



HØGSKOLEN STORD/HAUGESUND

# Brannteknisk dokumentasjon av gjennomføringer i hulldekker og Leca byggeplank

---



Bacheloroppgave utført ved

Høgskolen Stord/Haugesund – Studie for ingeniørfag

---

Sikkerhet, Brannteknikk

Av:	Joakim Folkesson	Kand.nr.	39
	Asle Martinsen	Kand.nr.	50

---



HØGSKOLEN STORD/HAUGESUND



# BACHELOROPPGAVE

---

**Studenten(e)s navn:** Joakim Folkesson  
Asle Martinsen

---

**Linje & studieretning:** Brann, sikkerhetsingeniør

**Oppgavens tittel:** Brannteknisk dokumentasjon av gjennomføringer i  
Hulldekker og Leca byggeplank

**Oppgavetekst:**

Veiledningen til Teknisk Forskrift til Plan- og bygningsloven (VTEK) angir at gjennomføring i brannklassifisert bygningsdel ikke må svekke konstruksjonens brannmotstand. Utførelsen kan dokumenteres ved prøving eller ved å benytte anerkjente løsninger. Ved gjennomføringer i hulldekker og Leca byggeplank eksisterer det få dokumenterte brannteknisk sikre løsninger.

Denne oppgaven tar for seg å teste og vurdere ulike løsninger for gjennomføringer som Skanska og Maxit anser som aktuelle for bruk. Oppgaven skal i høyest mulig grad utføres etter gjeldende standarder for brannklassifisering, dokumentering og prøving av brannmotstand. Testresultatene vil gi en indikasjon på om disse løsningene kan brukes i praksis.

**Endelig oppgave gitt:** Fredag 5.mars 2010

**Innleveringsfrist:** Fredag 7.mai 2010 kl. 12.00

**Intern veileder** Jon Arve Brekken

**Ekstern veileder** Bjørn Vik

**Godkjent av studieansvarlig:**

**Dato:**



HØGSKOLEN STORD/HAUGESUND

maxit

SKANSKA



HØGSKOLEN STORD/HAUGESUND

Høgskolen Stord/Haugesund  
Studie for ingeniørfag  
Bjørnsonsgt. 45  
5528 HAUGESUND

Tlf. nr. 52 70 26 00  
Faks nr. 52 70 26 01

Oppgavens tittel Brannteknisk dokumentasjon av gjennomføringer i hulldekker og Leca byggeplank		Rapportnummer
Utført av Joakim Folkesson & Asle Martinsen		
Linje Sikkerhet, Brannteknikk		Studieretning Brann
Gradering	Innlevert dato	Veiledere Jon Arve Brekken Bjørn Vik

### Ekstrakt

Hulldekker og Leca byggeplank brukes ofte i bygningsbransjen og har gode branntekniske egenskaper. Gjennomføringer i slike dekker kan derimot medføre en redusert motstand mot brann og svekke dekkenes branntekniske egenskaper. Gjennomføringer må derfor være utformet i henhold til krav i Teknisk Forskrift og Veiledning til Teknisk Forskrift slik at brannsikkerheten blir ivaretatt.

De løsningene som eksisterer på markedet er ofte ressurskrevende i form av ekstra kostnader og utvidet byggetid. Det beste for SKANSKA hadde vært å kunne bruke betong som brannetting i gjennomføringer, noe som medfører reduserte kostnader som følge av enklere prosjektering, koordinering og arbeidsprosess.

Oppgaven gir en teoretisk innføring i de ulike formene for varmetransport samt en innføring i de ulike måleinstrumenter som er blitt brukt. Oppgaven beskriver de krav som ligger til grunn for gjennomføringer, samt hvilke krav som gjelder for testing av de branntekniske egenskapene til gjennomføringene. Videre presenteres resultater og vurderinger av gjennomførte tester.

## Forord

Denne oppgaven er avsluttende del på en treårig bachelorgrad innen brannsikkerhet ved Høgskolen Stord/Haugesund. Oppgaven ble presentert av Bjørn Vik, sivilingeniør i ba8. Oppgaven er utført i samarbeid med Ba8, Brannvernssamarbeidet Mur og Betong, Skanska og Maxit. Samarbeidet startet høsten 2009, og vår rolle var å undersøke muligheten for å bruke betong i ulike sammenhenger som tettemasse i betongdekker. Det skulle også testes løsninger med gips, både for sammenlikning med betong og for å undersøke om Maxit Gypsum Naturgips kunne brukes som tettemasse ved gjennomføringer. Testene ble utført mellom 16. – 22.mars 2010 ved ResQ, utenfor Haugesund.

Oppgaven ble valgt fordi det knytter de teoretiske kunnskapene vi har opparbeidet gjennom studietiden mot praktiske formål og utfordringer. Det har vært mye arbeid med planlegging, koordinering og organisering for å få gjennomført testene på en best mulig måte. Det har til tider vært krevende, men samtidig veldig spennende, læringsrikt og meningsfylt.

Gjennom semesteret er det mange som har bidratt for å få denne oppgaven gjennomført og det hadde ikke vært mulig uten dem. Vi må si takk til Rolf Einar Amdal i SKANSKA og Arjen Kraaijeveld ved HSH som begge har vært en viktig brikke i planlegging og utføring av testene. Takk også til våre veiledere Bjørn Vik i ba8 og Jon Arve Brekken ved HSH som har vært viktige bidragsytere og diskusjonspartnere underveis.

---

Dato

---

Joakim Folkesson

---

Asle Martinsen

## Nomenklatur liste

TEK	-	Teknisk forskrift til plan- og bygningsloven
VTEK	-	Veiledning teknisk forskrift til plan- og bygningsloven
°C	-	Grader Celsius
h [kW/ mK]	-	Varmeoverføringskoeffisient
J	-	Joule
k [kW/ m <sup>2</sup> K]	-	Varmeledningsevne
K	-	Kelvin
Kg	-	Kilogram
mm	-	Millimeter
m <sup>2</sup>	-	Kvadratmeter
q'' [W/ m <sup>2</sup> ]	-	Varmestrøm per kvadratmeter
T [K]	-	Temperatur
t [s]	-	Tid
W [J/s]	-	Watt
Ø	-	Diameter
ρ [kg/m]	-	Densitet
ε [-]	-	Emissivitet
σ 5,67·10 <sup>-8</sup> [kW/m <sup>2</sup> ]	-	Stefan-Boltzmanns konstant
Pa [N/m <sup>2</sup> ]	-	Pascal
W [J/s]	-	Watt

## Sammendrag

Huldekker og Leca byggeplank brukes ofte i bygningsbransjen. Det er billige, miljøvennlige og brannsikre alternativer. Gjennomføringer i slike dekker kan medføre en redusert motstand mot brann og svekke dekkenes branntekniske egenskaper. Gjennomføringer må derfor være utformet i henhold til krav i Teknisk Forskrift og Veiledning til Teknisk Forskrift slik at brannsikkerheten blir ivaretatt.

De løsningene som eksisterer på markedet er ofte ressurskrevende i form av ekstra kostnader og utvidet byggetid. Det beste for SKANSKA hadde vært å kunne bruke betong som branntetting i gjennomføringer, noe som medfører reduserte kostnader som følge av enklere prosjektering, koordinering og arbeidsprosess.

Oppgaven gir en teoretisk innføring i de ulike formene for varmetransport samt en innføring i de ulike måleinstrumenter som er blitt brukt. Det er lagt stor vekt på utformingen av testoppsettet og hvilke krav som stilles for å få en test som gir gode indikasjoner. Det også presentert de krav som gjelder for gjennomføringer i branntettede bygningsdeler.

Resultatet av testene viser at nesten samtlige av gjennomføringene som ble testet tilfredsstillte kravene som stilles i lovverket. Visuelle observasjoner gjort under og etter forsøkene styrker oppfattelsen av at Maxit B20 betong og Maxit Gypsum Naturgips kan brukes som tettemasse i gjennomføringer dersom andre krav er oppfylt.

Det kan ikke pekes på en tendens som tilsier at betong er et svakere medium enn gips som brannisolering, og det kan ei heller påpekes tydelige forskjeller ved bruk av betong ved store/små rør eller brennbare/ubrennbare rør.

## Innholdsfortegnelse

<b>1. INNLEDNING .....</b>	<b>1</b>
<b>2. TEORI.....</b>	<b>2</b>
2.1 GENERELT.....	2
2.2 VARMELEDNING .....	3
2.3 KONVEKSJON .....	5
2.4 VARMESTRÅLING .....	6
2.5 TEORI BAK MÅLEUTSYR .....	7
2.5.1 <i>Temperaturmåling</i> .....	7
2.5.2 <i>Fluksmåling</i> .....	8
2.5.3 <i>Trykkmåling</i> .....	8
2.6 TEORI KNYTTET MOT FORSØKET .....	9
2.6.1 <i>Varmeledningevne i gjennomføringene</i> .....	9
<b>3. REGELVERK OG KRAV .....</b>	<b>10</b>
3.1 REGELVERK OG KRAV TIL GJENNOMFØRINGER .....	10
3.2 GODKJENTE LØSNINGER .....	12
3.2.1 <i>Preaksepterte løsninger</i> .....	12
3.2.2 <i>Funksjonsbaserte løsninger</i> .....	13
3.2.3 <i>Eksempel på tettesystemer (2)</i> .....	13
3.3 KRAV I NASJONALE OG INTERNASJONALE STANDARDER FOR TESTING AV BRANNTEKNISKE EGENSKAPER	14
3.3.1 <i>Integritet</i> .....	14
3.3.2 <i>Isolasjon</i> .....	15
3.3.3 <i>Krav til Brannrom</i> .....	15
3.3.4 <i>Krav til testing av gjennomføringer</i> .....	16
3.3.5 <i>ISO-834 Brann</i> .....	16
<b>4. METODE .....</b>	<b>17</b>
4.1 TESTOPPSETT .....	17
4.2 MÅLEUTSTYR .....	18
4.2.1 <i>Isolasjon</i> .....	18
4.2.2 <i>Integritet</i> .....	18
4.2.1 <i>Temperatur i brannrom</i> .....	19
4.2.2 <i>Fluksmåling</i> .....	19
4.2.3 <i>Trykkmåling</i> .....	19
4.3 TESTRIGG .....	20
4.4 PRØVEELEMENTER .....	21
4.4.1 <i>Hulldekker</i> .....	21
4.4.2 <i>Leca Byggeplankdekker</i> .....	22
4.5 GJENNOMFØRINGER.....	23
4.5.1 <i>Utsparingsplan</i> .....	25
4.6 RØR & KANALER .....	26
4.6.1 <i>Spirorør</i> .....	26
4.6.2 <i>Soilrør</i> .....	26

4.6.3	Geberit Silent .....	27
4.6.4	Plast avløpsrør .....	27
4.6.1	Rør i rør, PEX Combirør .....	27
4.6.2	Vannrør .....	28
4.7	MAXIT B20 BETONG .....	28
4.8	MAXIT GYPSUM NATURGIPS .....	28
4.9	ROCKWOOL LYDPLATE .....	29
4.10	GLAVA .....	29
<b>5.</b>	<b>RESULTATER .....</b>	<b>30</b>
5.1	HULLDEKKER .....	30
5.1.1	Hulldekkeelement nr. 1 .....	30
5.1.2	Hulldekkeelement nr. 2 .....	33
5.1.3	Hulldekkeelement nr. 3 .....	36
5.2	LECA BYGGEPLANKDEKKER .....	42
5.2.1	Leca byggeplank nr. 1 .....	42
5.2.2	Leca byggeplank nr. 2 .....	47
5.2.3	Leca byggeplank nr. 3 .....	52
5.2.4	Leca byggeplank nr. 4 .....	55
5.3	TRYKKMÅLING .....	60
5.4	FLUKSMÅLING .....	61
<b>6.</b>	<b>DISKUSJON .....</b>	<b>62</b>
6.1	KORT OPPSUMMERING AV MÅLERESULTATER .....	62
6.2	ISOLASJON .....	63
6.2.1	Teoretiske temperaturer sammenlignet med målte temperaturer .....	63
6.3	INTEGRITET .....	64
6.3.1	Sprekkdannelse .....	64
6.4	VURDERING AV DE ULIKE LØSNINGENE .....	65
6.4.1	Betong og gips i gjennomføring .....	65
6.4.2	Evaluering av betong og gips som tettemasse .....	66
6.4.3	Betong – Rockwool – Betong i gjennomføring .....	67
6.4.4	Evaluering av Betong–Rockwool–Betong som tettemasse .....	67
6.5	BRENNBARE RØR .....	68
6.6	KVALITET PÅ TESTING .....	69
<b>7.</b>	<b>KONKLUSJON .....</b>	<b>71</b>
7.1	INTEGRITET .....	71
7.2	ISOLASJON .....	71
7.3	SLUTTKONKLUSJON .....	71
7.4	FEILKILDER .....	72
7.5	FORSLAG TIL VIDERE UNDERSØKELSER .....	72
<b>8.</b>	<b>REFERANSER .....</b>	<b>I</b>
<b>9.</b>	<b>VEDLEGG .....</b>	<b>II</b>



## Figurliste

FIGUR 2-1, VARMELEDNING .....	3
FIGUR 2-2, KONVEKSJON .....	5
FIGUR 2-3, VARMESTRÅLING .....	6
FIGUR 2-4, PRINSIPPET BAK ET TERMOELEMENT .....	7
FIGUR 2-5, TOTALFLUKSMÅLER .....	8
FIGUR 2-6, STRÅLEFLUKSMÅLER .....	8
FIGUR 2-7, VARMELEDNING I GJENNOMFØRINGER SIMULERT I ARGOS. ....	9
FIGUR 3-1, REGELVERK .....	10
FIGUR 3-3, PREAKSEPTERT LØSNING FOR HULLDEKKER .....	12
FIGUR 3-2, PREAKSEPTERTE ELLER FUNKSJONSBASERTE LØSNINGER .....	12
FIGUR 3-4, TETTING MED STØPBAR MASSE .....	13
FIGUR 3-5, TETTING MED BRANNPLATE .....	13
FIGUR 3-6, KABELGJENNOMFØRING I BETONGDEKKE MED STØPBAR MASSE .....	13
FIGUR 3-7, TETTING MED MODULSYSTEM .....	13
FIGUR 3-8, NASJONALE OG INTERNASJONALE STANDARDER .....	14
FIGUR 4-1, PLASSERING AV MÅLEUTSTYR I OVNEN .....	17
FIGUR 4-2, VISER PLASSERING AV TERMOELEMENT, I OG RUNDT GJENNOMFØRING .....	18
FIGUR 4-3, TO PLATETERMOELEMENTER TIL VENSTRE I OVNEN .....	19
FIGUR 4-4, FLUKSMÅLING I ÅPNING TIL OVNEN .....	19
FIGUR 4-5, MÅL PÅ TESTRIGG .....	20
FIGUR 4-6, DESIGN INN I RIGGEN .....	20
FIGUR 4-7, HULLDEKKEELEMENT .....	21
FIGUR 4-8, LECA BYGGEPLANK .....	22
FIGUR 4-9, GJENNOMFØRING MED B20 BETONG .....	23
FIGUR 4-10, GJENNOMFØRING MED NATURGIPS .....	23
FIGUR 4-11, GJENNOMFØRING - BETONG-ROCKWOOL-BETONG .....	23
FIGUR 4-12, ROCKWOOL I KANALER SOM FORSKALING .....	24
FIGUR 4-13, FORSKALING PÅ UNDERSIDEN .....	24
FIGUR 4-14, TETTING I TOPPEN AV RØR .....	24
FIGUR 4-15, ISOLASJON PÅ SPIRORØR .....	24
FIGUR 4-16, SPIRORØR .....	26
FIGUR 4-17, SOILRØR .....	26
FIGUR 4-18, PLAST AVLØPSRØR .....	27
FIGUR 4-19, PEX COMBIRØR .....	27
FIGUR 4-20, VANNRØR .....	28
FIGUR 4-21, MAXIT B20 TØRRBETONG .....	28
FIGUR 4-22, ROCKWOOL LYDPLATE .....	29
FIGUR 4-23, GLAVA GLASSULL .....	29
FIGUR 5-1, TEMPERATUR/TID GRAF I OVNEN - HD1 .....	30
FIGUR 5-2, A - SPREKKER I HULLDEKKE. B - DAMP FRA DEKKE .....	31
FIGUR 5-3, BILDER ETTER FORSØK .....	31
FIGUR 5-4, TEMPERATURER 400MM SPIRORØR – B20-ROCKWOOL-B20 – HD3 .....	32
FIGUR 5-5, TEMPERATUR/TID GRAF I OVNEN - HD2 .....	33
FIGUR 5-6, HVIT DAMP FRA DEKKET OVERSIDE OG UT FRA KANALER - HD2 .....	34
FIGUR 5-7, SPREKKDANNELSER LANGS KANALENE I HULLDEKKET - HD2 .....	34

FIGUR 5-8, INTAKT ISOLERING ETTER TEST - HD2 .....	34
FIGUR 5-9, SPREKKDANNELSE LANGS KANAL, INGEN TEGN TIL RØYK - HD2 .....	34
FIGUR 5-11, TEMPERATURER 400MM SPIRORØR – GYPSUM – HD2 .....	35
FIGUR 5-10, GLIPPE MELLOM RØR OG GYPSUM, INGEN GJENNOMTRENGENDE RØYK - HD2.....	35
FIGUR 5-12, TEMPERATUR/TID GRAF I OVNEN - HD3.....	36
FIGUR 5-13, A: GJENNOMFØRINGER FOR FORSØK. B: RØYK UT FRA KANAL 2 – HD3 .....	37
FIGUR 5-14, BILDER UNDER FORSØKET - HD3 .....	37
FIGUR 5-15, BILDER ETTER FORSØK - HD3.....	38
FIGUR 5-16, TEMPERATURER PLAST VANNRØR – B20 – HD3.....	39
FIGUR 5-17, TEMPERATURER PLAST VANNRØR – GIPS – HD3 .....	39
FIGUR 5-18, TEMPERATURER GEBERIT SILENT – B20 – HD3.....	40
FIGUR 5-19, TEMPERATURER GEBERIT SILENT – GIPS – HD3 .....	40
FIGUR 5-20, TEMPERATURER PÅ GJENNOMFØRINGER - HD3.....	41
FIGUR 5-21, TEMPERATUR/TID GRAF I OVNEN - LB1.....	42
FIGUR 5-22, BEND PÅ SOILRØR TETTET MED ROCKWOOL .....	43
FIGUR 5-23, 3MIN: GUL RØYK STIGER OPP FRA SOILRØRET .....	43
FIGUR 5-24, SVART OG ANTENT RØYK FRA SOILRØR .....	43
FIGUR 5-25, BILDER ETTER TEST - LB1 .....	44
FIGUR 5-26, TEMPERATURER 110 MM SPIRORØR – B20 – LB1 .....	45
FIGUR 5-27, TEMPERATURER 110 MM SOILRØR – B20 – LB1 .....	45
FIGUR 5-28, TEMPERATURER PÅ GJENNOMFØRINGER - LB1.....	46
FIGUR 5-29, TEMPERATUR/TID GRAF I OVNEN - LB2.....	47
FIGUR 5-30, SOILRØR FOR TEST - LB2.....	48
FIGUR 5-31, VANN PÅ GJENNOMFØRINGEN AV GIPS - LB2 .....	48
FIGUR 5-32, BILDER ETTER FORSØK - LB2.....	49
FIGUR 5-33, TEMPERATURER 200 MM SPIRORØR – GIPS – LB2 .....	50
FIGUR 5-34, TEMPERATURER 110 MM SOILRØR – GIPS- LB2.....	50
FIGUR 5-35, TEMPERATURER PÅ GJENNOMFØRINGER - LB2.....	51
FIGUR 5-36, TEMPERATUR/TID GRAF I OVNEN - LB3.....	52
FIGUR 5-37, DEKKET DAMPER ETTER 30MIN – LB3 .....	53
FIGUR 5-38, BILDER ETTER TEST - LB3 .....	53
FIGUR 5-39, TEMPERATURER 315 MM SPIRORØR - B20-ROCKWOOL-B20 – LB3.....	54
FIGUR 5-40, TEMPERATUR/TID GRAF I OVNEN - LB4.....	55
FIGUR 5-41, BILDER FOR TEST - LB4.....	56
FIGUR 5-42, BILDER ETTER TEST - LB4 .....	56
FIGUR 5-43, TEMPERATURER 32 MM COMBIRØR - B20 - LB4.....	57
FIGUR 5-44, TEMPERATURER 32 MM COMBIRØR – GIPS – LB4 .....	57
FIGUR 5-45, TEMPERATURER 75 MM PLAST AVLØPSRØR - B20 – LB4 .....	58
FIGUR 5-46, TEMPERATURER 50 MM PLAST AVLØPSRØR - B20 – LB4 .....	58
FIGUR 5-47, TEMPERATURER PÅ GJENNOMFØRINGER - LB4.....	59
FIGUR 5-48, RESULTATER TRYKKMÅLING .....	60
FIGUR 5-49, MÅLT TOTALTFLUKS .....	61
FIGUR 5-50, MÅLT STRÅLEFLUKS .....	61
FIGUR 6-1, RESULTATER FRA ARGOS SAMMENLIGNET MED MÅLTE TEMPERATURER .....	63
FIGUR 6-2, GJENNOMSNIITLIG VARMEFLUKS UNDER FORSØKENE .....	69
FIGUR 6-3, GJENNOMSNIITLIG TRYKKMÅLING SAMMENLIGNET MED STANDARD .....	70

## Tabelliste

TABELL 2-1, TERMISKE EGENSKAPER FOR ENKELTE MATERIALER (1).....	4
TABELL 2-2, VARMEOVERFØRINGSKOEFFISIENTER VED KONVEKSJON (1).....	5
TABELL 2-3, EKSEMPEL PÅ TERMIELEMENTOPPBYGGING .....	7
TABELL 4-1, OVERSIKT TESTOPPSETT .....	17
TABELL 4-2, TEKNISK DATA TIL HULLDEKKE (5) (6) .....	21
TABELL 4-3, TEKNISK DATA TIL LECA BYGGEPLANK (7) .....	22
TABELL 4-4, TETTEMASSER I GJENNOMFØRINGER .....	23
TABELL 4-5, UTSPARINGSPLAN HULLDEKKER .....	25
TABELL 4-6, UTSPARINGSPLAN LECA BYGGEPLANK.....	25
TABELL 4-7, TEKNISK DATA ROCKWOOL LYDPLATE (10).....	29
TABELL 4-8, TEKNISK DATA GLAVA (11) .....	29
TABELL 5-1, VISUELLE OBSERVASJONER - HD1.....	30
TABELL 5-2, ETTEROBSERVASJONER - HD1 .....	31
TABELL 5-3, VISUELLE OBSERVASJONER - HD2.....	33
TABELL 5-4, ETTEROBSERVASJONER - HD2 .....	34
TABELL 5-5, VISUELLE OBSERVASJONER - HD3.....	36
TABELL 5-6, ETTEROBSERVASJONER - HD3 .....	38
TABELL 5-7, VISUELLE OBSERVASJONER - LB1.....	42
TABELL 5-8, ETTEROBSERVASJONER - LB1 .....	44
TABELL 5-9, VISUELLE OBSERVASJONER - LB2.....	47
TABELL 5-10, ETTEROBSERVASJONER - LB2 .....	49
TABELL 5-11, VISUELLE OBSERVASJONER - LB3.....	52
TABELL 5-12, ETTEROBSERVASJONER - LB3 .....	53
TABELL 5-13, VISUELLE OBSERVASJONER - LB4.....	55
TABELL 5-14, ETTEROBSERVASJONER - LB4 .....	56
TABELL 6-1, OPPSUMMERING AV MÅLERESULTATER - HULLDEKKER.....	62
TABELL 6-2, OPPSUMMERING AV MÅLERESULTATER – LECA BYGGEPLANK .....	62
TABELL 6-3, KVANTITATIV FRAMSTILLING AV MÅLERESULTATER VED 60 MIN - HD3.....	65
LECA BYGGEPLANK 1 OG 2 TABELL 6-4, KVANTITATIV FRAMSTILLING AV MÅLERESULTATER VED 60 MIN - LB1, LB2.....	65
TABELL 6-5, KVANTITATIV FRAMSTILLING AV MÅLERESULTATER VED 60 MIN - LB4.....	66
TABELL 6-6, KVANTITATIV FRAMSTILLING AV MÅLERESULTATER VED 60 MIN - HD1, HD2 .....	67
TABELL 6-7, KVANTITATIV FRAMSTILLING AV MÅLERESULTATER VED 60 MIN - LB3.....	67
TABELL 6-8, STANDARD TEST SAMMENLIGNET MED HSH TEST .....	69

# 1. Innledning

---

Hulldekker og Leca byggeplank er aktuelle elementer ved prosjektering og etablering av nye konstruksjoner. Begge betongdekkene regnes for å være økonomiske og miljøvennlige alternativer, samtidig som de er lett tilgjengelig og har kort leveringstid. Dog eksisterer det få preaksepterte løsninger for gjennomføringer i denne type betongdekker. For hulldekker eksisterer det kun én preakseptert løsning for gjennomføringer, i tillegg til et antall funksjonsbaserte løsninger. Problemet er at disse funksjonsbaserte løsningene ofte er dyre og er avhengig av innleide aktører. I og med at betong ikke brenner og er lett tilgjengelig på byggeplass, er bruken av betong i gjennomføringer den optimale løsningen for både de som deltar i byggeprosessen og de prosjekterende. For Skanska betyr dette at ledd i planlegging, koordinering og utgifter kan kuttes.

Oppgaven gir en innføring i teorien bak varmetransport og brannskillende bygningsdeler. Det er utarbeidet teoretiske beregninger som viser hvordan man kan beregne og anslå hvor gode gjennomføringene er rent teoretisk. For gjennomføring av forsøk er det lagt vekt på regelverk og standarder som angår testing av brannmotstand i gjennomføringer, og hvilke føringer som ligger til grunn for å få et troverdig resultat. Videre presenteres og vurderes 7 tester med til sammen 15 gjennomføringer der det brukes ulike løsninger for betong og gips som branntetting. Det undersøkes hvordan gjennomføringer påvirkes av:

**Lik størrelse på utsparing og rør – ulik tettemasse**

Hvordan påvirker ulike tettemasser gjennomføringens egenskaper?

**Ulik størrelse på utsparing – Lik tettemasse og rør**

Hvordan effekt har størrelsen på utsparingen på gjennomføringens egenskaper?

**Lik størrelse på utsparing og tettemasse – Ulike rør**

Hvordan effekt har ulike rør, brennbare/ubrennbare, på gjennomføringer med lik utsparing og tettemasse?

## 2. Teori

---

---

Teoridelen gir en rask innføring i hva varme egentlig er, hvordan og hvorfor det transporteres. Dette gir grunnlag for å forstå eksponeringen gjennomføringene og betongelementene blir utsatt for under forsøkene, samt forståelse for teknikkene som brukes for å dokumentere de branntekniske egenskapene til gjennomføringene.

### 2.1 Generelt

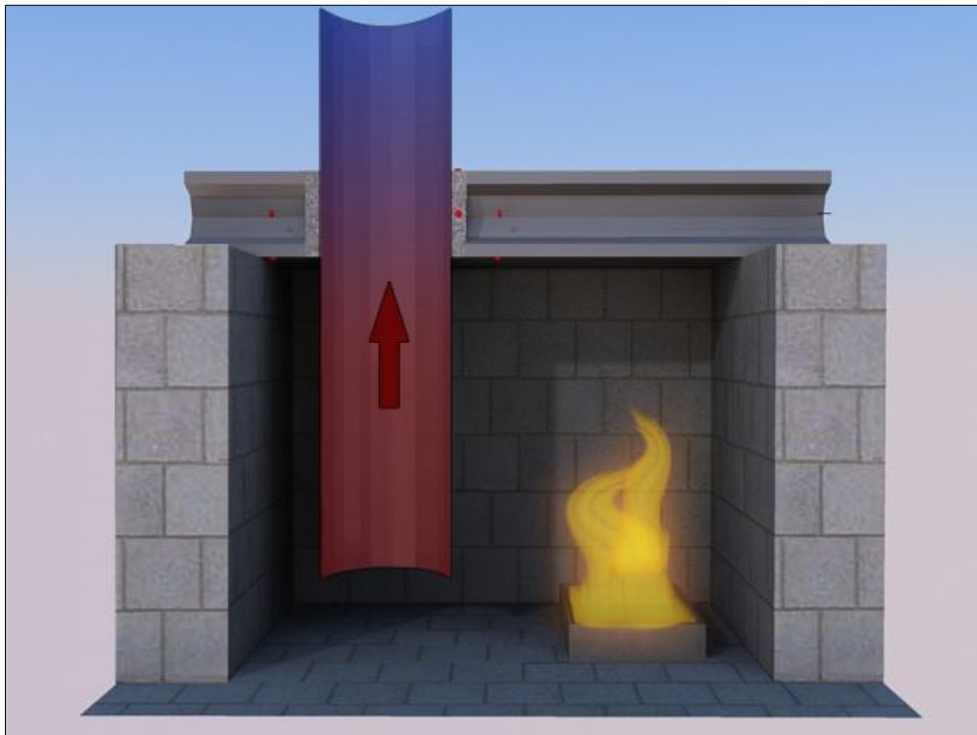
Varme er et uklart begrep fordi det i dagligtale brukes i et veldig bredt omfang. Definisjonen på varme er energi som overføres fra et varmt sted til et kaldt sted på grunn av ulikheter i temperatur. I dagligtale blir varme ofte brukt om noe som har en høy temperatur, eller som et verb; å varme. Enheten til varme er Joule, som er definert som arbeidet av en kraft på en newton over en meter.

En gjenstand med høy temperatur har større bevegelse i molekyler enn en gjenstand med lav temperatur, der molekylene står mer i ro. Molekylene med høy bevegelse kolliderer med molekylene med lav bevegelse slik at energi overføres. Dette kalles varmetransport og deles inn i varmeledning, konveksjon og stråling.

## 2.2 Varmeledning

Varmeledning er også kjent som varmekonduksjon eller kun konduksjon. Høye temperaturer får atomer og molekyler til å vibrere og de får stor bevegelse. Dette gjør at de kolliderer med andre atomer og molekyler som er mer stillestående. Da får også disse molekylene bevegelse i form av at kinetisk energi overføres og varmen dermed spres. Varmeledning skjer hovedsakelig i faste materialer, i og med at de har høyere molekyltetthet enn henholdsvis væske og gass.

Noen materialer leder varme bedre enn andre, derav begrepet varmeledningsevne. Et kjøkkenredskap som brukes i en varm gryte vil gradvis bli varmet opp langs skaftet, derfor isoleres håndtaket med et materiale som ikke leder varme nevneverdig, slik at man ikke brenner seg. Et slikt materiale kalles isolasjonsmateriale og har begrenset varmeledningsevne. Dette kan sammenlignes med figur 2-1 der vi ser at metallrøret som er skissert gradvis vil lede varme opp igjennom gjennomføringen. Hvis det isoleres kan denne prosessen begrenses eller i alle fall bremses. Betong leder også varme, men det tar lang tid ettersom betongelementene er relativt tykke, og har høy varmekapasitet slik at man ikke vil få høye temperaturer på den ueksponerte siden før det har gått lang tid.



Figur 2-1, Varmeledning

Varmeledningsevnen avhenger av molekyltettheten i materialet. Materialer med høy materialtetthet leder varme godt, mens porøse materialer har lavere varmeledningsevne. Metaller har høy molekyltetthet og leder dermed varme godt. Tabell 2-1 viser eksempel på termiske egenskaper hos enkelte materialer.

Tabell 2-1, Termiske egenskaper for enkelte materialer (1)

Tekniske data		
Material	Varmeledningsevne [ W/ mK]	Densitet $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]
Luft	0,02624	1,1
Gips	0,48	1440
Betong	0,8-1,4	1900-2300
Stål	45,8	7850
Kopper	387	8940

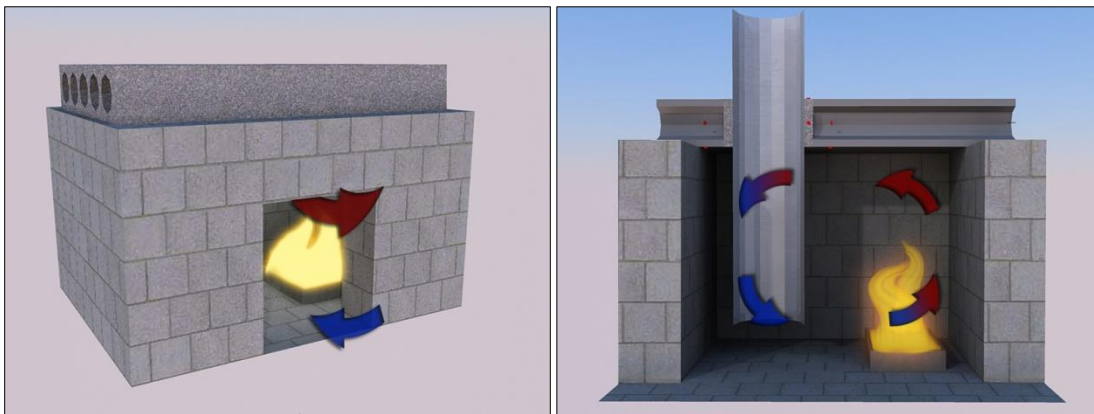
Verdien i tabellen er luftens evne til å lede varme, som er relativt lav. Dermed fungerer stillestående luft som isolator i porøse materialer slik at materialet som helhet får lavere varmeledningsevne. Luft kan likevel transportere varme i form av varmestrøm, som er en annen form for varmeoverføring.

Varmen som blir ledet gjennom et material er avhengig av materialets tykkelse, varmeledningsevne og temperaturdifferanse ved kald og varm side. Det uttrykkes matematisk ved:

$$q'' = -k \cdot \frac{\Delta T}{\Delta x} \left[ \frac{W}{m^2} \right]$$

### 2.3 Konveksjon

Konveksjon er strøm som transporterer energi som for eksempel varme i væsker eller gasser. Slike strømmer kan skapes av tetthetsforskjeller eller temperaturforskjeller. Varmluft vil få oppdrift og stige, mens kaldere luft vil synke å erstatte den varme luften som har steget. Den varme luften vil da stige til den blir avkjølt av luft den "kolliderer" med på veien, eller stige til den når en flate som blir varmet opp som følge av den varme luften. Da vil luften bli avkjølt og synke igjen for å på nytt bli varmet opp av varmekilden. Dette fenomenet illustreres i figur 2-2.



Figur 2-2, Konveksjon

Konveksjon kan deles i to typer; tvungen og naturlig konveksjon. Tvungen konveksjon oppstår på grunn av en ekstern kraft, for eksempel en pumpe eller vifte. Naturlig konveksjon, også kjent som fri konveksjon, oppstår naturlig ved ulikheter i temperatur eller tetthet i væske eller gass.

Størrelsen på varmestrømmen avhenger av varmeovergangskoeffisienten  $h$ . Verdien beskriver væsken eller gassens egenskaper.

Tabell 2-2, Varmeoverføringskoeffisienter ved konveksjon (1)

Konveksjonstype	Varmeoverføringskoeffisient $h$ [ $W/m^2K$ ]
Naturlig	5-25
Tvungen	10-500

Det matematiske uttrykket for konveksjon er

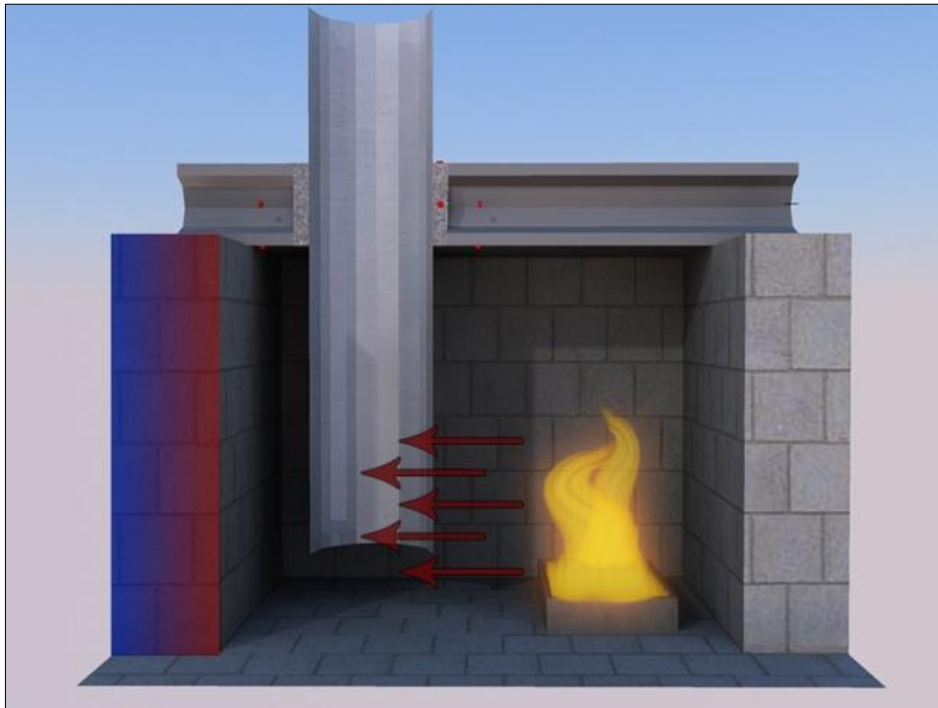
$$q'' = h \cdot \Delta T \quad [W/m^2K]$$



## 2.4 Varmestråling

Varmestråling er elektromagnetiske bølger i bevegelse. Varmestråling skiller seg fra de øvrige formene for varmetransport fordi det ikke trenger et medium for å transportere energien. Hvor mye energi som transporteres er avhengig av materialets egenskaper, synsfaktor og temperatur.

Emissiviteten angir hvor effektiv flaten er til å avgir stråling. Maks effektivitet vil være en "svart kropp" som har verdien 1. En "hvit kropp" vil ha verdien 0, og tar verken opp eller avgir stråling. Hvis de elektromagnetiske bølgene treffer en slik hvit kropp vil bølgene reflekteres, mens den svarte kroppen vil ta opp strålingen og bli varmet opp. Figur 2-3 illustrerer flammens varmestråling på veggen på andre siden av rommet.



Figur 2-3, Varmestråling

Total varmestråling fra et legeme uttrykkes matematisk ved:

$$q'' = \varepsilon \sigma T^4 \left[ \frac{W}{m^2} \right]$$

Stråling i et bestemt punkt er avhengig av synsfaktoren  $\phi$  som bestemmes av avstand og legemets geometri. Dette uttrykkes matematisk ved:

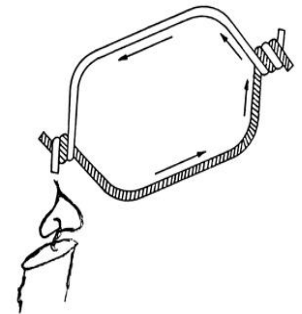
$$q'' = \phi \varepsilon \sigma T^4 \left[ \frac{W}{m^2} \right]$$

## 2.5 Teori bak måleutsyr

### 2.5.1 Temperaturmåling

#### Termoelement

Et termoelement er konstruert av to isolerte metalltråder av ulike materialer som er sammenbundet i den ene enden, målepunktet. I den andre enden er det tilkoblet et måleutstyr for elektrisk spenning. Når en ledning er eksponert for varme oppstår det en termoelektrisk spenning der den varme og kalde enden vil få ulike elektrisk potensial avhengig av den absolutte temperaturen, også kalt Seebeck effekten. Spenningen som skapes er avhengig av hvilke typer av metaller som termoelementet er bygd av. Man måler spenningen med måleutstyr og kan deretter regne ut temperaturen i målepunktet ved hjelp av en formel, som vanligvis ivaretas av måleutstyret. Figur 2-4 viser oppbyggingen av et termoelement og tabell 2-3 viser eksempel på hvilke metaller som brukes til ulike typer av termoelement.



Figur 2-4, Prinsippet bak et termoelement

Tabell 2-3, Eksempel på termoelementoppbygging

Type	Materiale	Temperaturområde °C
E	Chromel / Constantan	-200 til 900
J	Fe / Constantan	0 til 750
K	Chromel / Alumel	-200 til 1250
T	Cu / Constantan	-200 til 350
R	Pt / 87 % Pt og 13 % Rh	0 til 1550
S	Pt / 90 % Pt og 10 % Rh	0 til 1550
B	94 % Pt og 6 % Rh / 70 % Pt og 30 %	0 til 1550

#### Tidskonstanten (Tau)

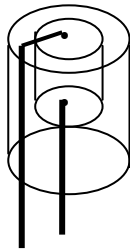
Tidskonstanten er avhengig av termoelementets tykkelse og vil ha betydning ved vurdering av dets treghet. Tregheten indikerer om et termoelement vil reagere raskt eller tregt ved en mulig temperaturendring. Et tynt termoelement vil ha en lav treghet og vil dermed vise rett temperatur raskere enn et tykt.

#### Platetermoelement

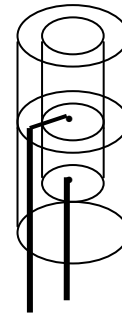
Et platetermoelement er et termoelement som er festet til en plate med lag av isolasjon på baksiden. Dette gir en temperatur som er mer reell for temperatur i flater enn hva et standard K-element gir.

### 2.5.2 Fluksmåling

Ved måling av varmefluks brukes enten en total eller en strålefluksmåler. En totalfluksmåler er konstruert slik at den måler total varmefluks, dvs. stråling og konveksjon. Strålefluksmåleren (figur 2-6) er lik en totalfluksmåler (figur 2-5), men forskjellen er at føleren er montert inn i måleren og skjermet. Dette gjør at den ikke blir påvirket av konveksjon. For mer detaljert informasjon, se vedlegg B



Figur 2-5, Totalfluksmåler



Figur 2-6, Strålefluksmåler

### 2.5.3 Trykkmåling

Et pitotrør brukes til å måle trykk av strømmende væsker eller gasser. Røret fungerer slik at det måler trykk i to punkter som leses av et elektronisk apparat. Apparatet vil se på differansen mellom det totale og det statiske trykket og kan deretter regne ut det dynamiske trykket.

$$\Delta h = h_{tot} - h_0$$

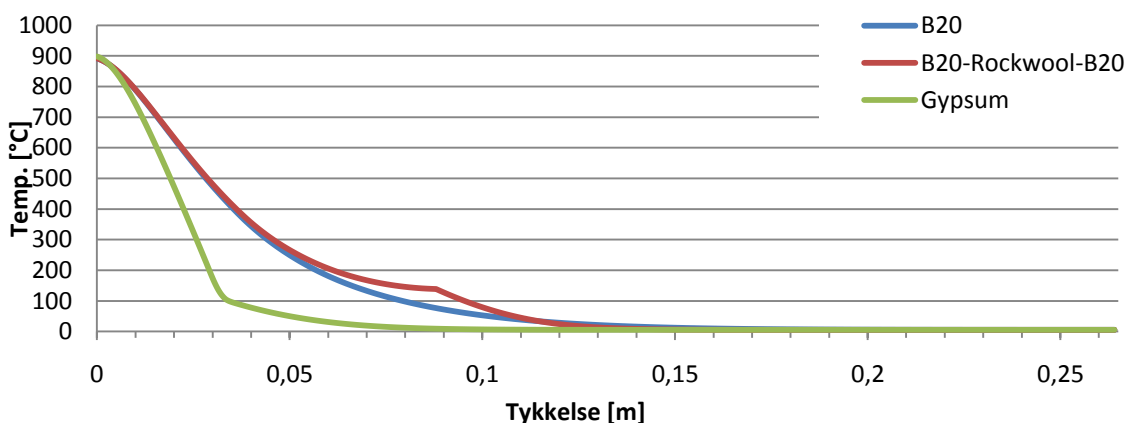
## 2.6 Teori knyttet mot forsøket

Ved brann med diameter større enn 0,3 m eller varmere enn 400 °C er stråling den dominerende form for varmetransport (1). Det vil også være tilfellet under forsøket. Det vil også dannes en del sot under brannen som legger seg på dekket og ellers i testrommet som vil være med å øke strålingen. Konveksjon vil også bidra til eksponering på dekket, men i langt mindre og nærmest ubetydelig grad. Det kan foregå noe konveksjon i kanalene i hulldekkene. Varmeledning vil skje gjennom betongdekket og gjennomføringene og det er nettopp varmeledningsevnen til gjennomføringen som skal måles under forsøket. Testene skal vise om gjennomføringene er like sterke som dekket.

### 2.6.1 Varmeledningsevne i gjennomføringene

De ulike løsningene representerer ulik varmeledningsevne. For å bekrefte at de rent teoretisk er sterke nok til å tåle eksponering de blir utsatt for, er det gjort en del forhåndsregninger. Til dette er det benyttet simuleringsverktøyet Argos. Figur 2-7 viser beregnet varmeledning i ulike typer tetting.

**Temperatur i gjennomføring ved 60 min**



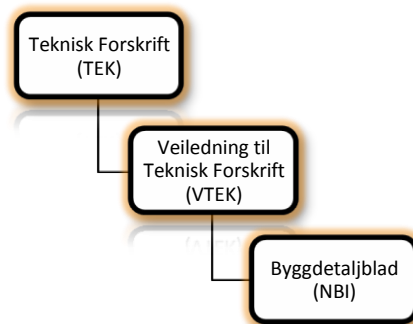
Figur 2-7, Varmeledning i gjennomføringer simulert i Argos.

Teoretisk er betongen så tykk at temperaturen på ueksponert side aldri vil stige nevneverdig i løpet av 60 min. Det samme gjelder gjennomføring med gypsum og løsningen B20 – Rockwool – B20.

## 3. Regelverk og krav

---

### 3.1 Regelverk og krav til gjennomføringer



Figur 3-1, Regelverk

#### Teknisk forskrift til plan- og bygningsloven (TEK) angir:

- Byggverk skal oppdeles i brannseksjoner og brannceller slik at brann- og røykspredning inne i byggverket reduseres eller hindres, med mindre andre tiltak forebygger slik spredning
- Tekniske installasjoner ikke vesentlig skal øke faren for at brann oppstår eller sprer seg i et byggverk
- Installasjoner som er forutsatt å ha en funksjon under brann skal være slik utformet og bygd at deres funksjon opprettholdes i nødvendig tid.

#### Veiledningen til teknisk forskrift til plan- og bygningsloven (VTEK) angir:

- Installasjoner som føres gjennom branncellebegrensende konstruksjoner, må ikke svekke konstruksjonens brannmotstand. Utførelsen kan dokumenteres ved prøving eller ved å benytte anerkjente løsninger.
- Plastrør med diameter inntil 32 mm kan likevel føres gjennom murte/støpte konstruksjoner i inntil klasse EI 90 A2- 1,d0 [A 90] og isolerte lettvegger i inntil klasse EI 60 A2-s1,d0 [A 60], når det tettes rundt rørene med godkjent/klassifisert tettemasse.
- Støpejernsrør med diameter inntil 110 mm kan føres gjennom murte/støpte konstruksjoner inntil klasse EI 60 A2-s1,d0 [A 60] når det tettes rundt rørene med godkjent/klassifisert tettemasse, eller støpes rundt og konstruksjonen har tykkelse minst 180 mm.

**NBI Byggedetaljblad:****520.342 Gjennomføringer i brannskiller:****- Utsparinger**

*"Utsparingene må være tilpasset installasjonstype og det valgte tetteproduktets begrensninger. Samtlige produkter som benyttes til brannetting må ha tilgjengelige monteringsanvisninger. Dersom ikke annet er angitt i monteringsanvisningen, skal avstanden mellom ytterkant rør/kanal og utsparing være minimum 30 mm ved tetting med støpbare masser."*

**- Mansjetter**

*"Brennbare rør kan brenne av og løsne i nærheten av gjennomføringen, og dette svekker brannskillet. Alle plastrør som fins på markedet må betegnes som brennbare. Ved gjennomføringer av brennbare rør som er større enn 32 mm, må det i tillegg til brannetting monteres rørmansjetter."*

**- Isolering av rør**

*"Kanaler skal brannisoleres for å hindre at varmeledning i kanalgodset kan antenne materialer på ikke-eksponert side. Minste lengde er avhengig av brannskilletts krav til brannmotstand og kanaldimensjon."*

*"Metallrør leder varme gjennom et brannskille og bidrar dermed til å starte en brann i brennbare konstruksjoner eller i innredning nær røret. Dette kan unngås ved å brannisolere røret på hver side av brannskillet."*

**- Betong som tettemasse**

*"Betong kan krympe og sprekke under brann og kan dermed ikke brukes som brannetting. Unntak kan gjelde for støpejernsrør."*

## 3.2 Godkjente løsninger



Figur 3-2, Preaksepterte eller funksjonsbaserte løsninger

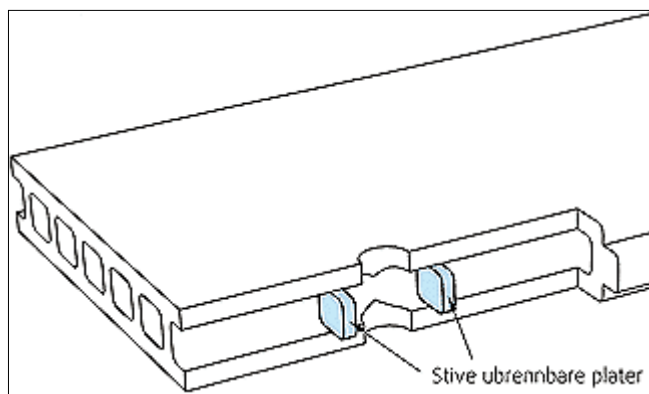
Ved gjennomføringer i brannskillende byggingsdeler foreligger det i dag ingen generell godkjennelse for branntettingsmasser. Hvert produkt må ha en egen dokumentasjon på hvordan det skal brukes og til hvilket bruk det er godkjent. Løsningene betraktes som preaksepterte eller funksjonsbaserte avhengig av hvordan produktene brukes.

### 3.2.1 Preaksepterte løsninger

En preakseptert løsning er en forhåndsgodkjent løsning som kan brukes uten noen ytterligere dokumentasjon. Veiledningen til Teknisk forskrift er et eksempel på en utgivelse fra Statens bygningstekniske etat der det presenteres preaksepterte løsninger. Et annet alternativ er de NBI blad som byggforsk publiserer. For å få en løsning preakseptert må denne bli testet og godkjent.

*"Utsparring for vertikal gjennomføring i hulldekke:*

*Hullene kan transportere røyk og branngasser mellom bygningsdelene. Hullene må derfor forskales før gjennomføringen monteres og tettes med brannmørtel hvis ikke annet er angitt i monteringsvisningen. Det er svært vanskelig å tette i ettertid i hulldekker. Stive ubrennbare plater er et egnet produkt for forskaling." (2). Figur 3-3 viser en preakseptert løsning for hulldekker.*



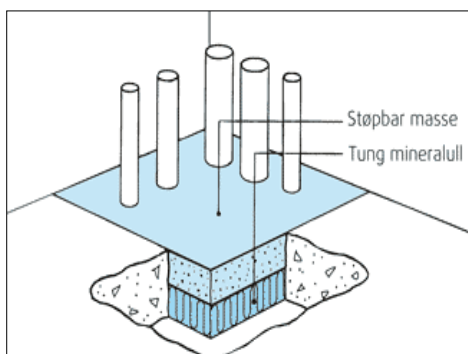
Figur 3-3, Preakseptert løsning for hulldekker

### 3.2.2 Funksjonsbaserte løsninger

En funksjonsbasert løsning er en løsning som må dokumenteres for å brukes. Å dokumentere en løsning gjøres for å vise at den når opp til de krav som er satt i Teknisk Forskrift. En branntettingsløsning kan være preakseptert i ett tilfelle, men betraktes som en funksjonbasert løsning i en annen, hvis den ikke er testet i akkurat denne sammenhengen.

### 3.2.3 Eksempel på tettesystemer (2)

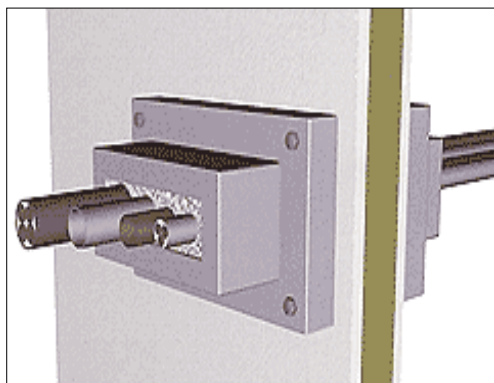
- Ekspanderende stoffer
- Støpbare masser, figur 3-4 og figur 3-6
- Brannplater, figur 3-5
- Modulsystem, figur 3-7



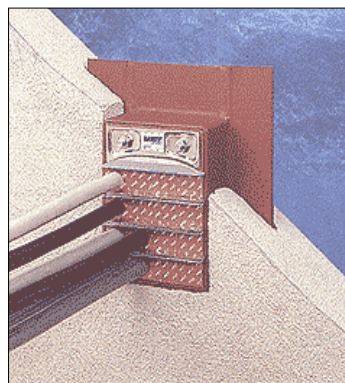
Figur 3-4, Tetting med støpbar masse



Figur 3-5, Tetting med brannplate



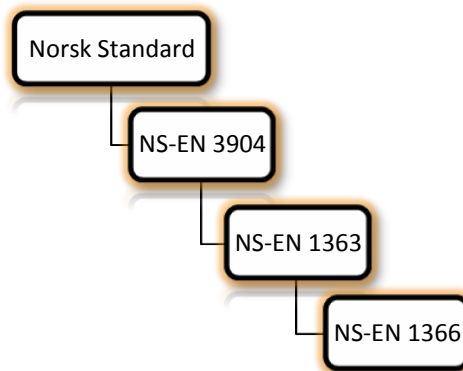
Figur 3-6, Kabelgjennomføring i betongdekke med støpbar masse



Figur 3-7, Tetting med modulsystem



### 3.3 Krav i nasjonale og internasjonale standarder for testing av branntekniske egenskaper



Figur 3-8, Nasjonale og internasjonale standarder

#### 3.3.1 Integritet

Evne et prøvelegeme fra en skillende bygningsdel har til å hindre gjennomgang av flammer og varme gasser ved branneksposering på én side, og til å hindre at det oppstår flammer på den ueksponeerte siden. (3)

**Integriteten er brutt hvis:** (3)

- Det skjer antenning eller gløding av bomullstykket.
- Det er sprekker eller åpninger større enn 6 mm med lengde 150 mm og diameter 25 mm.
- Vedvarende flamme på ueksponert side

**Krav til integritetstest med bomulldott:**

- Dotten skal ha et areal på 100mm\*100 mm og bestå av 100 % nye, ubehandlede, ufargede og myke bomullsfibre med nominell tykkelse 20 mm.
- Dotten skal ha en masse på 3g - 4g og tørkes i ovn innen forsøket. Før bruk skal bomulldotten monteres i en ramme av ståltråd med ett håndtak av passende lengde.
- Ved integritetstesten holdes dotten på plass ved hjelp av rammen i høyest 30s om gangen, eller til bomulldotten er antent (definert som gløding eller flammning). Forkulling av bomulldotten skal overses.

Ifølge NS-EN 1366-3 kan en bomulldott av størrelsen 30 mm x 30 mm x 20 mm brukes til integritetstestning av gjennomføringstettinger.

**Krav til integritetstest med spaltmåler er brudd:**

- Om en 6 mm spaltmåler kan passere gjennom prøvelegemet slik at måleren stikker inn i ovnen og kan føres lang spalten i en lengde på 150mm; eller
- Om en 25 mm spaltmåler kan føres gjennom prøvelegemet slik at måleren stikker inn i ovnen.

### 3.3.2 Isolasjon

Evnen et prøvelegeme fra en skillende bygningsdel har til å begrense temperaturstigningen på den ueksponerte siden til en verdi lavere enn de angitte nivåene ved branneksporing på én side.

*"Tiden i hele minutter der prøvelegemet opprettholder sin skillende funksjon under prøvingen uten å utvikle temperaturer på sin ueksponerte side som enten:*

- a) Øker over den opprinnelige middeltemperaturen med mer enn 140 °C; eller*
- b) Øker temperaturen i et hvilket som helst punkt (inklusive det bevegelige termoelementet) over den opprinnelige middeltemperaturen med mer enn 180 °C.*

*Den opprinnelige middeltemperaturen skal være middeltemperaturen på den ueksponerte siden ved prøvingens start." (3)*

### 3.3.3 Krav til Brannrom

#### **Ovnstermoelement**

*"Ovnstermoelement skal være platetermoelement. Disse skal bestå av en sammenfoldet stålplate som termoelementet er festet til, og som inneholder et isolasjonsmateriale." (3)*

#### **Termoelementer på ueksponert side**

*"Temperatur på ueksponert side skal måles med skivetermoelementer" (3)*

#### **Ovnstrykk**

*"For a horizontal supporting constructions a nominal pressure of 20 Pa shall be maintained in the horizontal plane (100 +/-10) mm below the underside of the supporting construction" (4)*

#### **Ovnsatmosfære**

*"Oksygeninnholdet i ovnen skal ikke være mindre enn 4 %." (3)*

#### **Avvik:**

*Hvis betingelsene for ovnstemperatur, ovnstrykk, eller romtemperatur som er nådd under prøvingen representerer en alvorligere eksponering for prøvelegemet, skal prøvingen fremdeles anses å være gyldig. (3)*

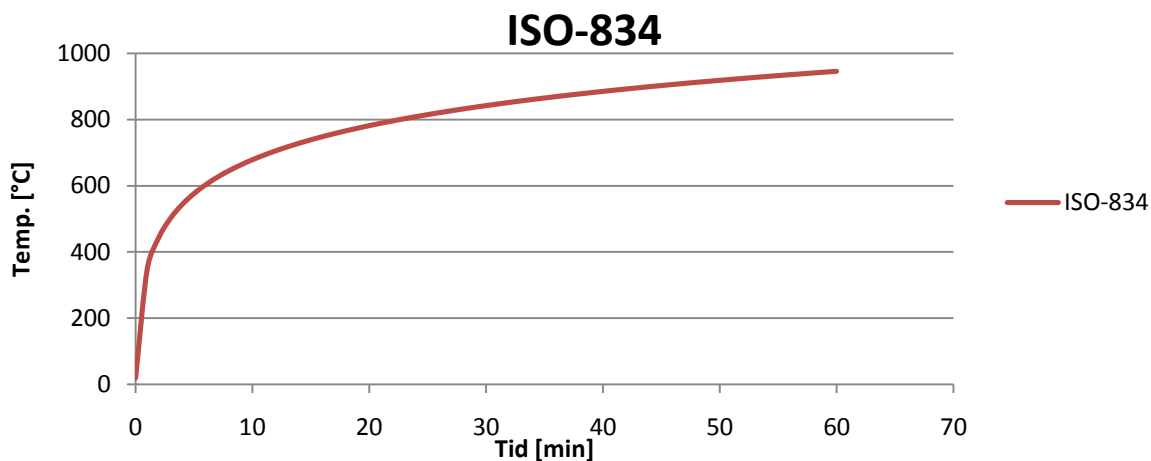
### 3.3.4 Krav til testing av gjennomføringer

Gjennomføringene skal testes mot EI60 kravet som innebærer at integritet og isolasjonene skal opprettholdes i 60 min.

- *Montering skal være representativ for bruken i praksis. Detaljerte prosedyrer for montering av forskjellige typer prøvelegemer er gitt i den aktuelle prøvingsmetoden (4)*
- *Fuktighet på betong/mur til innendørs bruk: 1-5 % (4)*

### 3.3.5 ISO-834 Brann

ISO-834 er standarden der det angis en tid- temperatur kurve for testing av egenskaper ved brann til vegger, golv, tak og søyler.



$$T - T_0 = 345 \log_{10}(8t + 1) + 20$$

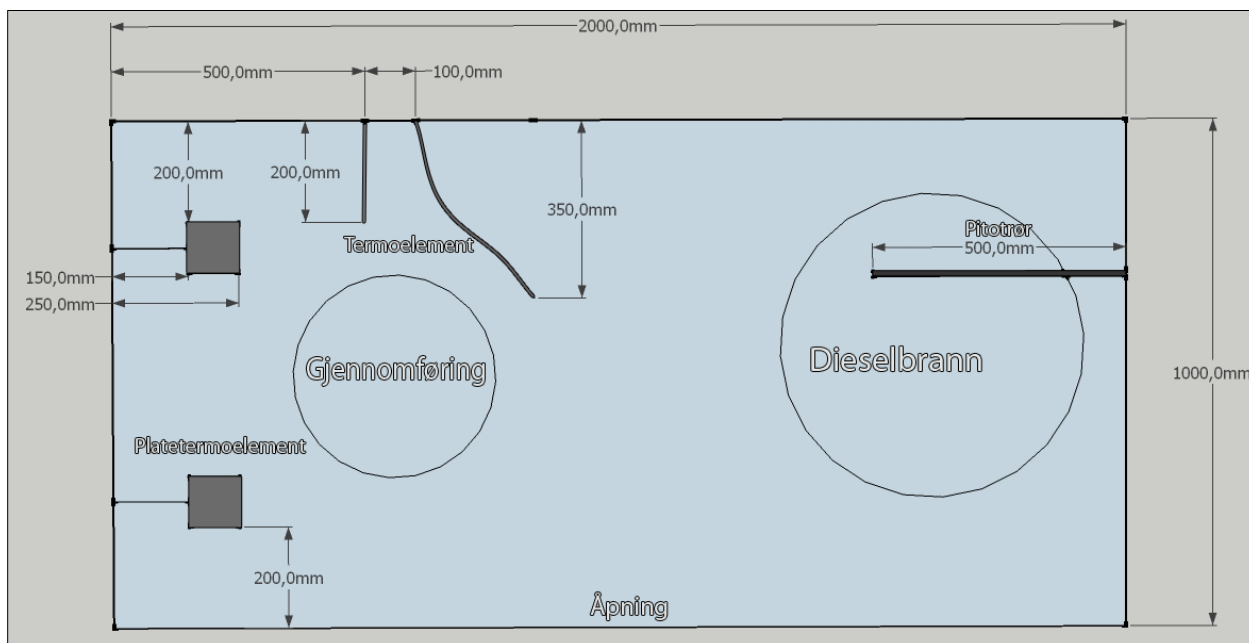
## 4. Metode

### 4.1 Testoppsett

Tabell 4-1, Oversikt testoppsett

Oversikt	
Temperatur	ISO-834 følges med diesel som brensel
Testtid	60 min
Testrigg	Innvendig mål: 1000 mm x 1500 mm x 1200 mm
Isolasjon	Dokumenteres med termoelement på gjennomføringens overflate
Integritet	Dokumenteres visuelt og ved bruk av bomulldott-test
Temperatur i gjennomføring	Tre stk termoelement (K-element) pr gjennomføring. 2 stk selvlagde tynne element, og et prefabrikkert tykt K-element.
Temperatur i brannrom	2stk K-element og 2 stk platetermoelement
Fluksmåling	Én strålefluksmåler og én totalfluksmåler
Trykkmåling	Pitotrør

Figur 4-1 viser plassering av måleutstyr i ovnen sett ovenfra.

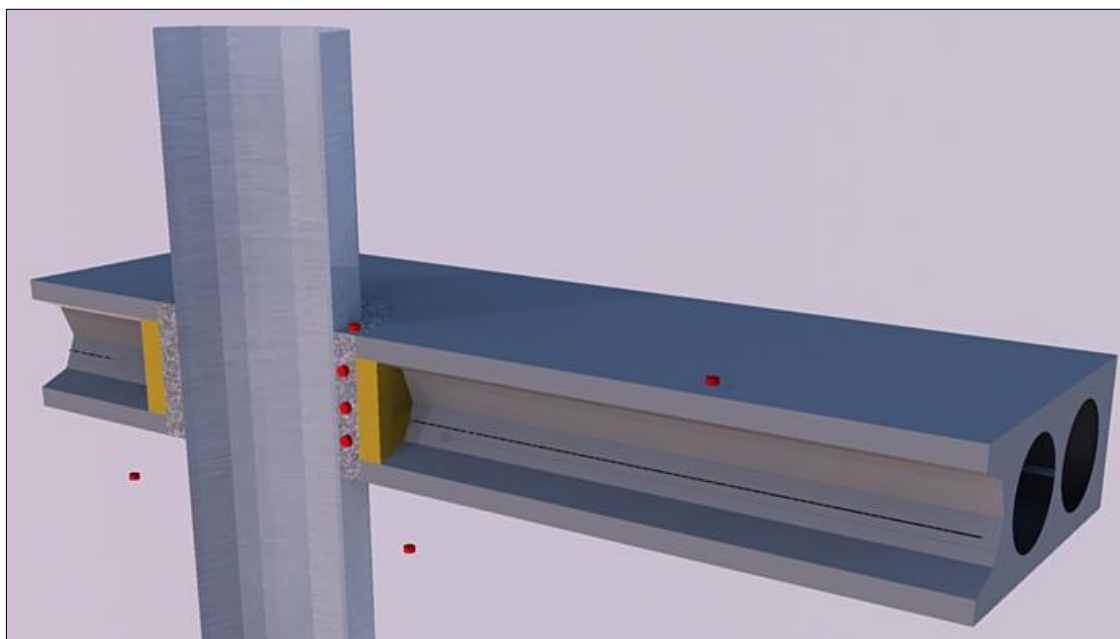


Figur 4-1, Plassering av måleutstyr i ovnen

## 4.2 Måleutstyr

### 4.2.1 Isolasjon

Termoelementer ble brukt til å dokumentere gjennomføringenes isolasjonsevne. Tre termoelement ble plassert i ulike sjikt ned i hver gjennomføring, med ytterligere et termoelement på overflaten av gjennomføringene, for å kunne verifisere om isolasjonskravet ble oppfylt. Plassering av termoelement i og rundt gjennomføringen vises i figur 4-2.



Figur 4-2, Viser plassering av termoelement, i og rundt gjennomføring

### 4.2.2 Integritet

For dokumentering av integritet ble det brukt både visuelle hjelpemidler (kamera) og bomulldott-test. Kamera ble plassert slik at gjennomføringene ble observert ovenfra og mot kanalene i hulldekkene. Kameraene dokumenterer om det blir sprekker i gjennomføringen og om røyk trenger gjennom. Kameraene mot kanalene ble brukt for å detektere røykspredning gjennom kanalene. Ved Integritetstesten ble 100 mm x 100 mm x 20 mm bomull holdt i en avstand 30 mm fra gjennomføringene i  $5s < t < 30s$  for å se om varme gasser sivet gjennom slik at bomullen antente.

#### 4.2.1 Temperatur i brannrom

To platetermoelement (figur 4-3) og to K-element ble plassert i testrommet, på hver side av gjennomføringene, for å måle og kontrollere om brannen holdt ISO-kurven. Alle termoelementene hadde en avstand på ca 150 mm fra taket og til rørene i brannrommet.



Figur 4-3, To platetermoelementer til venstre i ovnen

#### 4.2.2 Fluksmåling

Strålefluksmåling ble foretatt for å kunne dokumentere stråling fra flammene og om hvor mye påkjenning gjennomføringene i denne testen blir utsatt for. Målingen ble plassert i ovnens døråpning, vinklet mot taket. Dette kan ses i figur 4-4



Figur 4-4, Fluksmåling i åpning til ovnen

#### 4.2.3 Trykkmåling

Trykkmåling ble foretatt med pitotrør for å se om trykket ble opprettholdt i henhold til standard. Pitotrøret ble plassert ca 150 mm fra taket i brannrommet.

### 4.3 Testrigg

Testriggen består av lettbetongblokker med ventilasjonsåpning på 700 mm x 800 mm. Gulvet består av et lag med Lecablokker for å beskytte den underliggende betongen. Midt i på høyre side er et dieselkar, med et rør som går ut på baksiden for etterfylling av diesel. Denne løsningen gjør at en kan kontrollere utviklingen av brannen slik at temperaturen ligger mest mulig likt ISO-kurven, beskrevet i ISO-834. På toppen av lettbetongblokkene ble det lagt et lag med Glavaisolasjon før prøveelementet ble plassert på riggen. Glavaisolasjonen tetter og hindrer lekkasje av røyk og varme gasser. Riggen er konstruert med innvendige mål på 1000 mm (B) x 1500 mm (L) x 1200 mm (H). Se figur 4-5.

Utsparinger og gjennomføringer ble plassert hovedsakelig på venstre side av brannrommet for å begrense flammens påvirkning på gjennomføringene.



Figur 4-5, Mål på testrigg

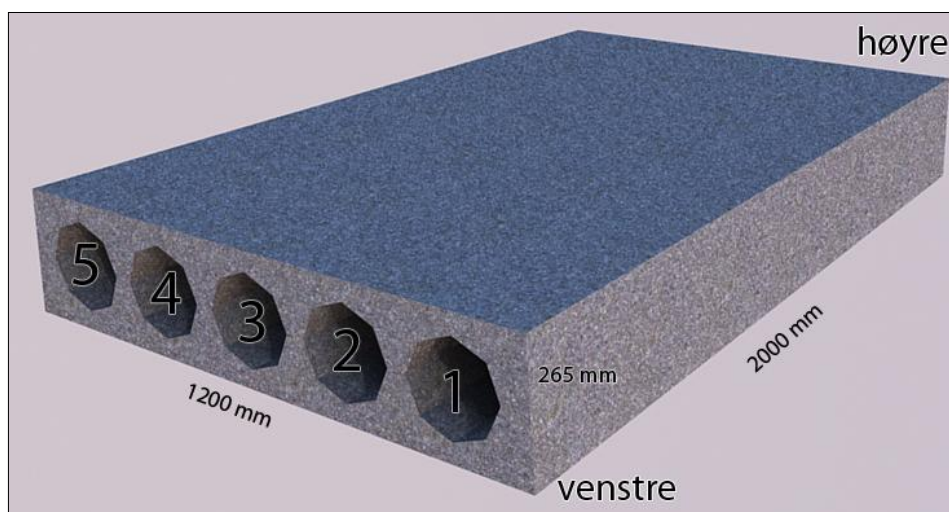


Figur 4-6, Design inn i riggen

## 4.4 Prøveelementer

### 4.4.1 Hulldekker

Hulldekker er betongelementer med hule kanaler på langs i dekket. Elementene har stor styrke og spennvidde som gir et bredt bruksområde. Hulldekkene brukes blant annet i mezzanindekker, etasjeskillere og takkonstruksjoner. Kort byggetid og en miljøvennlig profil som innebærer et redusert betongforbruk på 40 % og dermed reduserer mengde avfall med 35 % gjør dekket til et attraktivt alternativ i byggebransjen. Figur 4-7 viser en 3D-modell av et hulldekke.



Figur 4-7, Hulldekkeelement

Under forsøkene ble det brukt hulldekkelementer fra Nor Element AS. Dekkene ble lagret utendørs i 26 dager under presenning etter utstøping og ved kjølige temperaturer. Det kan medføre at herdingsprosessen ikke forløp optimalt. Temperaturen i den mest kritiske tiden ble prøvd kompensert med å tilføre varme direkte på utstøpingene, men det er usikkert hvor mye dette påvirket prosessen.

Tabell 4-2, Teknisk data til hulldekke (5) (6)

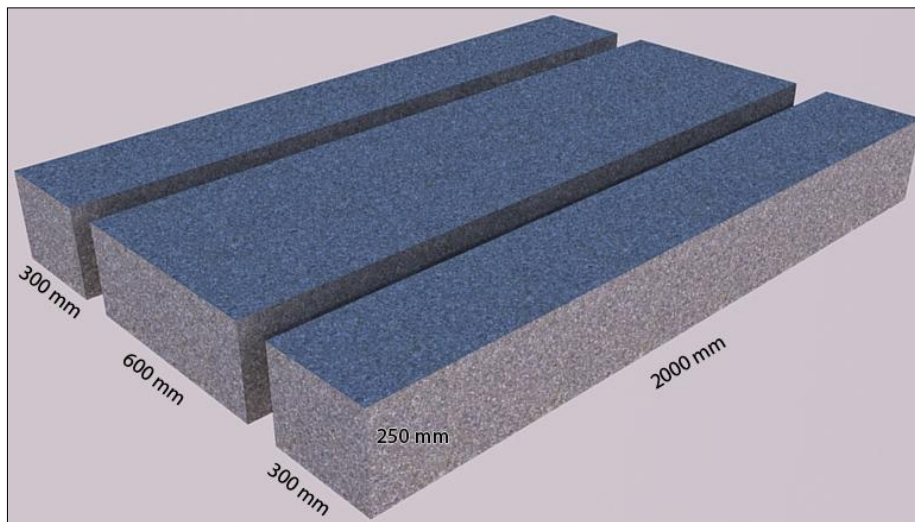
Tekniske data			
Profil	Spennlengde	Branntekniske egenskaper	Produsent
HD 265	2000 mm	REI 90	Nor Element AS

For mer informasjon, se vedlegg F



#### 4.4.2 Leca Byggeplankdekker

Leca Byggeplank er armerte elementer av lettklinkerbetong og har de samme egenskapene som Leca blokkprodukter. Leca Byggeplank er et populært betongdekke som brukes til etasjeskiller i bolig- og næringsbygg, eller som garasje- eller terrassedekke. Det kan også benyttes som gulv over krypkjeller, som brannvegg og støyskjerm. Leca byggeplank har de siste årene hatt en kraftig oppsving i interesse. Dette skyldes blant annet dekkets gode lydisolerende egenskaper, korte leverings- og byggetid og brede bruksområde. I tillegg har dekket en miljøvennlig profil.



Figur 4-8, Leca byggeplank

Under forsøkene ble det brukt Leca byggeplank fra Leca Maxit Vestnes. De ble levert på samme tidspunkt som hulldekkene.

Leca Byggeplank leveres i bredde 0,6 m og lengder inntil 8,1 m. Tykkelsene er 150 mm, 200 mm og 250 mm. Under forsøkene ble det brukt to elementer med bredde 0,6 m og lengde 2,0 m, satt sammen som på figur 4-8. (7)

Tabell 4-3, Teknisk data til Leca byggeplank (7)

Tekniske data			
Profil	Spennlengde	Branntekniske egenskaper	Produsent
Byggeplank 250 T	2000 mm	REI 90 / A1-s1,d0	Maxit Leca Vestnes

For mer informasjon, se vedlegg G

## 4.5 Gjennomføringer

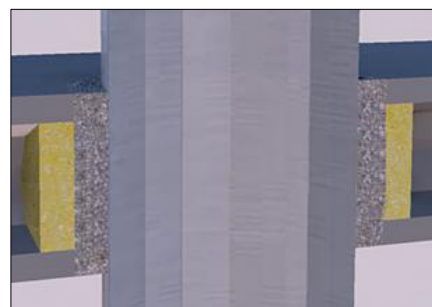
I gjennomføringene ble det brukt tre forskjellige løsninger som er beskrevet i tabell 4-4.

Tabell 4-4, Tettemasser i gjennomføringer

Gjennomføring	Material	
Betong	Maxit B20 tørrbetong	
Gips	Maxit Gypsum Naturgips	
Betong - Rockwool - Betong	Maxit B20 tørrbetong, Rockwool	

### Betong:

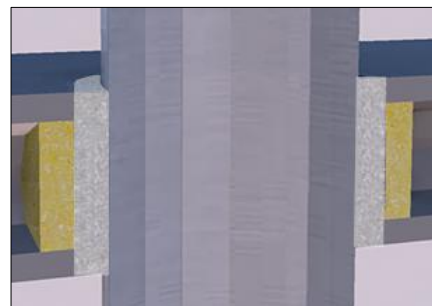
Gjennomføringen støpes med Rockwool som forskaling i kanalene til hulldekkene og Maxit B20 tørrbetong som tettemasse. Se figur 4-9



Figur 4-9, Gjennomføring med B20 betong

### Gips:

Maxit Gypsum naturgips brukes som tettemasse i gjennomføringen og med Rockwool som forskaling i kanalene til hulldekkene. Se figur 4-10



Figur 4-10, Gjennomføring med naturgips

### Betong-Rockwool-betong:

Betong støpes på toppen og bunnen av gjennomføringen, med et mellomliggende lag bestående av Rockwool. Rockwool brukes og som forskaling i kanalene til hulldekkene. Ideen bak løsningen er at om det skulle oppstå sprekker i ett av betonglagene vil integriteten fortsatt bli ivaretatt, siden det andre betonglaget forblir upåvirket. Se figur 4-11



Figur 4-11, Gjennomføring - Betong-Rockwool-betong

Alle gjennomføringene ble forskalet på undersiden før støping (figur 4-13). Kanalene i hulldekkene ble forskalet med Rockwool (figur 4-12). Rørene i forsøkene ble tettet med Rockwool for å hindre transport av røyk og varme gasser (figur 4-14). Spirorør ble isolert med Rockwool nettingmatte for å begrense varmeledning i kanalgodset (figur 4-15).



Figur 4-12, Rockwool i kanaler som forsikling



Figur 4-13, Forsikling på undersiden



Figur 4-14, Tetting i toppen av rør



Figur 4-15, Isolasjon på spirorør

#### 4.5.1 Utsparingsplan

##### Hulldekker 265mm

L = 2,0 m, B = 1,2 m

Tabell 4-5, Utsparingsplan Hulldekker

Element	Rørtype	Diameter [mm]	Utsparing[mm]	Tetting
HD 1	Spirorør	400	500	B20/Rockwool/B20
HD 2	Spirorør	400	500	Gypsum
HD 3	2 x plast vannrør	32	100	1x B20, 1x Gypsum
	2 x Geberit	75	140	1x B20, 1x Gypsum

##### Leca Byggeplank 250mm

L = 2,0 m, B = 0,3 m + 0,6 m + 0,3 m

Tabell 4-6, Utsparingsplan Leca byggeplank

Element	Rørtype	Diameter [mm]	Utsparing[mm]	Tetting
LB 1	Spirorør	200	300	B20
	Soilrør	110	220	
LB 2	Spirorør	200	300	Gypsum
	Soilrør	110	220	
LB 3	Spirorør	315	400	B20/Rockwool/B20
LB 4	PEX Combirør	32	100	Gypsum
	PEX Combirør	32	100	B20
	Plast avløpsrør	50	120	B20
	Plast avløpsrør	75	140	B20

Utsparingsmål kan ses i vedlegg J.

## 4.6 Rør & kanaler

### 4.6.1 Spirorør



Figur 4-16, Spirorør

Spirorør (figur 4-16) er et galvanisert ventilasjonsrør av stål. Stålet i rørene representerer en vesentlig fare for varmeledning i gjennomføringer. Under forsøkene ble rørene beskyttet mot brannen ved hjelp av en 30 mm Rockwool brannisolasjon med netting, inne i testriggen.

### 4.6.2 Soilrør

Soilrør (figur 4-17) er avløpsrør i støpejern. De brenner ikke, og i kan henhold til NBI 520.342 i visse tilfeller føres gjennom brannskille i betong uten tilleggisolering. Det er også svært formstabilt ved varmepåvirkning. På grunn av at støpejern korroderer, ca 1 mm per 10 år, har det i de senere år har det blitt mer vanlig med avløpsrør i plast, men soilrør benyttes fortsatt, nettopp for sine gode egenskaper mot brann. Soilrøret som ble brukt under testingen var helt nytt og upåvirket av korrosjon. På undersiden ble røret tett med Rockwool i bend, for å hindre røyk og varme gasser å transporteres gjennom røret. (8)



Figur 4-17, Soilrør

#### 4.6.3 Geberit Silent

Geberit Silent (figur 4-18) er et fleksibelt og slitesterkt avløpsrør i polyetylen. Røret er motstandsdyktig mot kjemikalier og tåler godt både høye og lave temperaturer (- 40 °C til +80 °C). Røret har veldig gode lydisolerende egenskaper og brukes i boliger, kontorer, sykehus og hoteller og generelt der hvor det er krav til lydnivå i avløpsinstallasjoner.



#### 4.6.4 Plast avløpsrør

Avløpsrørene (figur 4-19) blir tilvirket av PVC plast. Rørene er lette og sterke i tillegg til å være et kostnadseffektivt alternativ. Avløpsrørene tåler temperaturer mellom -40 °C til +80 °C.



Figur 4-18, Plast avløpsrør

#### 4.6.1 Rør i rør, PEX Combirør

Rør i rør (figur 4-20) er satt sammen av to deler som består av et ytre trekkør av plast og et indre rør av typen PEX. Et PEX rør er tilverket av krysskoble polyeten og brukes til isolasjon for kraftkabler og som rør til springvann. PEX har god resistens mot kjemikalier og har et operasjonsintervall mellom -40 °C og +90 °C.



Figur 4-19, PEX Combirør

#### 4.6.2 Vannrør

Vannrøret (figur 4-21) går under kategorien PE-rør og er lagt av polyetylen. PE-rør kan brukes mellom temperaturer på  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  opp til  $+80\text{ }^{\circ}\text{C}$  og har en antennelsestemperatur på  $380\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Rørene er meget fleksible og korrosjonsbestandige samt har gode strekkfaste egenskaper. Dette gjør at de blir brukt i flere ulike miljøer, både på land og i vann.



Figur 4-20, Vannrør

#### 4.7 Maxit B20 Betong

Ved samtlige gjennomføringer i betong ble Maxit B20 Tørrbetong benyttet (figur 4-22). Den kan brukes til de fleste typer mindre støpearbeider, innvendig og utvendig. Det var kuldegrader under støpingen, så mørtelen ble blandet med varmt vann for å få utgangstemperaturen på ferdigblandingen til å være ca  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Arbeidet ble gjort av Maxit's egen servicemann og utført etter forskrift. Se vedlegg E for mer informasjon.



Figur 4-21, Maxit B20 tørrbetong

#### 4.8 Maxit Gypsum Naturgips

Ved gjennomføringer med gips som tettemiddel ble det brukt Maxit Gypsum Naturgips. Det er et lett bearbeidbart, rent, miljøvennlig og brannsikkert materiale som produseres av naturlig rå gipsstein. Gypsum Naturgips brukes ved nybygg og rehabilitering av vegger og tak. Maxit Gypsum Naturgips er godkjent som brannbeskyttelsesmasse ved gjennomføringer med spirorør og stålrør i Sverige, men det foreligger i dag ingen offisiell godkjenning i Norge. Se vedlegg C og D.

*"Brannklasse Ifølge brannteknisk vurdering kan 13 mm Gypsum Naturgips på Stucanet erstatte 2x12,5 mm gipsskiver. Gypsum Naturgips er godkjent som brannbeskyttelsesmasse ved kabel og rørgjennomføringer." Se vedlegg C.*

## 4.9 Rockwool Lydplate

Rockwool lydplate (figur 4-23) brukes til isolering mot lyd, kulde, varme og brann. Under forsøkene ble kanalene i hulldekkene tettet med Rockwool. I tillegg ble Rockwool brukt i to forsøk som tettemasse i kombinasjon med B20 betong. Det ble også brukt Rockwool for å tette rør. Se tabell 4-7 for tekniske data eller vedlegg H for mer informasjon.

Tabell 4-7, Teknisk data Rockwool Lydplate (10)

Tekniske data			
Brannklasse	Varmeledningevne	Tykkelse	Produsent
A1	0,034 [W/ mK]	70 [mm]	Rockwool



Figur 4-22, Rockwool Lydplate

## 4.10 Glava

Glava glassull (figur 4-24) ble brukt til tetting mellom elementene og testtrigen. Glava brukes til vanlig som isolasjon for lyd, varme og brann av vegger med stålstendere. Produktet leveres i plateform og kappes med kniv for ønsket størrelse. Se tabell 4-8 for tekniske data eller vedlegg I for mer informasjon.

Tabell 4-8, Teknisk data Glava (11)

Tekniske data			
Brannklasse	Varmeledningevne	Tykkelse	Produsent
A1	0,037 [W/ mK]	150 [mm]	Glava



Figur 4-23, Glava glassull



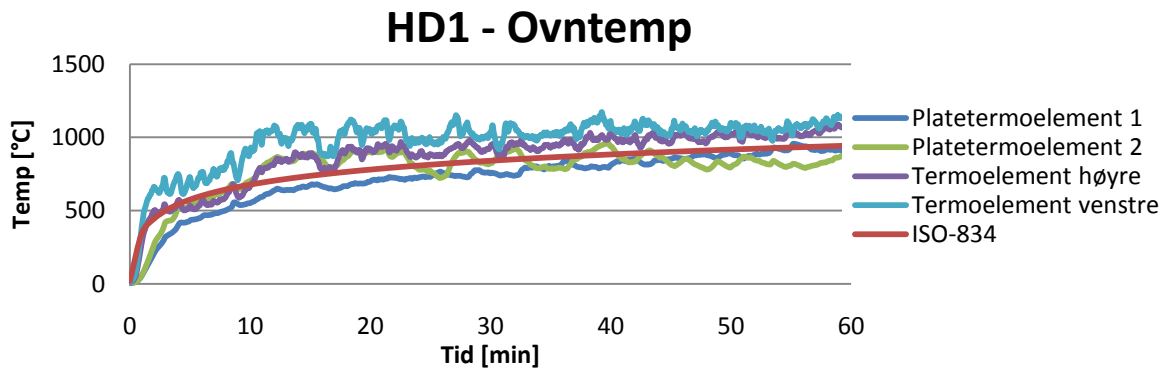
## 5. Resultater

### 5.1 Hulldekker

#### 5.1.1 Hulldekkeelement nr. 1

Testen ble utført med et ventilasjonsrør med diameter 400mm, som gikk gjennom kanal 2,3 og 4. Gjennomføringen besto av betong i topp og bunn, med et mellomliggende lag av Rockwool. Testen ble utført 17mars, under stabile vær og vindforhold, med en temperatur på 2-4 grader C.

Figur 5-1 viser eksponeringen gjennomføringen ble utsatt for.



Figur 5-1, Temperatur/tid graf i ovnen - HD1

### Visuelle observasjoner

Tabell 5-1, Visuelle observasjoner - HD1

Tid [min]	Visuelle Observasjoner – HD1
2 min	Steinskudd fra undersiden av dekket
3-4 min	Steinskudd treffer brannkaret
9 min	Sprekkdannelser i den midterste kanalen
10 min	Sprekk på oversiden av dekket Sprekk i kanal 1,2 og 5 Røyk kommer ut fra den midtre kanalen
17 min	Kokende vann pipler ut langs armeringen og dekket damper. (figur 5-2, B)
20 min	Steinskudd fra fronten av dekket
22 min	Ytterligere steinskudd fra fronten av dekket
35 min	Sprekkdannelser på venstre side av riggen, liten mengde røyk pipler ut
50 min	Svart røyk ved kanal 3 (figur 5-2, A)
60 min	<b>Test stopp</b>



**A:** Sprekkdannelser på undersiden av kanalen gjør at svart røyk pipler ut ved kanal 3.



**B:** Dekket damper, hvit røyk kommer ut av samtlige kanaler

Figur 5-2, A - Sprekker i hulldekke. B - Damp fra dekke

### Etterobservasjoner

Tabell 5-2, Etterobservasjoner - HD1

Side	Etterobservasjoner
<b>Ekspontert side</b>	Ingen tegn til sprekkdannelse på undersiden av gjennomføringen. Sterk dekket med sot så det er vanskelig å påpeke eventuelle småsprekker. Isolasjonen på ventilasjonsrøret er intakt.
<b>Uekspontert side</b>	Liten sprekkdannelse på venstre side av gjennomføringen, der det også har sprukket langs kanalen (figur 5-3, A). Ingen tegn til transport av røyk og varme gasser. Integritetstest bestått gjennom hele forsøket.



**A:** Sprekk i langs kanal



**B:** Vertikale sprekker i kanaler



**C:** Etter endt forsøk ble elementene heist med kran, og elementene sprakk ytterligere. Betongen virker upåvirket av eksponeringen.

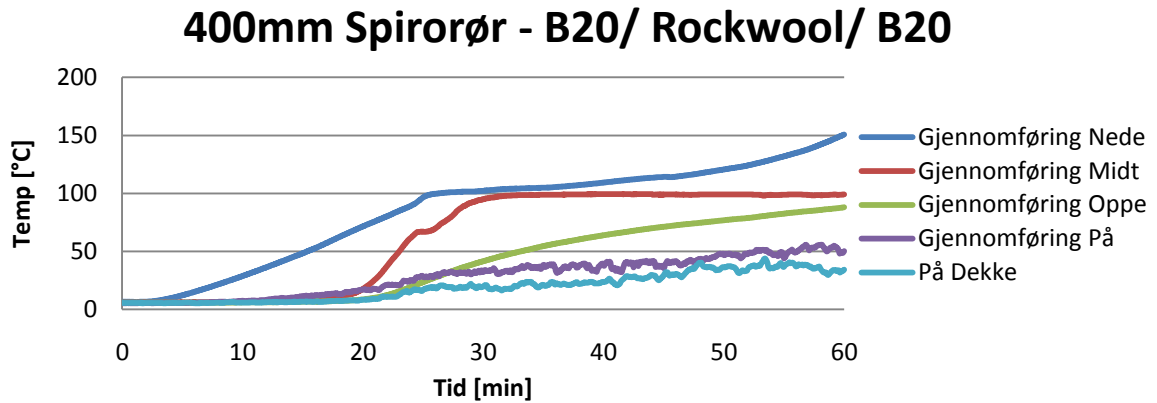


**D:** Det ble avdekket ulikheter i lagene med løsningen betong-Rockwool-betong. Mellomliggende lag av Rockwool har blitt komprimert under støpeprosessen.

Figur 5-3, Bilder etter forsøk

### Temperaturmålinger

Figur 5-4 viser temperaturer målt i ulike sjikt i gjennomføringen og på dekket.



Figur 5-4, Temperaturer 400mm spirorør – B20-Rockwool-B20 – HD3

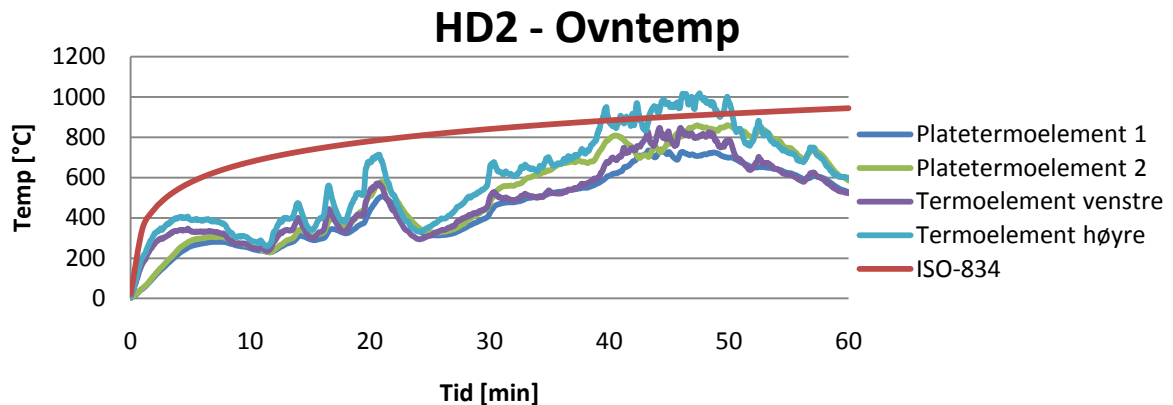
Temperatur i gjennomføring stiger betraktelig etter 25min. Oppsprekking i dekke gir mer intens brann i tillegg til varme i kanalene. Temperaturen på oversiden av gjennomføringer blir likevel ikke påvirket i veldig høy grad og makstemperaturen på gjennomføringen er ikke i nærheten av kritisk temperatur i henhold til isolasjonskravet

### 5.1.2 Hulldekkeelement nr. 2

Testen ble utført med et ventilasjonsrør med diameter 400mm, som gikk gjennom kanal 2,3 og 4. Gjennomføringen besto av gips.

Testen ble utført 16. mars, under stabile vær og vindforhold, med en temperatur på 2-4 grader C.

Figur 5-5 viser eksponeringen gjennomføringen ble utsatt for.



Figur 5-5, Temperatur/tid graf i ovnen - HD2

### Visuelle observasjoner

Tabell 5-3, Visuelle observasjoner - HD2

Tid [min ]	Visuelle observasjoner – HD2
18 min	Sprekkdannelse i kanal 3 til venstre, på eksponert side.
21 min	Sprekkdannelse i kanal 3 til venstre, på ueksponert side. Høyt smell.
22 min	Serie med høye smell.
23 min	Eksplisjonslignende hendelser i ovnen. Biter i kar og flygende steinskudd. Hvit damp fra dekke (figur 5-6)
32 min	Kontinuerlige smell. Stener faller i karet.
43 min	Steinskudd fra fronten på dekket.
52 min	Svart røyk i venstre kanal 5
60 min	<b>Test stopp</b>



Figur 5-6, Hvit damp fra dekket overside og ut fra kanaler - HD2



Figur 5-7, Sprekkdannelse langs kanalene i hulldekket - HD2

### Etterobservasjoner

Tabell 5-4, Etterobservasjoner - HD2

Side	Etterobservasjoner
<b>Eksponert side</b>	Isolasjonen på ventilasjonsrøret er intakt (figur 5-8), og har isolert røret mot varmeeksponeringen under hele forsøket. Ingen tydelige tegn til sprekkdannelse på undersiden av dekket. Ved avlastning og demontering av dekket avdekkes at en liten glippe eller deformasjon av røret (figur 5-10) har medført at røyk har klart å trenge seg et stykke opp i gjennomføringen.
<b>Ueksponert side</b>	Tydelig sprekkdannelse i den midtre kanal går hele veien gjennom gjennomføring (figur 5-9). Sprekken er ikke gjennomgående fra topp til bunn, det har ikke vært transportert røyk gjennom sprekken. Integritetstest bestått under hele prøvetiden.



Figur 5-8, Intakt isolering etter test - HD2



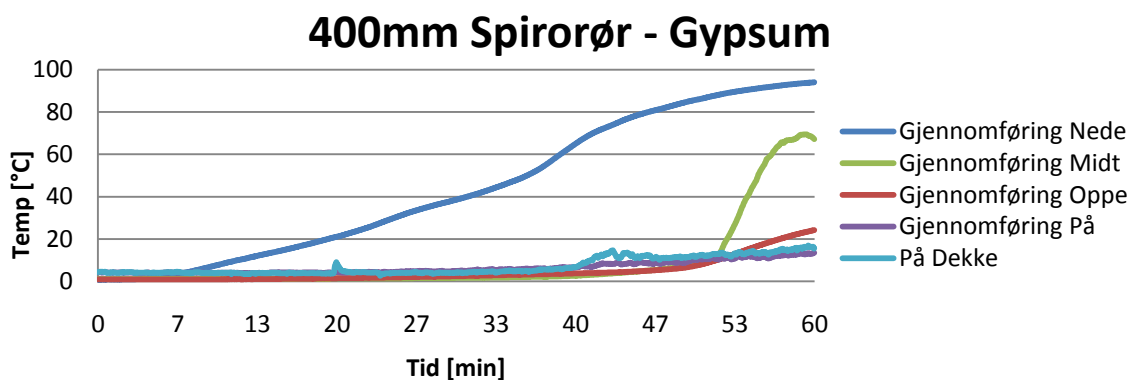
Figur 5-9, Sprekkdannelse langs kanal, ingen tegn til røyk - HD2



Figur 5-10, Glippe mellom rør og gypsum, Ingen gjennomtrengende røyk - HD2

### Temperaturmålinger

Figur 5-11 viser temperaturer målt i ulike sjikt i gjennomføringen og på dekket.



Figur 5-11, Temperaturer 400mm spirorør – Gypsum – HD2

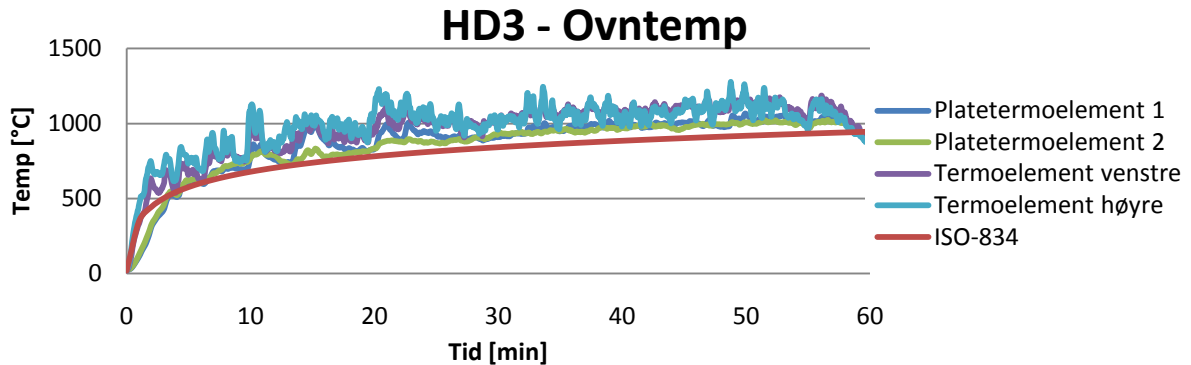
Lav ovnstemperatur gir lave temperaturer i gjennomføring. Temperatur i midten av gjennomføring stiger først etter ca 50min når ovnstemperaturen når 1000 °C. Temperatur på gjennomføring øker også på samme tidspunkt, men kommer aldri over 30 °C.

### 5.1.3 Hulldekkeelement nr. 3

Testen ble utført med 4 gjennomføringer. 2stk vannrør, én med betong og én med gips. 2 stk avløpsrør med 50 mm og 75 mm diameter, begge med betong.

Testen ble utført 18. mars, under greie forhold, men med noe vind. Temperatur på 2-4 °C.

Figur 5-12 viser eksponeringen dekket ble utsatt for. Grafen viser en mer intens eksponering enn hva ISO-kurven tilsier.



Figur 5-12, Temperatur/tid graf i ovnen - HD3

### Visuelle observasjoner

Tabell 5-5, Visuelle observasjoner - HD3

Tid [min ]	Visuelle observasjoner - HD3
2 min	Plastikkør avbrent. Steinskudd fra undersiden av dekket.
3 min	Svart røyk fra kanal 2. (figur 5-13, B)
4 min	Diesel skvetter ut i rommet. Sprekk i kanal 3.
5 min	Kontinuerlig steinskudd.
8 min	Hvit røyk observeres fra kanal 1,3 og 5. De som ikke har gjennomføringer.
10 min	Steinskudd fra fronten av dekket
11 min	Heftig steinsprut ut fra riggens front. Stor sprekk i kanal 5. (figur 5-14, C)
13 min	Store biter skytes ut fra fronten av dekket. Høye smell.
26 min	Stor sprekk over kanal 2. (figur 5-14, A og B)
27 min	Svart røyk fra kanal 5.
29 min	Kokende vann pipler ut langs armeringen i dekket.
50 min	Tydelige flammer kan ses i kanal 5. (figur 5-14, D)
60 min	<b>Test stopp</b>

**Gipsgjennomføringer:** Gips har delvis sprukket opp før forsøket starter (figur 5-13, A). En del vind under forsøket gjør visuelle observasjoner og integritetstesting vanskelig, men blir gjennomført så mye som mulig.



**A:** Sprekk i gipsens underflate



**B:** Røyk ut av kanal 2

Figur 5-13, A: Gjennomføringer for forsøk. B: Røyk ut fra kanal 2 – HD3



**A:** Langsgående sprekk mellom gjennomføring i kanal 2 med tendens til sotdannelse. Ingen tegn til brudd i selve gjennomføringene.



**B:** Sprekken fortsetter langs kanalen. Gjennomføringer virker upåvirket.



**C:** Store sprekkdannelse i dekket ved kanal 5. En del røyk gjør at det blir sterk sotdannelse.



**D:** Samme kanal fra en annen vinkel viser at røyken tidvis antennes i inne i kanalen.

Figur 5-14, Bilder under forsøket - HD3



## Etterobservasjoner

Tabell 5-6, Etterobservasjoner - HD3

Side	Etterobservasjoner
<b>Eksponert side</b>	Plastikkørene er totalt brent bort. Ikke mulig å se inn i hullene, delvis pga at de er smeltet sammen, delvis pga sot. Varm rigg og kontinuerlig av og på lossing gjør bildedokumentering vanskelig.
<b>Ueksponert side</b>	Tydlig sprekker i dekket. Hovedsakelig i de kanalene uten gjennomføringer. Sprekker også mellom gjennomføring 3 og 4, men integritetstesten ble bestått gjennom hele forsøket. (figur 5-15)

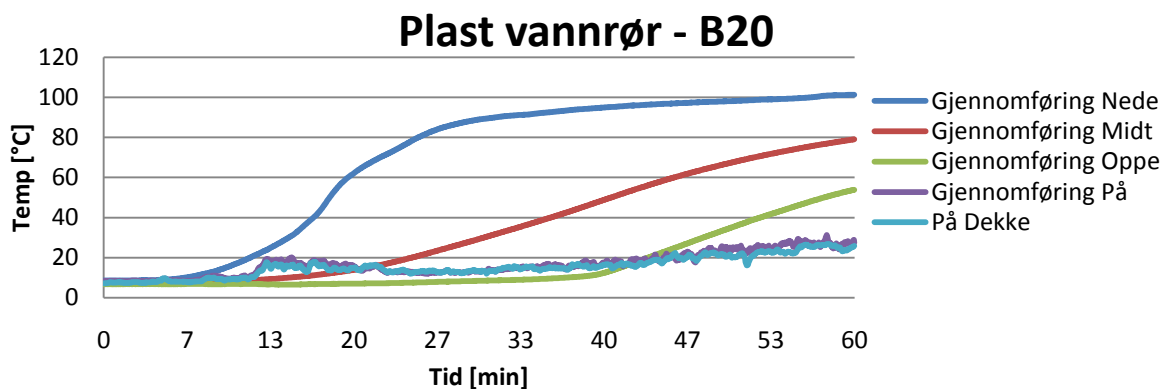
Store sprekker langs kanaler, gjennomgående fra topp til bunn. Sotlag har lagt seg på overside av sprekkeene under forsøket. (figur 5-15)



Figur 5-15, Bilder etter forsøk - HD3

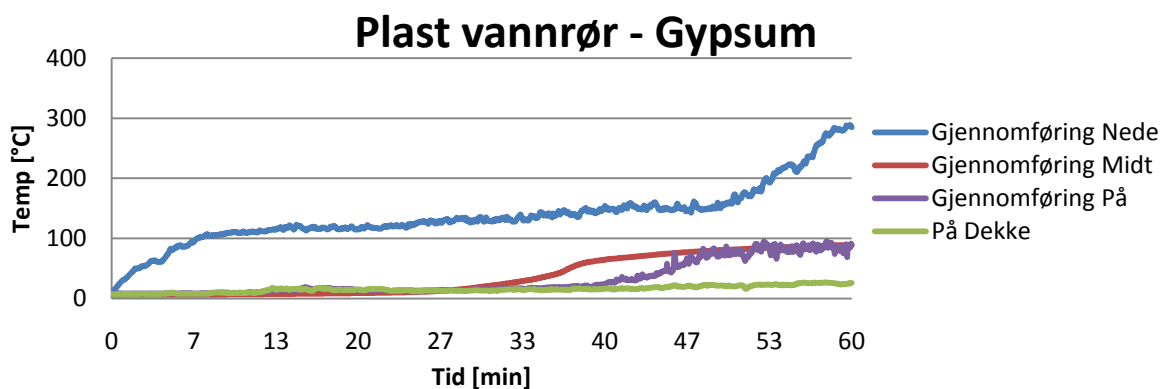
### Temperaturmålinger

Figur 5-16 viser temperaturer målt i ulike sjikt i gjennomføringen til plast vannrør (B20) og på dekket.



Figur 5-16, Temperaturer plast vannrør – B20 – HD3

Figur 5-17 viser temperaturer målt i ulike sjikt i gjennomføringen til plast vannrør (Gypsum) og på dekket.

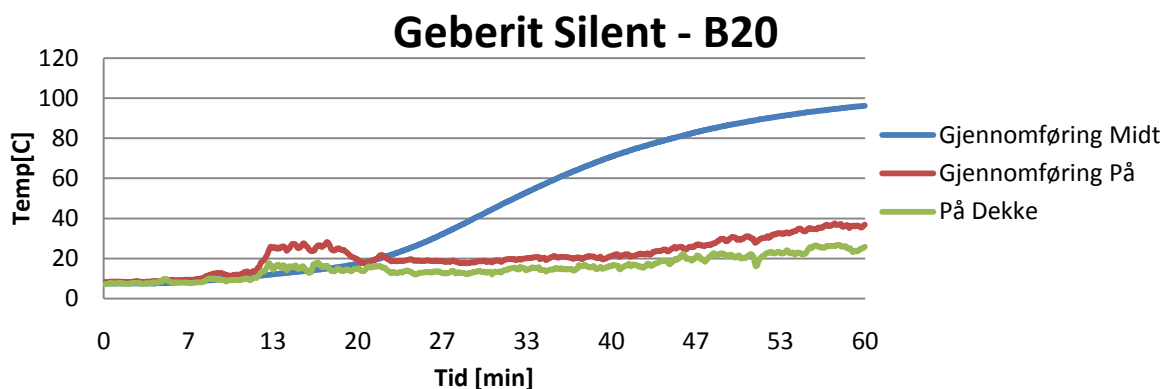


Figur 5-17, Temperaturer plast vannrør – Gips – HD3

Temperaturer i gjennomføringens øvre sjikt er ikke med på grunn av feilmåling.

Nedre termoelement ved gjennomføring med gips stiger raskt mot 100 grader og holder en jevn temperaturøkning under hele forsøket. Etter ca 30 minutter får begge gjennomføringene temperaturøkning i midtre sjikt.

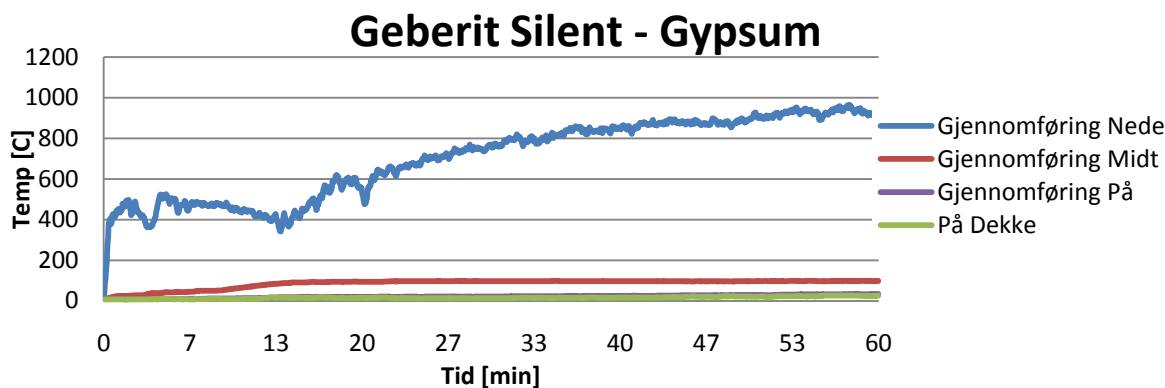
Figur 5-18 viser temperaturer målt i ulike sjikt i gjennomføringen til Geberit Silent (B20) og på dekket.



Figur 5-18, Temperaturer Geberit silent – B20 – HD3

Temperaturer i gjennomføringens nedre og øvre sjikt er ikke med på grunn av feilmåling.

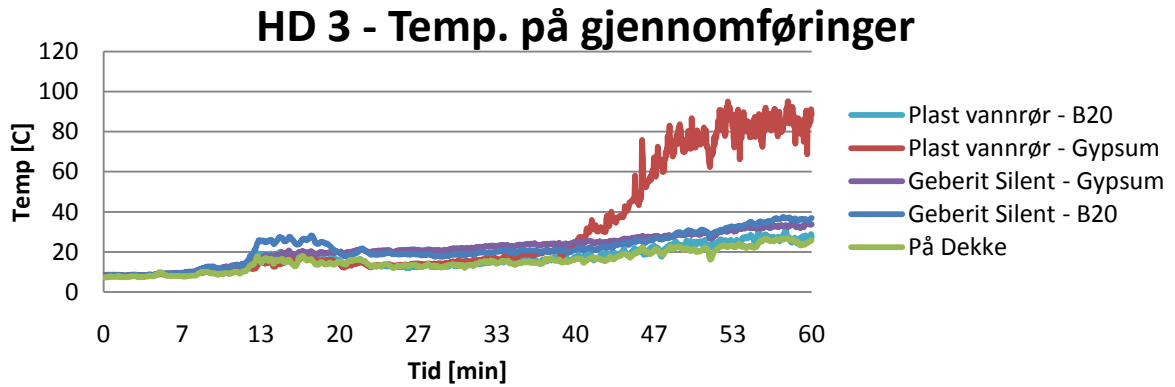
Figur 5-19 viser temperaturer målt i ulike sjikt i gjennomføringen til Geberit Silent (Gypsum) og på dekket.



Figur 5-19, Temperaturer Geberit silent – Gips – HD3

Gjennomføring med gips får umiddelbart en temperaturøkning ved det nedre termoelementet. Temperaturer i gjennomføringens øvre sjikt er ikke med på grunn av feilmåling.

Figur 5-20 viser temperaturer på gjennomføringene sammenlignet med dekkets overflatetemperatur.



Figur 5-20, Temperaturer på gjennomføringer - HD3

Samtlige gjennomføringer får en temperaturøkning på overflaten etter ca 13 minutter når det blir sprekkdannelse i dekket. Overflatetemperaturen til plast vannrør med gypsum skiller seg ut med høyere overflatetemperatur mot slutten av forsøket.

## 5.2 Leca Byggeplankdekker

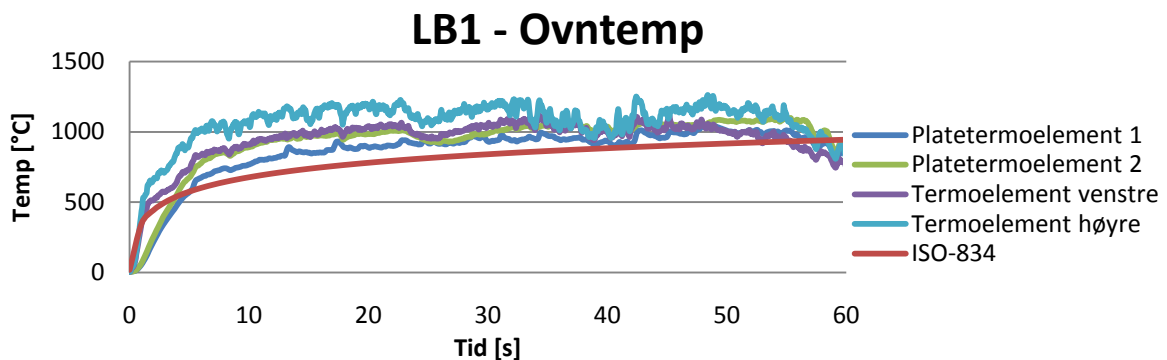
### 5.2.1 Leca byggeplank nr. 1

Testen ble utført med to gjennomføringer. Én gjennomføring av spirorør 200 mm diameter, og én av soilrør 110 mm diameter. Begge gjennomføringene var støpt igjen i betong.

Testen ble utført tidlig den 22. Mars under stabile forhold med lite vind og uten nedbør.

Lufttemperaturen lå på 5-6 °C

Figur 5-21 viser temperaturen i ovnen. Grafen viser at temperaturene var noe høyere enn hva ISO-kurven krever.



Figur 5-21, Temperatur/tid graf i ovnen - LB1

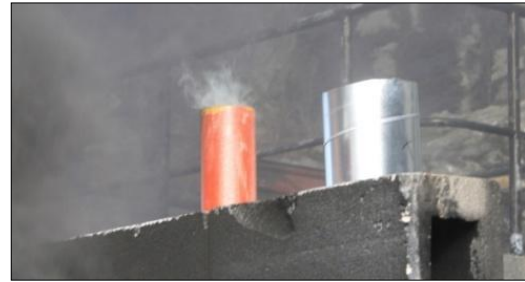
### Visuelle observasjoner

Tabell 5-7, Visuelle observasjoner - LB1

Tid [min ]	Visuelle observasjoner - LB1
3 min	Gul røyk fra soilrør. (figur 5-23)
25 min	Isolasjonen på spirorøret faller ned.
26 min	Bend på soilrøret, tett med Rockwool, faller av (figur 5-22) Svart røyk fosser opp og ut av soilrøret. (figur 5-24,A)
27 min	Tidvis antennelse av røyken som stiger ut fra soilrøret. (figur 5-24, B)
29 min	Hvit røyk stiger opp fra spirorøret.
33 min	Hvit damp stiger fra hele dekkets overflate.
50 min	Små tydelige sprekker på dekkets overflate. Antydning til sprekk på gjennomføring soilrør.
60 min	<b>Test stopp</b>



Figur 5-22, Bend på soilrør tett med Rockwool



Figur 5-23, 3min: Gul røyk stiger opp fra soilrøret



A: Svart røyk fosser ut av soilrøret



B: Tidvis antennelse av røyken

Figur 5-24, Svart og antent røyk fra soilrør

## Etterobservasjoner

Tabell 5-8, Etterobservasjoner - LB1

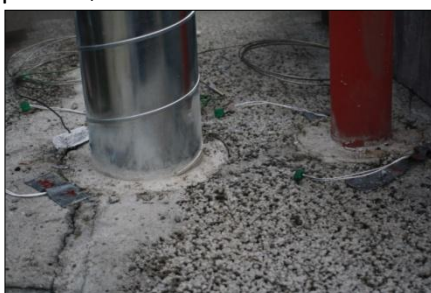
Side	Etterobservasjoner
<b>Eksponert side</b>	Isolasjonen på spirorøret har falt ned.(figur 5-25, A) Det samme gjelder bend på soilrøret (figur 5-25, B). Bend var tettet med Rockwool og uten bend var røret åpent fra topp til bunn. Tydelig misfarging på begge rør. Små indikasjoner på deformering nederst på soilrør.
<b>Ueksponert side</b>	Sprekkdannelse ved fugen i elementet (figur 5-25,C). Gjennomføring ved spirorøret er ikke påvirket av dette. Antydninger til at sprekken fortsetter på utsiden av gjennomføringen, men under testen ble det ikke avdekket brudd på integriteten. Gjennomføringen til soilrøret har kun overfladiske små sprekker (figur 5-25,D).



**A:** Isolasjonen på spirorøret har falt ned under testen. Det har også bend på soilrøret.



**B:** Bend var tettet med Rockwool. Røret sto helt åpent når den falt av.



**C:** Tegn til sprekkdannelse i fugen på dekket og på utsiden av gjennomføring

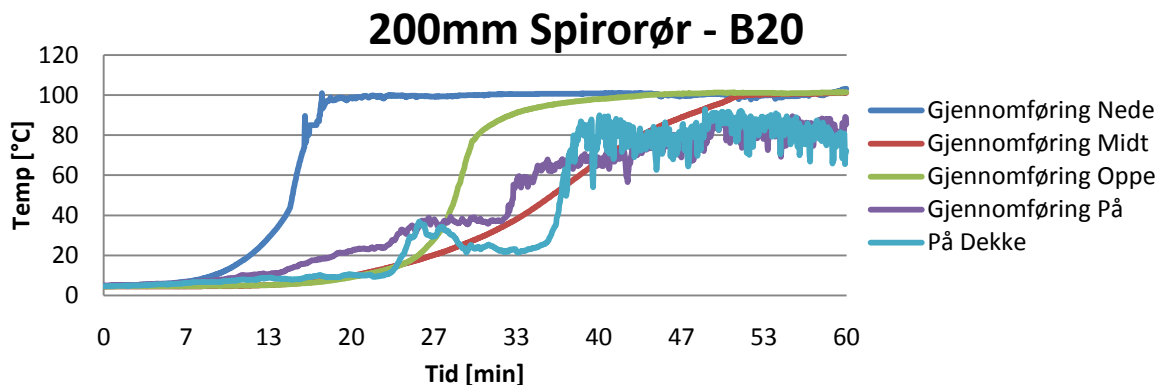


**D:** Antydning til overfladisk sprekkdannelse i gjennomføring

Figur 5-25, Bilder etter test - LB1

## Temperaturmålinger

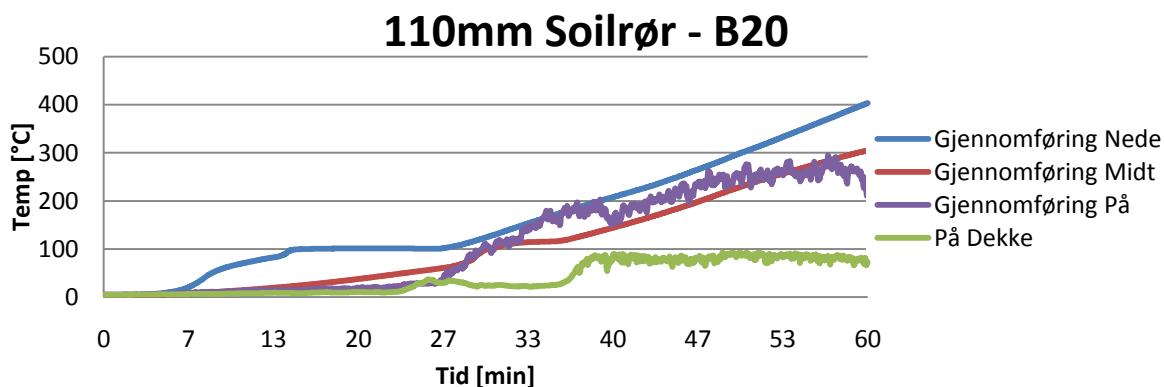
Figur 5-26 viser temperaturer målt i ulike sjikt i gjennomføringen til spirorør (B20) og på dekket.



Figur 5-26, Temperaturer 110 mm spirorør – B20 – LB1

Temperaturene i gjennomføringen får en økning etter 27 minutter, kort tid etter at isolasjonen har falt ned. Temperaturmålingen i det øvre sjiktet ligger høyere enn i det midtre sjiktet. Temperaturen på selve dekket øker også etter ca 35min.

Figur 5-27 viser temperaturer målt i ulike sjikt i gjennomføringen til soilrør (B20) og på dekket.

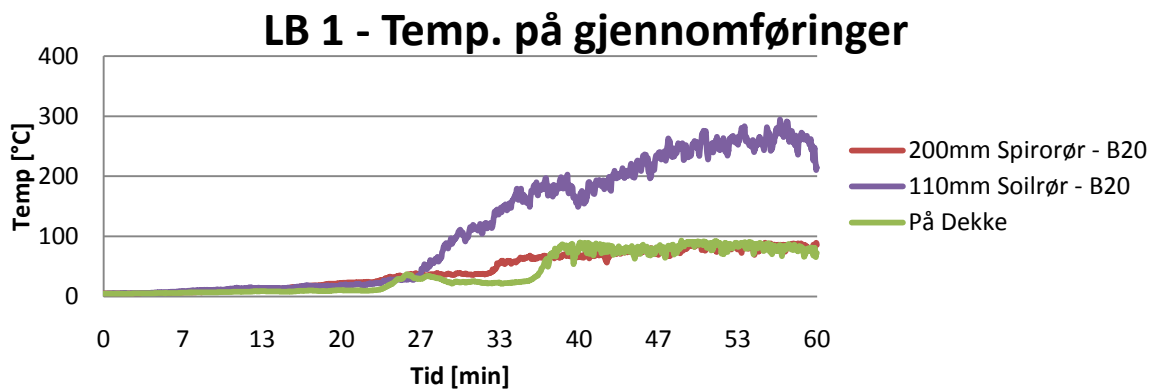


Figur 5-27, Temperaturer 110 mm soilrør – B20 – LB1

Etter 26min faller bend på soilrør av og svart røyk fosser opp og ut av røret. Observerer rask og intens temperaturøkning i de ulike sjikt av gjennomføringen. Temperaturer i gjennomføringens øvre sjikt er ikke med på grunn av feilmåling.



Figur 5-28 viser temperaturer på gjennomføringene sammenlignet med dekkets overflatetemperatur.



Figur 5-28, Temperaturer på gjennomføringer - LB1

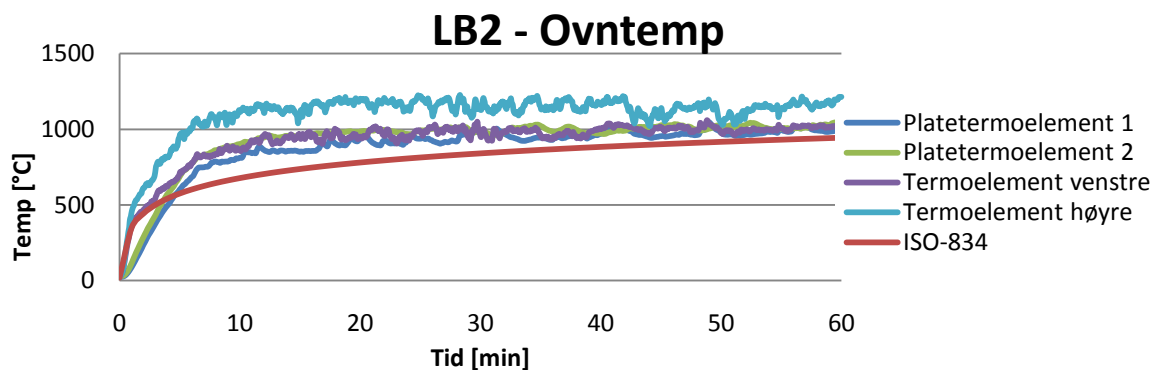
Grafen viser at temperaturen til overflaten på soilrøret ligger over isolasjonskravet

### 5.2.2 Leca byggeplank nr. 2

Testen ble utført med to gjennomføringer. Én gjennomføring av spirorør 200 mm diameter, og én av soilrør 110 mm diameter. Begge gjennomføringene var støpt igjen i gips.

Testen ble utført midt på dagen den 22. Mars under stabile forhold med lite vind og uten nedbør. Lufttemperaturen lå på 5-6 °C.

Figur 5-29 viser temperaturen i ovnen. Grafen viser at temperaturene var noe høyere enn hva ISO-kurven krever.



Figur 5-29, Temperatur/tid graf i ovnen - LB2

### Visuelle observasjoner

Tabell 5-9, Visuelle observasjoner - LB2

Tid [min ]	Visuelle observasjoner - LB2
20 min	Pipler vanndråper ut fra gjennomføringen og legger seg i "dammer" på gjennomføringens overflate. (figur 5-31)
23 min	Bend på soilrøret faller av
30 min	Dekkets overflate damper
39 min	Isolasjonen på spirorøret faller ned
40 min	Hvit røyk stiger opp fra spirorøret
60 min	<b>Test stopp</b>



**Før test:** Gjennomføringen fra undersiden



**Før test:** Soilrøret ble tett med Rockwool også i toppen

Figur 5-30, Soilrør for test - LB2



Figur 5-31, Vann på gjennomføringen av gips - LB2

## Etterobservasjoner

Tabell 5-10, Etterobservasjoner - LB2

Side	Etterobservasjoner
<b>Eksponert side</b>	Isolasjon på ventilasjonsrør og bend på soilrør har falt av (figur 5-32,A). Tydelig misfarging på rør. Underside av gjennomføring er tilsotet, men virker ellers upåvirket av eksponeringen. Ingen tegn til oppsprekking.
<b>Ueksponert side</b>	Vannpytter har lagt seg på oversiden av gjennomføringene (figur 5-32,B og C). Ingen tegn til sprekkdannelser. Gipsen virker fuktig og seig ved fjerning av innstøpte termoelementer. Integritetstest bestått under hele forsøket.



**A:** Isolasjon på spirorør har falt av. Røret er helt nedsotet, men intakt. Bend på soilrør ligger på gulvet.

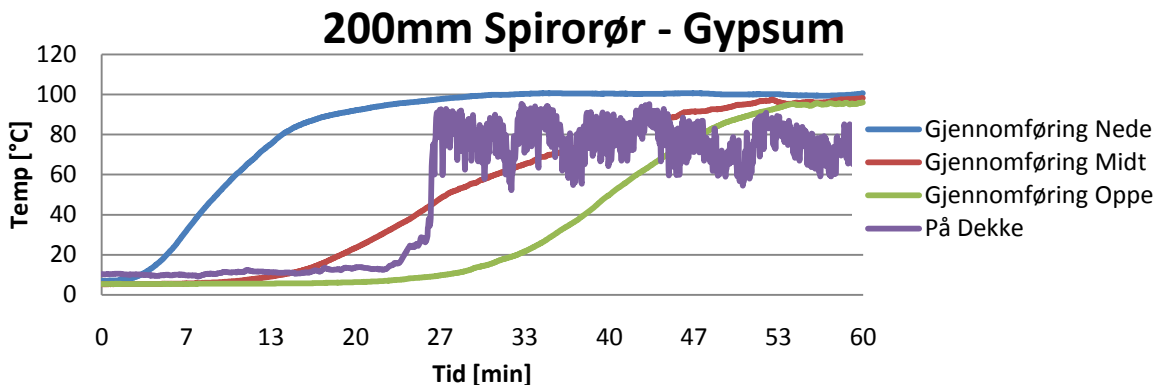


**B, C:** Vannpytter ligger på oversiden av gipsmassen. Massen virker forøvrig seig og fuktig.

Figur 5-32, Bilder etter forsøk - LB2

### Temperaturmåling

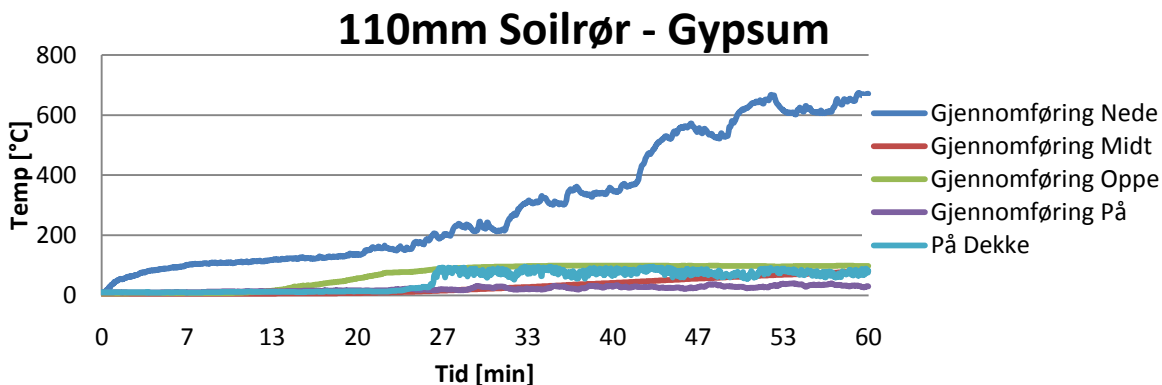
Figur 5-33 viser temperaturer målt i ulike sjikt i gjennomføringen til spirorør (Gypsum) og på dekket.



Figur 5-33, Temperaturer 200 mm spirorør – Gips – LB2

Temperaturer på gjennomføringen er ikke med på grunn av feilmåling.

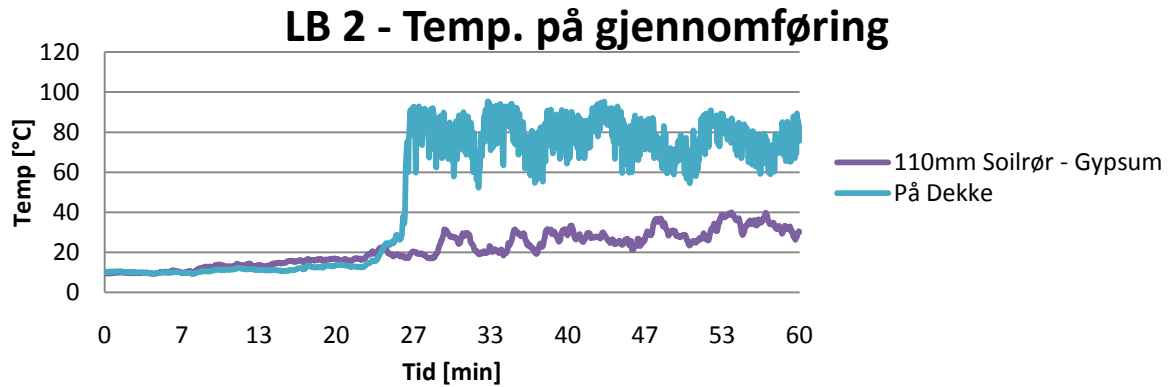
Figur 5-34 viser temperaturer målt i ulike sjikt i gjennomføringen til soilrør (Gypsum) og på dekket.



Figur 5-34, Temperaturer 110 mm soilrør – Gips- LB2

Det nedre termoelement blir raskt utsatt for høye temperaturer. Det skjer en temperaturøkning også lenger opp i gjennomføringen etter ca 25 min, kort tid etter at bend på soilrøret har falt av.

Figur 5-35 viser temperaturer på gjennomføringen sammenlignet med dekkets overflatetemperatur.



Figur 5-35, Temperaturer på gjennomføringer - LB2

Temperaturen på dekket ligger godt over temperaturen på overflaten av gjennomføringen.

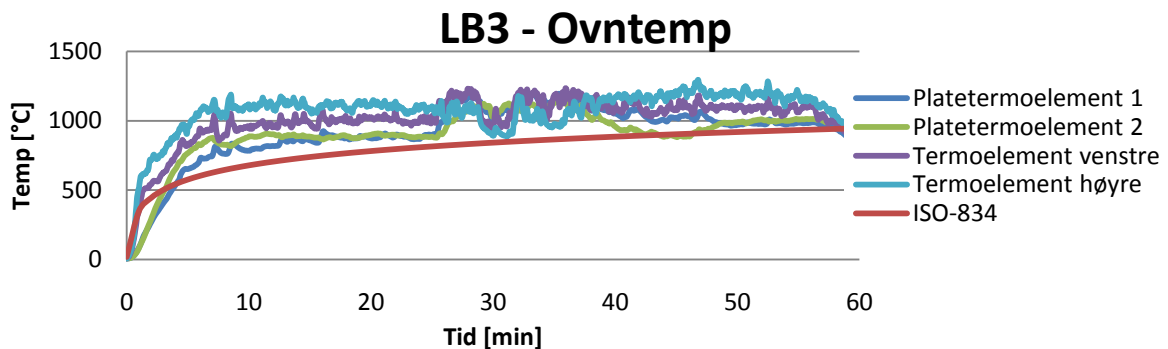
### 5.2.3 Leca byggeplank nr. 3

Testen ble utført med et spirorør med diameter 315 mm. Gjennomføringen var støpt i betong med et mellomliggende lag av Rockwool.

Testen ble utført den 18. Mars under stabile forhold med lite vind og uten nedbør.

Lufttemperaturen lå på 6-7 °C

Figur 5-36 viser temperaturen i ovnen. Grafen viser at temperaturene var noe høyere enn hva ISO-kurven krever.



Figur 5-36, Temperatur/tid graf i ovnen - LB3

### Visuelle observasjoner

Tabell 5-11, Visuelle observasjoner - LB3

Tid [min ]	Visuelle observasjoner - LB3
3 min	Smell
5 min	Stenskudd innefra ovnen, høye smell
5 min	Isolasjonen på spirorøret løsner og faller ned på bakken
8 min	Hvit røyk kommer ut av ventilasjonsrøret
9 min	Serie med høye smell og stenskudd
15 min	Sprekkdannelse i dekket og gjennomføring, ingen tegn til røyk
25 min	Masse hvit røyk stiger opp fra spirorøret
28 min	Ny sprekk i gjennomføring
30 min	Dekket damper (figur 5-37)
60 min	<b>Test stopp</b>



Figur 5-37, Dekket damper etter 30min – LB3

### Etterobservasjoner

Tabell 5-12, Etterobservasjoner - LB3

Side	Etterobservasjoner
<b>Eksponert side</b>	Isolasjonen på spirorør har falt ned. Tydelig misfarging på røret (figur 5-38, A). Ingen tegn til sprekkdannelser på gjennomføring. Sotbelagt kant i skillet mellom gjennomføring og dekke.
<b>Ueksponert side</b>	På tross av varmeledning i kanalgodset bidro til en oppvarmet gjennomføring ble ikke isolasjonskravet brutt. Sprekkdannelse langs fugen i elementet, men stopper når den når gjennomføringen (figur 5-38, B). Kun overfladiske sprekker på selve gjennomføringen. Integritetskravet ble bestått gjennom hele testen. Tegn til forkulling på bomulsdotten under testingen, men det skyldtes at den lå inntil det varme spirorøret.



**A:** Isolasjonen på spirorøret har falt av. Røret er tydelig misfarget men intakt.



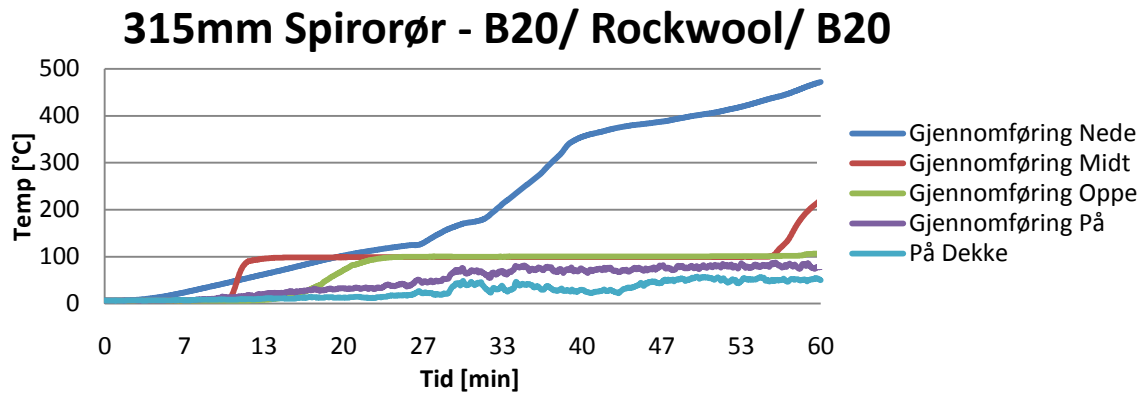
**B:** Tydelig sprekke og sotbelegg langs fugen i dekket i høyre billedkant. Stopper ved gjennomføringen.

Figur 5-38, Bilder etter test - LB3



## Temperaturmåling

Figur 5-39 viser temperaturer målt i ulike sjikt i gjennomføringen og på dekket.



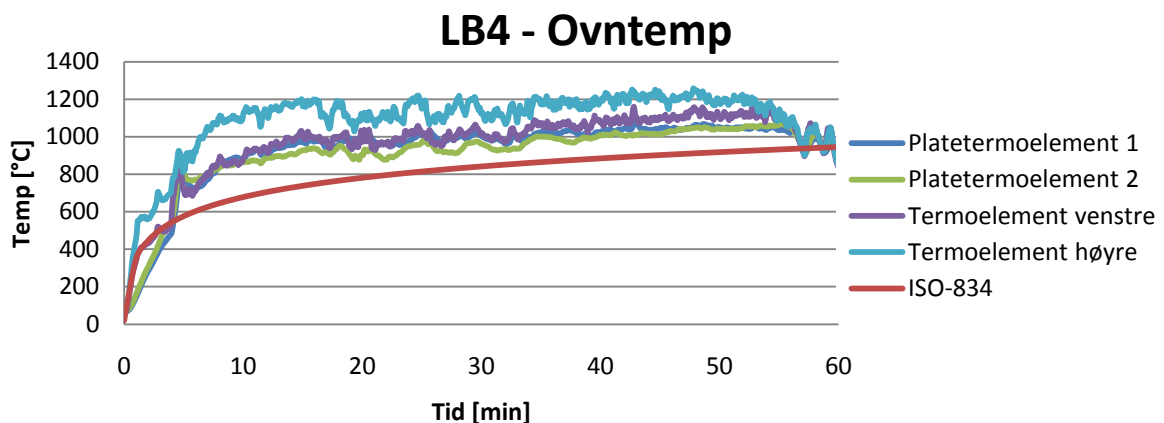
Figur 5-39, Temperaturer 315 mm spirorør - B20-Rockwool-B20 – LB3

De ulike sjiktene i gjennomføringen kommer opp i ca 100 °C omtrent på samme tidspunkt. Den nederste temperaturmålingen fortsetter å stige mot nesten 500 °C. Ellers ligger temperaturen i gjennomføringen stabilt på 100 °C før det midtre sjiktet stiger over 200 °C mot slutten av forsøket. Temperaturen på selve dekket og på overflaten av gjennomføringen ligger noenlunde likt mellom 70-90 °C og godt innenfor kravet til isolasjon.

#### 5.2.4 Leca byggeplank nr. 4

Testen ble utført med 4 gjennomføringer. 2 stk combirør, 32mm, én gips og én betong i gjennomføring. 2 stk avløpsrør, 50 mm og 75 mm med B20 betong i gjennomføring. Testen ble utført på ettermiddagen 22.mars. Det begynte å regne litt under forsøket som gjorde at riggen ble tildekket med provisorisk tak. Regnværet medførte likevel et tildels vått dekke som gjorde blant annet integritetstesting vanskelig.

Figur 5-40 viser temperaturen i ovnen. Grafen viser at temperaturene var noe høyere enn hva ISO-834 kurven krever.



Figur 5-40, Temperatur/tid graf i ovnen - LB4

#### Visuelle observasjoner

Tabell 5-13, Visuelle observasjoner - LB4

Tid [min ]	Visuelle observasjoner - LB4
2 min	Rør smelter og faller i gulvet. Brenner deretter kraftig og bidrar til økning av brannens intensitet. (figur 5-41, A)
31 min	Dekkets overflate damper
60 min	Test stopp



**Før test:** Rør tettes med Rockwool



**Før test:** Fra underside på dekket tatt inne i riggen.



**A:** Plastikkrørene smelter

Figur 5-41, Bilder for test - LB4

### Etterobservasjoner

Tabell 5-14, Etterobservasjoner - LB4

Side	Etterobservasjoner
<b>Eksponert side</b>	Plastrør helt avbrent (figur 5-42, A). Ser tydelig hullene etter rørene, men kan ikke se opp gjennom de (figur 5-42, B).
<b>Ueksponert side</b>	Ingen tegn til sprekkdannelser. Rør på oversiden intakt. (figur 5-42, C og D)



**A:** Plastrør er smeltet bort.



**B:** Hull etter plastrør er smeltet bort.



**C:** Plastrør oppå dekket etter test

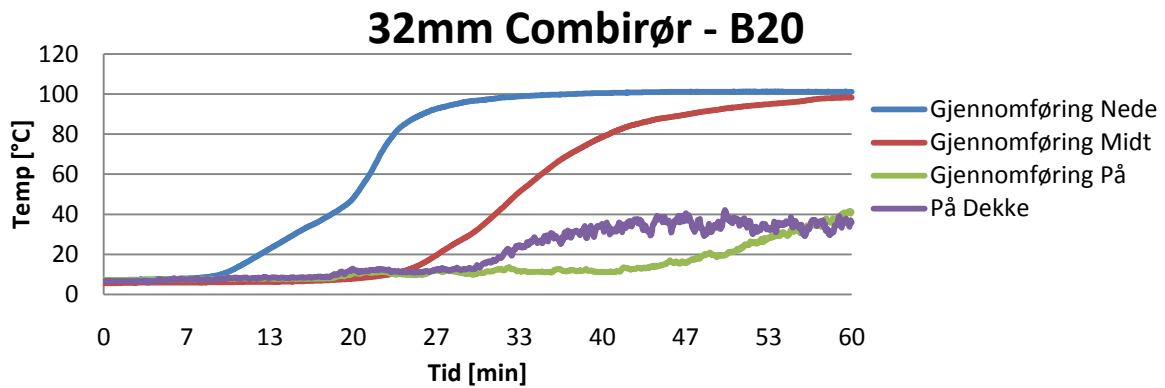


**D:** Avløpsrør 50 mm oppå dekket etter test

Figur 5-42, Bilder etter test - LB4

### Temperaturmåling

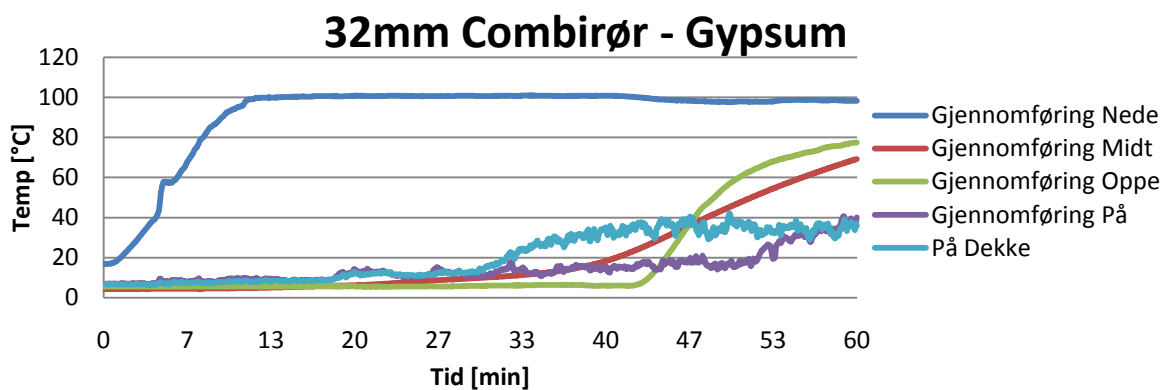
Figur 5-43 viser temperaturer målt i ulike sjikt i gjennomføringen til combirør (B20) og på dekket.



Figur 5-43, Temperaturer 32 mm combirør - B20 - LB4

Temperaturene i de ulike sjiktene i gjennomføringen stiger under forsøket, men flater ut ved 100 °C. Temperaturen på selve dekket og på overflaten av gjennomføringen er omtrent lik. Resultatene i gjennomføringens øvre sjikt er ikke med på grunn av feilmåling.

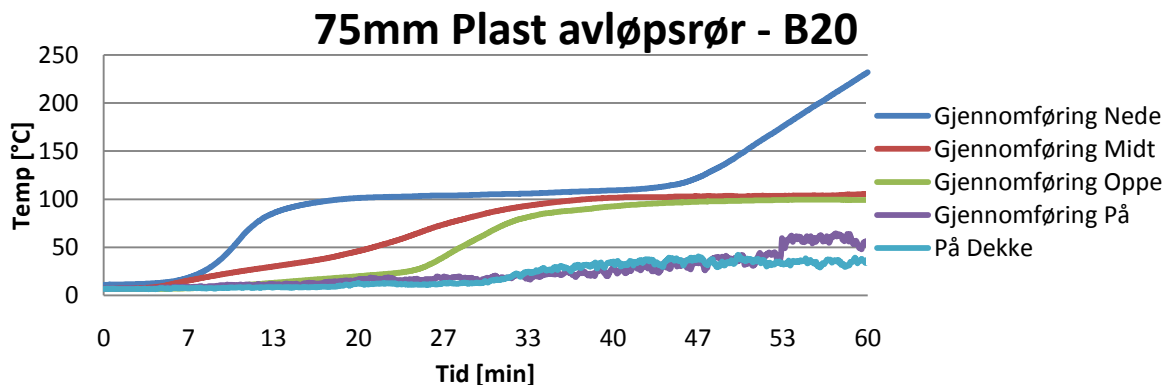
Figur 5-44 viser temperaturer målt i ulike sjikt i gjennomføringen til combirør (Gypsum) og på dekket.



Figur 5-44, Temperaturer 32 mm combirør - Gips - LB4

Det skjer en rask temperaturøkning i det nedre sjiktet av gjennomføringen, men flater ut ved 100 °C. Temperaturen på selve dekket og på overflaten av gjennomføringen er lik og ligger på 40 °C.

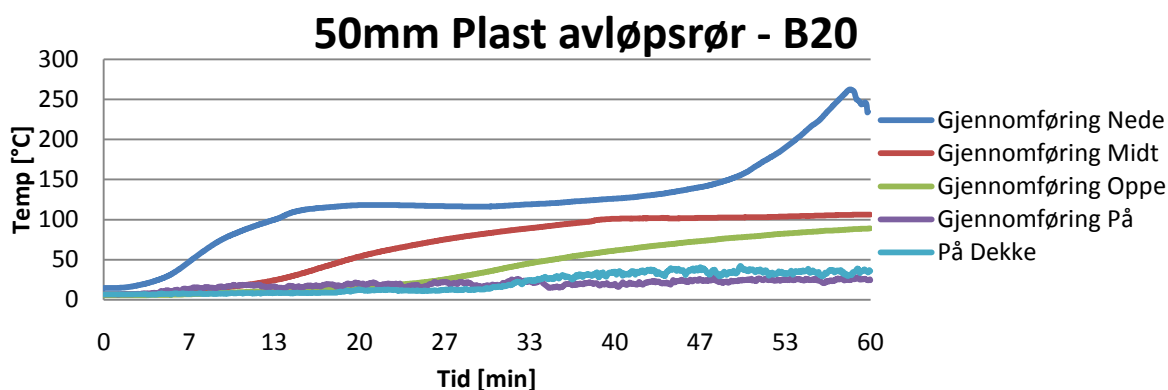
Figur 5-45 viser temperaturer målt i ulike sjikt i gjennomføringen til 75 mm avløpsrør (B20) og på dekket.



Figur 5-45, Temperaturer 75 mm plast avløpsrør - B20 – LB4

Temperaturene i de ulike sjiktene i gjennomføringen flater ut ved 100 °C, men etter en stund begynner temperaturen i det nedre sjiktet å stige mot 250 °C. Temperaturen på overflaten av gjennomføringen og selve dekket har lik økning i temperatur før overflaten på gjennomføringen får en litt raskere temperaturøkning mot slutten av forsøket. Temperaturen på overflaten av gjennomføringen har en makstemperatur i løpet av forsøket på 64 °C.

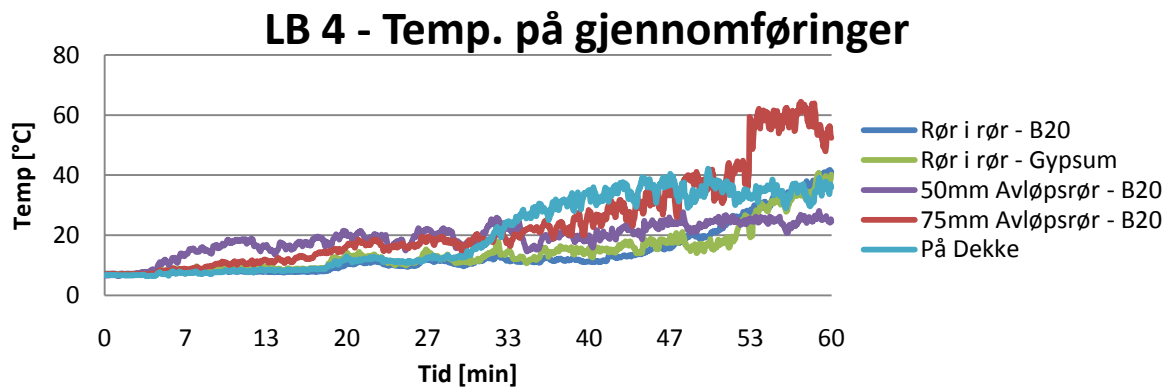
Figur 5-46 viser temperaturer målt i ulike sjikt i gjennomføringen til 50 mm avløpsrør (Gypsum) og på dekket.



Figur 5-46, Temperaturer 50 mm plast avløpsrør - B20 – LB4

Temperaturene i gjennomføringen flater ut ved 100 °C. Det nedre termoelementet øker etter ca 45 min ytterligere mot 250 °C. Temperaturen på overflaten av gjennomføringen ligger under temperaturen på selve dekket mot slutten av forsøket.

Figur 5-47 viser overflatetemperaturer til samtlige gjennomføringer sammenlignet med dekkets overflatetemperatur.

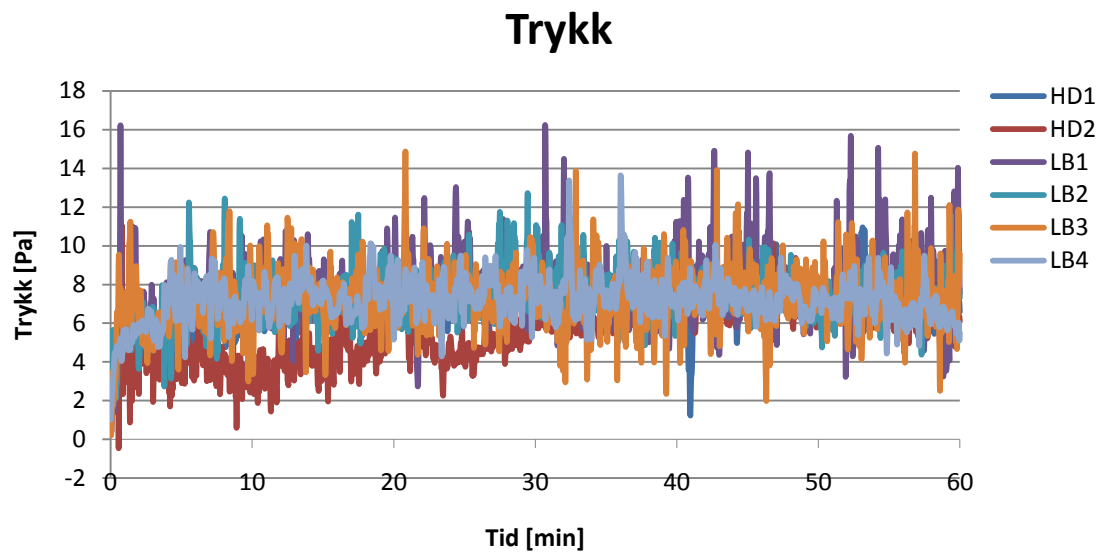


Figur 5-47, Temperaturer på gjennomføringer - LB4

Overflatetemperaturene for nesten samtlige gjennomføringer ligger omtrent likt mellom 25-45 °C. 75 mm avløpsrør skiller seg ut med en temperatur på oversiden av gjennomføringen på 64 °C.

### 5.3 Trykkmåling

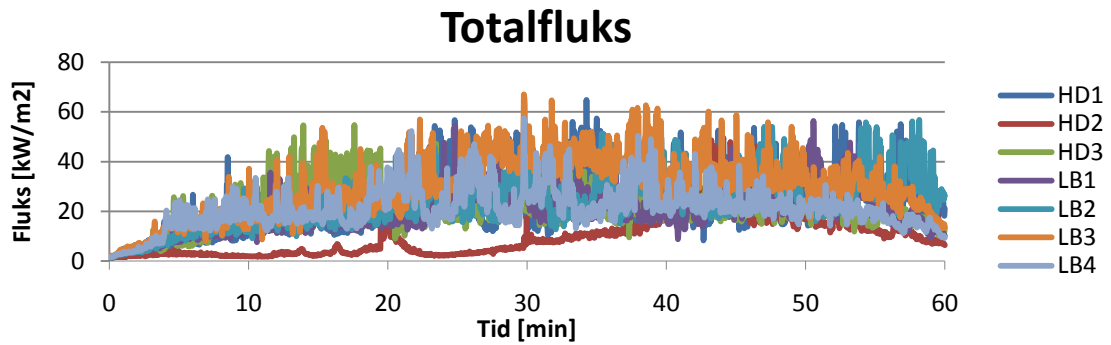
Det ble målt trykk under seks av sju forsøk. Trykkmåling ble ikke foretatt ved test av HD3. Resultatene fra trykkmålingene vises i figur 5-48



Figur 5-48, Resultater trykkmåling

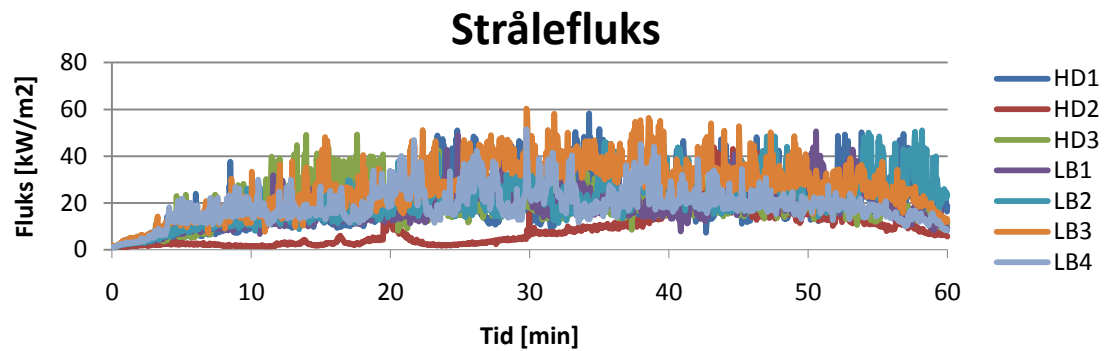
## 5.4 Fluksmåling

Figur 5-49 viser målt totalfluks under forsøkene.



Figur 5-49, Målt totalfluks

Figur 5-50 viser målt strålefluks under forsøkene.



Figur 5-50, Målt strålefluks



## 6. Diskusjon

### 6.1 Kort oppsummering av måleresultater

Tabell 6-1, Oppsummering av måleresultater - Hulldekker

Element	Gjennomføring, Rør/Kanal -tetting	Tetting	Tid til T >180 °C	Maks temp. oppnådd	Integritet
HD1	Spirorør 400mm	B20/Rockwool/	> 61 min	56 °C	Ikke brudd
HD2	Spirorør 400mm	Gypsum	> 61 min	15 °C *	Ikke brudd
HD3	Plast vannrør 32mm	B20	> 61 min	31 °C	Ikke brudd
	Plast vannrør 32mm	Gypsum	> 61 min	95 °C	Ikke brudd
	Geberit Silent 75mm	B20	> 61 min	37,5 °C	Ikke brudd
	Geberit Silent 75mm	Gypsum	> 61 min	34,5 °C	Ikke brudd

\*Lavere ovnstemperatur under denne testen

Tabell 6-2, Oppsummering av måleresultater – Leca byggeplank

Element	Gjennomføring, Rør/Kanal -tetting	Tetting	Tid til T >180 °C	Maks temp. oppnådd	Integritet
LB1	Spirorør 200mm	B20	> 61 min	89 °C	Ikke brudd
	Soilrør 110mm	B20	36 min	295 °C	Ikke brudd
LB2	Spirorør 200mm	Gypsum	> 61 min	50 °C **	Ikke brudd
	Soilrør 110mm	Gypsum	> 61 min	40 °C	Ikke brudd
LB3	Spirorør 315mm	B20/Rockwool/	> 61 min	88 °C	Ikke brudd
LB4	Plast vannrør 32mm	Gypsum	> 61 min	41 °C	Ikke brudd
	Plast vannrør 32mm	B20	> 61 min	42 °C	Ikke brudd
	Plast avløpsrør 50mm	B20	> 61 min	28 °C	Ikke brudd
	Plast avløpsrør 75mm	B20	> 61 min	64 °C	Ikke brudd

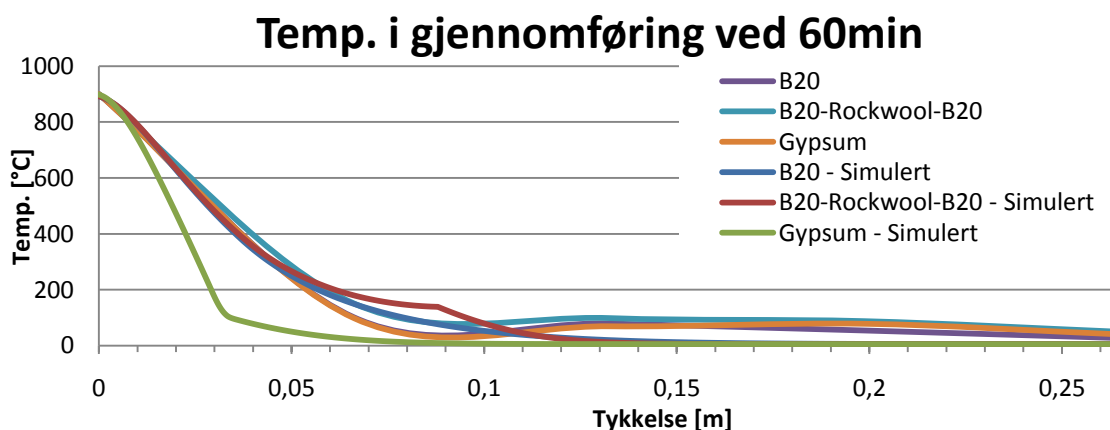
\*\* Temp etter 43 min. Feilmåling etter 43 min. Ingen tegn til brudd på integritet.

## 6.2 Isolasjon

Alle testene bortsett fra én besto isolasjonskravet. LB2 soilrør oppnådde 180 °C etter 36 minutter og hadde i løpet av forsøket en makstemperatur på 295 °C. Årsaken til at gjennomføringen oppnådde kritisk temperatur kan forklares med at soilrøret mistet sin tetting når bend med Rockwool falt av. Dette medførte at røret fikk en skorsteinseffekt og varm røyk kunne da transporteres gjennom røret. Røyken og de varme gassene gjorde at røret ble varmt, som igjen varmet opp gjennomføringen. Soilrør står i utgangspunktet ikke åpne i brannrommet slik som det gjorde i dette tilfellet, og scenarioet ville mest sannsynlig ikke ha inntruffet under en reell brann.

### 6.2.1 Teoretiske temperaturer sammenlignet med målte temperaturer

En simulering ble gjort i Argos med hensikt å teste om gjennomføringene ville klart isolasjonskravet teoretisk. Etter 60 minutter kan vi se at de simulerte verdiene ligger nære de målte temperaturene, og simuleringen stemte godt overens med de praktiske resultatene. Dette kan ses i figur 6-1.



Figur 6-1, Resultater fra Argos sammenlignet med målte temperaturer

Måleresultatene ble tatt ut av tre ulike gjennomføringer der det ikke var svekkelser eller feilmålinger under testene.

## 6.3 Integritet

Det ble ikke påvist brudd på integritetskravet på noen av testene som ble gjennomført. Kun små overfladiske sprekker ble avdekket, men ingen gjennomtrengning av røyk eller varme gasser.

I hulldekkene kunne det i noen tilfeller ses sprekker langs hele kanalgangen, men der sprekken møtte massen i gjennomføringen, stoppet den og fortsatte på andre siden.

Leca byggeplank viste svak sprekkdanning der dekket var fuget sammen. I forsøket fortsatte sprekken delvis inn i gjennomføringen, men var ikke så stor at integriteten ble brutt. I de tilfeller bomulldotten hadde antydninger til forkulling var det fordi den hadde ligget inntil kanalgodset, som i noen tilfeller var veldig varmt.

### 6.3.1 Sprekkdannelser

Testene indikerer at gjennomføringene ikke svekker dekkets branntekniske egenskaper med tanke på integritet, Dekkene som ble brukt under forsøkene, og da særlig hulldekkene, hadde en stor tendens til å sprekke opp. Dette er belyst i kapittel 6 under observasjonene som ble gjort på stedet.

Kan sprekkdannelsene skyldes bruken av betong i gjennomføringene?

- Det er ikke tegn til at sprekker oppstår spesifikt i de kanalene med gjennomføringer.
- Sprekkene oppstår og i de kanaler uten gjennomføringer.
- Sprekkene oppstår like hyppig i kanaler med gjennomføringer i gips.

Kan sprekkdannelsene forklares på annen måte?

- Høy fuktinnhold etter utendørs lagring?
- Røff eksponering?

Ved Efectis.nl er det gjort en studie på hulldekkeelementer som påviser stort omfang av avskalling, sprekkdannelser og kollaps som følge av brannpåvirkning. (12)

Dette viser at sprekkdannelser i hulldekkeelementer ikke er spesifikke for forsøkene ved HSH. Fuktinnhold kan påvirke omfanget av sprekkdannelser, men siden sprekkdannelser har forekommet ved branner i faste eksisterende bygg viser dette at det ikke kan være den eneste forklaringen.

I henhold til NBI 342.520 er argumentet mot å bruke betong som støpemasse i gjennomføringer at betongen krymper ved høye temperaturer. Det medfører at det kan oppstå glipper som slipper gjennom røyk og varme gasser. At betongen krymper kan ikke påvises ved etterobservasjoner under forsøkene, og det har ikke medført "lekkasjer" i tettingen. I og med at betongen krymper vil det også være lite logisk å påstå at betongen i gjennomføringer medvirker til sprekkdannelser.

## 6.4 Vurdering av de ulike løsningene

### 6.4.1 Betong og gips i gjennomføring

#### Hulldekkeelement 3

Tabell 6-3, Kvantitativ framstilling av måleresultater ved 60 min - HD3

Element	Rør/kanal	Tetting	Nede	Midt	Øvre	Overflate
HD3	Plast vannrør	B20	101 °C	79 °C	54 °C	27 °C
	Plast vannrør	Gypsum	284 °C	89 °C	*	89 °C
	Geberit Silent	B20	*	96 °C	*	37 °C
	Geberit Silent	Gypsum	901 °C	98 °C	*	26 °C

\* Feilmåling

**HD3:** Gypsum skiller seg ut med veldig høye temperaturer i det nederste sjiktet i gjennomføringen. Det kan skyldes vanskeligheter med støpingen og en ujevn underflate. Temperaturene avtar lengre opp og overflatetemperaturen ligger omtrent likt. Blant temperaturene på oversiden er det kun plast vannrør med gypsum som skiller seg ut. Den har tre ganger høyere temperatur enn tilsvarende gjennomføring med betong. Høy temperatur kan skyldes sprekkdannelse langs kanalen ved denne gjennomføringen. Det er kun kanalen med gypsum i gjennomføringene som sprekker opp.

#### Leca byggeplank 1 og 2

Tabell 6-4, Kvantitativ framstilling av måleresultater ved 60 min - LB1, LB2

Element	Rør/kanal	Tetting	Nede	Midt	Øvre	Overflate
LB1	Spiro 200mm	B20	103 °C	101 °C	101 °C	85 °C
	Soil 110mm	B20	403 °C	305 °C	-	215 °C
LB2	Spiro 200mm	Gypsum	101 °C	98 °C	96 °C	50 °C *
	Soil 110mm	Gypsum	671 °C	80 °C	98 °C	40 °C

\*Feilmåling etter 43 min

**LB1 & LB2:** En liten endring i utførelsen av forsøkene medfører veldig forskjellige måleresultater. Ved testingen av LB2 ble toppen av soilrøret tettet med Rockwool slik at skorsteinseffekten fra test-LB1 ikke skulle gjenta seg. Ujevn underflate ved gjennomføring med gips gir høy temperatur i nedre sjikt i gjennomføringen. Dette gjelder kun for Soilrør. Måleresultatene som angår Spirorør er veldig like tatt i betraktning at temperaturen på overflate spirorør blir påvirket av det veldig varme soilrøret i LB1, og at temperaturen ved LB2 er målt ved 43 minutter. Temperaturen ved 60 minutter ville mest sannsynlig ha vært noe høyere.

## Leca byggeplank 4

Tabell 6-5, Kvantitativ framstilling av måleresultater ved 60 min - LB4

Element	Rør/kanal	Tetting	Nede	Midt	Øvre	Overflate
LB4	Combirør 32mm	B20	101 °C	98 °C	-	41 °C
	Combirør 32mm	Gypsum	98 °C	69 °C	78 °C	40 °C
	Avløpsrør 50mm	B20	235 °C	106 °C	89 °C	25 °C
	Avløpsrør 75mm	B20	232 °C	106 °C	99 °C	52 °C

**LB4:** Rør med lik diameter virker upåvirket av hvilken tetningsmasse som er benyttet. Resultatene viser temperaturer i ulike sjikt i gjennomføring og på overflate. Tendensen under dette forsøket er at rør med større diameter gir høyere temperatur på overflaten, noe som også kan skyldes andre faktorer.

### 6.4.2 Evaluering av betong og gips som tettemasse

Oppsummering av temperaturmålingene påpeker ingen svakheter ved bruk av B20 betong eller Maxit naturgips i gjennomføringene. Ved like gjennomføringer med ulik tettemasse ligger temperaturene noenlunde likt.

Det er begrenset hvor mye vekt som skal legges på måleresultatene i de ulike sjiktene i gjennomføringen. Det er umulig å vite eksakt hvor termoelementet faktisk ender ved innstøping. Det gir likevel en indikasjon på hvordan varmeledningen i sjiktene fordeler seg. Målingene avdekker også at støping med gips er mer utførelsessensitivt enn betong. Ujevne underflater på gipsen gav temperaturer opp mot 1000 °C i det nedre sjiktet, men overflatetemperaturen virker ikke å være påvirket av dette.

Gips har lav varmekapasitet og leder varme dårlig. Betong leder varme, men lagrer samtidig mye av varmen. Det fremkommer likevel ikke særlig stor forskjell på tettemassene av temperaturmålingene som ble gjort under forsøkene. Det kan ikke pekes på en spesiell tendens som svekker betongens troverdighet som tettemasse.

### 6.4.3 Betong – Rockwool – Betong i gjennomføring

#### Hulldekkeelement 1 og 2

Tabell 6-6, Kvantitativ framstilling av måleresultater ved 60 min - HD1, HD2

Element	Rør/Kanal	Tetting	Nede	Midt	Øvre	Overflate
HD1	Spirorør 400mm	B20/Rockwool/B20	151 °C	99 °C	88 °C	50 °C
HD2*	Spirorør 400mm	Gypsum	94 °C	67 °C	24 °C	13 °C

\*Lave temperaturer i ovnen ved HD2 testen, lite grunnlag for sammenligning.

**HD1:** Isolasjonen på spirorøret holder seg intakt under hele testen. Temperaturene i lagene har en jevn temperaturøkning oppover i gjennomføringen.

#### Leca byggeplank 3

Tabell 6-7, Kvantitativ framstilling av måleresultater ved 60 min - LB3

Element	Rør/kanal	Tetting	Nede	Midt	Øvre	Overflate
LB3	Spiro 315mm	B20/Rockwool/B20	472 °C	220 °C	107 °C	78 °C

**LB3:** Isolasjonen på spirorøret faller ned allerede etter 5 minutter og varmeledning i kanalgodset er mest sannsynlig årsak til at temperaturen nedover i gjennomføringen blir så varm. Hvit røyk stiger fra røret etter 28 minutter, og det er under siste halvdel av forsøket at temperaturene stiger. Det tar tid før varmeledningen i betongen når midtsjiktet, og skjer etter 50 minutter. Det påvirker ikke temperaturen i overflaten. Sammenlignet med forsøket under HD1 vil størrelsen på røret ikke ha betydning for løsningens egenskaper.

### 6.4.4 Evaluering av Betong–Rockwool–Betong som tettemasse

Løsningen tilfredsstiller både kravet til isolasjon og integritet under begge testene. Det er ingen forsøk som direkte kan sammenlignes med bruk av betong-Rockwool-betong. Det kan ikke pekes på noen tydelig svakhet ved bruk av denne løsningen. Den antatte fordelingen er at hvis det skulle oppstå sprekker i betongen på undersiden, kan Rockwool i det mellomliggende laget isolere så godt at det ikke oppstår en gjennomgående sprekk til oversiden. Det ble avdekket tegn til sot i det mellomliggende laget ved demontering av gjennomføringen etter en av testene, men ikke tegn til sprekkdannelse i betongen. Etterobservasjoner avdekket også problem med å vite eksakt hvor tykt laget med Rockwool var, ettersom det ble trykket sammen betongen. Det skapte ujevnheter i tykkelsen.

## 6.5 Brennbare rør

I henhold til NBI 520.342 skal det brukes mansjett på brennbare rør over 32 mm. Under disse testene ble mansjett utelatt, for å se om det er mulig å ha gjennomføringer med større diameter uten at det medfører vesentlig økt fare for brannspredning. Rørene ble tettet oventil slik at det ikke skulle være en transportåre for røyk og varme gasser. Ved brennbare vannrør vil det være lagret vann i rørene, eller kontinuerlig vanngjennomstrømning, som vil på samme måte som Rockwoolen som ble brukt under forsøket, stenge for transport av røyk og varme gasser. I brannrommet ble rørene brent bort eller smeltet etter kort tid. Rørene sto likevel stødig på ueksponert side. De sto gjennom hele testtiden og det kunne ikke påvises røykgjennomtrengning verken fra rør eller gjennomføringer. Åpne rør kunne ha medført røykspredning gjennom rørene, i tillegg til at temperaturen i gjennomføringen kunne ha blitt vesentlig høyere. Det kan sammenlignes med soilrøret som kun var tettet i bunnen. Når den falt ned, steg røyk og flammer i røret og det skjedde umiddelbart en temperaturøkning i rør og gjennomføring. Testen indikerer at mansjett ikke er nødvendig, uavhengig av størrelse på rør, så lenge rørene ikke blir en transportåre for røyk og varme gasser.

## 6.6 Kvalitet på testing

Formålet med testingen er å gi en indikasjon på hvordan de ulike løsningene ville reagert under brann, og hvordan de ville klart seg ved offisiell testing. Det er en del punkter som skiller den offisielle testingen fra dette forsøket, men det betyr ikke at testen ikke gir gode *indikasjoner*. Tabell 6-8 sammenligner teststandard mot testen som ble utført.

Tabell 6-8, Standard test sammenlignet med HSH test

	Standard	HSH test
<b>Brensel</b>	Gass	Diesel
<b>Temperatur</b>	Nøyaktig ISO-834 kurve	Ustabil ISO-834 kurve, noe høy
<b>Stråling</b>	Ukjent	Se figur 6-2
<b>Størrelse brannrom</b>	4000x3000x1500 [mm]	1500x1200x1000 [mm]
<b>Plassering</b>	Innendørs	Utendørs
<b>Trykk</b>	Snitt ca 20 Pa	Snitt ca 9 Pa

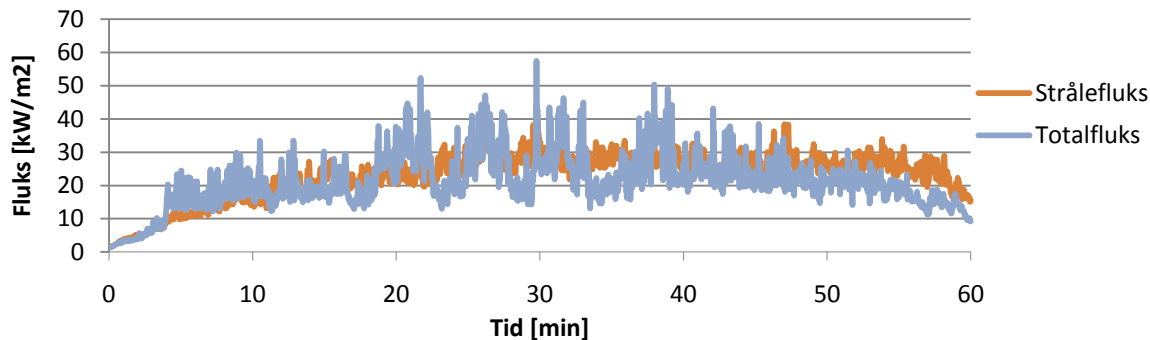
### Brensel/temperatur

I henhold til standard skal det brukes en gassbrenner som gir en kontrollert temperatur- tid kurve, ganske nøyaktig etter hva ISO-834 krever. Under forsøkene ble det brukt kontinuerlig etterfylling av diesel i en karbrann. Det gir ikke en optimal ISO-kurve, men temperaturene er så høye at eksponeringen kan betraktes som konservativ sammenlignet med standard testen.

### Stråling

Under denne type testing vil stråling være den dominerende form for varmetransport og vil være med på å påvirke gjennomføringene. Ved bruk av gassbrenner får man en forblandet flamme og det oppstår lite sot og stråling. Strålingen er målt i et punkt utenfor ovnen og gir ikke et nøyaktig bilde over hvor mye stråling det faktisk var på gjennomføringene. Under dette forsøket er likevel strålingen vesentlig høyere enn ved en test utført i henhold til standard. Det innebærer at gjennomføringene blir utsatt for en tøffere eksponering, som igjen betyr at testingen er konservativ. Figur 6-2 viser et gjennomsnitt av fluksmålingene som ble gjort under testene.

## Gjennomsnittlig varmefluks



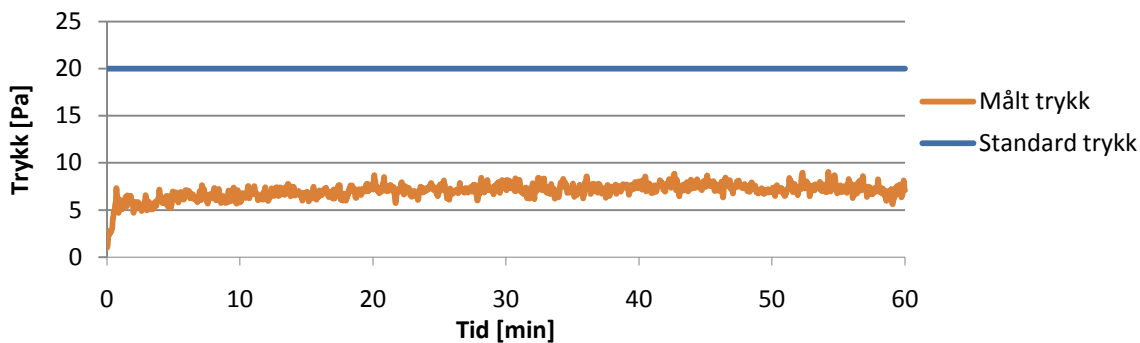
Figur 6-2, Gjennomsnittlig varmefluks under forsøkene



## Trykk/ størrelse på brannrom

Figur 6-3 viser et gjennomsnitt av trykket som ble målt under testene.

### Gjennomsnittlig trykk



Figur 6-3, Gjennomsnittlig trykkmåling sammenlignet med standard

Trykket som ble opprettholdt i denne testen ligger under hva som kreves for prøving av motstand til gjennomføringer. Det optimale hadde vært å opprettholdt et trykk på ca 20 Pa som er beskrevet i standard (4). En reduksjon i overtrykk inne i riggen medfører blant annet at det blir vanskeligere å avdekke røygjennomtrengning som følge av sprekkdannelse i gjennomføring. Ved høyt trykk vil røyk raskt sive ut av en eventuell sprekk. Dette innebærer en liten svakhet i testingen sammenlignet med krav beskrevet i standard. Det er umulig å kontrollere trykket i ovnen under et slikt forsøk, siden den har en åpning for tilførsel av luft. Som følge av brannen skjer det en naturlig trykkoppbygging. Det er utarbeidet håndberegninger som understreker dette i vedlegg K.

Størrelsen på brannrommet kan påvirke trykket. Ved å øke høyden til taket vil man teoretisk sett få et høyere trykk i ovnen. Det er ellers lite grunnlag for å sammenligne størrelsen på brannrommet brukt under testingen og det som er beskrevet i standard i og med at det er to ulike måter å teste gjennomføringer på.

### Plassering

Integritetstesting utendørs er ikke optimalt. Vind og kaldere luft enn hva som kreves, avkjøler bomulsdotten og blåser vekk røyken slik at bomulsdotten ikke vil antenne. I noen tilfeller var dekket fuktig når det ble lagt på riggen. For at en slik bomulsdott skal antenne må det være en ganske stor sprekk, og synlig gjennomgang av røyk og varme gasser. Det skjedde ikke, og resultatet av integritetstestingens anses å være godkjent slik det ble utført.

At riggen er plassert utendørs medfører ulike forutsetninger for testene. Vind, regn og temperatur påvirker testresultatene.

## 7. Konklusjon

---

### 7.1 Integritet

Alle gjennomføringene bestod integritetstesten med ingen eller kun små overfladiske sprekkdannelse. Det kunne ikke observeres røyk eller varme gasser på overflaten av tettingene, og det var heller ingen tegn til svekkelser. Det ble oppdaget sprekker i dekkene og da hovedsakelig i hulldekkene. Funnet påvirket ikke gjennomføringene mer en de overfladiske sprekker som ble observert. På tross av sprekke var det ikke tegn til flammer eller røykspredning.

Ved noen av testene, når isolasjonen falt ned, ble rørene meget varme og ved en av testene ble det observert forkulling på bomulldotten når den lå inntil røret. På tross av dette klarte alle gjennomføringene bomullstesten og viste ingen tegn til brudd på integriteten.

### 7.2 Isolasjon

Av testene som ble gjennomført var det kun én som ikke ble godkjent i henhold til isolasjonskravene. Det var et soilrør med gjennomføring av betong i Leca byggeplank 2, som nådde 180 °C etter 36 minutter. Testene viser ikke noen spesiell tendens, og det er umulig utifra de målingene som er gjort å peke på hvilke av løsningene som viser best resultater. Det konstateres at alle klarte kravet bortsett fra én.

### 7.3 Sluttkonklusjon

Testene indikerer at de løsningene som ble testet egner seg godt som tettemasse i gjennomføringer med branntekniske krav. De ulike løsningene innehar ulike egenskaper i forhold til å takle varmpåkjening, men alle består de branntekniske krav til skillende konstruksjoner. Betong leder varme, men har samtidig høy varmekapasitet slik at varmen blir lagret. Dette gjør at varmeledning i betong tar tid. Løsningen med betong viser ingen tegn til oppsprekking eller krymping under forsøkene og etterobservasjoner tyder på at betongen takler varmpåkjeningen like godt som selve betongelementene. Det kan heller ikke påvises svakheter med blandingsløsningen betong/Rockwool/betong. Overflatetemperaturene ligger godt innenfor kravet til isolasjon og integriteten ble ikke brutt ved noen av forsøkene. Gjennomføringene med gips tilfredsstillte også de branntekniske krav som kreves. Gipsen bar preg av å være fuktig, men det svekket ikke gjennomføringens branntekniske egenskaper.

En totalvurdering av betong som tettemasse er entydig positiv. I tillegg til de branntekniske egenskaper som er belyst, er betongen et brukervennlig medium med lav utførelsessensitivitet. Det faktum at det er lett å støpe, samtidig som at det er en kjent prosess, gjør det til et godt egnet produkt til branntetting.

## 7.4 Feilkilder

- Fuktige betongdekker etter utendørs lagring.
- Lave temperaturer og lagring utendørs gav ikke optimale forhold for herding av støpt betong og gips. Særlig gips bar preg av å inneha en del fukt. Tørr gips, tørket over en lengre periode, kan gi flere sprekkdannelser.
- Bend på soilrør som falt av og gav en skorsteinseffekt under test LB1. Det gav høye temperaturer i og på gjennomføringen. Det kan også ha påvirket temperaturen på overflaten på spirorøret.
- Ved testene med HD3, LB2 og LB4 var riggen allerede brukt samme dag. Dette medfører at mindre energi forsvinner i konstruksjonen under forsøk slik at luften ikke blir avkjølt og det blir raskere varmt som gjør at prøveelementet får en tøffere eksponering.
- Utendørs testing gir ulike vær og vindforhold, og gjør temperaturmåling og integritetstesting på dekket vanskelig.
- Eksakt plassering av innstøpte termoelement er usikker.
- Tykkelsen på Rockwool i løsningen B20/Rockwool/B20 varierer i og med at betongen komprimerer laget med Rockwool.
- Feilmålinger i enkelte av de selvlagde termoelementene, det kan skyldes fukt i kontaktene.
- Plassering av fluksmålere gir ikke stråling på gjennomføringene, men utenfor.

## 7.5 Forslag til videre undersøkelser

- Testing av ulike typer betong.
- Teste i hvilken grad blandingsforholdet på betongen påvirker brannmotstanden
- Videre undersøkelser om mansjett er nødvendig ved bruk av brennbare rør i en reell situasjon. (vanngjennomstrømming etc.)
- Testing med betong og gips som har tørket over lengre tid.

## 8. Referanser

---

---

1. **Drysdale, D.** *An introduction to fire dynamics*. Wiley : Chichester, 1999.
2. **NBI.** 520.342.
3. **NS-EN.** 1363-1.
4. —. 1366-3.
5. **Norelement.** [Internett] <http://www.norelement.no/Brosjyrer/hulldekke-09.pdf>.
6. —. [Internett] <http://www.norelement.no/hulldekker.htm>.
7. **Maxit.** [Internett] <http://www.maxit.no>.
8. **Prolineas.** [Internett] [www.prolineas.no](http://www.prolineas.no).
9. **Geberit.** [Internett] <http://www.geberit.no/geberit/inet/no/wcmsno.nsf/pages/prod-aflo-sill-2>.
10. **Rockwool.** [Internett] <http://guiden.rockwool.no/produkter/byggisolering/lydplate>.
11. **Glava.** [Internett] <http://www.glava.no/produkter/byggisolasjon/plater/>.
12. **Efectis.** [Internett]  
[http://efectis.com/nl\\_en/site/nieuws/2007\\_Efectis\\_R0894\(E\)\\_Veiligheidsregio\\_Rotterdam.pdf](http://efectis.com/nl_en/site/nieuws/2007_Efectis_R0894(E)_Veiligheidsregio_Rotterdam.pdf).
13. **Hagen, Bjarne Christian.** *Grunnleggende brannteknikk*. 2004.
14. **VTEK.** Veiledning til teknisk forskrift til plan- og bygningsloven.
15. **TEK.** *Teknisk forskrift til plan- og bygningsloven*.
16. **Karlsson, Björn og Quintiere, James G.** *Enclosure Fire Dynamics*. s.l. : CRC press, 1999.

## 9. Vedlegg

---

A.	NBI 520.342 - Tettesystemer.....	III
B.	Fluksmåling .....	VI
C.	Maxit Gypsum Naturgips .....	VIII
D.	Maxit Gypsum Naturgips – Branngodkjenning SP Sverige Tekniska Forskningsinstitut. ....	IX
E.	Maxit tørrbetong B20 .....	XI
F.	Hulldekke.....	XII
G.	Leca byggeplank.....	XV
H.	Rockwool.....	XVII
I.	Glava .....	XVIII
J.	Utsparingsmål.....	XIX
K.	Estimering av trykk.....	XXIV
L.	Visuelle observasjoner - DVD .....	XXV

## A. NBI 520.342 - Tettesystemer

Det benyttes i hovedsak følgende metoder:

- tetting med ekspanderende stoffer
- tetting med støpbare masser
- brannplater (mineralullplater)
- fugetetting
- Modulsystem
- prefabrikkerte gjennomføringer
- midlertidig tetning (ekspanderende stoffer, puter)

Det foreligger ingen generell godkjenning for brannmørtel, fugemasser o.l. Hvert enkelt tetteprodukt har en produktdokumentasjon, inkludert monteringsanvisning, som man må forholde seg til gjennom hele byggeprosessen. Eksakte anvendelsesområder og begrensninger går fram av dokumentasjonen for hvert enkelt produkt.

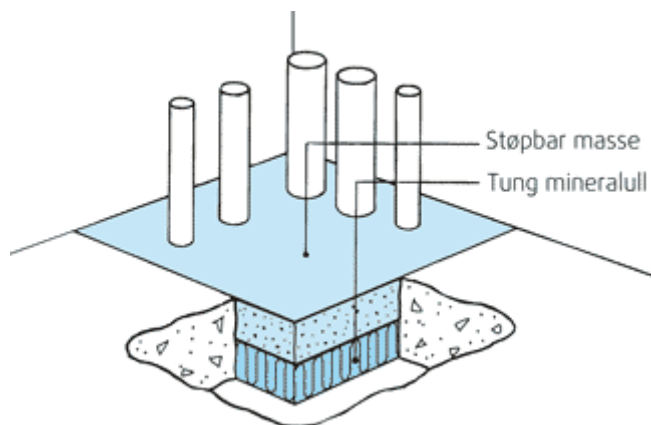
### Ekspanderende stoffer

Tettingssystemer basert på stoffer som ekspanderer ved høye temperaturer kan i noen tilfeller gi røyklekkasjer på et tidlig stadium, selv om de tilfredsstillt krav til brannmotstand. Konsekvensene av å velge slike systemer bør derfor vurderes spesielt av bruker.

### Støpbare masser

Spesialmørtler for brantetting blandes i henhold til leverandørens bruksanvisning.

Tettinger med støpbare masser har som regel tilstrekkelig mekanisk styrke til at beskyttelse av kabler/oppheng ikke er påkrevd. [Figur 73](#) viser et eksempel på kabelgjennomføring gjennom betongdekke.



Tetting av kabelgjennomføring i betongdekke med støpbar masse.

### Brannplater med dekkmaling

En brannplate er en mineralullplate med høy densitet. Brannplata er påført en spesiell dekkmaling som demper temperaturøkningen i plata og gjennomføringene.

Brannplater kan leveres med dekkmaling påført på forhånd på én eller to sider, avhengig av installasjonshensyn og brannmotstand. Brannplater med dekkmaling brukes i kombinasjon med godkjent brannklassifisert akryl eller silikon til forsegling av eksponerte flater og for tetting rundt gjennomføringer og mot tilstøtende veggfelt



Eksempel på tetting av gjennomføring ved hjelp av brannplate med dekkmaling

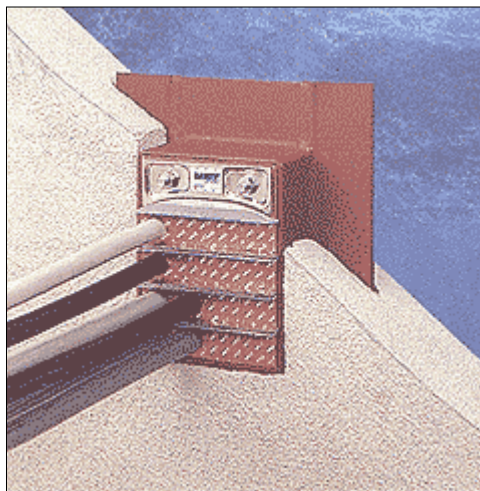
### Fugetetting

*Ekspanderende skum* består av flytende komponenter som blandes sammen, for eksempel tokomponentsilikonskum. Skummet ekspanderer i løpet av noen minutter til ca. tre ganger væskevolumet. Ekspanderende skum kan eventuelt kombineres med støpbare masser. Tettingsmateriale basert på ekspanderende skum er også tilgjengelig som prefabrikkerte enheter. Fugetetting erstatter ikke rørmansjetter eller ekspansjonsremser der dette er påkrevd ved gjennomføring av brennbare rør.

752 *Brannfugemasser* er vanligvis på silikon- eller akrylbasis, og er normalt godkjent for tetting av rørgjennomføringer og fuger i vegg og dekke. Produktene er godt egnet der det er viktig med en viss fleksibilitet, for eksempel mellom materialer med ulike utvidelseskoeffisienter.

### Modulsystemer for betongvegger

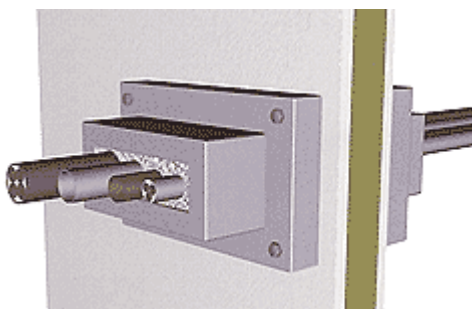
Modulsystemer består av en stålramme for innstøping i betongvegger og pakkbiter av et brannhemmende materiale. Pakkbiterne leveres med forskjellige diametrer og kan tilpasses ulike kabeldimensjoner.



Eksempel på modulsystem

### Prefabrikkerte gjennomføringer

Løsningen består av to brannisolerende kropper med et sirkulært eller rektanguært gjennomgående hull for ventilasjons-, kabel- og rørgjennomføringer. Kroppene skal monteres på hver side av veggen eller dekket og danne en komplett brann sikker gjennomføring. Mellomrommet mellom kabler/rør tettes med medfølgende ekspanderende fiber. Systemet er meget godt egnet for ettertrekking av kabler og rør. Gjennomføringsløsningen finnes i forskjellige dimensjoner og i ulike brannklasser.



Eksempel på prefabrikkert gjennomføringssystem

### Midlertidig tetning

Ofte blir det stilt krav til midlertidig tetning i bygge- og anleggsfasen. Utsparinger tettes i slike tilfeller enklest med brannhemmende puter. Putene monteres i utsparingen. Ved brann ekspanderer putene og sikrer dermed et effektivt brannskille. Slike puter er ikke godkjent som noe annet enn en midlertidig løsning.



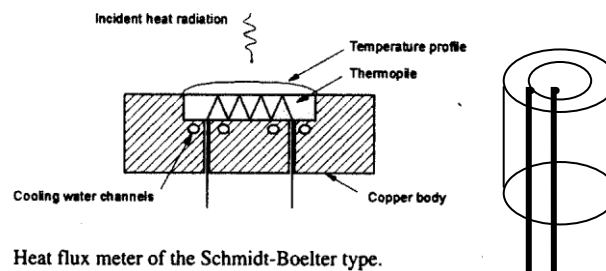
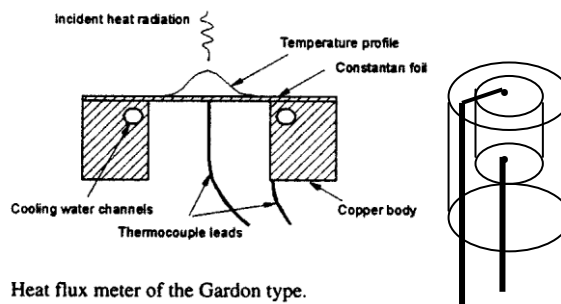
## B. Fluksmåling

### Totalfluksmålere:

- *Gordon Gauge*
- *Schmidt Boelter thermopile*

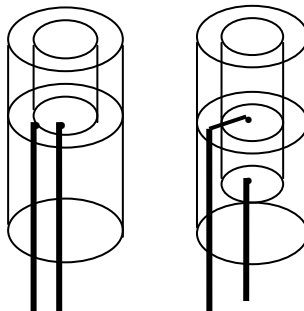
Laget for måling av total varmekraft, dvs. stråling og konveksjon. Måleren består av et flatt termoelement bygd opp av et rundt stykke folie av Constantan. Måleren er montert på et vannkjølt kobberelement og denne konstruksjonen gir et utgangssignal som er direkte proporsjonalt med den totale varmekraften.

Forskjellen på de to nevnt over er at Schmidt Boelter termopile består av en samling termoelement som gjør den mer følsom, brukt til lavere fluksverdier.

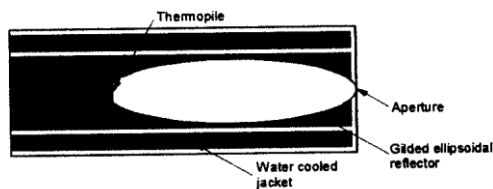


**Strålefluksmålere:**

Lik totalfluksmålere, men føleren monteres inn i måleren og skjermes. Dette gjør at den ikke blir påvirket av konveksjonsvarmen. En totalfluksmåler kan bygges om til en strålefluksmåler ved at materialet som omhyller føleren utvides slik at føleren ligger dypere/inne i/mer skjermet for omgivelsene og konveksjon. I tillegg monteres det et vindu for at luftstrømmer ikke skal komme til. Synsvinkelen blir redusert og vinduet kan ta vekk noe av strålingen på føleren.

**Gunners radiometer:**

Gunners radiometer har en utforming som gjør at den får inn stråling fra et stort område uten at det blir påvirket av konveksjon. Den har et spesielt konisk hulrom som gir den stor synsvinkel og det trengs ikke vindu. (vindu vil gjøre at ikke all stråling slipper gjennom).



Hemispherical radiometer of the Gunners type.

## C. Maxit Gypsum Naturgips

# maxit Gypsum Naturgips

Side 1, 12-11-2008

Lettbearbeidet, miljøvennlig og brannsikkert materiale laget av naturgips. Til innendørs bruk

### Produktbeskrivelse

Gypsum Naturgips er et lett bearbeidbart, rent, miljøvennlig og brannsikkert materiale som produseres av naturlig rå gipsstein. Produktet avgir derfor ingen emisjoner hverken ved arbeid eller i ferdig stand. Gypsum Naturgips kan således hverken framkalle allergier eller utgjøre grobunn for mugg eller andre biologiske vekster. Ettersom den ferdige overflaten dessuten har nøytralt pH og "puster", er Gypsum Naturgips det naturlige valget for behagelig og miljøvennlig komfort. Naturgips er et uorganisk materiale, hvilket minimerer faren for biologiske angrep, selv når det kombineres med andre materialer. Materialet er diffusjonsåpent, noe som ytterligere bidrar til dette.

### Bruksområde

Gypsum Naturgips skal kun benyttes innendørs. Gypsum Naturgips brukes ved nybygg og rehabilitering av vegger og tak.

### Underlag

Underlaget skal være fast, rent og støvfritt. Underlag som tegl, betong, lettbetong, lettklinker, gipsskiver og Stucanet (armeringsnett) montert på bindingsverk av stål eller tre. Stucanet benyttes ved oppbygging av buede overflater, pilarer og nedfelte tak. Før bruk på tre, stål, asfalt, malte flater m.m. skal Gypsum Naturgips brukes i kombinasjon med Gypsum primer och armeringsnett.

### Blanding

Hell alltid først vann i blandingskaret og deretter gips. Om blandebeøtten ikke rengjøres mellom blandingene, blir åpentiden kortere. 25 kg gips gir ca 30 liter ferdig bruk. Bruk drill og mørtelpropell. Vannforbruk ca 14 liter/25 kg sk.

### Påføring

Gypsum Naturgips påføres manuelt eller med egnet pumpe. Gypsum Naturgips kan legges på i ett eneste sjikt i tykkelser fra 10 mm opp till 60mm uten nettarmering. Andre mørteltyper må påføres i flere omganger. Gipsmørtel kan allerede ved påføring gis ønsket overflatestruktur.

### Etterbehandling

Overflater med Gypsum Naturgips kan overmales med normale interiørmalinger. Silikatmaling kan også brukes, men da må overflaten primes med maxit primer speedd 1:1 med vann.

### Miljø/sikkerhetstiltak

Se gjeldende HMS datablad.

### Produktspesifikasjon

Materialforbruk	Ca 0,9 kg mm/ m2
Åpentid	ca 60 min.



### Produktspesifikasjon

Tørketid	2 - 6 mm /døgn v/ +20 °C, 65 % Rh.
Anbefalt tykkelse	10 - 50 mm, Leca min. 15 mm
Vannbehov	14 liter/25 kg sk, vanntemperatur +20 til +37 °C.
<b>Trykkfasthet</b>	
Trykkfasthet	3,4 MPa
<b>Fysiske egenskaper</b>	
Brannklasse	Ifølge brannteknisk vurdering kan 13 mm Gypsum Naturgips på Stucanet erstatte 2x12,5 mm gipsskiver. Gypsum Naturgips er godkjent som brannbeskyttelsesmasse ved kabel og rørgjennomføringer.
Merknader	Tilleggsprodukter er gypsum Hjørneprofil og Gypsum T-profil ( 10 mm, 2,5 m lengde).

### Dokumenter

[Sikkerhetsdatablad](#)

## D. Maxit Gypsum Naturgips – Branngodkjenning SP Sverige Tekniska Forskningsinstitut.



SITAC

2010-03-31

# TYPGODKÄNNANDEBEVIS 0017/08

med beslut om tillverkningskontroll enligt 18-20 § lagen (1994:847) om tekniska egenskapskrav på byggnadsverk, m.m., BVL

## GYPSUM NATURGIPS - BRANDTÄTNINGSSYSTEM

Innehavare	Saint-Gobain Byggprodukter AB, Box 707, 169 27 Solna Tel: 08-625 61 00, Fax: 08-625 61 80, Hemsida: www.weber.se, Organisationsnr: 556241-2592
Produkt	GYPSUM BRANDTÄTNINGSSYSTEM, Gypsum Naturgips för tätning av genomföringar med spirorör och stålrör, brandteknisk klass högst EI 180.  Begränsningar framgår av tillhörande handlingar.
Avsedd användning	Brandtätning av genomföringar i brandcellsskiljande byggnadsdelar inomhus.
Godkännande	Produkten uppfyller kraven i 2 § 2 BVL i de avseenden och under de förutsättningar som anges i detta bevis och godkänns därför enligt bestämmelserna i följande avsnitt i Boverkets Byggregler (BBR):  Brandteknisk klass* högst EI 180 <span style="float: right;">5:221</span>  * enligt tillhörande handlingar
Tillhörande handlingar	Ritningar nr 70:01 – 70:09, daterade dec 2007, rev B resp. C. Monteringsanvisning "Gipsputs – Inne", daterad 2009-11-07.
Kontroll	Tillverkningskontrollen skall utföras enligt kontrollanvisningar daterade 2009-05-05, med diarienummer 210-99-0440 och övervakas av ett oberoende kontrollorgan, SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut.

Vid byggherrens kontroll på byggsplatsen skall genom identifiering med hjälp av märkningen tillses att rätt produkter levererats och att de används enligt förutsättningarna givna i godkännande och tillhörande handlingar. Dessutom skall kontrolleras att produkten åtföljs av en tillverkarförsäkran som intygar att tillverkning skett i enlighet med de handlingar som legat till grund för detta bevis.

Sida 1 (2). Bevis nr 0017/08, projektnummer P902227



SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut, SP SITAC

Postadress  
Box 553  
SE-371 23 KARLSKRONABesöksadress  
Bastionsgatan 6  
SamboddenTelefon/Fax  
+46 (0)10-516 63 00  
+46 (0)455-208 88Org. nummer  
536484-6874E-post/Internet  
info@sitac.se  
www.sitac.se www.sp.seDetta dokument får endast åtgäras i sin helhet,  
om inte SP SITAC i förväg skriftligen godkänt  
annat.



SITAC

2010-03-31

- Tillverkare Tillverkningskontrollen omfattar följande tillverkningsställe:  
Saint-Gobain Byggprodukter AB, Motala
- Märkning Produkten skall vid fabrik förses med märkning. Märkningen utgörs av etikett på varje levererad förpackning och omfattar:
- |   |                                      |
|---|--------------------------------------|
| Innehavare                                  | <b>Saint-Gobain Byggprodukter AB</b> |
| Tillverkningsort                            | <b>Motala</b>                        |
| Boverkets inregistrerade varumärke          | <b>†</b>                             |
| Certifieringsorgan och ackrediteringsnummer | <b>SITAC 1002</b>                    |
| Produktens typbeteckning                    | <b>Gypsum Naturgips</b>              |
| Typgodkännandets nummer                     | <b>0017/08</b>                       |
| Löpande tillverkningsnummer eller datum     | <b>datum</b>                         |
| Kontrollorgan                               | <b>SP</b>                            |
- Bedömningsunderlag Rapporter nr 96R12798 och 96R12830 från SP.
- Kommentarer Monteringsanvisning skall medfölja varje leverans.
- Detta bevis ersätter tidigare bevis med samma nummer daterat 2008-11-18 och projektnummer T800017.
- Giltighetstid Godkännandet gäller t o m 2013-11-17
- Ett typgodkännande upphör formellt att gälla efter övergångstiden för den harmoniserade tekniska specifikationen som produkten kan CE-märkas mot. Den tekniska bedömningen att produkten uppfyller Boverkets regler berörs inte av detta.

Johan Åkesson

Per Adolfsson

## E. Maxit tørrbetong B20

# maxit Tørrbetong B20 25 kg

Mørtel for støping og muring.

Side 1, 30.01.2007

### Produktbeskrivelse

maxit Tørrbetong B20 er en tørrmørtel. Den skal kun blandes med vann for å få en bruksferdig mørtel for støping og muring. maxit Tørrbetong B20 er basert på sement og natursand. Den er tilsatt stoffer for å få god støpelighet.

### Bruksområde

maxit Tørrbetong B20 kan brukes til de fleste typer mindre støpearbeider, innvendig og utvendig. Benyttes til utstøping av U-blokk og såleblokk. Benyttes maxit Tørrbetong B20 som støp i våtrom, legges det membran på toppen. maxit Tørrbetong B20 kan også benyttes til muring av naturstein.

### Bruksanvisning

For å oppnå best mulig resultat:

- sørg for god blanding; homogen betong bruk riktig mengde vann. Økende vannmengde gir lavere fasthet og større svinn
- sørg for god komprimering, særlig viktig ved jordfuktige masser
- betong som har begynt å herde må ikke benyttes. Den skal ikke blandes med mer vann for å få tilbake bearbeidelighet.

### Forbehandling

Alle flater som kommer i kontakt med mørtelen må være rene. Løse partikler, slam, sot, fett osv. må fjernes, da det vil føre til dårlig vedheft. maxit Tørrbetong B20 må ikke benyttes på frosset underlag, evt. snø og is fjernes fra overflaten. Sterkt sugende flater bør fuktes med vann.

### Blanding

Jordfuktig konsistens:

maxit Tørrbetong B20 blandes i tvangsblender ca 5-10 minutter.

Vannbehov: 2-3,0 liter vann pr sekk. jordfuktig: 2-2,5 liter, støp 2,5-3 liter.

Støp- og murmørtelkonsistens:

Tørrbetongen blandes maskinelt i 5 –10 minutter. Anbefalt blandeutstyr: tvangsblender, frittfallsblender, drill og visp.

### Etterbehandling

Utstøpt betong beskyttes mot hurtig uttørring. Den kan dekkes med plastfolie eller påsprøytes membranherder. Det anbefales ettervanning de første døgnene.

### Vær oppmerksom på

Ved lavere temperatur enn +5°C, eller når det er fare for minusgrader de første dagene etter oppmuring, kan maxit Tørrbetong B20 tilsettes maxit Antifrost for å senke frysepunktet. Ved lave temperaturer må forhåndsregler som oppvarming, tildekking osv. gjøres, da avbinding



og herding er meget langsom eller nesten stopper opp ved temperaturer under 0°C. Forsøk derfor å få utgangstemperaturen på ferdigblandet betong til å være +20°C. Dette oppnås ved å benytte varmt vann. I tillegg måforholdsregler som oppvarming, tildekking osv. gjøres. Vær oppmerksom på faren for rask uttørring i forbindelse med oppvarming ved lave temperaturer. Tiltak for vinterarbeid beskrevet i NS 3420 må følges.

### Lagring

Lagres tørt. Holdbarhet på uåpnede sekker er ca 1 år fra forpakkingsdato. Åpnede sekker benyttes omgående.

### Forpakning

maxit Tørrbetong B20 leveres i 25 kg sekk, 500/1000 kg big bags, byttebulk og bulk.

### Vernetiltak

Sammen med fuktighet og vann virker maxit Tørrbetong B20 aggressiv mot hud og på slimhinner i øyne, nese og svelg på samme måte som andre sementbaserte produkter. Bruk derfor hansker, støvmaske og briller der det er fare for sprut. maxit Tørrbetong B20 inneholder ingen andre helsefarlige stoffer.

### Produktdatablad nummer

15577

### Produktspesifikasjon

Vannbehov	Veil. avhengig av bruksområde:
	• 2-3,0 pr 25 kg sekk

Vann/sement forhold	0,55 –0,65
---------------------	------------

Trykkfasthet (1 døgn)	ca 4 MPa
-----------------------	----------

## F. Hulldekke



Nor Element AS ble etablert i 1999 etter fusjon av de to betongelementfabrikkene Bygg og Teknikk AS, Kristiansand og Agder Spennbetong AS, Marnardal.

Samme høst ble det igangsatt bygging av en ny hulldekkefabrikk på Gismerøya i Mandal. Produksjonen startet senhøstes 2001.

### Produkter

Slakk og spennarmerte betongelementer til bygg og anlegg dvs. hulldekker, søyler, bjelker, balkong, vegger (isolerte og uisolerte), trapper, komplette råbygg og spesialelementer.

### Ansatte

Ved årsskiftet 2006/2007 var vi 77 ansatte.

### Produksjonskapasitet

- Hulldekker ca. 120 000 m<sup>2</sup>/år
- Trapper ca. 8000 tonn/ år
- Bygningselementer for øvrig ca. 8500 tonn/pr. år

### Kontroll

I tillegg til en aktiv internkontroll har vi utviklet et eget kvalitetssystem. Vårt kvalitetssystem, produksjon og produkter blir hvert år kontrollert av Kontrollrådet for Betongprodukter.

**Hulldekker fra NOR ELEMENT – et kvalitetsprodukt!**

Hulldekker produseres innendørs under stabile og kontrollerte forhold. Dette gir full kontroll med herding og utstøping sommer som vinter.

Hulldekkeproduksjonen er underlagt strenge kvalitetskontrollrutiner. Daglig foretas det målinger av profilene, wireplassering og betongfasthet. Med jevne mellomrom blir det også foretatt fullskalatester hvor elementenes kapasitet testes i en kraftig testbenk

Hulldekker fra NOR ELEMENT er produsert med det mest moderne produksjonsutstyret på markedet. Dette er også med på å sikre kvaliteten på de produktene vi leverer.

## Økonomisk og miljøvennlig

### Økonomisk og miljøvennlig

#### Stor spennvidde – variert bruksområde

Hulldekkets maksimale spennvidde er ca. 17 meter og anvendes til f.eks mezzanindekker, etasjeskillere og takkonstruksjoner. Stor spennvidde gir større fleksibilitet og anvendelighet for bygget.

#### Redusert byggetid

Hulldekker løser langt på vei entreprenørens problemer med korte byggetider og mangel på fagfolk. Byggetiden kan i mange tilfeller reduseres med 50%. Redusert byggetid gir fornøyde kunder og økt fortjeneste.

#### Miljøvennlig

Sammenliknet med tradisjonell byggemåte med stedstøpte dekker, er hulldekker et svært miljøvennlig produkt. De åpne kanalene i dekkene gjør dem til lette konstruksjoner sammenlignet med massive dekker og de gir en reduksjon av betongforbruket på rundt 40%.

Som armering i hulldekker benyttes stålwire med en strekkfasthet på ca 1700N/mm<sup>2</sup>. Disse forspennes med en kraft på ca. 100kN pr wire. Dette gir elementene stor styrke og armeringsmengden er derfor redusert betydelig. En reduksjon på 50% i forhold til slakkarmert er ikke uvanlig.

Bruk av hulldekker reduserer mengden avfall med ca. 35% og bidrar til redusert anleggstrafikk til og fra byggeplass, en meget nyttig miljøgevinst ved byggeprosjekter.

## Toleranser

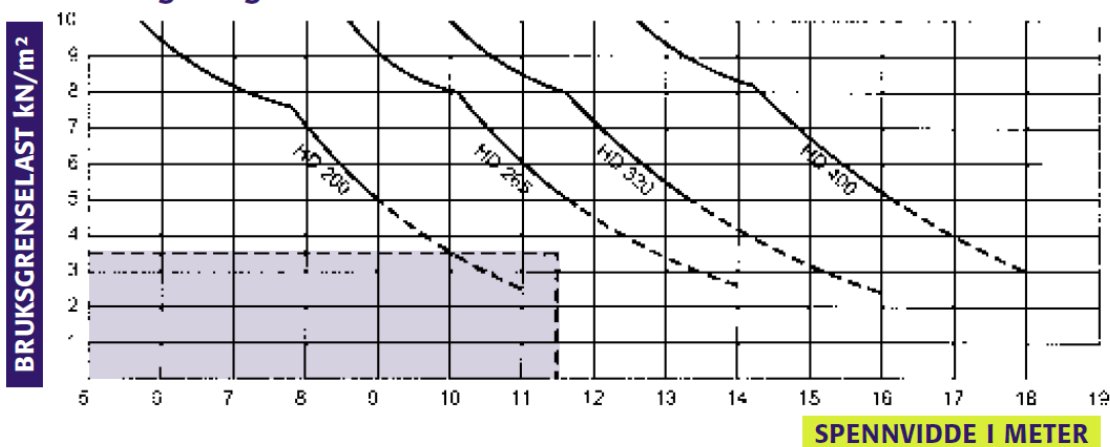
Hulldekker fra NOR ELEMENT AS leveres med toleranser i henhold til Betongelementboka bind F.



Testbenk

MODERNE BYGGING FORUTSETTER BRUK AV HULLDEKKER

## Belastningsdiagram

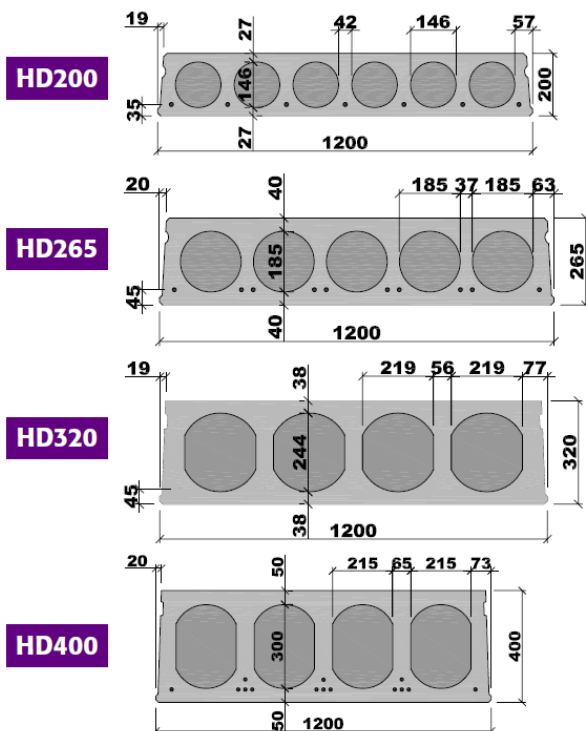


Kurvene angir maksimallast – bruksgrenselast.  
 $0.75g + p < \text{avlest bruksgrenselast}$   
**g** kan være avretting, påstøp, lettvegger etc.  
**p** kan være snø, nyttelast etc.  
 Der kurvene har stiplede linje må det sjekkes for deformasjon/ pilhøyde.

Eksempel på bruk av belastningsdiagrammet:  
 Ønsket spennvidde på dekke = 11,5 meter:  
 påstøp  $g = 0,7 \text{ kN/m}^2$ , nyttelast  $p = 3,0 \text{ kN/m}^2$ .  
 Ut fra tabell kan HD265 benyttes.

## Profiler

Hulldekker produseres med bredde 1200 mm. Elementene leveres i 4 standard høyder: 200, 265, 320 og 400 mm.



## Tekniske data

Tabellen er basert på våre standard hulldekkeprofiler. Verdiene er å betrakte som orienterende. Høyere miljøklasse kan leveres.

Kontakt oss for nærmere opplysninger.

Profil	Egenvekt $\text{kN/m}^2$	Egenvekt fuget $\text{kN/m}^2$	Miljø klasse	Armerings dybde mm
200	2,90	3,10	XC1	35
265	3,65	3,95	XC2	45
320	4,05	4,35	XC2	45
400	5,15	5,55	XC2	45

Vi leverer også spesialprodukter

HULLDEKKER FRA NOR ELEMENT: RASKT, SIKKERT OG EFFEKTIVT



## Lyddemping

Krav i.h.t. NS 8175, lydklasse C

Brukssituasjon	Luftlyd $R_w$ dB	Trinnlyd $L_n$ , $w$ dB
Boliger	55	53
Skoler og undervisningsbygg	48	63
Barnehager og fritidshjem	48	58
Sykehus	48	58
Pleieanstalter	52	58
Overnattingssteder	52	58
Kontorbygg	37*	63*

Denne tabellen viser dekketypenes lydreduserende effekt.

Dekketype	Lydred.tall $R_w$	Trinnlydnivå $L_{nw}$
Betong, massiv $t=180$ mm	53	80
HD 200	50	83
HD 265	54	80
HD 320	56	77
HD 400	60	74

## NOR ELEMENT

Huldekker har meget gode lydisolerende egenskaper sammenlignet med andre materialer. Med rett oppbygging av et gulv bestående av huldekker og forskjellige lyddempende materialer kan de strengeste lydkrav oppfylles.

NS 8175, lydklasse C angi minstekrav til luftlydisolasjon og trinnlydnivå som stilles til ulike bygninger (se verdier i tabell).

\*Ikke krav etter Teknisk forskrift/PBL, men dekker krav i forskrifter fra Direktoratet for Arbeidstilsynet.

Eksempel på nødvendige tiltak i bolig:

	Lydred.tall $R_w$	Trinnlydnivå $L_{nw}$
HD265	54	80
Flytende gulv	7	-32
Ferdig gulv	61 > 55 krav for bolig	48 < 53 krav for bolig

Tiltak	Tilnærmet tilleggisolering	Endring $R_w$	Endring $L_w$
Påstøpt og mykt gulvbelegg	<p>Betongdekk: 120 mm, mykt, trykkløst 45-65 mm påstøp</p>	2 - 4 dB	-29 dB
"Flytende gulv"	<p>32 mm spærrelag 15 mm glassplate 25-30 mm tykk, myk, trykkløst påstøpping</p>	7 dB	-32 dB
Nedforet himling og mykt gulvbelegg	<p>Betongdekk 120 mm 60 mm tykk, myk Bærende og støttemur, kalleprofil av stål med et nett 60 mm glassplate</p>	10 dB	-32 dB

## Brannsikkerhet

Sammenlignet med andre byggematerialer har huldekker meget gode brannegenskaper. Huldekker brenner ikke og oppnår en høy brannklasse uten ekstra kostnader. Tabellen ved siden av angir hvilke brannklasser de forskjellige profiler tilfredstiller uten ekstra tiltak. Høyere brannklasse kan oppnås dersom utnyttelsesgraden av elementene er lav.

Profil	Brannklasse
200	REI-60
265	REI-90
320	REI-90
400	REI-90

HULLDEKKER FRA NOR ELEMENT: RASKT, SIKKERT OG EFFEKTIVT

## G. Leca byggeplank

# 2. Tekniske data

### 2.1 Produktbeskrivelse

Leca Byggeplank leveres i bredde 0,6 m og lengder inntil 8,1 m. Tykkelsene er 150 mm, 200 mm og 250 mm.

Kjernen i Byggeplanken støpes av porøs Lecabetong i gradering 4-10 mm med et sjikt av finere masse i gradering 2-4 mm på undersiden. Byggeplank 250 T har tett finmasse også på toppen.

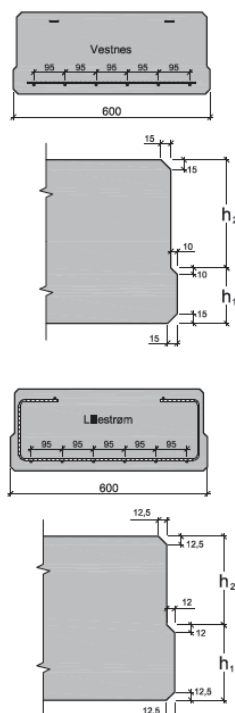
Byggeplank 150 og 200 har porøs masse i densitet 800 kg/m<sup>3</sup> og finmasse i densitet 1150 kg/m<sup>3</sup>. Byggeplank 250 T har porøs masse i densitet 900 kg/m<sup>3</sup> og finmasse i densitet 1800 kg/m<sup>3</sup>.

#### Egenvekt ved normalt fuktinnhold (2-4 %):

Byggeplank 150 140 kg/m<sup>2</sup>

Byggeplank 200 180 kg/m<sup>2</sup>

Byggeplank 250 T 300 kg/m<sup>2</sup>



Figur 1  
Tverrsnitt av Leca Byggeplank fra Vestnes (øverst) og fra Lillestrøm (under).  
250 T har 11 langsgående armeringstråder.

Leca Byggeplank produseres ved de to produksjonsstedene maxit Leca Lillestrøm og maxit Leca Vestnes etter samme prinsipielle metode, men med litt ulik armeringsutførelse. I de fleste situasjoner har produksjonsstedet ingen praktisk betydning. Figur 1 viser samtlige varianter av Leca Byggeplank.

Armeringen som benyttes i Leca Byggeplank er av stålqualität B500NA (kaldbearbeidet stål) med minimum karakteristisk flytegrense  $R_{eh} = 500 \text{ MPa}$  i henhold til armeringsstandard NS 3576.

Hovedarmeringen har 7 mm tråddiameter og tverrarmeringen av 5 mm tråddiameter. Byggeplank 250 T har 11 langsgående tråder og øvrige varianter har 6 tråder.

#### Byggeplankens tillatte toleranser i hht NS-EN 1520 /3/ er:

Lengde +/- 8 mm

Bredde +/- 8 mm

Tykkelse +/- 5 mm

Leca Byggeplank produseres på formbord med en krumning som gir elementene overhøyde som øker med elementlengden. Ved belastning av egenvekt og halv nyttelast vil Leca Byggeplank være tilnærmet plan for lengder opp til 7 m.

Type Byggeplank	Lillestrøm		Vestnes		
	Elementtype	h <sub>1</sub>	h <sub>2</sub>	h <sub>1</sub>	h <sub>2</sub>
150		115	35	85	65
200		115	85	85	115
250 T		115	135	85	165

Målene refererer til Figur 1

#### Pålitelighet og dimensjonerende laster

Definisjon av enkelte sentrale begreper som benyttes i en prosjekteringssituasjon:

Pålitelighetsklasse	Relateres til konsekvens av eventuelt sammenbrudd. Jo høyere pålitelighetsklasse, desto større sikkerhet legges inn i beregningene.
Karakteristiske fasthetsverdier	Dokumenterte statistiske verdier, benyttes som input ved beregning av dimensjonerende kapasiteter
Nominelle laster	Basisverdier oppgitt i laststandardene, benyttes som input ved beregning av dimensjonerende lastvirkning
Bruddgrensetilstand	Her skal det regnes med sikkerhetsfaktorer både på lastvirkning og kapasiteter
Bruksgrensetilstand	Benyttes ved deformasjonsberegninger (nedbøyning). Det regnes med vesentlig reduserte sikkerhetsfaktorer både på lastsiden og på materialsiden
Veiledende verdier	I brosjyren er det gitt en del regneeksempler, hvor resultatet alltid skal kontrolleres av ansvarlig prosjekterende i den aktuelle byggesaken
Statisk elementlengde	Regnes lik lysåpning pluss halv oppleggslengde ved hvert opplegg.

## 2.2 Fasthets- og deformasjonsegenskaper

		150 og 200	250 T
Karakteristisk trykkfasthet	$f_{ck}$	3,00 MPa	MPa
Karakteristisk bøyestrekfasthet	$f_t, f_{tk}$	0,50 MPa	MPa
Karakteristisk skjærfasthet	$f_{vck}$	0,19 MPa	MPa

Stivhetstall E-I for langtidslast kan regnes lik 2000 kNm<sup>2</sup> for Byggeplank 250 T.  
Tallet gjelder for ett element (bredde 0,6 m).

Bæreevne og nedbøying av Byggeplankdekke under langtidslast behandles under kap 3. Prosjektering.

### 2.3 Varmetekniske egenskaper

Den lette Lecamassen i kjernen har relativt god varmeisolerende evne, med midlere varmekonduktivitet  $\lambda = 0,23$  W/mK for densitet 800 kg/m<sup>3</sup> og 0,27 W/mK for densitet 900 kg/m<sup>3</sup>.

Varmemotstand R (m<sup>2</sup>K/W) for hele elementtykkelsen er:

Byggeplank 150	0,55
Byggeplank 200	0,77
Byggeplank 250 T	0,75

Varmekapasiteten kan regnes å være 1000 J/kgK.

Leca Byggeplank 250 T har målt luftlekkasje 0,0 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> time ved 50 Pa trykkforskjell. Øvrige varianter Byggeplank må regnes å være luftåpne såfremt de ikke er porettet.

### 2.4 Fukttekniske egenskaper

Normalt vil fuktinnholdet stille seg inn på 2-4 vekt % avhengig av omgivelsene og overflatebehandling. Vann dreneres gjennom Lecabetongens åpne porer.

### 2.5 Dimensjonsbestandighet

Temperaturutvidelseskoeffisienten kan regnes å være 0,008 mm/mK.

Svinnforsøk med Leca Byggeplank viser at den overveiende del av svinnet er unnagjort etter at elementet tas ut av herdekammeret på fabrikken. I henhold til NS-EN 1520 kan uttørkingssvinnet i tørre omgivelser være inntil 1,1 mm/m.

### 2.6 Lydtekniske egenskaper

Den åpne strukturen på undersiden av Leca Byggeplank gir meget god lydabsorpsjon.  $\alpha = 0,4$  er relativt konstant over hele frekvensområdet. Byggeplank 250 T har lufttett overside, mens Byggeplank 150 og 200 må porettes for luft- og trinnlydisolering. Byggeplank 250T må kontrolleres for riss, sprekker, krakeleringer eller andre skader. Disse må i så fall porettes/ repareres for at lydkonstruksjonen skal fungere som ønsket.

### 2.7 Branntekniske egenskaper

Leca Byggeplank har brannmotstandsklasse REI 90/A1-s1,d0 (A 90) for alle tykkelser. Når Byggeplank benyttes i brannskillende konstruksjoner skal minst én side porettes. Ved brannpåkjenning kun fra oversiden, vil man normalt kunne regne med en høyere brannklasse (REI 120).

### 2.8 Bestandighet og eksponeringsklasse

Den åpne porestrukturen gir frostbestandighet, materialet forringes ikke av sopp eller skadedyr og det er råtebestandig. Armeringens korrosjonsbeskyttelse dekker følgende eksponeringsklasser i henhold til NS-3473/16/:

XC1	Tørre omgivelser
XC3	Moderat fuktighet
XC4	Balkonger og terrasser

### 2.9 Begrensninger

Leca Byggeplank har en åpen struktur, og brukt mot det fri må den derfor ha en regn- og lufttettende behandling. Garasjer med Leca Byggeplank som tak må aldri tas i bruk før vanntettingen er i orden. Vanddrypp fra elementene er alkalisk og vil skade billakk o.l. Den åpne strukturen i Byggeplank 150 og 200 gjør at det også kreves en porettende overflatebehandling dersom konstruksjonen skal virke lydisolende eller brannseksjonerende. Leca Byggeplank inneholder sement og har derfor begrensninger ved bruk i surt miljø. I permanent fuktig rom og rom med aggressivt miljø må korrosjonsfaren vurderes spesielt.

### 2.10 Dokumentasjon

Leca Byggeplank er CE-merket i henhold til NS-EN 1520 med sertifikatnr 1111-CPD-0087. Uavhengig kontroll foretas av Kontrollrådet.

Brannteknisk sertifisering er foretatt av Norwegian Certification System med lisens nr 454 (Lillestrøm) og 455 (Vestnes).

For FDV-dokumentasjon ved avslutning av byggesak vises til skjema utlagt på [www.maxit.no](http://www.maxit.no).

SINTEF Byggeforsk Teknisk Godkjenning Nr 2550 - maxit Komforgulv for gulvvarme og trinnlyd.

maxit er miljøsertifisert etter NS-EN ISO 14001:2004 og kvalitetsystemet er sertifisert etter NS-EN ISO 9001:2000

## H. Rockwool

### Lydplate

#### Produkt

Rockwool Lydplate har dimensjoner både for stålprofiler og trestendere. Lydplaten er utviklet for de områdene som setter strengere krav til lyd, og er en tyngre og mer formfast plate i forhold til vanlig lettull.

#### Anvendelse

Platen brukes til lydisolering av nye og gamle bygninger, spesialrom og bygningsdeler med behov for isolering mot lyd, kulde, varme og brann.



#### Tekniske egenskaper

Område	Beskrivelse	Standard
Varmekonduktivitet	$\lambda_D=34$ mW/mK	EN 12939
Varmemotstandsevne	mm            30      45      70      95	EN 12667
	m <sup>2</sup> K/W        0,88    1,32    2,06    2,79	
Brannklasse	Euroklasse A1	EN 13501-1
Tykkelsestoleranse	T4	EN 823
Vannabsorpsjon	Korttid WS $\leq$ 1 kg/m <sup>2</sup>	EN 1609
Beskrivelseskode	MW-EN13162-T4-WS	
Produktsertifikat	<a href="#">Sertifikat</a>	

#### Dimensjoner (pall)

Tekst	Dimensjoner (mm)	NOBB nr	Antall pk pr pall	Antall pk i bunt	m <sup>2</sup> pr pall	m <sup>2</sup> pr pakke	m <sup>3</sup> pr. pall
For levering i Sør-Norge	1195 x 595 x 30	30670517	16	4	113,76	7,11	3,41
For levering i Sør-Norge	1195 x 595 x 45	41618778	20	5	85,32	4,27	3,38
For levering i Sør-Norge	1195 x 595 x 70	41618810	20	5	56,88	2,84	3,98
For levering i Sør-Norge	1195 x 595 x 95	41618836	20	5	42,66	2,13	4,05
For levering i Sør-Norge	1200 x 560 x 45	41618802	20	5	80,64	4,03	3,69
For levering i Sør-Norge	1200 x 560 x 70*	41618828	20	5	53,76	2,69	3,76
For levering i Sør-Norge	1200 x 560 x 95	41618844	20	5	40,32	2,02	3,83

#### Dimensjoner (pakker)

Tekst	Dimensjoner (mm)	NOBB nr	Antal stk i pakke	m <sup>2</sup> pr pakke	m <sup>3</sup> pr. pakke
For levering i Midt- og Nord-Norge	1195 x 595 x 30	10912012	10	7,11	0,21
For levering i Midt- og Nord-Norge	1195 x 595 x 45	22088413	6	4,27	0,19
For levering i Midt- og Nord-Norge	1195 x 595 x 70	22088421	4	2,84	0,2
For levering i Midt- og Nord-Norge	1195 x 595 x 95	22088405	3	2,13	0,2
For levering i Midt- og Nord-Norge	1200 x 560 x 45	22088439	6	4,03	0,18
For levering i Midt- og Nord-Norge	1200 x 560 x 70*	22088389	4	2,69	0,19
For levering i Midt- og Nord-Norge	1200 x 560 x 95	22088397	3	2,02	0,19

For stålstendere: dimensjon XX x 595 x 1195

For trestendere: dimensjon XX x 560 x 1200

NB!! Produkter merket med \* leveres på forespørsel.

#### Helse og miljø

Rockwool steinull produseres etter retningslinjer gitt i EU-direktiv 97/69/EC av 5. desember 1997, slik at steinullen er null-klassifisert med hensyn til mulig kreftfare. AS Rockwool har miljøstyringssystem sertifisert etter ISO 14001:2004.

## I. Glava

# GLAVA Stålstenderrull A 37

## Produktdata



<b>Materiale:</b>	Glassull
<b>Isolasjonsklasse:</b>	37
<b>Varmeledningsevne:</b>	$\lambda_D = 0,037 \text{ W/mK}$
<b>Komprimeringsgrad:</b>	4.2:1
<b>Bredde:</b>	605 mm
<b>Lengde:</b>	Avhengig av tykkelse
<b>Tykkelse:</b>	Lev. i ulike tykkelser

### Produktets egenskaper

<b>Brann:</b>	Produktet er ubrennbart i klasse A1 (Euroclass A1)
<b>Fukt:</b>	Ingen kapillærsugende egenskaper
<b>Holdbarhet:</b>	Glassull endrer seg ikke ved normal anvendelse; siger ikke
<b>Radon:</b>	Isolasjonsull er blant de byggematerialer med minst utstråling av radon. Enhver risiko kan utelukkes
<b>Formaldehyd:</b>	Isolasjonsull er nærmest fri for formaldehyd
<b>Allergier:</b>	Det er ikke sannsynlig at det kan utvikle seg allergier ved arbeide med isolasjonsull

### Produktbeskrivelse/ bruksområder

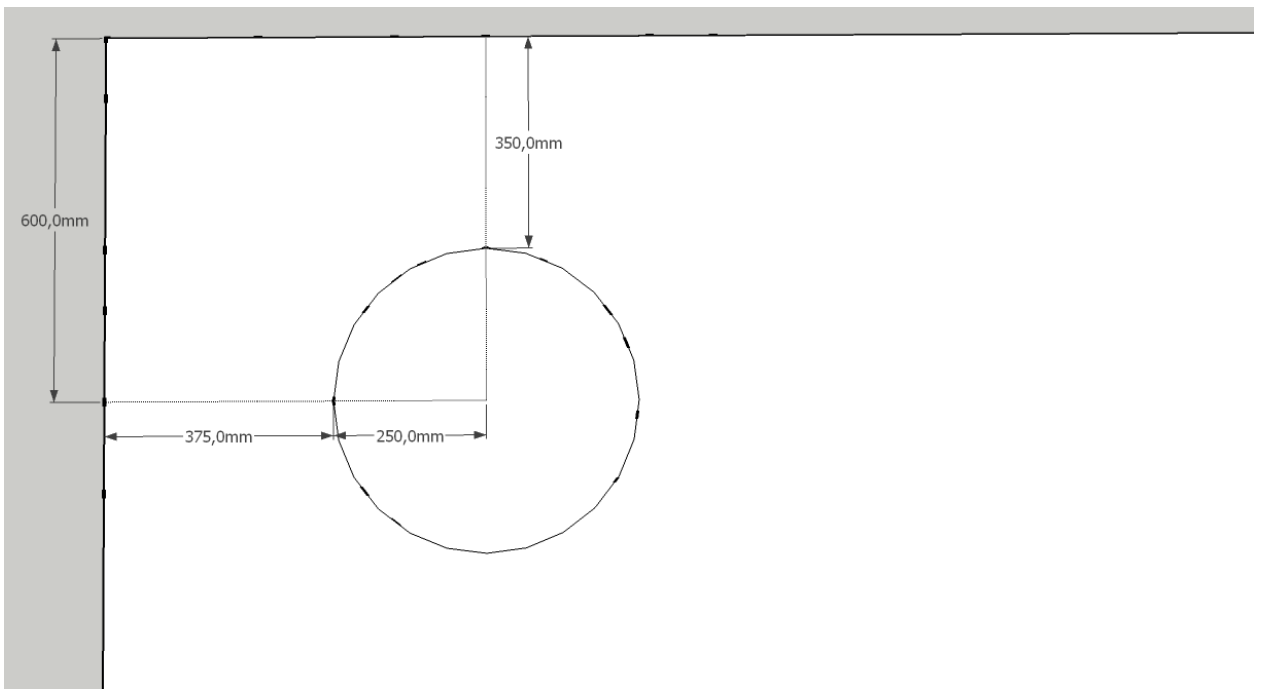
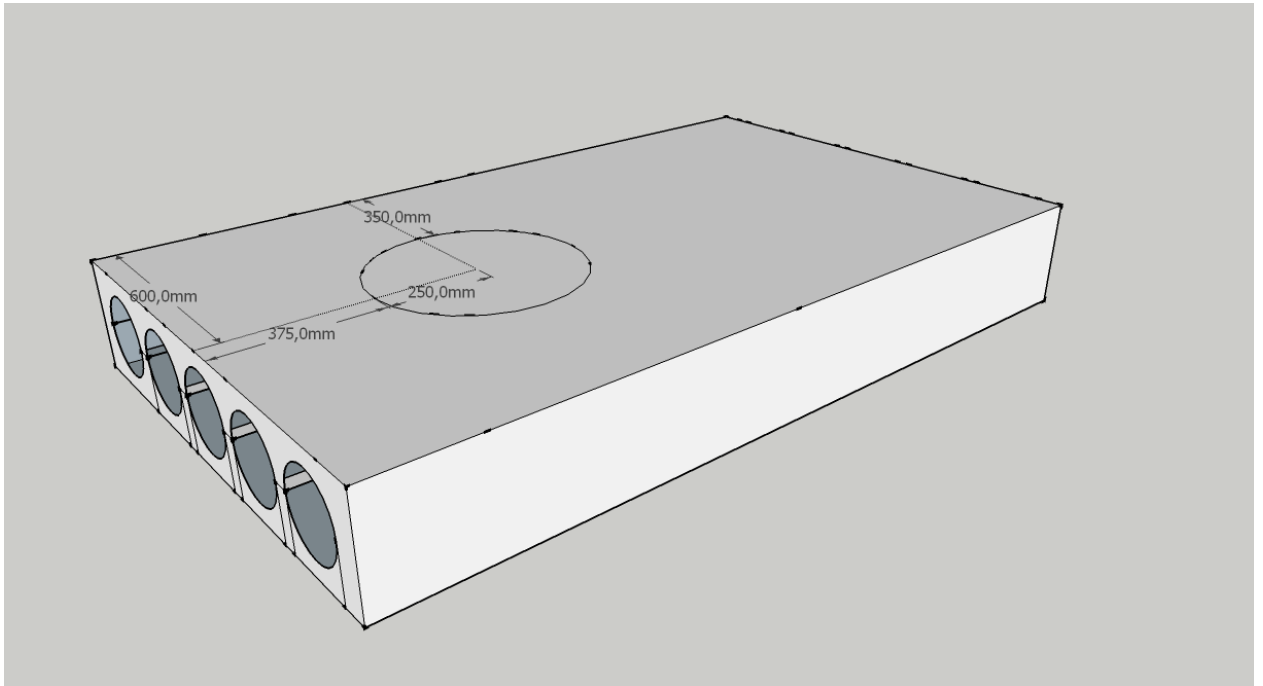
- Glassullrull til varme-, brann- og lydisolering av vegger med stålstendere
- Anvendes i tørre konstruksjoner
- Kappes med kniv
- Ruller er lett komprimerbare produkter med stor elastisitet og slitestyrke

### Kvalitetssikring

Glavas kvalitetssystem tilfredsstillter kravene i *NS-EN ISO 9001*, *NS-EN ISO 14001* og Internkontrollforskriften og er sertifisert i.h.t. disse av Nemko Certification AS. Dette sikrer høy og jevn kvalitet på vårt produkt.

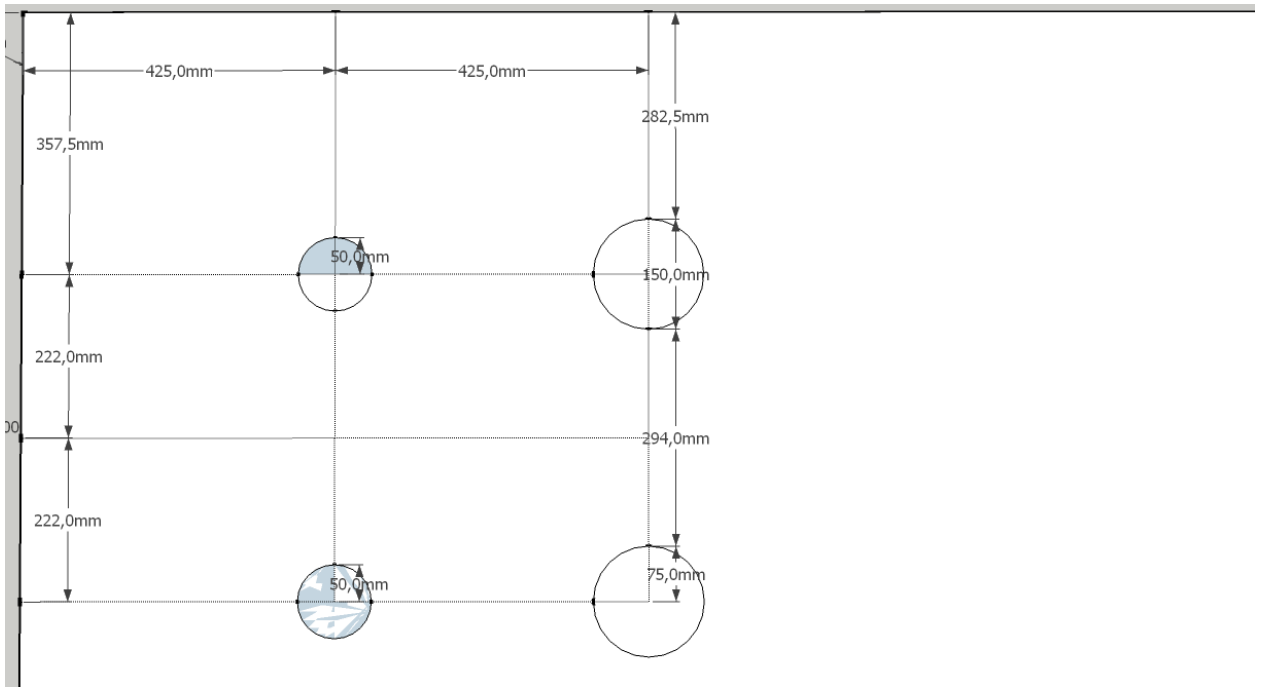
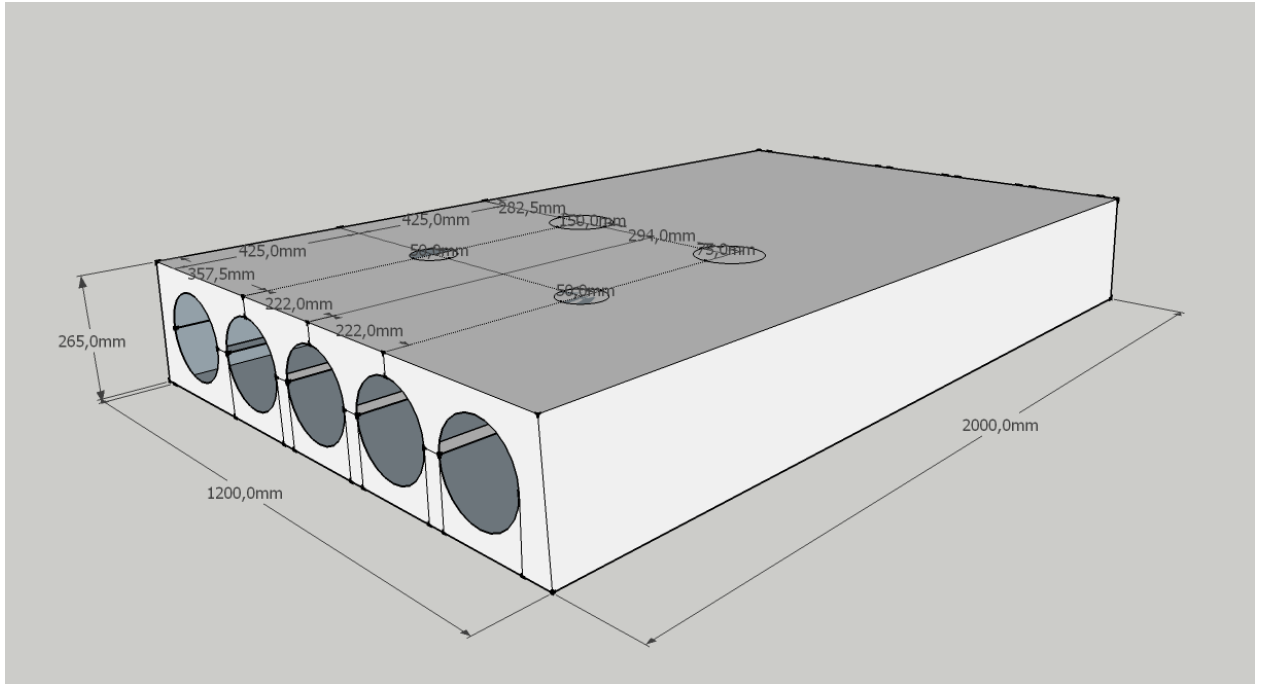
## J. Utsparingsmål

### HD 1-2

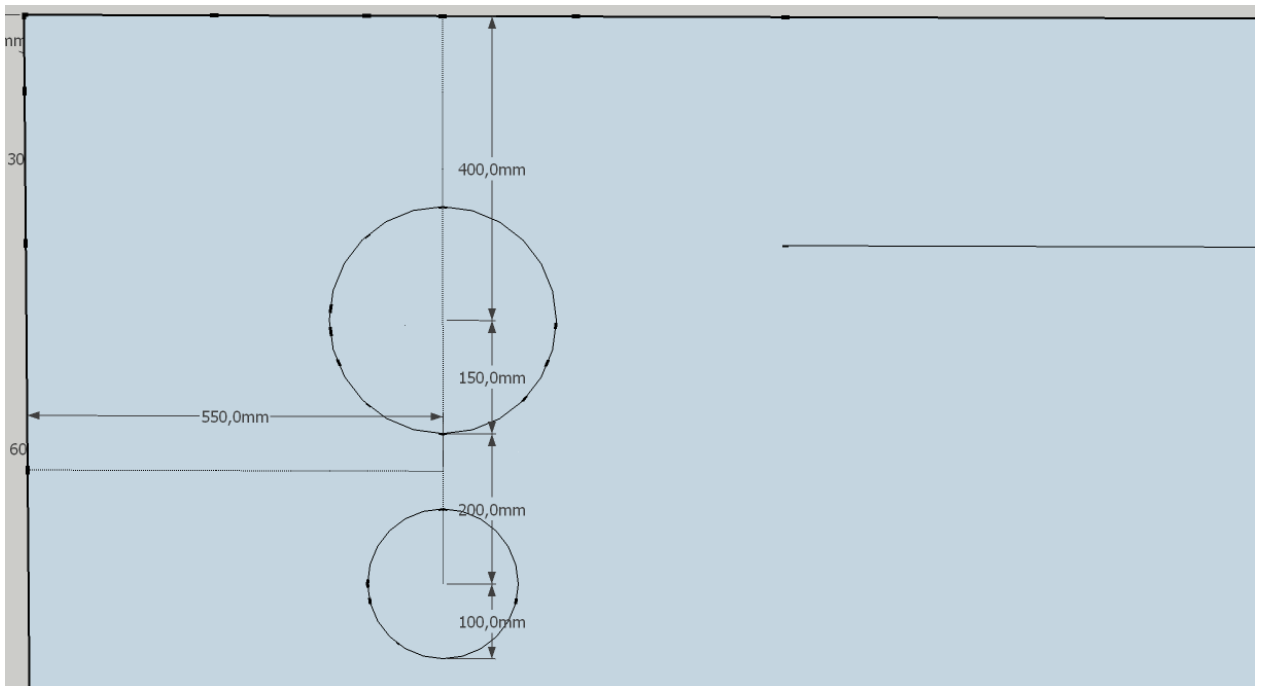
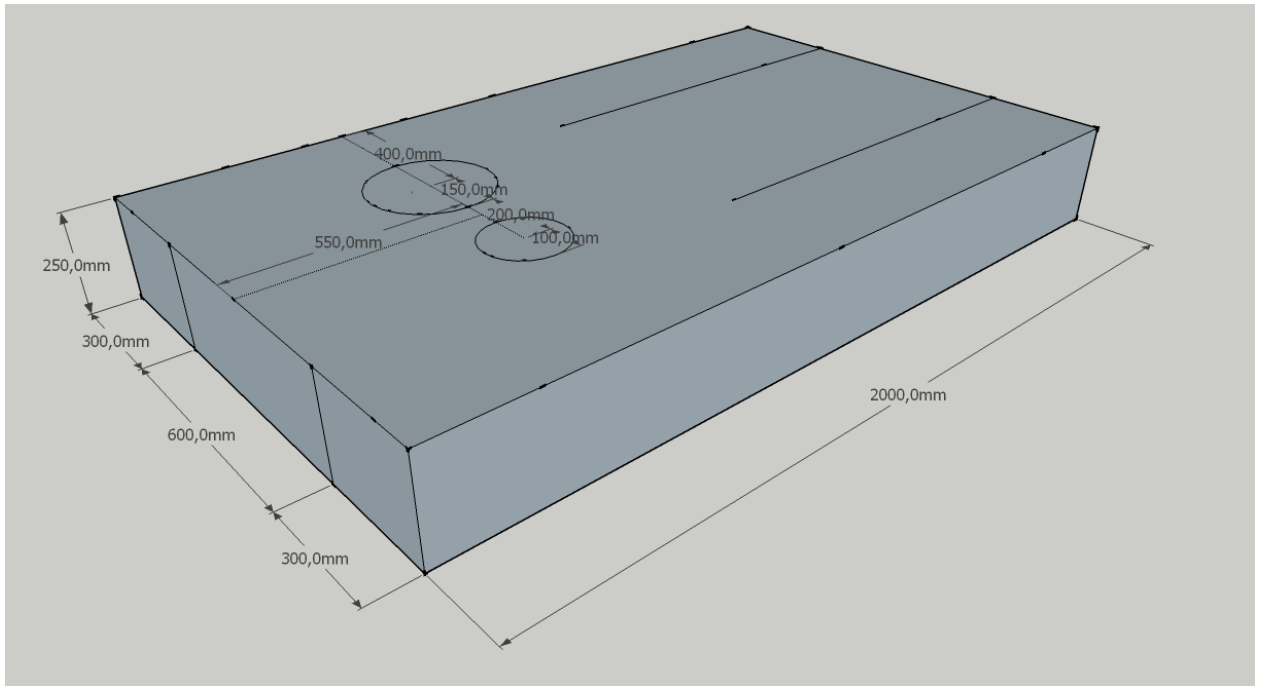




HD 3

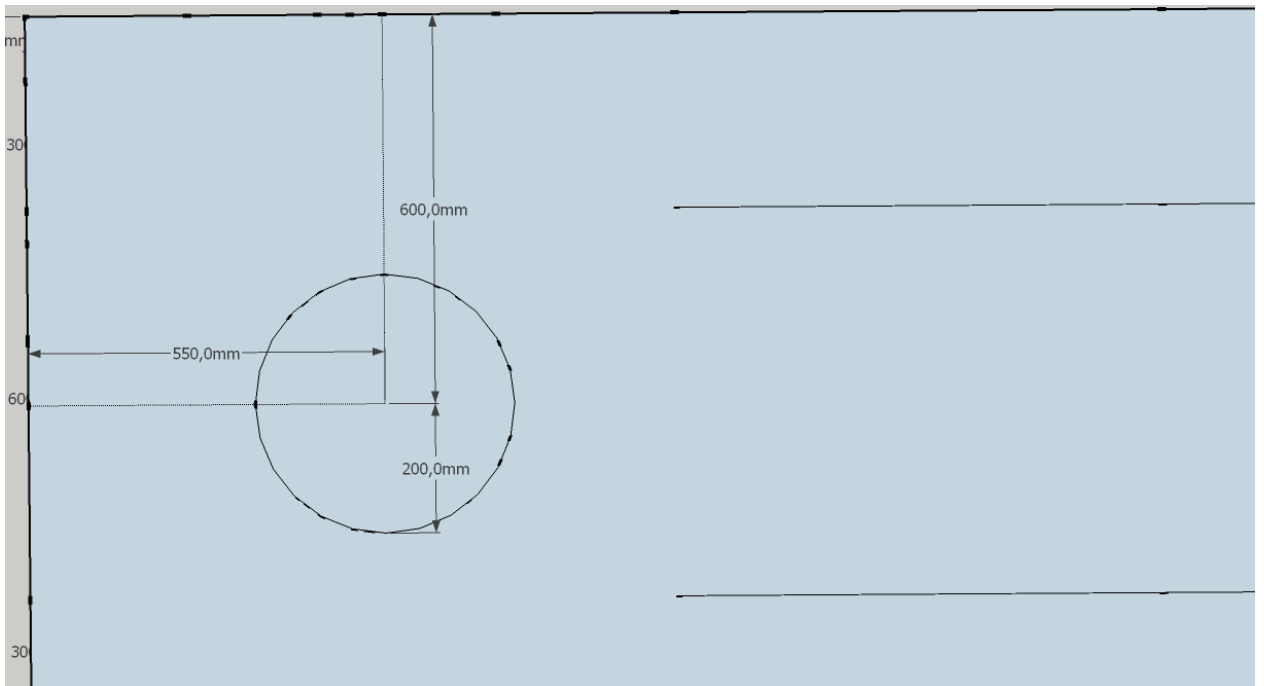
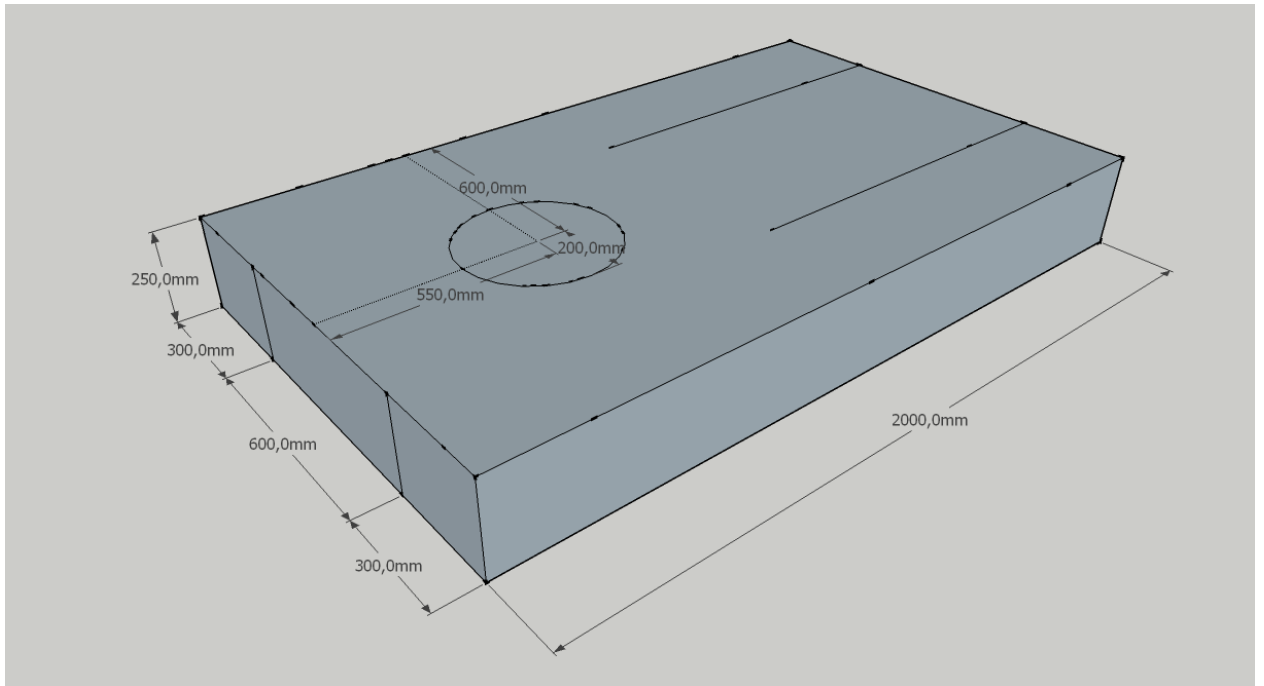


LB 1-2



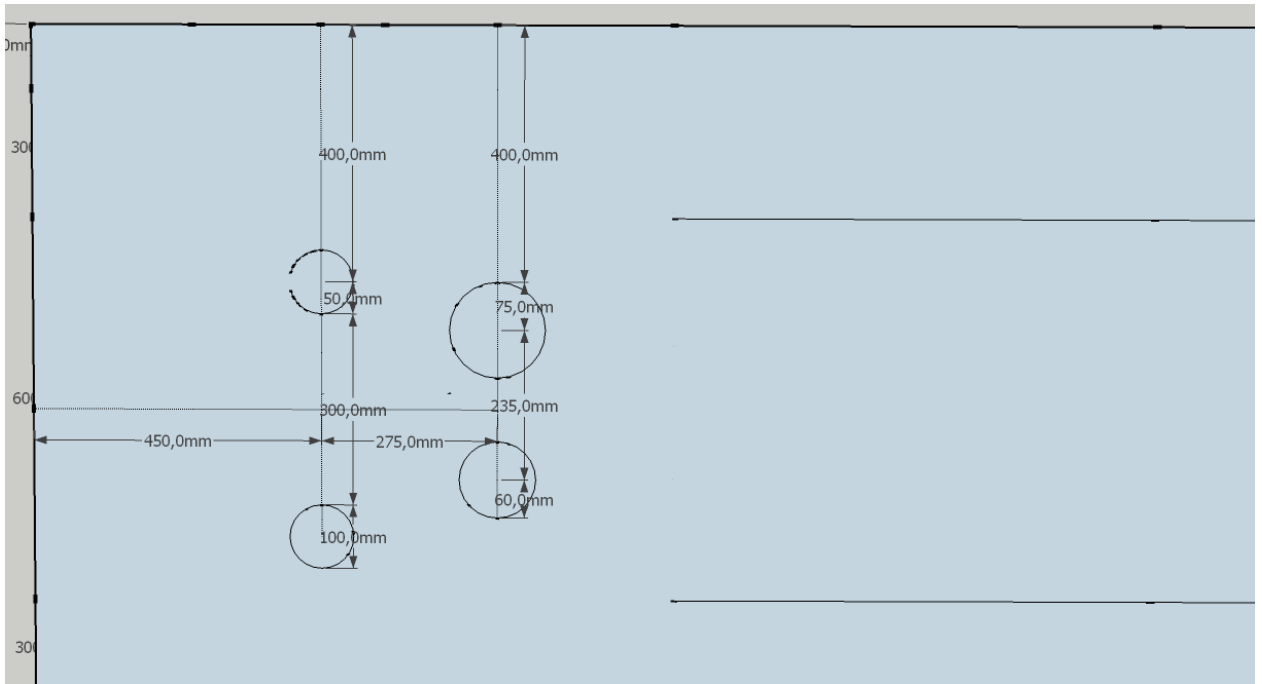
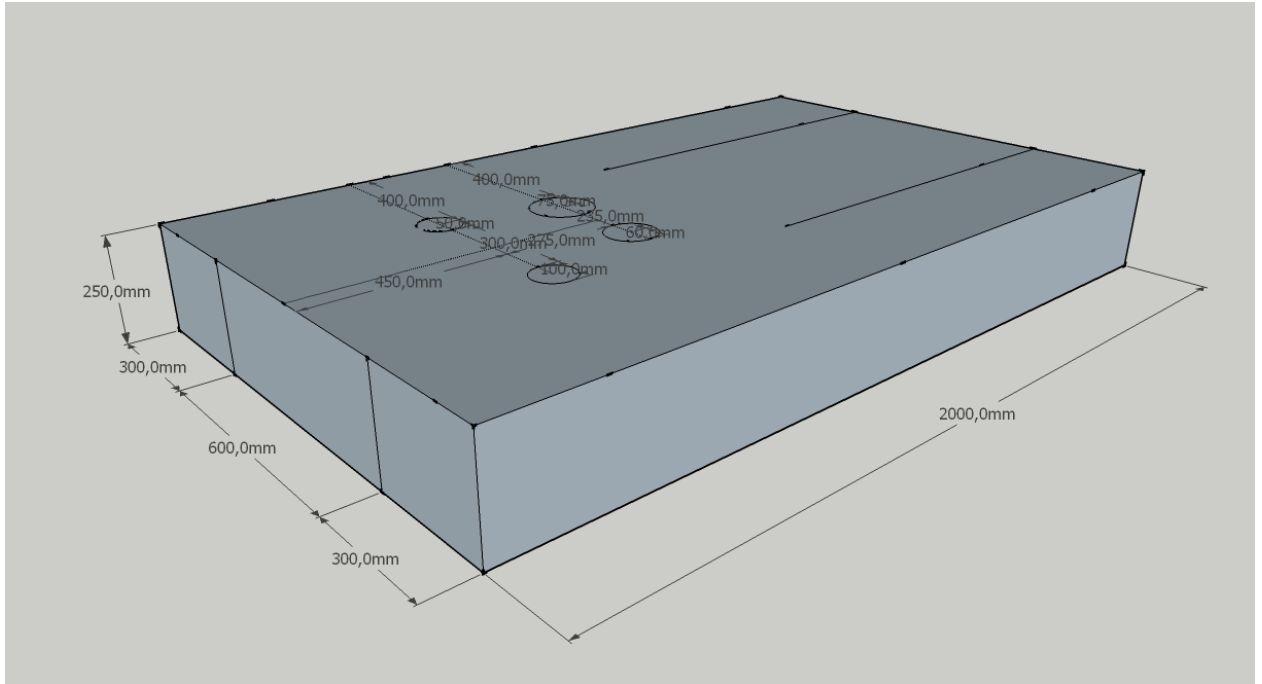


LB 3





LB 4



## K. Estimering av trykk

Det er antatt at brannen er ventilasjonskontrollert, det innebærer at det er tilgangen på oksygen som bestemmer effekten på brannen. Det er brukt ligningene 5.22 og 5.15 fra Enclosure fire dynamics (16)

$H_N$  – Høyden til nøytralplanet

$H_0$  – Høyden på åpning

$\rho$  – Densitet,  $= \frac{353}{T}$ , Utledet av ideell gasslov

$z$  – Høyden fra nøytralplanet til taket (+) eller til gulvet (-)

$\Delta P$  – Trykkforskjell

$g$  – Tyngdeakselerasjon

Eq 5.22

$$H_N = \frac{H_0}{1 + \left(\frac{\rho_{amb}}{\rho_{gas}}\right)^{\frac{1}{3}}} = \frac{0,8m}{1 + \left(\frac{\frac{353K}{(5+273)K}}{\frac{353K}{(1000+273)K}}\right)^{\frac{1}{3}}} \approx 0,3m$$

$$z = H - H_N = 1,2m - 0,3m = 0,9m$$

Eq. 5.15

$$\Delta P(z) = z(\rho_a - \rho_g)g = 0,9m \left( \frac{353K}{(5+273)K} - \frac{353K}{(1000+273)K} \right) 9,81m/s^2 = 8,8 Pa$$



HØGSKOLEN STORD/HAUGESUND



## L. Visuelle observasjoner - DVD