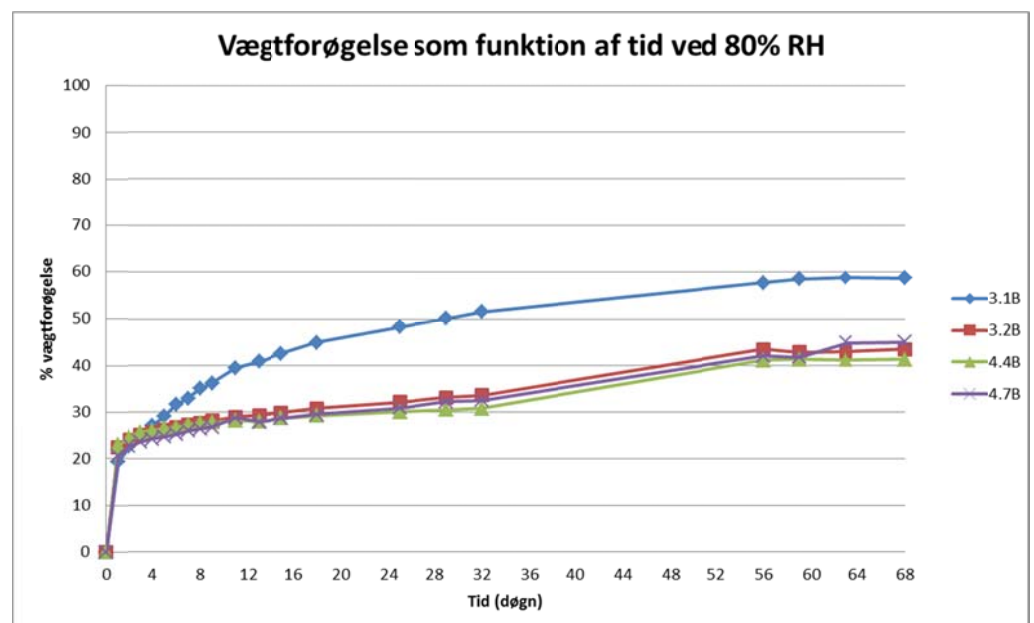
Vi har senere konstateret, at fænomenet også er kendt i Kina som "crying boards" og der kan købes "anti-crying boards".

Der er ved at blive udført flere fugtforsøg på DTU og disse forsøg bekræfter til fulde de indledende forsøg. Foreløbige resultater er vist i det følgende.

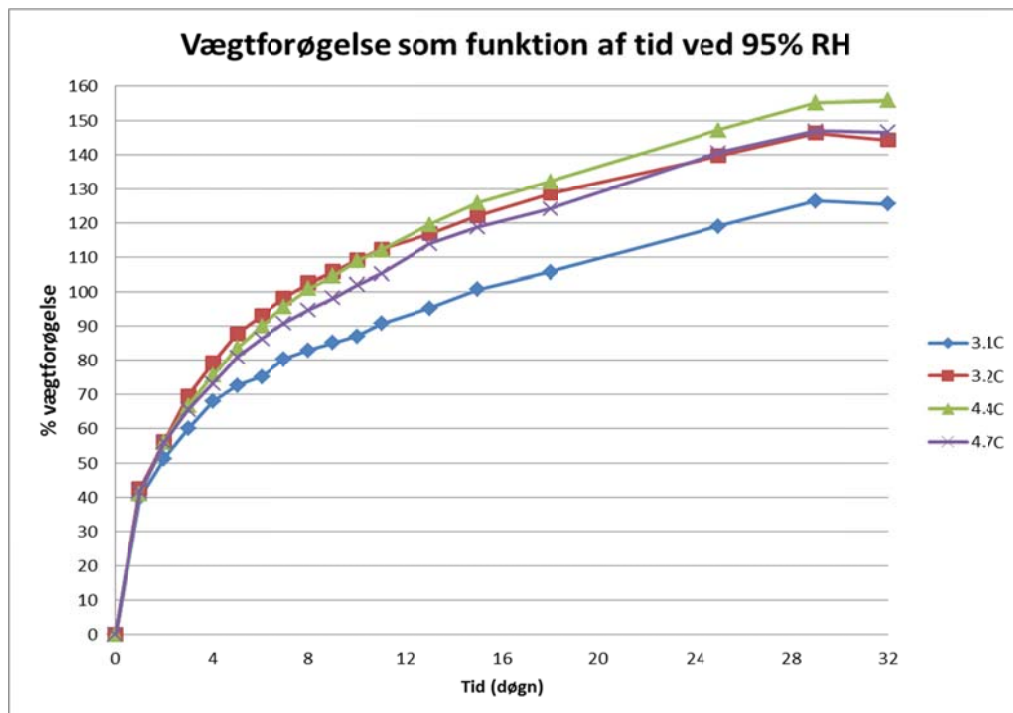


Figur 5: Vægtforøgelse ved 35 % RF. Der opnås nogenlunde ligevægt efter 30 dage.

Det er interessant, at pladerne suger fugt allerede ved 35 % RF, men dette skal formodentlig forklares ved at MgCl_2 har en ligevægtsfugt på ca. 33 % RF.

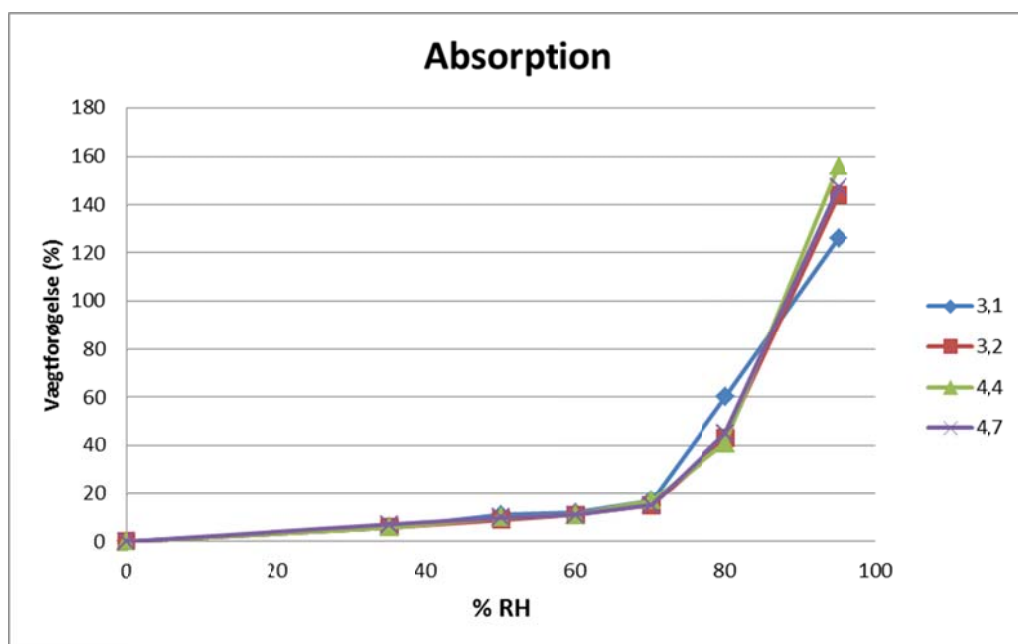


Figur 6: Vægtforøgelse ved 80% RF. Der opnås ligevægt efter ca 60 dage og pladerne er ikke begyndt at græde.



Figur 7: Vægtforøgelse ved 95 % RF. Når kurven stabiliserer sig ved 150 % skyldes dette, at der er opstået kraftig skimmelsvampevækst, som tilsyneladende forbruger vandet. Pladerne begynder at "græde" efter ca. 7 døgn.

Ud fra ovenstående forsøg samt igangværende målinger, er der nedenfor, i figur 8, angivet en foreløbig ligevægtskurve for MgO-pladers fugtoptagelse fra luften ved forskellige relative luftfugtigheder.



Figur 8: En foreløbig ligevægtskurve fra DTU.

Forsøgene viser, at pladerne begynder at "græde" ved 85 % RF.

Fugtkammeret er velventileret og det viser sig ved de forskellige forsøg, at pladerne begynder at "græde" hurtigere jo bedre luftcirkulationen er omkring pladerne.

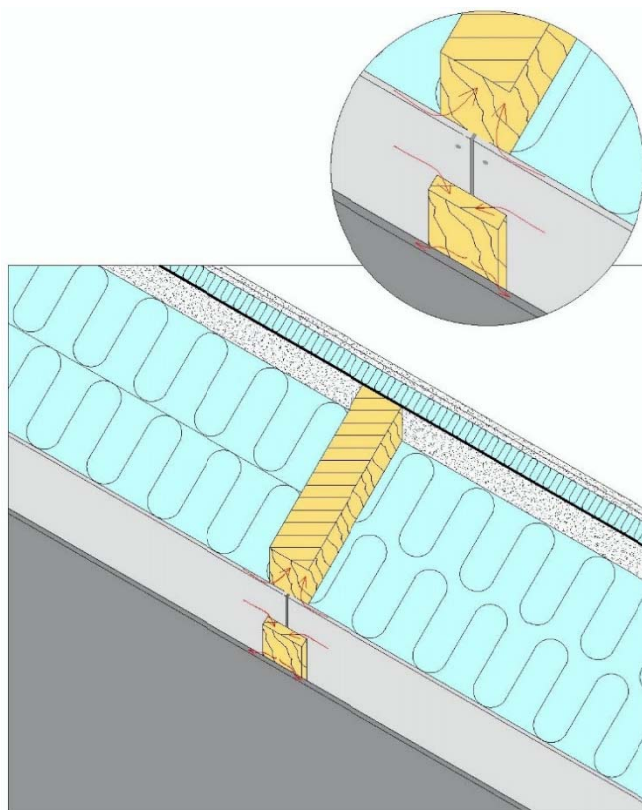
Det er tidskrævende at få etableret en fuld opfugtnings- og udtørningskurve, idet pladerne er længe om at komme i ligevægt. Dette skyldes saltindholdet i pladerne og diffusionsmodstanden i pladerne.

Det ser ud til, ud fra forsøgene på DTU, at MgO-pladernes bindemiddel dekomponerer ved 95 % RF og materialet mister sin sammenhængskraft.

Dette er i overensstemmelse med litteraturen, som siger at Sorel-cement ikke er stabilt ved høje fugtigheder.

7. Opsugning i træ

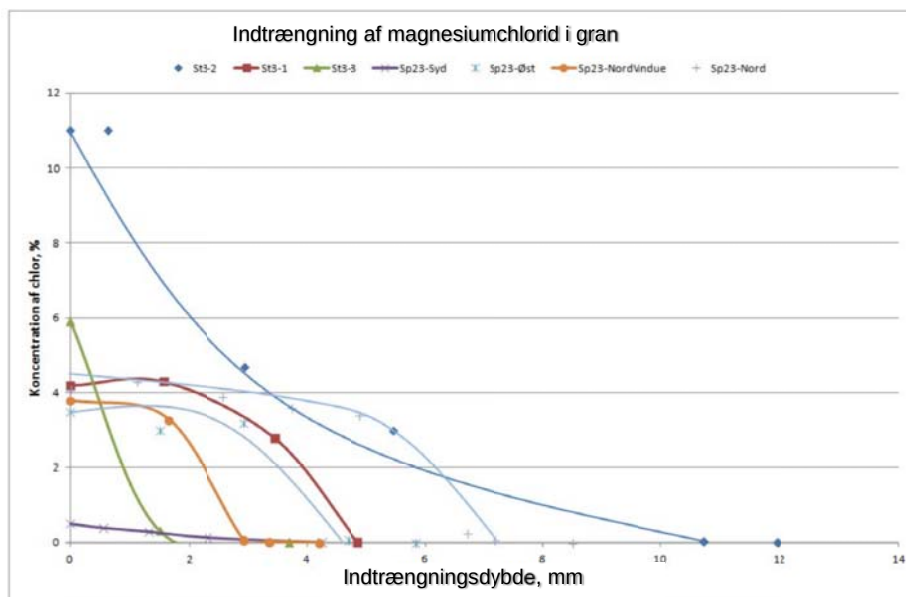
Når MgO-pladerne er i direkte kontakt med træ overføres saltene fra MgO-pladen til træmaterialet, således at dette indeholder $MgCl_2$ i væsentlige mængder, som gør at træet bliver mere vandsugende end normalt.



Figur 9: Opsugning af saltholdigt vand fra MgO-plader til trædele i facade.

Træets opfugtningskurve kommer således til at ligge væsentlig højere.

Indtrængningen i granstolper udtaget fra vægge er vist nedenfor.



Figur 10. Indtrængningsdybde af MgCl_2 i gran efter ca. 1 år.
Magnesiumkloriden trænger i første omgang kun få mm ind i træet, men kan trænge op til 10 mm ind ved længere tids påvirkning af f.eks. en

fodrem.



Figur 11: Opfugtning af fodrem med MgCl_2 -holdigt vand



Figur 12: Opfugtning og misfarvning af puds-bærelplade på forskalling som opsuger MgCl_2 .

Fugtindholdet i træ med indhold af MgCl_2 kan ikke måles med traditionelle indstiksmålere, idet de måler modstanden i træet og denne ændres væsentligt af saltindholdet. Der måles typisk væsentligt højere værdier

end det faktiske fugtindhold, som derfor må bestemmes ved tørre/veje-metoden.

Kapacitive fugtmålere fungerer heller ikke pålideligt på saltholdigt træ.

8. Diffusionsmodstand

Kravene til en vindspærre er normalt en Z-værdi mindre end eller lig 3 $\text{GPa}\cdot\text{s}\cdot\text{m}^2/\text{kg}$, således at små mængder fugt, der trænger ud i facaden ved diffusion indefra, kan transporteres igennem pladen til det ventilerede hulrum mellem facadeplade og vindspærre.

Vi har ikke foretaget kontrolmålinger af MgO-pladers diffusionsmodstand, men den opgives i leverandørernes datablade for både tør og fugtig tilstand.

Diffusionsmodstanden i tør tilstand måles mellem 0 % RF og 50 % RF, mens den i våd tilstand måles mellem 50 % RF og 100 % RF. I praksis anvendes dog 93 % RF i stedet for 100 % RF for at undgå kondens ved målingen.

Diffusionsmodstanden kaldes også Z-værdien og måles i $\text{GPa}\cdot\text{s}\cdot\text{m}^2/\text{kg}$.

Z-værdien for MgO-plader opgives typisk i tør tilstand til 1,5 til 2,2 $\text{GPa}\cdot\text{s}\cdot\text{m}^2/\text{kg}$.

Z-værdien for MgO-plader opgives typisk i fugtig tilstand til 0,5 til 1,0 $\text{GPa}\cdot\text{s}\cdot\text{m}^2/\text{kg}$.

De opgivne værdier er dog lidt tvivlsomme, idet pladerne jo samtidig opsuger fugt.

Der vil derfor bliver udført kontrolforsøg på DTU ved et afgangsprojekt i efteråret 2015.

9. Korrosion

Den væske, som samles i MgO-pladerne og som trænger ud på overfladen, når de "græder", er vand med et stort indhold MgCl_2 . Denne væske er stærkt korrosiv og medfører korrosion på fastgørelsesmidler og metalbeslag i berøring med pladerne.

Det har vist sig på udtagne prøver af forzinkede beslag med en zinkbelægning på ca. 20 μm , at zinklaget forsvinder i løbet af 1 til 2 år, hvis beslagene sidder i berøring med MgO-plader, eller det saltholdige vand løber ned over beslagene.

Søm og skruer, som er forzinket korroderer også, så beskyttelsen med zink forsvinder i løbet af 1 til 2 år.

Syrefast rustfrit stål (A4) anvendt til søm, skruer og klammer er

tilsyneladende upåvirket af MgO-pladernes salte.

I nogle tilfælde er regnskærmen fastgjort med el-forzinkede tyndpladebeslag. Disse beslag er i berøring med MgO-pladen og er derfor udsat for et både fugtigt og saltholdigt miljø.

Der er typisk tale om 1,0 mm tyndplade med 20 µm zinklag.

Der kan regnes på levetiden ud fra DS/EN ISO 12944-2, idet korrosionskategorien må vurderes at svare til C5, idet der både er fugtigt svarende til udeklima og salt til stede.

Desuden vil MgO-pladerne i perioder afgive saltholdigt vand.

Korrosionshastighed på zink kan sættes til ca. 8 µm pr. år og korrosionshastighed på stål til 200 µm pr. år. Der må regnes med korrosion fra begge sider.

Zinkbelægning vil således være forsvundet efter ca. $20 / 8 = 2 \frac{1}{2}$ år.

Vi har konstateret, at en zinkbelægning på 20 µm er forsvundet på $1 \frac{1}{2} - 2$ år.

Det rå stål, der så er tilbage når zinken er væk, vil korrodere bort på:
 $0,0010 / 2 / 0,000200 = 2,5$ år.

Efter ca. 5 år vil stålet være væk efter denne overslagsberegning og i praksis kan det gå hurtigere.

10. pH-værdi og skimmelvækst

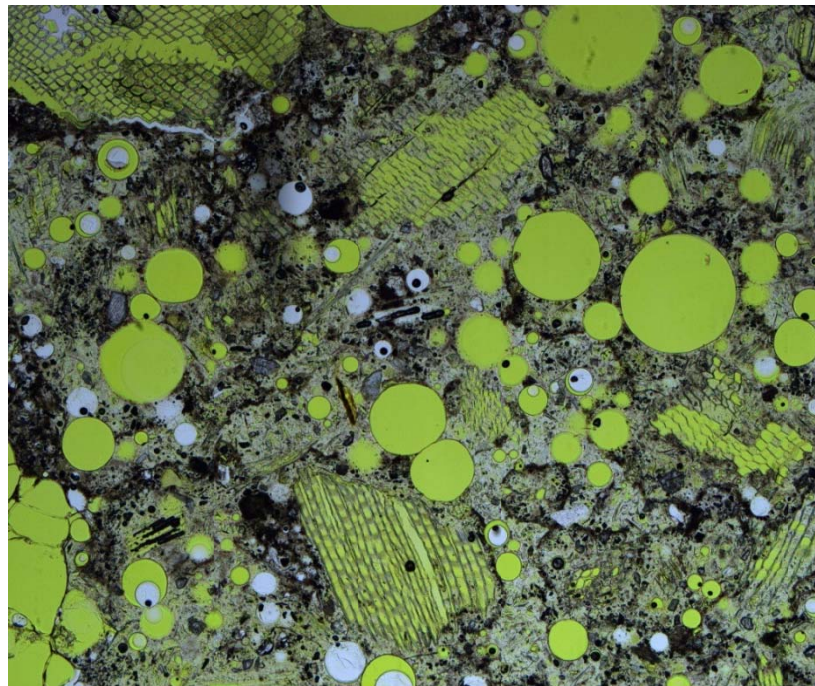
Det er i nogle data-blade for MgO-plader anført, at de har en høj pH-værdi på ca. 10.

Normalt vil en pH-værdi på 10 være en god beskyttelse mod skimmelvækst.

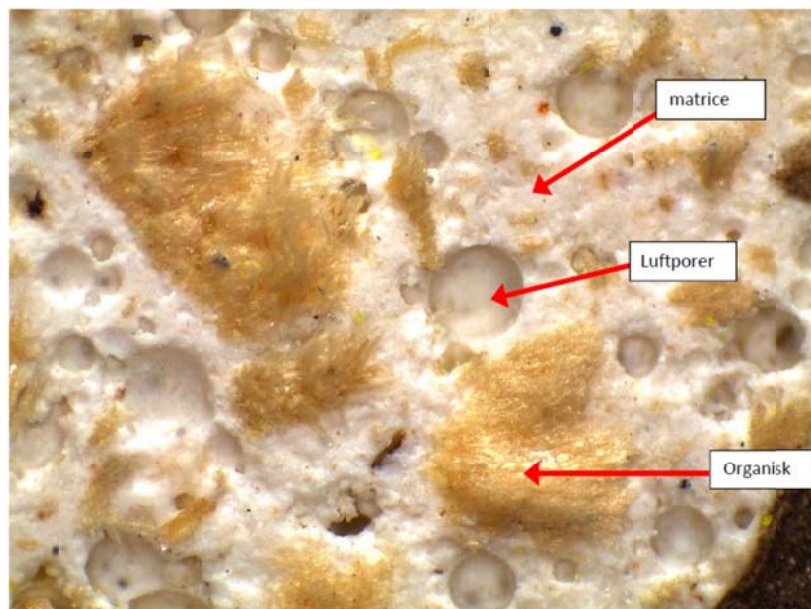
Målinger på MgO-plader har dog vist, at de ofte har en lavere pH-værdi på 7-8, således at de ikke beskytter mod skimmel.

Desuden vil pH-værdien falde over tid, når pladerne optager CO₂ fra luften.

Det er konstateret, at der kan gro skimmel på selve MgO-pladen og dette skyldes bl.a. det forholdsvis høje indhold af træfibre i pladerne.



Figur 13. Billedet viser tyndslib, hvor træfibre ses som stribede legemer.



Figur 14. Mikroskopi af MgO-plade, hvor de forskellige bestanddele kan ses.

11. Dokumentation og mærkning

Normalt skal byggematerialer CE-mærkes og der skal foreligge en ydeevnedeklaration i henhold til Byggevareforordningen.

Dette gælder dog kun, hvis der findes en europæisk produktstandard (EN-standard) for den pågældende produkttype.

En anden mulighed i henhold til byggevareforordningen er, at der

udstedes en europæisk teknisk vurdering. Dette sker på basis af en ETAG – Europæisk teknisk guideline for produkttypen.

Hvis der hverken findes en EN-produktstand eller en ETAG for den pågældende produkttype, kan produkter af denne type markedsføres uden CE-mærkning eller ydeevnedeklaration.

Der findes en produktstandard for fibercement-plader – EN 12467 – men denne omhandler kun plader med bindemiddel af Portland-cement i henhold til EN 197-1. Denne produktstandard kan altså ikke anvendes på MgO-plader, hvor bindemidlet er Sorel-cement.

Der findes en europæisk teknisk guideline ETAG018 – del 4, som omhandler plader til brandbeskyttelse. Denne ETAG indeholder også visse krav til fugtegenskaberne, men dog næppe tilstrækkeligt til at afsløre de uheldige egenskaber ved MgO-plader med saltindhold.

ETAG 018 – del 4 er anvendt til godkendelse af MgO-plader i bl.a. Belgien.

I Danmark er der af ETA Danmark udstedt en MK-godkendelse på et af de MgO-produkter, der har været solgt i Danmark. Se ref. 10.

MK-godkendelsen omhandler kun brand, men nævner at brandgodkendelsen gælder for både indvendig og udvendig anvendelse. Der er dog ingen dokumentation af de fugtmæssige forhold.

12. Samlet vurdering af funktion og skaderisiko

På grundlag af de foretagne undersøgelser i laboratorier og i marken af byggerier, hvor der er anvendt MgO-plader som windspærre, må det konkluderes, at pladen er uegnet til formålet eftersom pladens bindemiddel, Sorel-cement, er ustabil ved høj relativ fugtighed, samt på grund af pladens saltindhold og de deraf følgende fugtsugende egenskaber.

Saltindholdet i pladerne medfører også en væsentlig korrosionsrisiko, idet pladerne afgiver vand, som indeholder magnesiumklorid.

Problemerne er mindre udtalt for 12 mm plader, men på sigt vil de have samme problem som 8 mm pladerne.

Når MgO-pladerne afgiver vand optages dette i de tilstødende trædele, som herved selv bliver mere fugtsugende end normalt træ. Dette gælder både afstandslisters til facadebeklædning og bagvedliggende træskelet.

MgO-pladerne tørrer delvis ud om sommeren, når den relative fugtighed i udeluften falder. I nogle byggerier opnås et fugtforløb henover året, som ikke medfører synlige skader på kort sigt. Der er dog fortsat en korrosionsrisiko for fastgørelsesmidler.

MgO-plader kan medføre korrosionsskader på bagvedliggende stålskelet af forzinket tyndplade, og dette vil på sigt medføre at skruerne som fastholder beklædningen kan miste deres bæreevne.

Der er også konstateret opfugtning af trævinduer i facader med vindspærre af MgO-plader og konsekvensen af dette er ved at blive undersøgt.

MgO-pladernes brandbeskyttelse vil aftage med tiden, når de nedbrydes af fugt.

Der er ingen kendt risiko for at væske fra MgO-plader kan medføre helbredsgener, idet $MgCl_2$ er et almindeligt salt, som ikke skader mere end køkkensalt.

13. Udbedring

Den eneste sikre udbedringsmetode for facader med vindspærre af MgO-plader er med den nuværende viden udskiftning af MgO-pladerne, hvilket indebærer en demontering og genmontering af facadebeklædningen.

Hvis pladerne sidder på et træskelet, der har opsuget salte fra pladerne, må trædelene behandles inden genopsætning af en ny vindspærre. Det vurderes ikke med den nuværende viden, at der er behov for udskiftning af træet, når der kommer en ny vindspærreplade op uden saltindhold. Det vil dog være nødvendigt at imprægnerer trædelene mod skimmelsvamp og blåsplint, samt på anden vis at sikre - eksempelvis med et skillelag - mod fugtoptagelse.

Det har været nævnt at problemerne med MgO-plader skyldes manglende ventilation af hulrummet bag beklædningen. Det forholder sig imidlertid omvendt. Øget ventilation vil fremme fugtoptagelsen i pladerne.

Der er igangsat forsøg med imprægnering af MgO-pladerne for at se, om det kan reducere fugtoptagelsen så meget, at udskiftning under visse forhold kan undgås.

Dette er dog problematisk, idet pladerne skal bevare deres diffusionsåbenhed og der kan derfor ikke lukkes for lufttilførslen. En imprægnering kan dog måske i nogle tilfælde sinke fugtopsugningen så meget at pladerne kan opnå en acceptabel ligevægt.

Korrosionsrisikoen er et væsentligt problem ved MgO-plader, og hvis der er anvendt forzinkede søm, skruer og beslag, skal disse facader prioriteres højt i renoveringssammenhæng, idet der kan være risiko for at facadebeklædningen falder ned.

Hvis MgO-pladerne sidder på stålskelet, skal skelettet i nogle tilfælde udskiftes helt eller delvis.

14. Litteratur

1. Betonbogen, 2. udgave 1985. Cementfabrikkernes tekniske Oplysningskontor.
2. BYG-ERFA-blad (21) 15.05.29. Vindspærrer i facader – Afdækning i byggeperioden.
3. TRÆ 68: Facadeelementer. Træinformation december 2013.
4. Byggevareforordningen nr.305/2011 af 9. marts 2011.
5. ETAG 018-del 4. December 2011. Fire protective products.
6. EN 12467:2012. Fiber cement Flat sheets. Production specification and test methods. Part 4 Fire protective board, slab and mat products and kits.
7. BYG-ERFA-blad (21) 15.05.05. Fugtsugende vindspærreplader.
8. SBI-anvisning 224. 2. udg. maj 2013. Fugt i bygninger.
9. Bygningsreglement 2010.
10. MK-Godkendelse – MK 6.31/1785 – udstedt 2014.12.11

Vedbæk, den 2015-09-16

Tommy Bunch-Nielsen og
Per Bo Larsen
BUNCH BYGningsfysik ApS

Peter Svane
Overfladeteknik ApS