



Norsk bygningsfysikkdag 2012

Metoder for rehabilitering av fuktskadde kjelleryttervegger

Stig Geving, prof.
 Institutt for bygg, anlegg og transport



www.ntnu.no

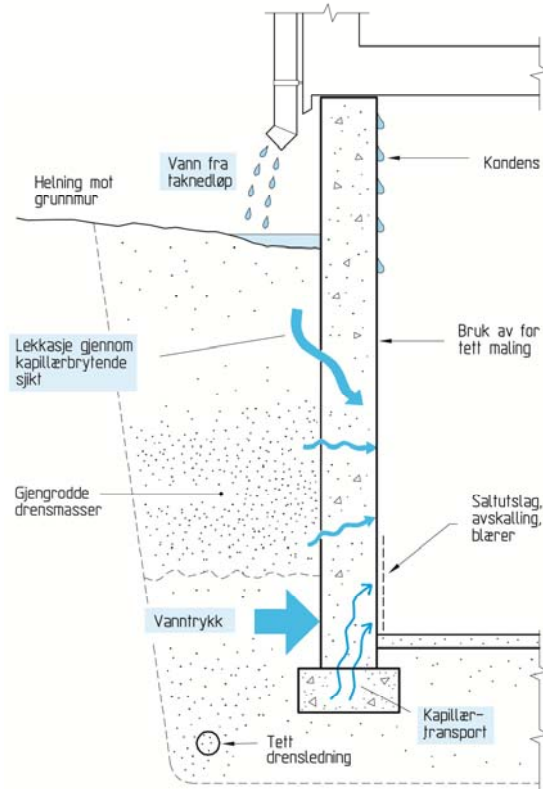
NFR-prosjekt:
 External heat and moisture insulation of cellar walls 2009-2011
 Prosjektdeltakere: Isola as, Isodren Norge as, EPT as, SINTEF Byggforsk



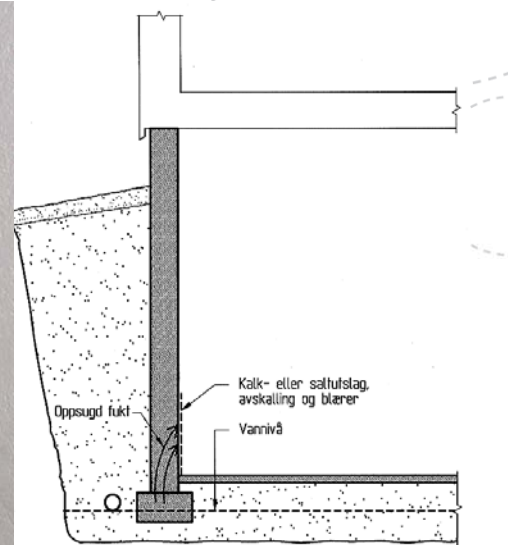
www.sintefbok.no

www.ntnu.no

Eksempler på fuktskader



Oppstigende fukt – malings- og saltskader



Saltutslag på overflaten



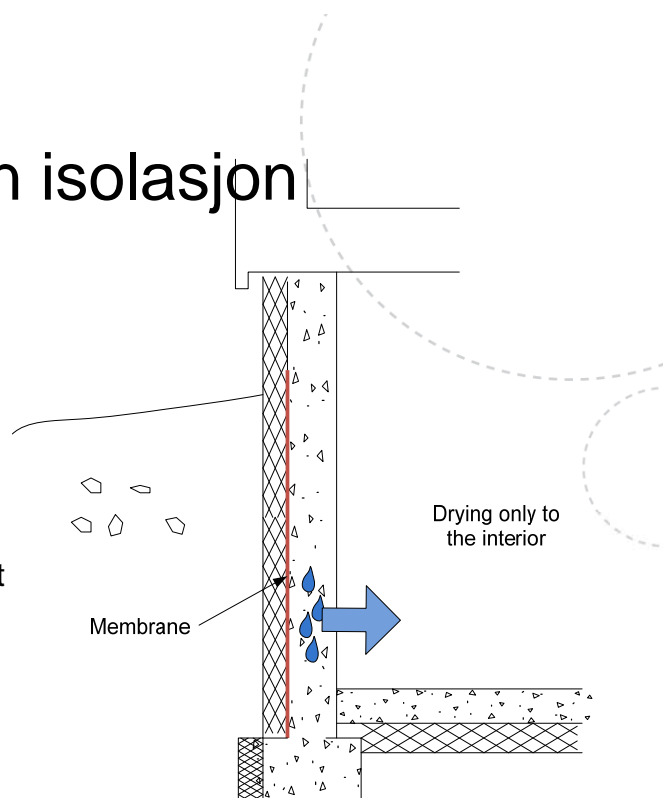
Råte i
innvendig
kledning

Utbedringsmetoder

- Utvendig oppgraving med ny drenering:
 - I. Nytt utvendig tettesjikt
 - II. Nytt utvendig tettesjikt + utvendig «vanlig» isolasjon
 - III. **Utvendig dampåpen isolasjon**
- **Innvendig grunnmursplate og utforing**
- **Elektroosmose**
- Lekkasjetetting v injisering
- Kjemisk fuktsperre mot kapillært oppsugd fukt
- Fysisk fuktsperre mot kapillært oppsugd fukt

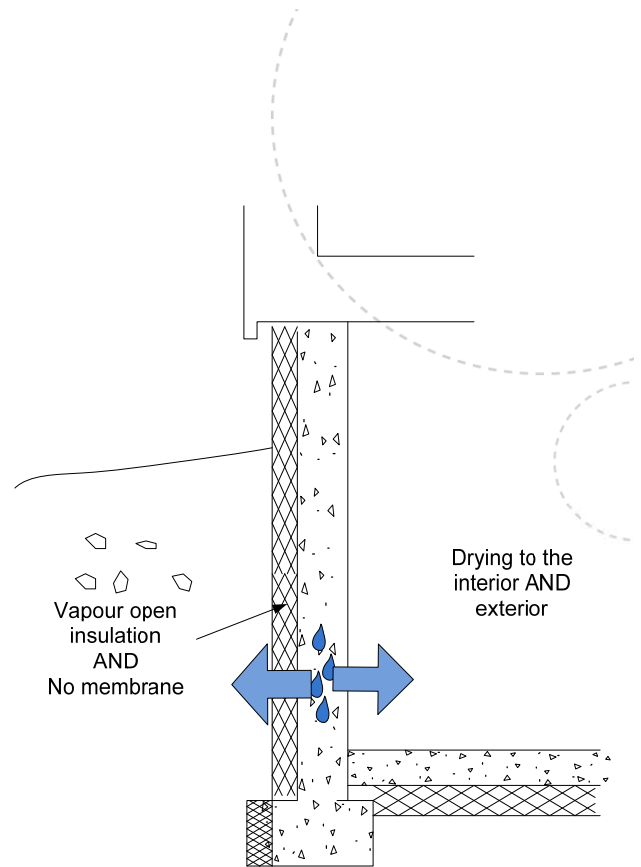
Utvendig dampåpen isolasjon

- Tradisjonell metode:
 - Ny drenering, nytt utv tettesjikt (+ utvendig isolasjon, typisk EPS)
 - Robust metode, MEN all fukt må tørke innover
 - Kan ta lang tid før en fuktskadet vegg er tørr



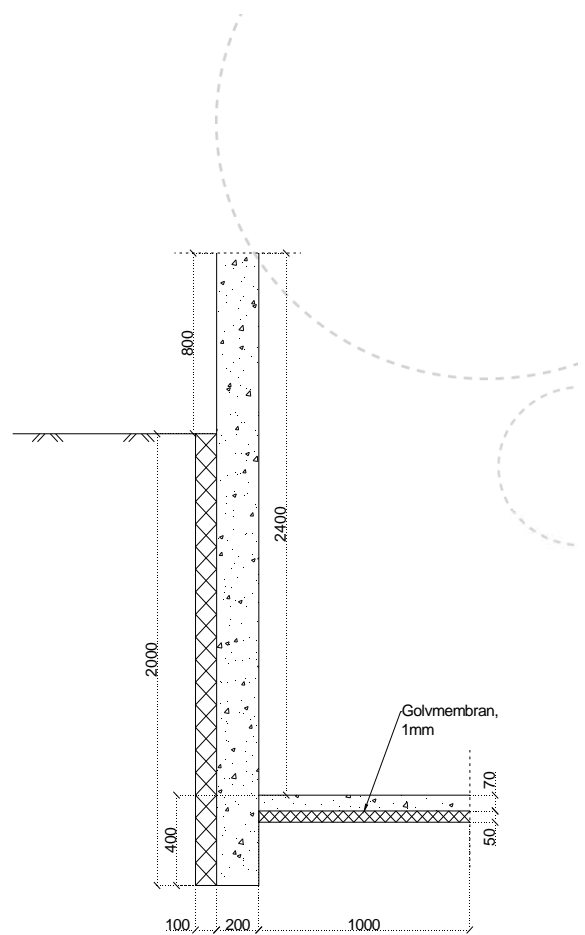
- **Utv dampåpen isolasjon:**

- Kan tillate uttørking både innover OG utover
- Oppstigende fukt kan også tørke utover
- Materialer:
 - Hard mineralull
 - Spesialprodukter (f.eks. Isodren)



Fuktberegninger

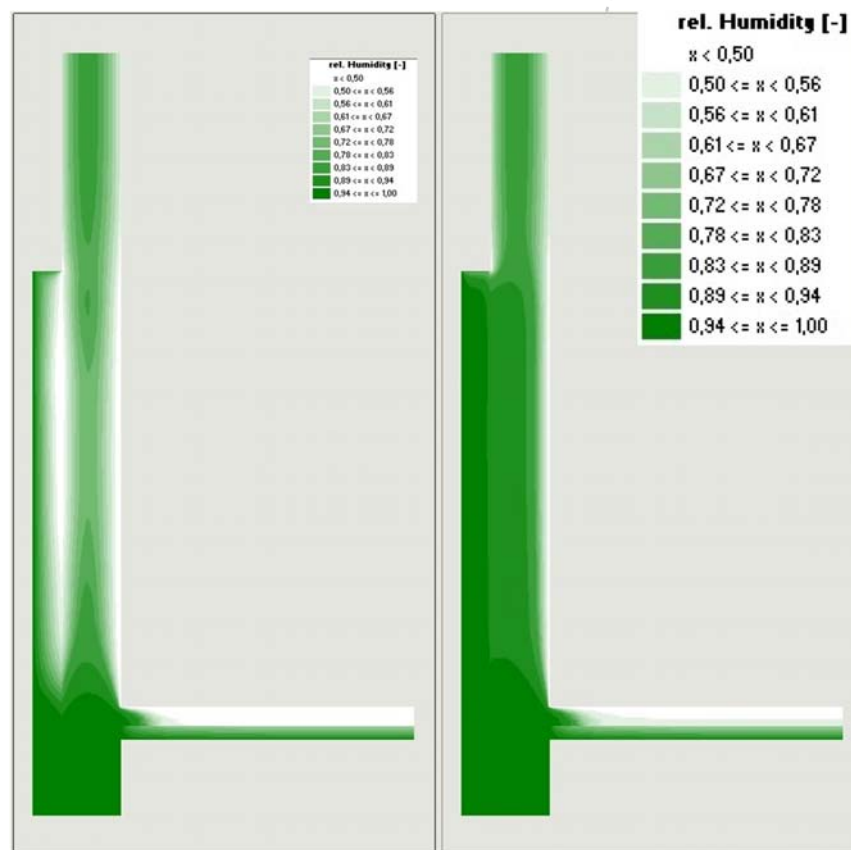
- WUFI 2D
 - Diffusjon + kapillært
- Referanse kjellervegg
 - 200 mm B15 betong
 - 100 mm dampåpen isolasjon (Isodren, $\mu = 4$)
 - Startfukt: 98% RH



Geving, Kvalvik & Martinsen. *Rehabilitation of basement walls with moisture problems by the use of vapour open exterior thermal insulation*. 2011. 9th Nordic Symposium on Building Physics, Tampere, Finland

Resultater

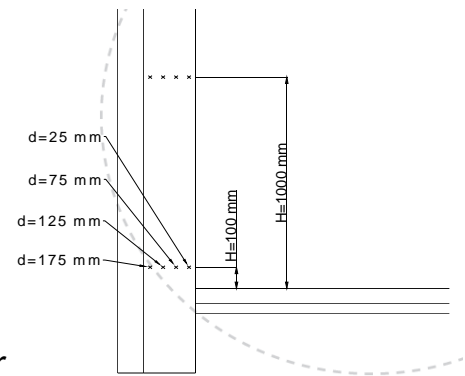
1. Jan, etter 1 år beregninger (to tilfeller)



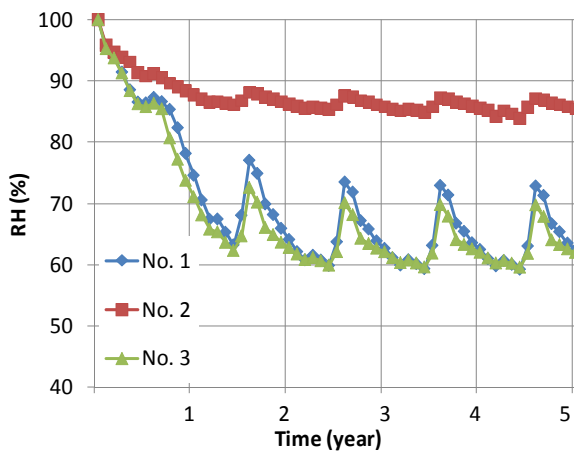
Ref: dampåpen isolasjon

Damp tett isolasjon (standard EPS)

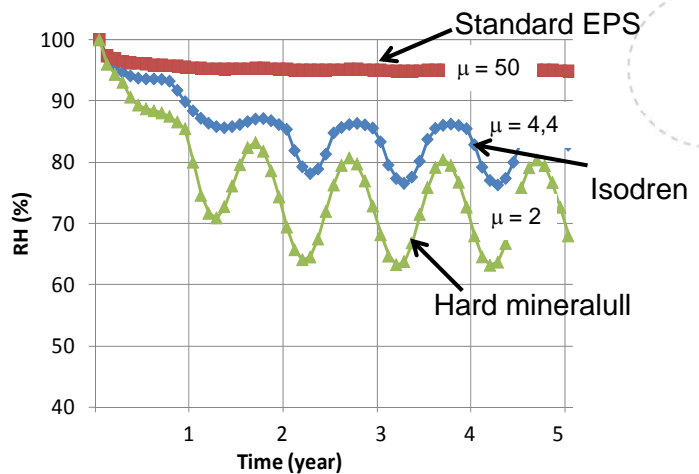
Effekt av varierende vanndamppermeabilitet til isolasjonen



RF for $H = 100$ mm og to forskjellige dybder



$d = 25$ mm



$d = 175$ mm

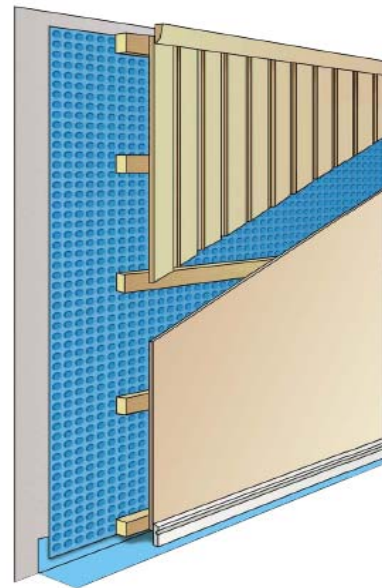
Konklusjon

- Dampåpen isolasjon:
 - Gir høyere uttøringshastighet
 - Gir lavere slutfuktnivå
- Kjeller må være oppvarmet for å se en effekt
- Innvendig kledning/ isolasjon må ikke monteres før veggen er tilstrekkelig tørr

Innvendig grunnmursplate og utforing

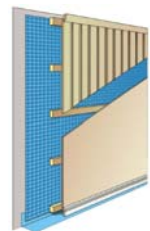
- Rehab-system fra Isola

- Egnert for «mindre fuktproblem»
- Max 50 mm isolasjon, ingen dampsperre
- Potensiell tørking via luftspalt

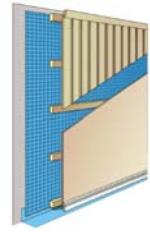


Akseptabel isolasjonstykkelse i utforing -uten at kondens/mugg oppstår

- Tykkere isolasjon øker kondensfaren
- Grunnmur med høy varmemotstand, f.eks. lettklinker eller 50 mm isolasjon:
 - Opptil 50-100 mm isolasjon
- Grunnmur med lav varmemotstand, f.eks. betong:
 - 0-50 mm isolasjon
- Kaldt uteklima eller høy innvendig luftfuktighet:
 - 0-50 mm isolasjon
- Unngå vanlig dampsperre (smart dampsperre en mulighet?)



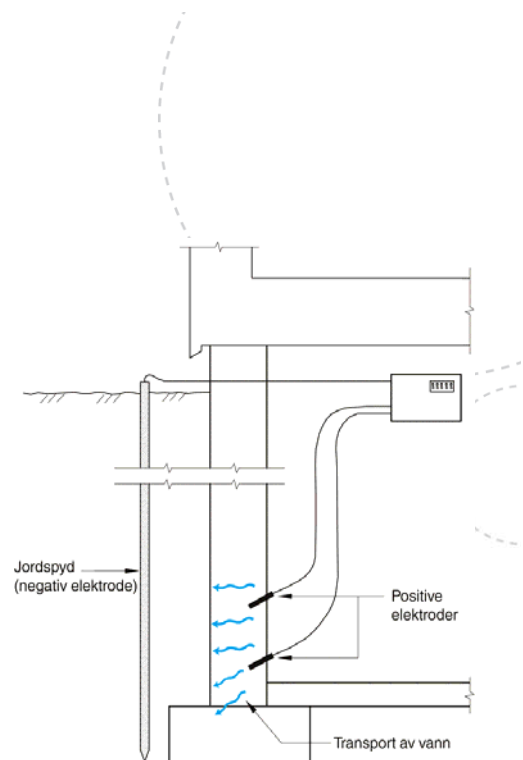
Uttørking via luftspalten



- Målinger tyder på relativt lavt luftskifte i luftspalten
- Målinger på betonggolv viser en «diffusjonseffekt», dvs tørking avtar med avstand fra åpning, f.eks:
 - Utgangspunkt: 94% RF ved selvuttørking/hydratisering
 - Etter 11/2 år, dybde 20 mm i betong:
 - 0,4 m: 86%
 - 0,7 m: 87%
 - 1,5 m: 90%
 - Større uttørking jo større luftspalt

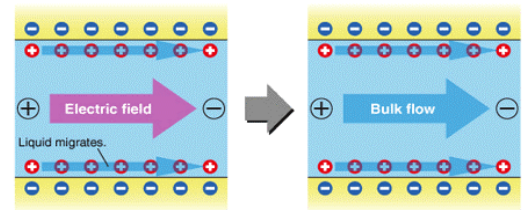
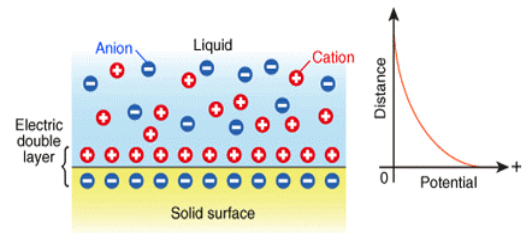
Elektroosmose

- = Vannstrømming i finkornet/porøst materiale utsatt for forskjell i elektrisk spenning
- Kjent siden 1800-tallet
- 1930-tallet: murvegg (Sveits)
- Vannstrøm:
 - fra positiv (anode) til negativ (katode)
- Forutsetning:
 - Sammenhengende poresystem (kapillærer)
 - Helt eller delvis fylt med vann



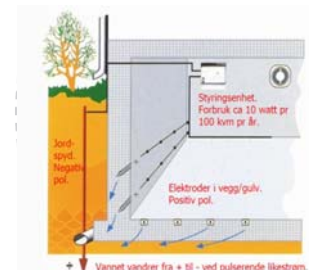
Hvordan virker elektroosmose?

- Selve materialet blir vanligvis negativt ladet
- Positive ioner i vannet tiltrekkes av kapillærveggene, og danner et tynt positivt ladet sjikt
- Det positive sjiktet vil bevege seg mot negativ elektrode
- Pga viskøse krefter vil sjiktet dra med seg resten av vannet i kapillæren

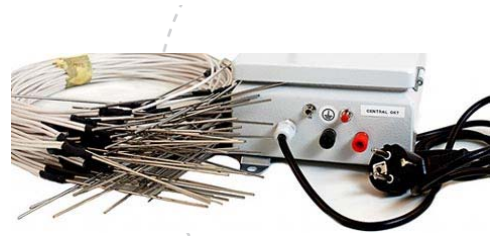


Viktige faktorer å ha kontroll over:

- Kapillærene må ikke være for store
 - Tegl, betong, puss, mørtel har fin porestruktur og er vanligvis godt egnet
- Metoden stopper ikke lekkasjer gjennom sprekker, støpeskjøter og hull
- Høy pH er gunstig
- Visse materialer (f.eks. kalksandstein, kalkmørtel), sure vannløsninger, lav pH: kan føre til at materialet blir positivt ladet
 - Dvs. væskestrømmen kan gå motsatt vei!
 - Merk at selve osmoseprosessen kan føre til forsurening av porevannet!
- Høy saltholdighet i porevannet kan redusere effekten
 - F.eks. gamle teglstensfundamenter
- Massene utenfor veggen kan også ha betydning
 - Leire bedre enn sand



Elektroosmose i praksis



- Tidligere: basert på likestrøm
 - Stor ulempe: positiv elektrode ødelegges av elektrolyse (korrosjon)
 - Må redusere spenningen, noe som reduserer effekten
- I dag: Pulset likestrøm
 - Korte perioder hvor spenningen reverseres
 - Reduserer korrosjonen på positiv elektrode
 - Kan benytte større spenning
 - Mindre fare for forsuring av porevannet
- Armering ikke benyttes som anode
- Metallrør og liknende på muren kan «kortslutte» systemet
 - Dvs krav til nøye planlegging og regelmessig kontroll av systemet
- Trådløse systemer (impulsgiver sentralt i bygget) som skal opprette potensialforskjell:
 - ingen dokumentasjon på at disse fungerer!

Konklusjon elektroosmose

- Velfungerende metoder vil kunne gi en uttørking
- Likevel mange fallgruber! Ikke alltid egnet!
 - Dvs krever grundig vurdering, planlegging og oppfølging
- Utvendig oppgraving, ny drenering og utvendig tetting/isolering er å foretrekke der det er egnet og vil løse problemet
- Viktig å dokumentere effekt med fuktmålinger i ettertid

«Klassisk» lekkasjetetting ved injisering

- Mindre sprekker og riss i betongkonstruksjoner
- Større nybygg, vanntette underetasjer, P-anlegg, svømmebasseng
- Mange firma
- Mange typer produkter, avh av:
 - Bruksområde
 - Sprekkstørrelser
 - Fremdeles i bevegelse eller ikke
- Noen ekspanderer, noen krever fukt for å herde etc
- Vanlig problem: nye riss åpner seg



Kjemisk fuktsperre mot kapillært oppsugd fukt

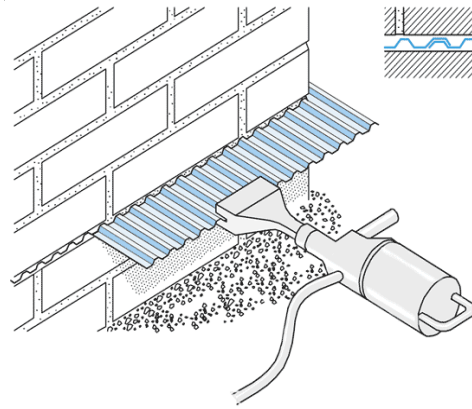
- Bore en rekke med hull med f.eks. 100 mm avstand rett over golvet
- Lang rekke produkter finnes
- Avhengig av å få til spredning fra hull til hull
 - Lettere å kontrollere i homogene materialer som betong, enn i murverk
 - Sprekker kan gi «kortslutning»
- Noen produkter krever fukt for å herde mens noen krever tørrere vegger
- Varierende erfaringer, fra dårlig til god virkning
 - Vanskelig å få til fullstendig fuktsperre, dvs. kun fuktbremsende effekt
- Levetid?



Foto: Hus & Bolig 2005

Innpressing av stålplater i murverksfuge

- Eldre massive murvegger
- Gjennomgående mørtelfuge
- Rustfri stålplate
- Flere danske firma
- Noe risiko for forskyvning/oppsprekking
- Statisk vurdering
- Vanligvis utenfra, 2m grøft



Oppsaging av murverk og ilegging av stålplate/membran

- Uprøvd i Danmark og deler av Mellom-Europa
- Metode:
 - Sage opp et lite stykke, tykkelse 10-20 mm
 - Legge inn stålplate el. Membran
 - Hurtigherdende mørtel
 - Sage neste bit.....
- Typer sag:
 - Sirkelsag
 - Wiresag
 - Kjedesag
- Kjedesag funnet mest effektiv, også sammenlignet med innpressingsmetoden



Oppsummering

- Utvendig oppgraving, reetablering av drenering, utvendig tetting og isolering – fremdeles referansemetoden!
 - Men løser heller ikke alltid problemet!
- Mange mulige alternative metoder, med fordeler og ulemper