

Arnold Askeland

Dampsperrer, punktert av mekaniske festemidler

Måling av luft- gjennomgang

BYGGFORSK

Norges byggforskningsinstitutt

Arnold Askeland

**Dampsperrer, punktert av
mekaniske festemidler
Måling av luft-
gjennomgang**

Prosjektrapport 111 – 1992

Prosjektrapport 111

Arnold Askeland
Dampsperrer, punktert av mekaniske festemidler. Måling
av luftgjennomgang

ISBN 82-536-0401-7

100 eks. trykt av

Lobo Grafisk A/S

Resirkulert 100 g Cyclus, 200 g Cyclus

© Norges byggforskningsinstitutt 1992

Adr.: Forskningsveien 3B
Postboks 123 Blindern
0314 OSLO

Tlf.: (02) 96 55 00

Fax (02) 69 94 38 og (02) 96 55 42

Nye nummer i januar 1993: 22 erstatter (02)

Adr.: Trondheimsavdelingen
Høgskoleringen 7
7034 TRONDHEIM – NTH

Tlf.: (07) 59 33 90

Fax: (07) 59 33 80

Nye nummer i oktober 1993: 73 erstatter (07)

Forord

Takprodusentenes Forskningsgruppe, TPF, er en sammenslutning av bedrifter som arbeider med taktekkning i form av produksjon og levering av materialer eller utførelse av tekkearbeider. Hensikten med TPF er å dekke behovet som medlemmene har for forskning ved å utvikle isolasjons- og tekkesystemer og utgi informasjon om riktig bruk av dem. Sekretariatet for TPF er ved Norges byggforskningsinstitutt (Byggforsk), Trondheimsavdelingen.

Denne prosjektrapporten tar for seg betydningen av mekaniske festemidler for dampsperrers lufttett-
het.

Behovet for dampsperre i kompakte tak varierer. I tilfeller hvor det kreves dampsperre, har det vært stor usikkerhet om hvilken betydning mekaniske festemidler har for lufttettheten til dampsperran. Luftlekkasjer er den viktigste årsaken til damptransport i tak- og veggkonstruksjoner, og en lufttett dampsperre er derfor en klar forutsetning.

Rapporten beskriver resultatene av luftgjennomgangsmålinger med dampsperrer, punktert av mekaniske festemidler. Det er i tillegg gjort vurderinger av måleresultatene, og det er skissert et eventuelt krav til tetthet for materialet og samlet konstruksjon.

Prosjektet er utført på oppdrag fra Takprodusentenes Forskningsgruppe (TPF) og finansiert av TPF, egne midler fra Byggforsk og bidrag fra tre produsenter, Isola as, Protan A/S og A/S Fjeldhammer Brug. En vesentlig del av prosjektmidlene er gått med til bygging og utprøving av nytt apparat for lufttethetsmåling.

Prosjektet er utført ved Byggforsks Trondheimsavdeling av Arnold Askeland, prosjektleder, Arne Bakkejord, ansvarlig for laboratoriearbeidet, og Sivert Uvsløkk som faglig ansvarlig. Rapporten er skrevet av Arnold Askeland.

Samvirket mellom TPF og Byggforsk er et godt eksempel på konstruktivt samarbeid mellom bransje og forskningsinstitutt.

Trondheim, november 1992

Terje Jacobsen
Forskningsssjef

Sammendrag

Rapporten beskriver og dokumenterer erfaringene med en ny metode for måling av luftgjennomgang i dampsperrer som er blitt punktert av mekaniske festemidler. Målemetoden er funnet tilfredsstillende.

Luftgjennomgang er målt med ulike kombinasjoner av fire typer dampsperrer og fire typer festemidler (et festemiddel for stålplateunderlag, to festemidler for betongunderlag og et festemiddel for lettbetongunderlag). Luftgjennomgang ble målt ved ulike trykkforhold over dampsperran.

Målingene viser for de fleste kombinasjonene at økt luftgjennomgang som følge av punkteringene er liten. Festemiddelets stammediameter i forhold til diameter på boret som brukes ved montasjen har stor betydning for luftgjennomgangen ved festemiddelet.

De luftlekkasjene som forårsakes av feilmontasjer og løse omlegg, er relativt mye større. De største utfordringene vil derfor ligge i å lage systemer som sikrer mot feilutførelser.

Innhold

<i>Forord</i>	3	5. <i>Vurdering av måleresultatene</i>	13
<i>Sammendrag</i>	3	5.1 Luftgjennomgang før punktering av mekaniske festemidler (egenlekkasjer)	13
1. <i>Måling av luftgjennomgang</i>	5	5.2 Luftgjennomgang etter normal montasje av mekaniske festemidler	13
1.1 Metode	5	5.3 Luftgjennomgang etter "feil" montasje av festemidler	14
1.2 Målekasse – montasje før måling	5	5.4 Luftgjennomgang i PE-folie med løse omleggskjøter	15
1.3 Instrumentering	6	6. <i>Oppsummering/konklusjon</i>	15
2. <i>Materialer</i>	7	7. <i>Forslag til prøvemetode</i>	15
2.1 Dampsperrer	7	8. <i>Forslag til grenseverdier for tillatt luftgjennomgang</i>	16
2.2 Underlag og mekaniske festemidler	7	<i>Forklaring til VEDLEGG 1 – 13</i>	16
2.3 Varmeisolasjon og tekning	8	<i>Vedlegg 1</i>	17
3. <i>Måling av luftlekkasjer</i>	9	<i>Vedlegg 2</i>	18
3.1 Varianter av dampsperre og mekaniske festemidler	9	<i>Vedlegg 3</i>	19
3.2 Tetthet i løse omleggskjøter	9	<i>Vedlegg 4 a</i>	20
3.3 Måleprosedyre	9	<i>Vedlegg 4 b</i>	21
4. <i>Resultater</i>	10	<i>Vedlegg 5</i>	22
4.1 Luftgjennomgang før punktering av mekaniske festemidler (egenlekkasjer)	10	<i>Vedlegg 6</i>	23
4.2 Luftgjennomgang etter normal montasje av mekaniske festemidler	10	<i>Vedlegg 7</i>	24
4.3 Luftgjennomgang etter "feil" montasje av mekaniske festemidler	12	<i>Vedlegg 8</i>	25
4.4 Luftgjennomgang i PE-folie med omleggskjøt	13	<i>Vedlegg 9</i>	26
		<i>Vedlegg 10</i>	27
		<i>Vedlegg 11</i>	28
		<i>Vedlegg 12</i>	29
		<i>Vedlegg 13</i>	30

1. Måling av luftgjennomgang

1.1 Metode

Luftgjennomgang i dampsperrer måles på prøvestykke monteret i åpningen av en todelt, lufttett målekasse. Dampsperrer ligger direkte ned mot aktuelt underlag og isolasjon, teknig og mekaniske festemidler er monteret på denne, innenfra kassen. Luftgjennomgangen i måleflaten tilsvarer den mengden luft som pumpes ut av kassen for å holde et stabilt undertrykk i kassen i forhold til omgivelsene.

Med andre ord: Dampsperrer monteres og utsettes for trykkforhold som direkte er sammenlignbare med forholdene i en virkelig takkonstruksjon. Økt luftgjennomgang som følge av punkteringene framkommer av differansen mellom målt luftgjennomgang før og etter punktering. Lufttrykket er statistisk innenfor hvert lasttrinn.

1.2 Målekasse – montasje før måling

For bruk i prosjektet ble det planlagt og bygd en todelt, lufttett kasse av aluminium med innvendige mål 190 mm x 800 mm x 800 mm (ca. 120 l), se fig. 1.2 a og c. Måleflaten er en 715 mm x 715 mm åpning (ca. 0,5 m²) i kassens bunn. Prøven monteres i måleflaten med spesielle klemmer og pakninger slik at overgangen blir lufttett. Lokket kan løftes av uten at den innspente dampsperrer røres. Kassens lufttetthet ble kontrollert og funnet tilfredsstillende med en metallplate monteret i åpningen.

Før måling plasseres kassen direkte på aktuelt bærende underlag. Dampsperrer legges på underlaget og klemmes til kassen. Over dampsperrer legges varmeisolasjon og eventuelt teknig. Ved måling av luftgjennomgang før punktering holdes isolasjonen i posisjon med mothold mellom kassens lokk og isolasjonen som vist i fig. 1.2 a. Ved måling av luftgjennomgang etter punktering fastholdes isolasjonen av festemidlene som vist i fig. 1.2 b.

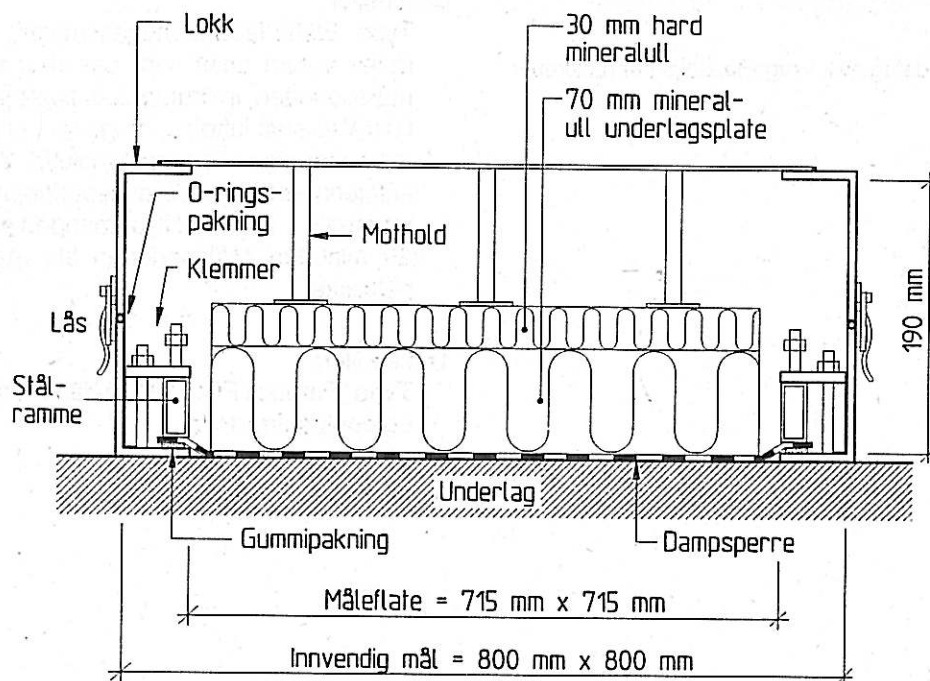


Fig. 1.2 a

Lufttett kasse for måling av luftgjennomgang i sperresjikt, f.eks. dampsperre (Figuren viser måling av luftgjennomgang i dampsperrer som ikke er punktert av mekaniske festemidler, dvs. måling av egenlekkasjer.)

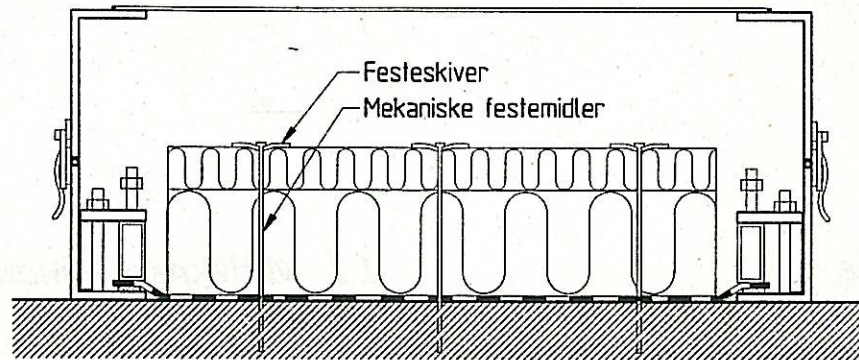


Fig. 1.2 b
Oppstilling ved måling av luftgjennomgang etter at dampsperrer er punktert av mekaniske festemidler

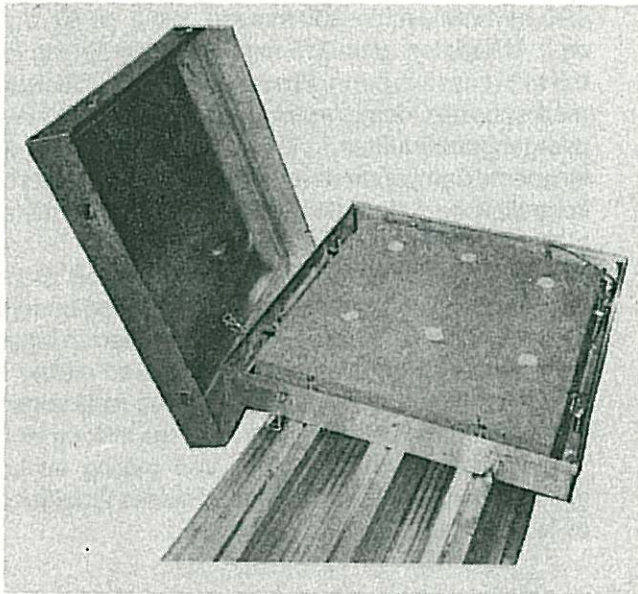


Fig. 1.2 c
Målekassen på undelag av korrugerte stålplater (Lokket er tatt av.)

1.3 Instrumentering

Luftmengden som pumpes ut av kassen, måles med en gassmåler (gassvolummåler). Denne er koplet i serie mellom avsugingsslangen fra kassen og en vakumpumpe. Luftstrømmen reguleres med manuell strupeventil, og undertrykket i kassen måles med et micromanometer. For å unngå feil i trykkmålingene pga. store temperaturvariasjoner i kassen, var det under de første målingene montert et termoelement inne i kassen. (Temperaturvariasjonene var imidlertid ubetydelige.)

Følgende utstyr ble benyttet i prosjektet:

Gassmåler:

Type "Elster laboriegassmåler". Gassmåleren måler volum gass som passerer instrumentet i måleperioden. Instrumentets oppløsning er ca. 0,1 liter. Ved små luftgjennomganger er god nøyaktighet avhengig av forlenget måletid. Ved svært små luftgjennomganger ble måleperioden derfor avsluttet etter 1 – 2 liter målt luftmengde eller minst 15 – 20 minutter. Måleperioden ble målt med stoppeklokke.

Trykkmåler:

Type "Furuess FCO 12". Måleområde 0 – 2000 Pa og oppløsning 1 Pa

2. Materialer

2.1 Dampsperrer

Takbransjen har brukt ordet "takfuktsperre" om dampsperreri i et tak, fordi den ofte har flere funksjoner. Den skal bl.a. sikre mot vannlekkasjer i kritiske deler av byggetiden og ha forbedret mekanisk styrke til å motstå gangtrafikk. Det er i denne rapporten konsekvent brukt ordet *dampsperre* fordi lufttethetsproblematikken primært er knyttet til fuktsperrers funksjon som dampsperre.

I forsøkene ble det brukt fire relativt ulike typer dampsperrer hvorav tre ble levert av de tre bidragsyterne i prosjektet.

- **Type A. 0,2 mm polyetylenfolie (PE-folie)**
PE-folie skjøtes med klemming, sveising, liming eller tapeing av omlegg. I kompakte tak er løse omlegg med klem fra isolasjonen også brukt. Vanlige formater: 4 m x 25 m og 6 m x 25 m
- **Type B. Isola 250 UX**
er et asfalt underlagsbelegg med polyesterfiltstamme (250 g/m²), impregnert og belagt med spesialasfalt. Finkornet bestrøing. Skjøtes med asfaltklebing av omlegg. Vanlig format: 1 m x 10 m
- **Type C. Protan Takfuktsperre**
er en 0,8 mm tykk PVC-folie med polyestervev på den ene siden. Skjøtes med varmluftsveising av omlegg. Vanlig format: 2 m x 50 mm
- **Type D. Icopal Hygrodiode**
består av en vannsugende polypropylenfilt belagt på begge sider med damp tett polypropylenfolie i 170 mm brede stiper, innbyrdes avstand 70 mm. Stripene på de to sidene er forskjøvet ½ fase i forhold til hverandre slik at overlappen mellom foliene er 50 mm. Hygrodiodes spesielle oppbygning sikrer en viss uttøringskapasitet for vandedamp som kondenserer på den ubelagte filten. Det skjøtes med løse eller klemte omlegg. Vanlig format: 1,25 m x 80 m

2.2 Underlag og mekaniske festemidler

Festemidler og festeskiver er vist i fig. 2.2.

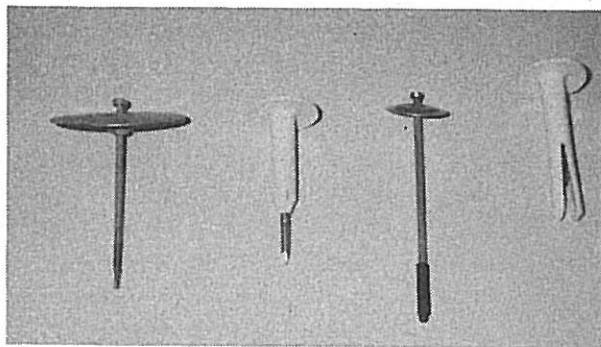


Fig. 2.2
Mekaniske festemidler type 1, 2, 3 og 4

Type nr. 1. Festemiddel for underlag av korrugerte stålplater

I forsøkene ble det benyttet 4,5 mm selvborende skruer og 0,65 mm korrugerte stålplater med profilhøyde 120 mm. På stålplattetak er mekanisk innfesting med selvborende skruer den vanligste innfestingsmetoden.

Type nr. 2 Festemiddel for underlag av betong

Festemiddel med stamme av en glatt stålstift. Bordiameter og stammediameter er hhv. 5,0 mm og 5,5 mm, dvs. at bordiameter ved forboringen er mindre enn stammediameteren på festemiddelet. Dette ble på forhånd vurdert som gunstig mht. luftgjennomgang.

Type nr. 3 Festemiddel for underlag av betong

Festemiddel med stamme av en glatt stålstift og med en 37 mm lang nylonplugg i innfestingssonen. Bordiameter og stammediameter er hhv. 6,5 mm og 4,8 mm, dvs. at bordiameter ved forboringen er større enn stammediameteren på festemiddelet. Dette ble på forhånd vurdert som ugunstig mht. luftgjennomgang.

Som underlag ble det brukt betongheller i format 60 mm x 500 mm x 500 mm og betongkvalitet C25. Fire betongheller ble lagt på et utjevningsslag av ekspandert polystyren (EPS) på laboratoriegolvet og sammenholdt med skrutvinger.

Type nr. 4. Festemiddel for underlag av lettbetong
Festemiddelet er en hul plasthylse med splitt. Bordiameter og stammediameter er begge 15 mm. Hylsen ekspanderer ved at en konformet plastplugg presses ned i hylsen. Festemiddelets egenskaper med hensyn til luftgjennomgang ble på forhånd vurdert som spesielt ugunstig pga. den store bordiameteren og hulrommet i hylsen. Festemiddel nr. 4 ble i forsøkene kun benyttet med dampsperre type A (PE-folie).

Som underlag ble det brukt to gassbetongplater i format 1000 mm x 600 mm x 100 mm, lagt opp tilsvarende som betonghellene. Lufttetthet ble målt både med hull boret til nødvendig dybde, og med hull boret tvers gjennom gassbetongplatene.

2.3 Varmeisolasjon og tekning

I alle målingene ble utført med 100 mm steinullisolasjon som besto av 70 mm Rockwool underlagsplate og 30 mm Rockwool TP200. Dette er en relativt vanlig oppbygging av isolasjonssjiktet i flate, kompakte tak. Det ble ved målingene ikke brukt noen form for tekning på isolasjonen da Rockwool TP200 har tilstrekkelig fasthet til å gi mothold for festeskivene under målingene.

3. Måling av luftlekkasjer

3.1 Varianter av dampsperre og mekaniske festemidler

I forsøkene inngikk variantene som er vist i *tabell 3.1*. Det var pga. prosjektets økonomiske rammer ikke mulig å gjennomføre parallelle målinger innen hver variant (hensikten med prosjektet var ikke primært å gi en fullstendig dokumentasjon av de valgte materialkombinasjonene). Parallelle målinger ble imidlertid gjort i et par tilfeller fordi måleresultatene første gang avvok sterkt fra andre, sammenlignbare måleresultater¹.

For hver variant av dampsperre og festemiddel ble luftlekkasjer målt i *tre situasjoner*:

Situasjon 1

før punktering av dampsperran (egentetthet)

Situasjon 2

etter normal montasje av seks stykker festemidler

Situasjon 3

etter "feil" montasje av to stykker festemidler (dvs. med seks normale og to "feil" montasjer). I underlag av stålplater ble dette gjort ved at to selv borende skruer ble skrudd gjennom dampsperran og deretter ut igjen. For de andre festemiddeltypene ble det boret to ekstra hull gjennom dampsperran, uten at festemidler ble montert.

3.2 Tetthet i løse omleggskjøter

I tillegg til variantene i *tabell 3.1* ble det målt luftgjennomgang i løs omleggskjøt av 0,2 mm PE-folie på underlag av betong og trapeskorrugerte stålplater. Luftgjennomgang ble målt med hhv. 700 mm, 350 mm og 175 mm omlegg, dvs. 1/1, 1/2 og 1/4 av måleflatens bredde. I disse målingene ble bare dampsperrans egentetthet med omleggskjøt målt, dvs. uten punkteringer av mekaniske festemidler. For stålplatene ble omleggsskjøten lagt på tvers av platekorrugeringen.

3.3 Måleprosedyre

- 1 Tre prøvebelastninger à - 500 Pa. Dette er vanlig prosedyre i andre, sammenlignbare prøvemeter.
- 2 Trinnvis luftgjennomgangsmåling ved trykkbelastning:
- 5, - 10, - 20, - 50, - 100, - 200, - 400, - 200, - 100, - 50, - 20, - 10 og - 5 Pa

Måleprosedyren ble justert underveis slik at de fleste målingene er gjennomført med trinnvis trykkbelastning - 10, - 50, - 400, - 50 og - 10 Pa. Pumpens kapasitet ble for liten ved stor luftgjennomgang i prøven. (Dette gjaldt i hovedsak "situasjon 3", dvs. med to stykker "feil" montasjer.) Høyeste prøvetrykk er her høyest oppnådde undertrykk. Varigheten av hvert trinn avheng av luftgjennomgangen i prøven, se *pkt. 1.3*.

Tabell 3.1
Varianter av dampsperre, underlag og festemidler

Underlag		Stålplate		Betong	Gassbetong
Mekanisk festemiddel		nr. 1	nr. 2	nr. 3	nr. 4
Dampsperre	A: 0,2 mm PE-folie	A1	A2	A3	A4
	B: Isola 250 UX	B1	B2	B3	-
	C: Protan Takfuktsperre 0,8 mm PVC	C1	C2	C3	-
	D: Fjeldhammer Hygrodiode	D1	D2	D3	-

¹ Variant B1 og C2

4. Resultater

Diagrammene i dette kapitlet viser tilpasningskurver basert på måleresultatene. Sammenhengen mellom enkeltresultater og tilpasningskurvene fremgår av diagrammene i VEDLEGG 1 til 13.

Det er laget egen forklaring for vedleggene. Denne er plassert til slutt i rapporten, foran selve vedleggene.

4.1 Luftgjennomgang før punktering av mekaniske festemidler (egenlekkasjer)

Luftgjennomgang i dampsperrere før punkteringer av mekaniske festemidler er vist i *fig. 4.1*. Egenlekkasjene er i selve dampsperreren, innspenningen og kassens sammenkobling. Luftgjennomgang før punktering er målt minst tre ganger pr. dampsperretype og variasjonen mellom målingene var små. (Hver kurve i diagrammet representerer én av målingene).

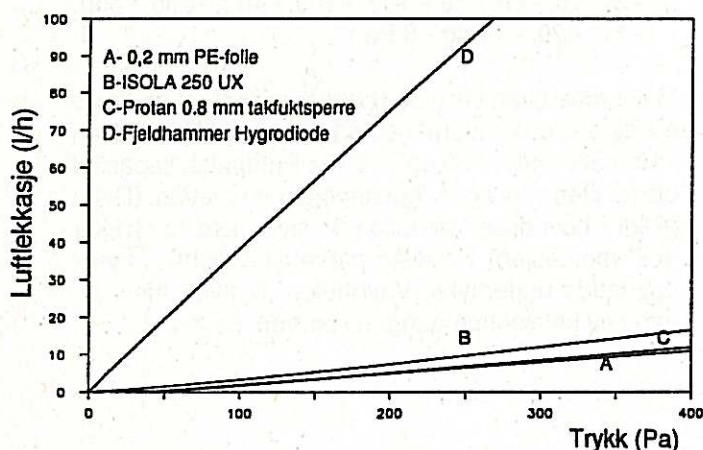


Fig. 4.1
Målt luftgjennomgang før punktering av mekaniske festemidler (egenlekkasjer)

4.2 Luftgjennomgang etter normal montasje av mekaniske festemidler

Endring av luftgjennomgang som følge av punkteringen, dvs. forskjellen mellom målt luftgjennomgang med seks festemidler ("situasjon 2") og egenlekkasje ("situasjon 1"), er vist i *fig. 4.2 a–g*. *Figur 4 a–d* viser en type dampsperre med ulike festemidler. *Figur 4 e–g* viser en type festemiddel med ulike dampsperrer. *Figur 4 a–d* og *e–g* viser således de samme kurvene, men i ulike kombinasjoner.

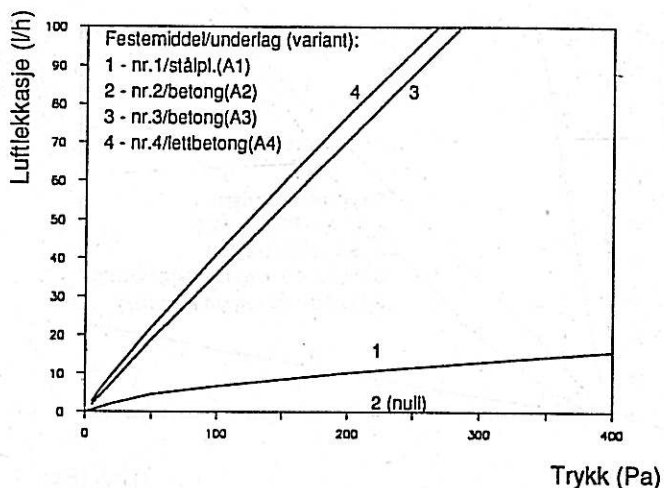


Fig. 4.2 a
Dampsperr A (0,2 mm PE-folie)
Endring i luftgjennomgang etter montasje av mekaniske festemidler (Diagrammet gjelder seks festepunkter.)

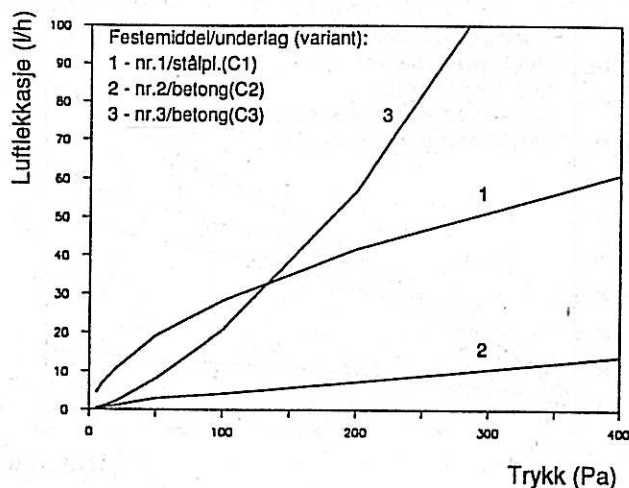


Fig. 4.2 c
Dampsperr C (Protan Takfuktsperr, 0,8 mm)
Endring i luftgjennomgang etter montasje av mekaniske festemidler (Diagrammet gjelder seks festepunkter.)

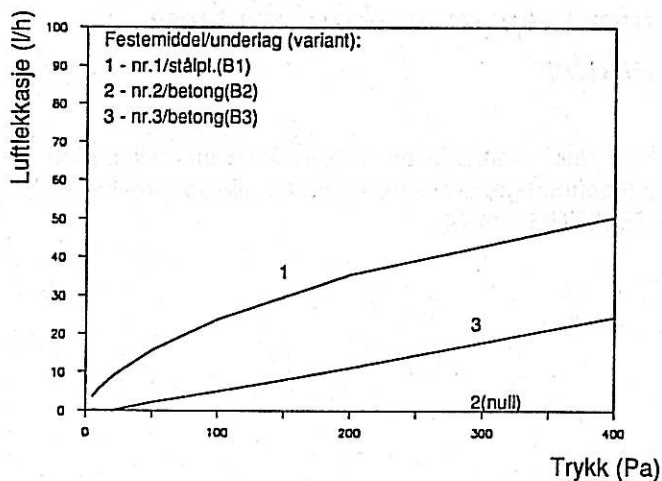


Fig. 4.2 b
Dampsperr B (Isola 250 UX)
Endring i luftgjennomgang etter montasje av mekaniske festemidler (Diagrammet gjelder seks festepunkter.)

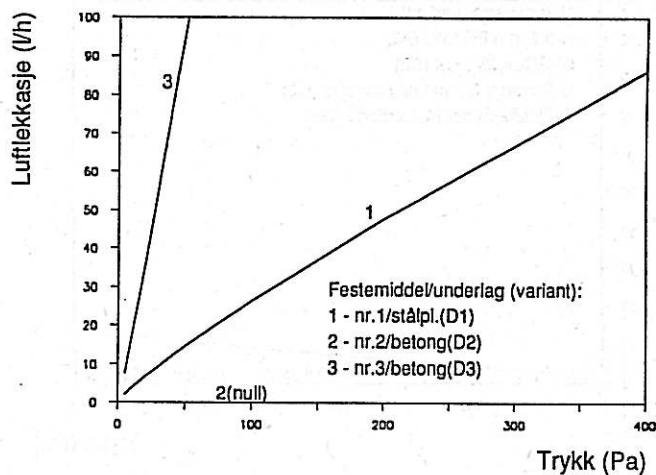


Fig. 4.2 d
Dampsperr D (Fjeldhammer Hygrodiode)
Endring i luftgjennomgang etter montasje av mekaniske festemidler (Diagrammet gjelder seks festepunkter.)

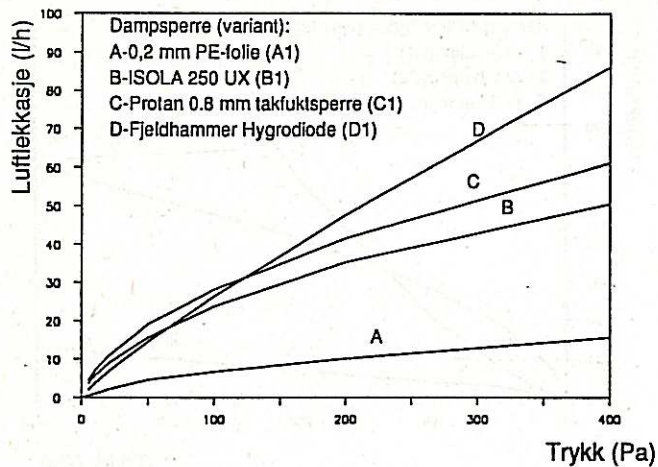


Fig. 4.2 e
 Mekanisk festemiddel nr. 1 (stålunderlag)
 Endring i luftgjennomgang etter montasje av mekaniske festemidler (Diagrammet gjelder seks festepunkter.)

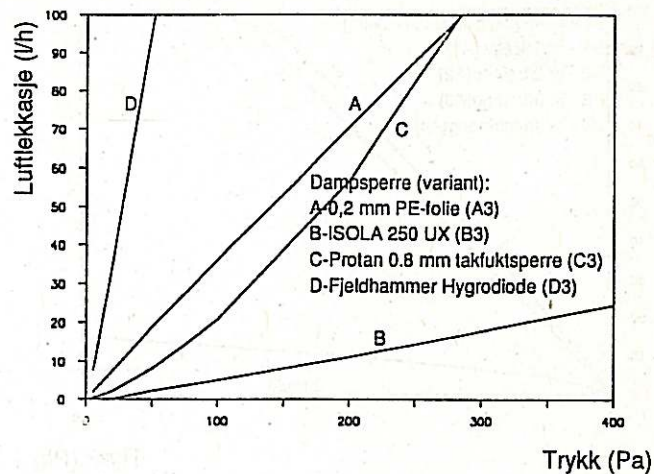


Fig. 4.2 g
 Mekanisk festemiddel nr. 3 (betongunderlag)
 Endring i luftgjennomgang etter montasje av mekaniske festemidler (Diagrammet gjelder seks festepunkter.)

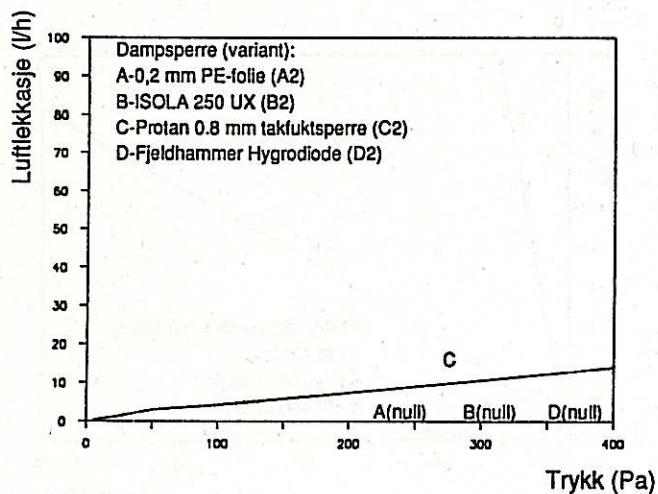


Fig. 4.2 f
 Mekanisk festemiddel nr. 2 (betongunderlag)
 Endring i luftgjennomgang etter montasje av mekaniske festemidler (Diagrammet gjelder seks festepunkter.)

4.3 Luftgjennomgang etter "feil" montasje av mekaniske festemidler

Ved "feil" montasje av mekaniske festemidler økte luftgjennomgangen svært mye for alle variantene, se VEDLEGG 1 til 13.

4.4 Luftgjennomgang i PE-folie med omleggskjøt

Figur 4.4 a og b viser luftgjennomgang i PE-folie med varierende bredder av løst omlegg.

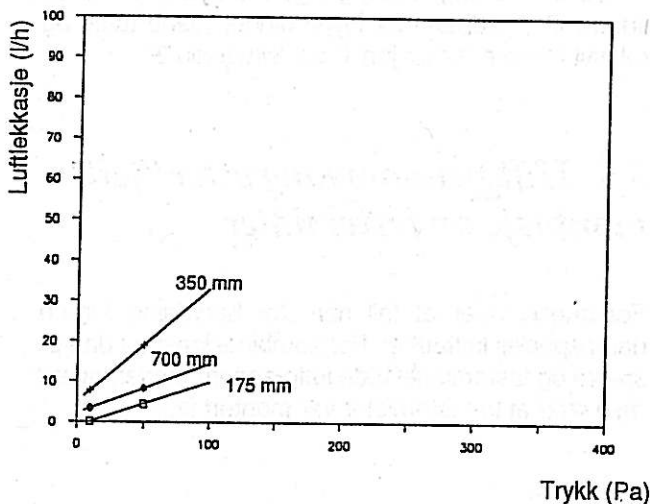


Fig. 4.4 a
Omleggskjøt av 0,2 mm PE-folie på betongunderlag.
Kurvene er basert på målinger ved - 10 og 50 Pa

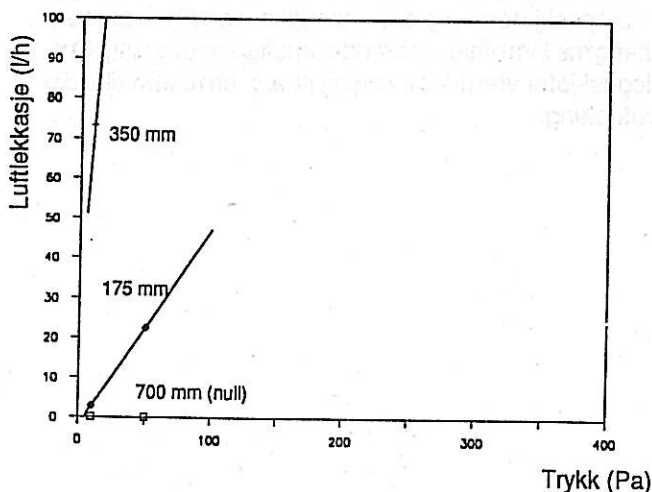


Fig. 4.4 b
Omleggskjøt av 0,2 mm PE-folie på korrugerte stålplater
(skjøt på tvers av korrugeringen)
Kurvene er basert på målinger ved - 10 og - 50 Pa.

5. Vurdering av måleresultatene

5.1 Luftgjennomgang før punktering av mekaniske festemidler (egenlekkasjer)

Egenlekkasjer i målekassen, inklusive lekkasjer i overgangen mellom prøvemateriale og kassen, ble som tidligere nevnt undersøkt med en metallplate montert i måleflaten. Målingene viste at kassen og innspenningen er meget tett.

Målinger av luftgjennomgang i dampsperrere før punktering viste tilsvarende lave lekkasjer for dampsperre A, B og C. Dampsperre B har noe større luftgjennomgang enn dampsperre A og C, men dette kan skyldes at overflatestrukturen i asfaltbelegget gir horisontale luftlekkasjer forbi innspenningen (se fig. 1.2 a). Resultatene gir derfor ikke grunnlag for en relativ vurdering av egenlekkasjer for dampsperrere A, B og C. De er alle meget lufttette.

Dampsperre D består av filt og folie lagt lagvis. Folien er ikke kontinuerlig og den relativt høye luftgjennomgangen skyldes lekkasjer gjennom filten.

5.2 Luftgjennomgang etter normal montasje av mekaniske festemidler

I denne undersøkelsen er det, som nevnt, foretatt for få målinger til "endelig" å fastslå luftgjennomgangen for hver enkelt variant av dampsperre og festemiddel. Det er derfor bare mulig se visse tendenser ut fra måleresultatene.

Det er også knyttet en viss usikkerhet til selve montasjen av festemidlene. Hvis boren (eller skruen) "sklir", kan dampsperreren f.eks. påføres skader som påvirker luftgjennomgangen. Montasjen er imidlertid foretatt under gode forhold i innendørs lokaler. Risikoen for at dampsperrere ble påført montasjeskader under disse forholdene er derfor liten. Risikoen for slike montasjeskader i praksis, på "virkelige tak", må tas med i betraktningen ved en eventuell helhetsvurdering av kombinasjonen underlag, dampsperre og festemiddel.

Relativ vurdering av festemidlene

Festemiddel type nr. 1 har, avhengig av type dampspærre, varierende lufttetthet. De beste resultatene ble oppnådd i kombinasjon med dampspærre A (PE-folie). Denne dampspærren er tynn og elastisk og har derfor en tettende klemvirkning rundt skruen. Luftgjennomgangen er noe høyere både i kombinasjon med dampspærre B (Isola) og dampspærre C (Protan).

For festemiddel type nr. 2 ble det målt lavest luftgjennomgang av alle festemiddeltypene. For tre av variantene (A2, B2 og D2) var endringen av luftgjennomgang som følge av punkteringen praktisk talt null. Den relativt større lekkasjen for variant C2 kan skyldes tilfeldige avvik.

For festemiddel type nr. 3 og 4 ble det målt størst luftgjennomgang, noe som stemmer med de antakelsene som ble gjort på forhånd. Dette er spesielt tydelig for dampspærre A (se *fig. 4.2 a*). Festemiddel type nr. 3 var tettest i kombinasjon med dampspærre B.

Relativ vurdering av dampspærrene

For dampspærre A (PE-folie) ble det målt relativt liten luftgjennomgang både i kombinasjon med festemiddel nr. 1 og 2. Med de to siste festemiddeltypene er luftgjennomgangen relativt stor, men dette skyldes et ugunstig forhold mellom bordiameter og stammediameter.

Dampspærre B (Isola 250 UX) oppnådde de beste måleresultater. Et unntak er her i kombinasjonen med festemiddel type nr. 1 hvor variant B1 hadde større luftgjennomgang enn variant A1 (se *fig. 4.2 e*).

For dampspærre C (Protan Takfuktsperre) ble det målt noe større luftgjennomgang enn dampspærre A og B. Årsaken til dette er ikke undersøkt spesielt, men forklaringen kan ligge i hvordan boren og skruen "graver" eller skjærer seg gjennom de forskjellige materialene. Det må heller ikke glemmes at det i disse undersøkelsene bare er foretatt én måling pr. variant.

De største luftgjennomgangene ble målt for dampspærre D (Fjeldhammer Hygrodiode), både totalt og relativt mellom "situasjon 1" og "situasjon 2".

5.3 Luftgjennomgang etter "feil" montasje av festemidler

Forsøkene viser at feil har stor betydning for en dampspærres lufttetthet. For kombinasjoner av dampspærre og festemiddel økte luftgjennomgangen *svært mye* etter at to festemidler var montert feil.

5.4 Luftgjennomgang i PE-folie med løse omleggskjøter

Forsøkene viste relativt høy luftgjennomgang i omleggskjøtene og det var ingen entydig sammenheng mellom omleggsbredde og luftgjennomgang. Omleggskjøter uten klemming gir m.a.o. en relativt tilfeldig lufttetting.

6. Oppsummering/ konklusjon

Som nevnt foran, er det vanskelig å trekke en klar konklusjon om materialkombinasjonene ut fra de målingene som er gjort.

Målingene viser imidlertid at forholdet mellom bordiameter og festemiddelets stammediameter er viktig. De laveste lekkasjene ble målt med selvborende skrue (type nr. 1) og med festemidler for betong hvor festemidlets stammediameter er større enn diameteren på boret (type nr. 2).

Luftgjennomgang forårsaket av "feilmontasjer" er betydelig større enn lekkasjene forårsaket av normalt monterte festemidler. Ut fra dette antas at små variasjoner i montageutførelse (f.eks. bor eller skrue som sklir) kan gi store luftlekkasjer. For å oppnå lufttette dampsperrsjikt, er det derfor viktig å bruke løsninger som hindrer at bor eller skruer kan skli på underlaget. Feilmonterte festemidler må ikke fjernes.

7. Forslag til prøvemethode

Prosjektet har vist at denne prøvemethoden er egnet for vurdering av luftgjennomgang i dampsperrer og andre typer sperresjikt som er punktert av mekaniske festemidler.

Følgende anbefales:

- Apparaturen og instrumenteringen brukes uten endringer.
- Luftgjennomgangen måles før og etter punktering med mekaniske festemidler.
- Det monteres seks festemidler i hver prøve, og antall parallelle prøver bør minst være tre. Ved stor spredning i måleresultatene økes antall paralleller til fem. Enkeltresultater underkjennes hvis det under demonteringen oppdages at montasjen har påført dampsperran urimelige skader.
- Luftgjennomgangen måles ved 50 Pa undertrykk i kassen, alternativt også ved 10 og 400 Pa. Før måling belastes prøven tre ganger til 500 Pa.
- Luftgjennomgangen oppgis pr. punktering ut fra gjennomsnittet av alle godkjente målinger ved 50 Pa trykkforskjell. Hvor stor del av denne som skyldes dampsperran og innspenningen i måleapparatet (egenlekkasjer), oppgis som en prosentandel.

$$Q_p = Q_2 / n \quad [l/h]$$

$$\text{andel egenlekkasjer} = Q_1 / Q_2 \cdot 100 \quad [\%]$$

Q_p = luftgjennomgang pr. punktering (inkl. egenlekkasjer)

Q_1 = luftgjennomgang før punktering (gjennomsnitt)

Q_2 = luftgjennomgang med n punkteringer (gjennomsnitt)

n = antall punkteringer (seks stykker)

8. Forslag til grenseverdier for tillatt luftgjennomgang

Gjeldende byggeforskrift angir tetthetskrav for hele bygningen. Absolutte grenser for luftlekkasjer i et tettesjikt, f.eks. i en dampsperre, fins ikke, men forskriften krever at tettesjikt, tilslutninger og fuger skal være så tette at det ikke oppstår sjenerende trekk eller nedfukning.

Byggforskserien (byggdetaljer A 573.121 "Tette-materialer. Materialer til luft og dampetting") anbefaler at luftgjennomgangen i dampsperr materialet ikke er større enn $0,002 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{Pa}$. Dette kan omregnes til $100 \text{ l/m}^2 \cdot \text{h}$ ved 50 Pa trykkforskjell.

Hvis en antar at seks festemidler er et ytterpunkt med hensyn til antall pr. m^2 , er de målte lekkasjene for festemiddel 1, 2 og 3 betydelig lavere enn maksimumsgrensen i Byggforskserien. Av måleresultatene ser en at dampsperran ikke tåler mange "feilmontasjer" eller løse omleggskjøter før denne grensen overstiges.

Vi vil foreløpig ikke foreslå noe krav til lufttetthet for dampsperrer punktert av mekaniske festemidler. Dette vil eventuelt bli gjort i et planlagt TPF-informerer (informasjonsblad for Takprodusentenes Forskningsgruppe). Det er i vedleggene avmerket en sammenligningskurve som tilsvarer ca. $1/4$ av maksimumsgrensen i Byggforskserien. Hvis et eventuelt spesifisert lekkasjekrav blir i denne størrelsesorden, vurderes dette som fullt oppnåelig ut fra de lekkasjemålingene som her er gjort.

Et eventuelt krav om lufttetthet må også vurderes i forhold til:

- Skjøteteknikk
- Utførelse. Hvordan kan en sikre at feilmontasjer osv. ikke ødelegger hele dampsperran? Kan det stilles krav til kvalitetssikring? Hvordan kan det gjennomføres en kontroll på byggeplass?
- Mekanisk styrke. Kan dampsperran bli ødelagt under montering?
- Bruksområde (takkonstruksjon, inneklime o.l.)

Forklaring til VEDLEGG 1 – 13

Vedleggene viser to utgaver av samme diagram.

Nedre diagram har vertikalakse med skala fra 0 til 1000 l/h . Øvre diagram er et forstørret utsnitt av nedre diagram (skala $0 - 100 \text{ l/h}$).

I hvert diagram er vist tre kurver. Kurvene er tilpasningskurver ut fra enkeltmålinger. Enkeltmålingene er markert med punkter i diagrammet. Nederste kurve er generelt resultatene av målinger i "situasjon 1" (egenlekkasjer). Neste kurve er måleresultater i "situasjon 2" (med seks mekaniske festemidler) og øverste kurve i "situasjon 3" (seks mekaniske festemidler + to "feil").

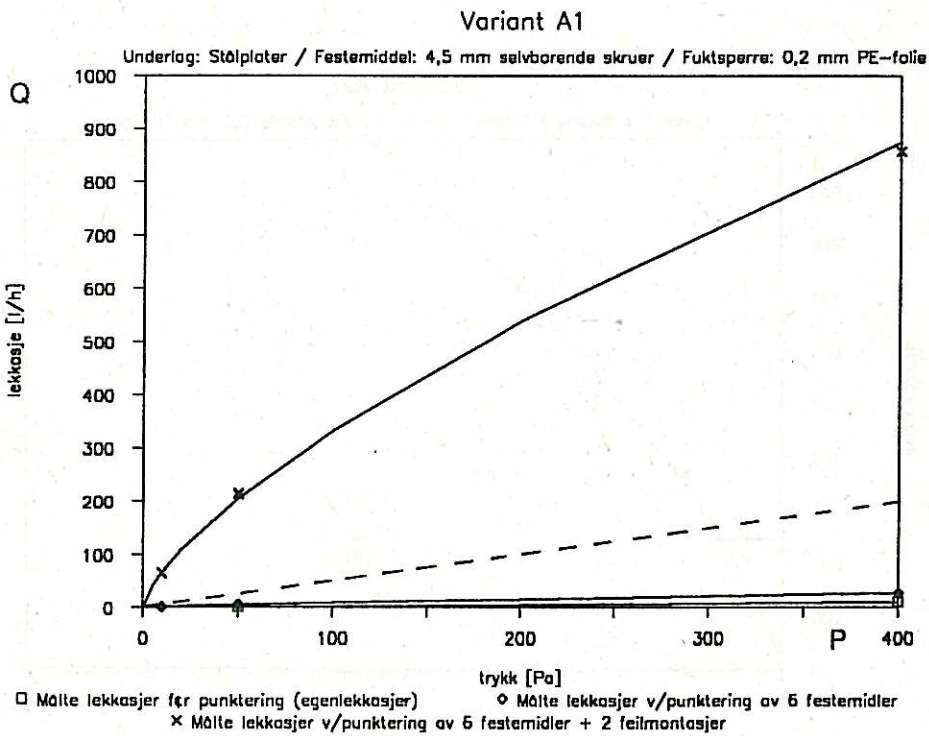
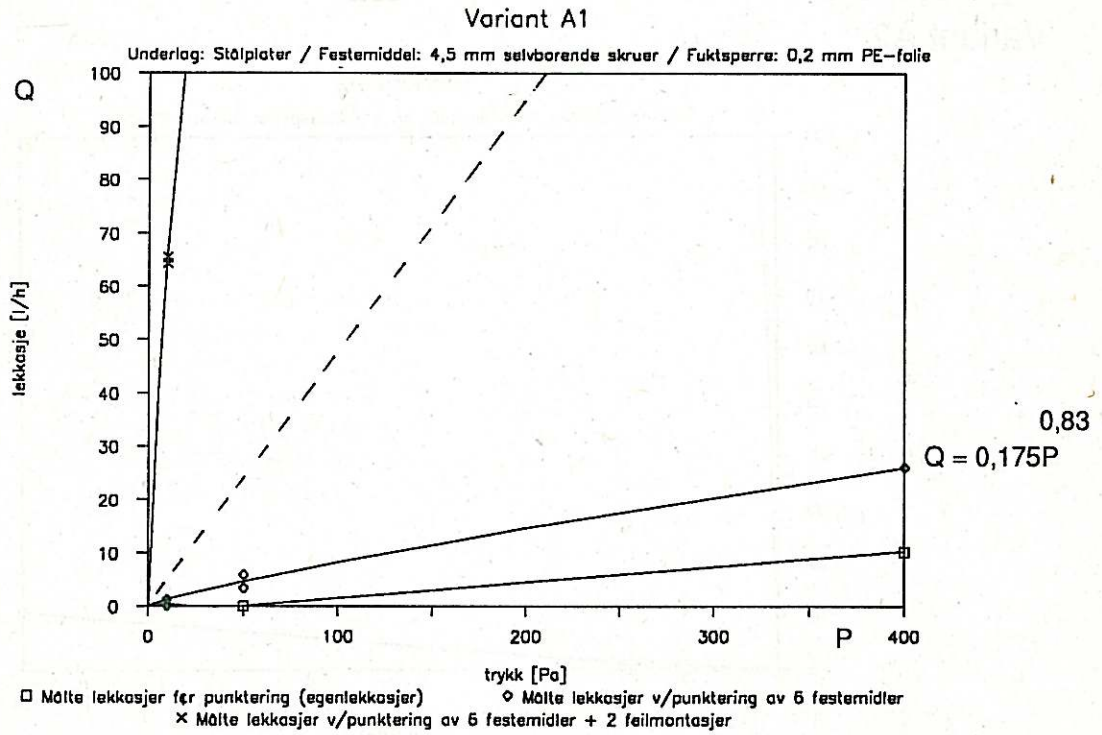
Kurvene er krumme tilpasningskurver med formen:
 $Q = a \cdot P^b$.

For "situasjon 2", dvs. den midtre kurven, er påført verdiene for a og b .

Stiplet linje, inntegnet i diagrammene, er en sammenligningskurve (luftgjennomgang 25 l/h ved 50 Pa som tilsvarer $1/4$ av lekkasjegrensen anbefalt i Byggforskserien).

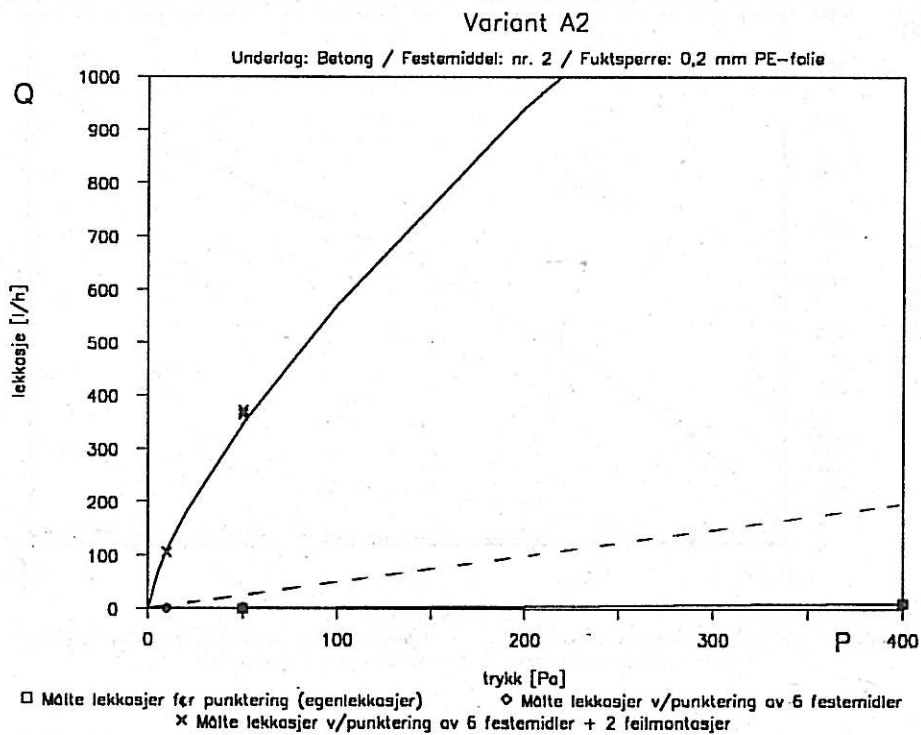
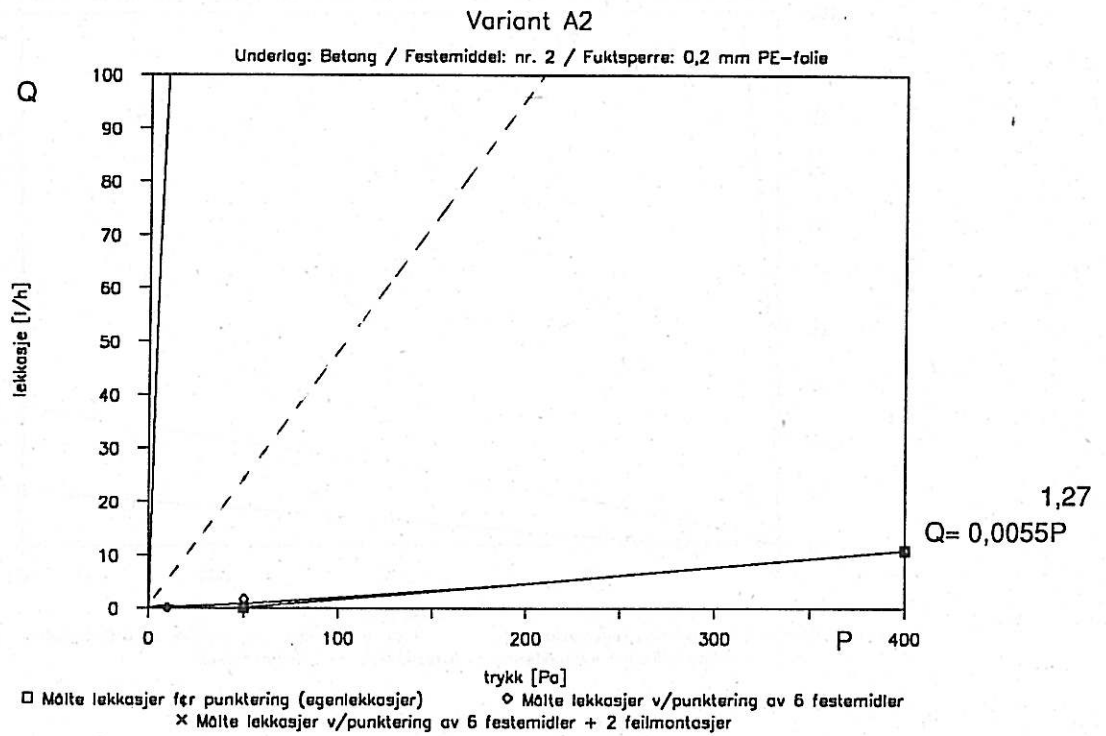
Vedlegg 1

Måleresultater Variant A1

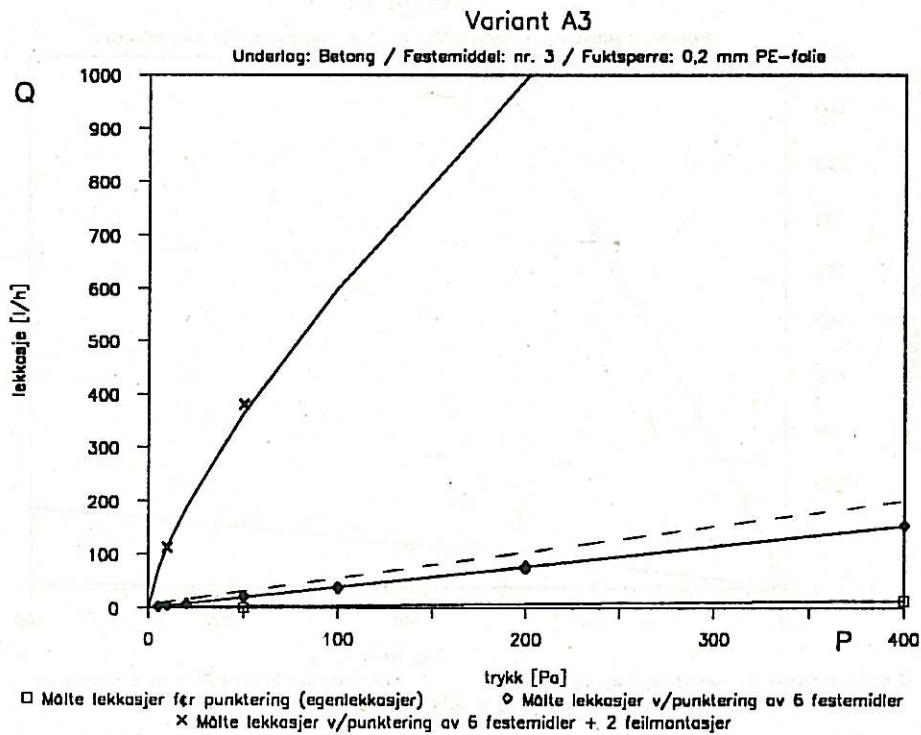
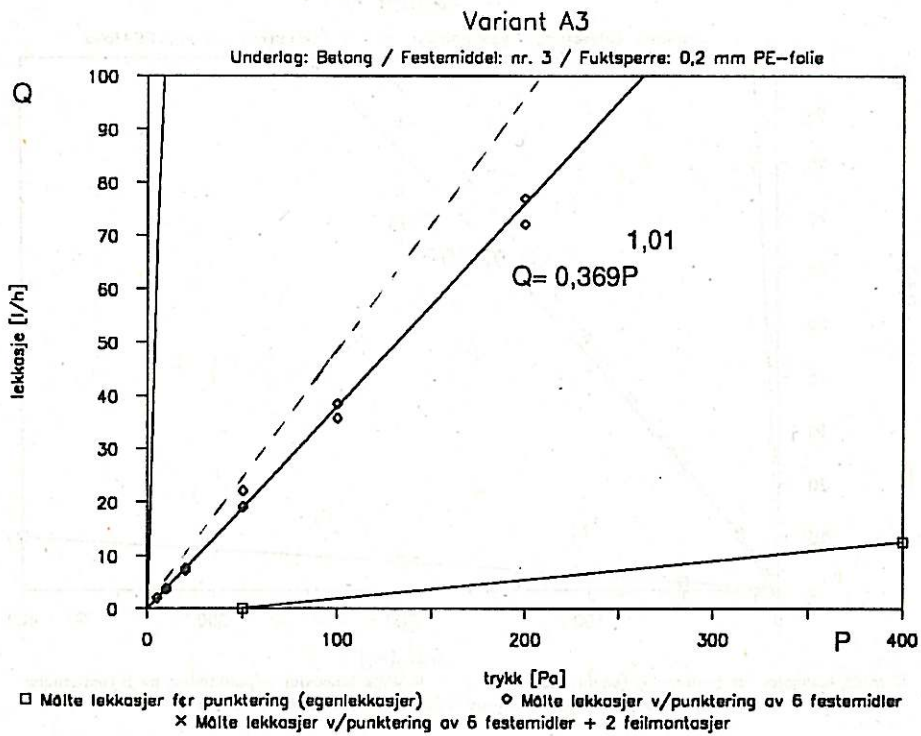


Vedlegg 2

Måleresultater Variant A2

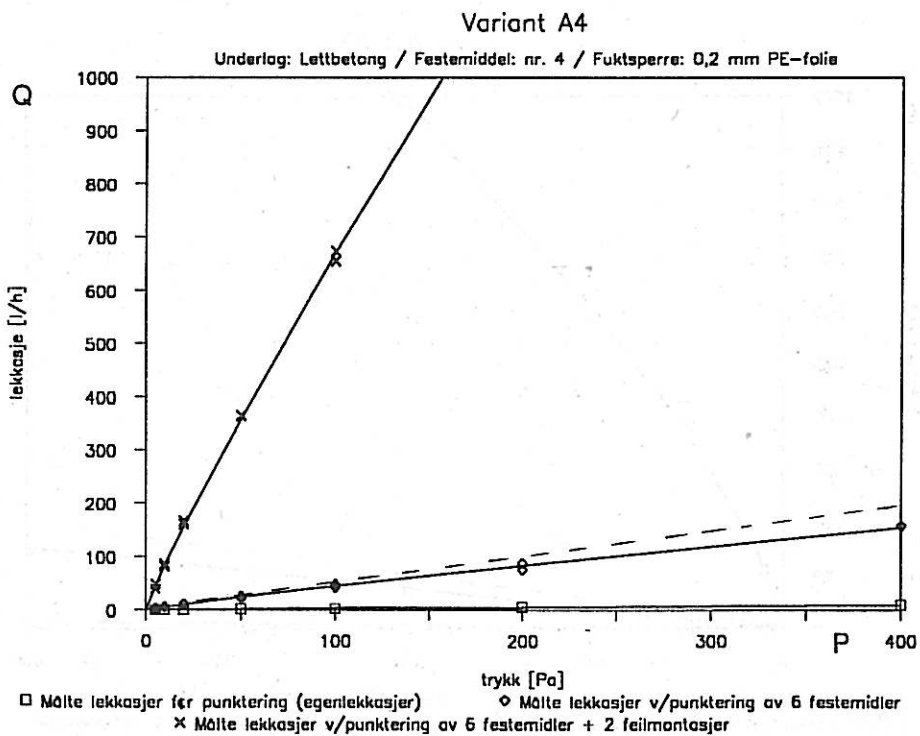
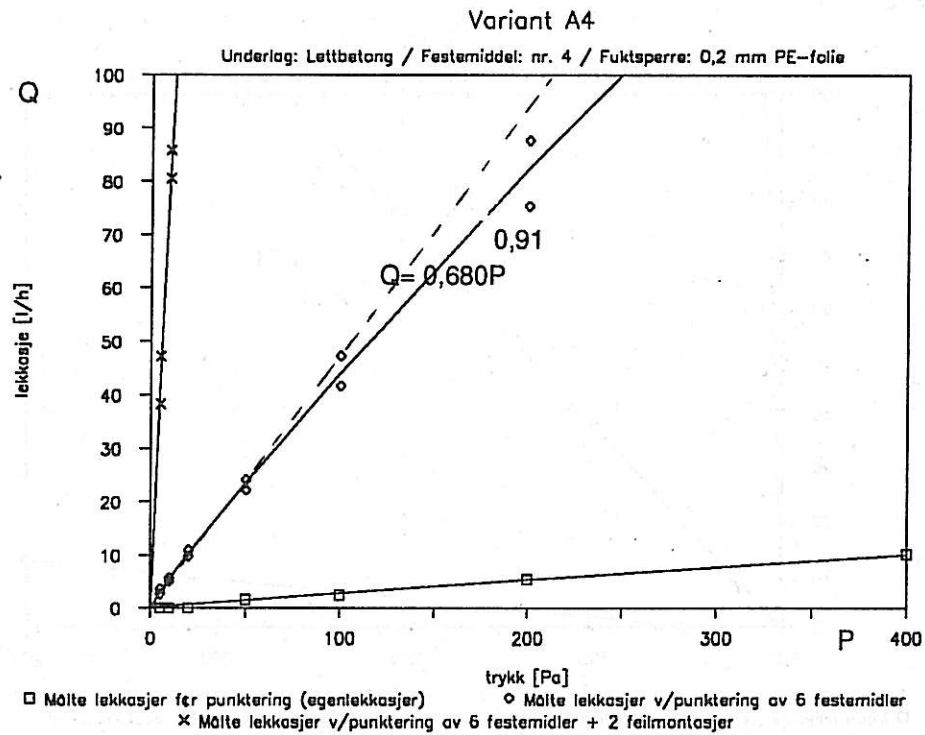


Måleresultater Variant A3

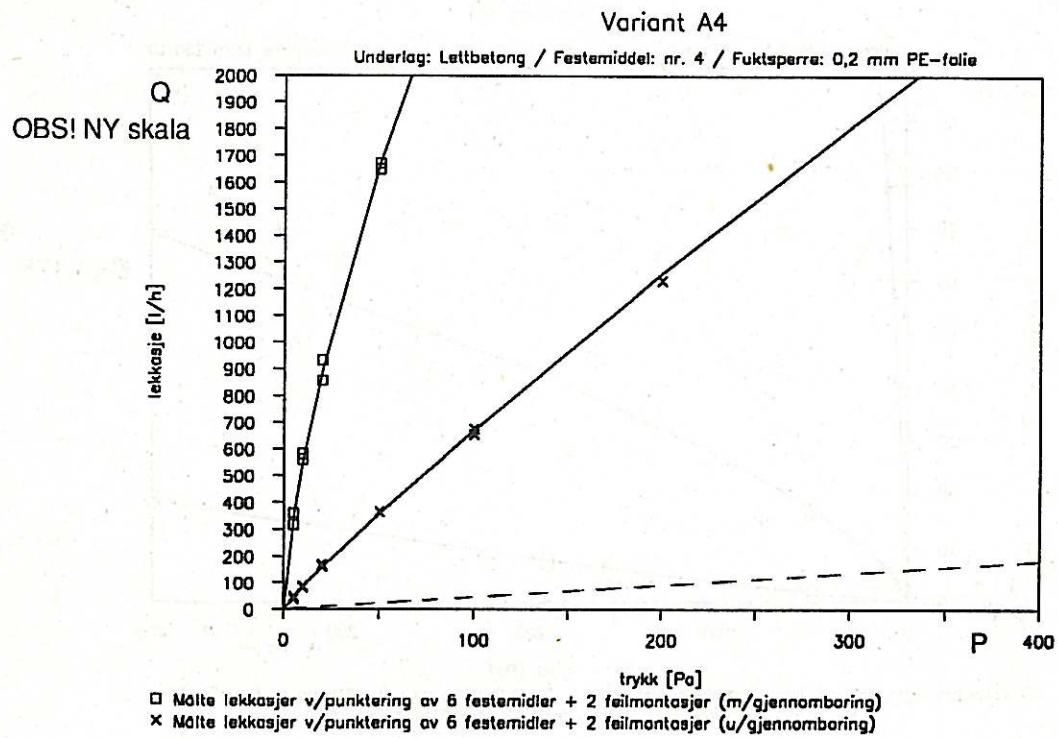


Vedlegg 4 a

Måleresultater Variant A4

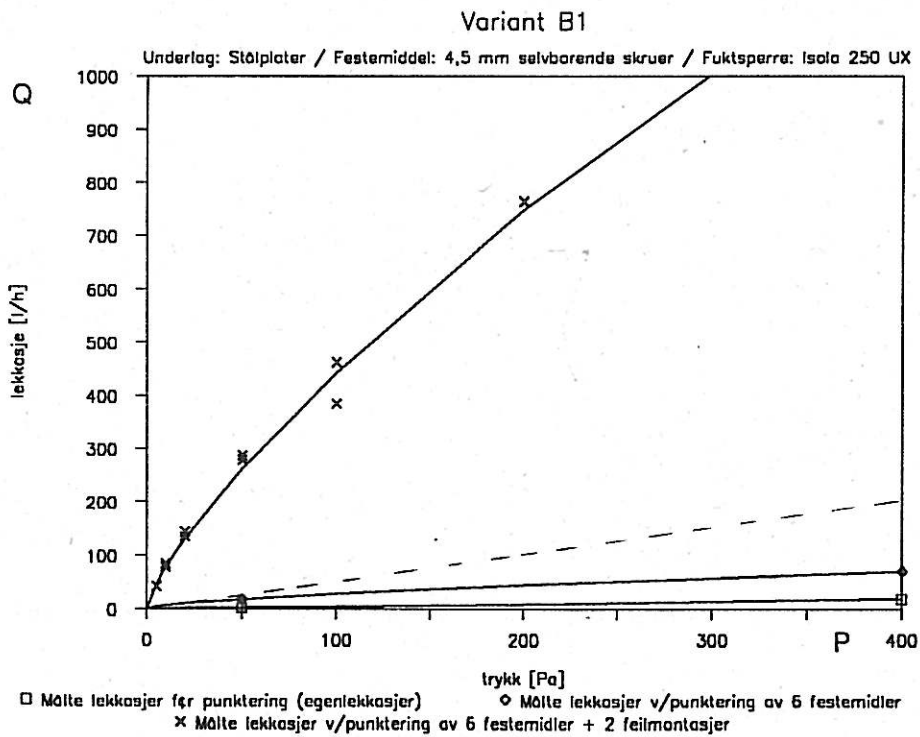
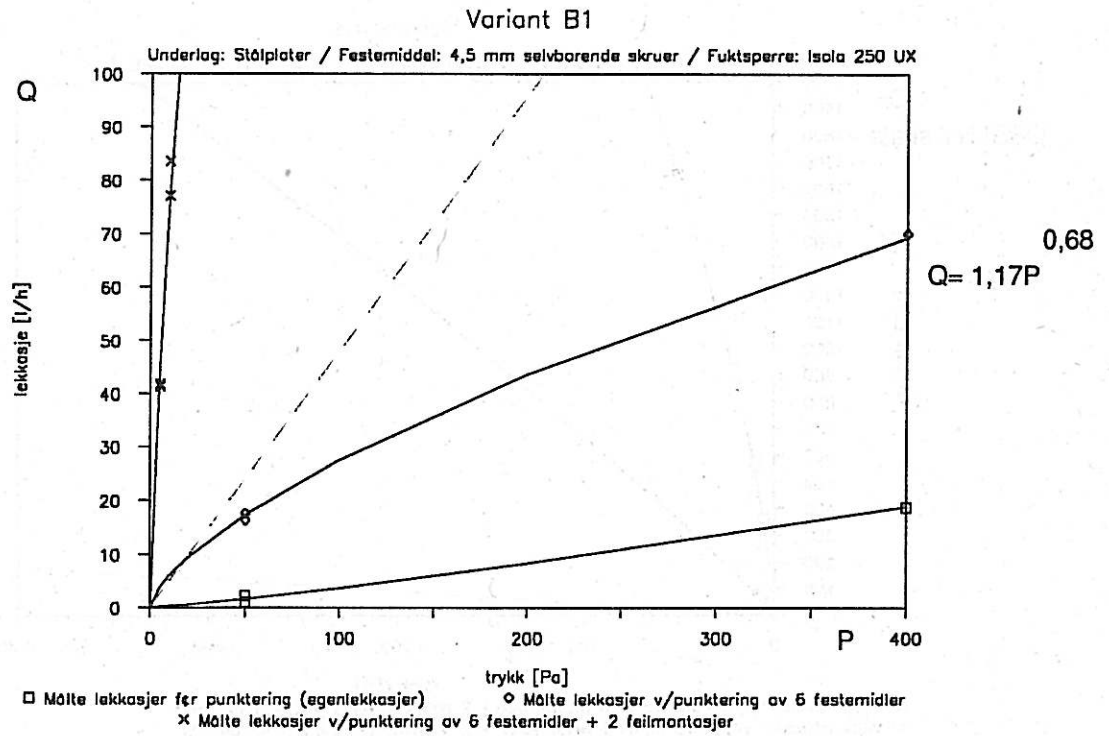


Måleresultater Variant A4

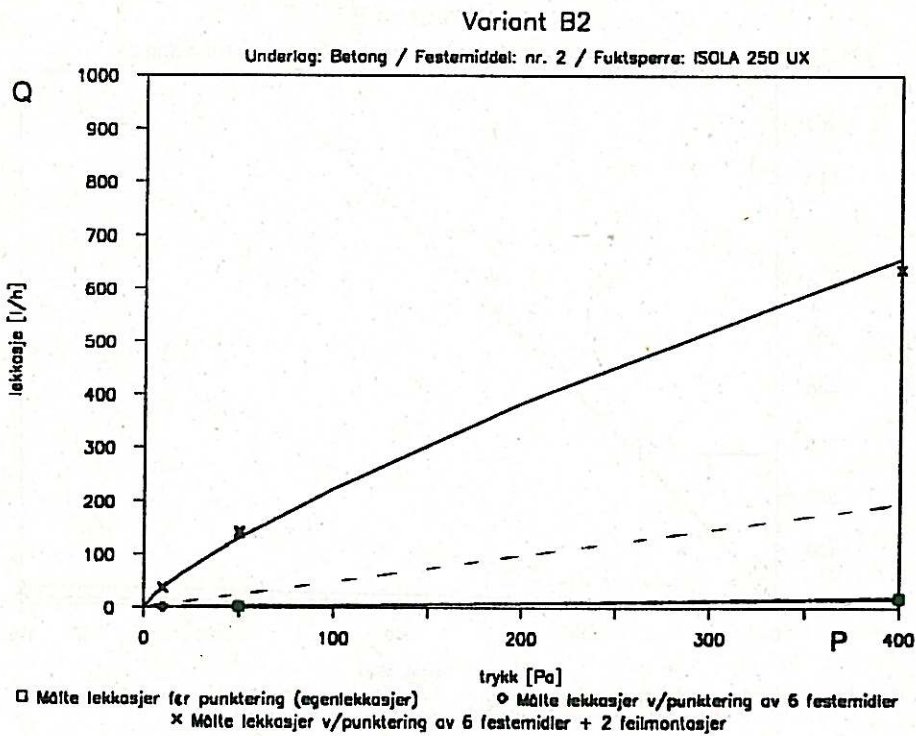
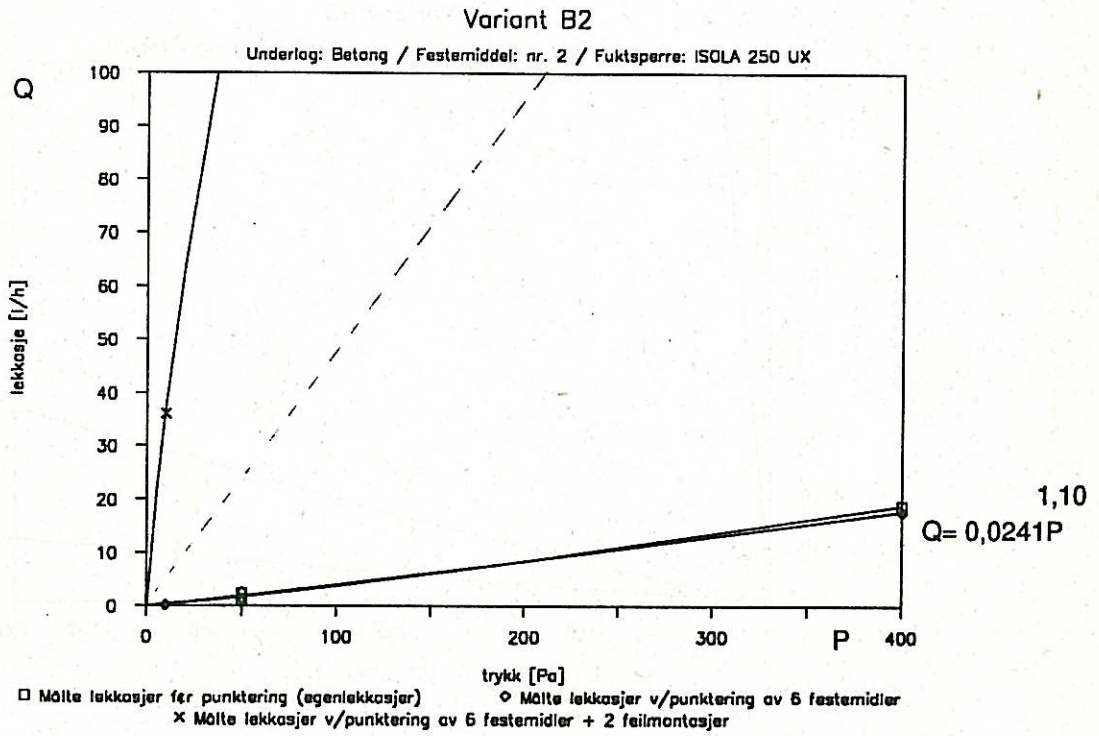


Vedlegg 5

Måleresultater Variant B1

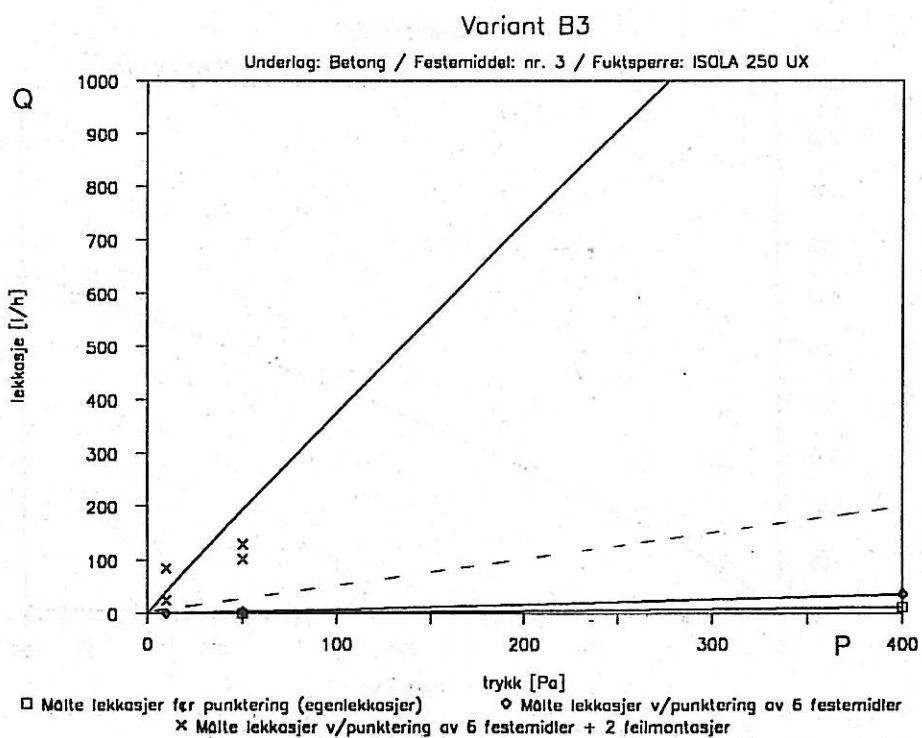
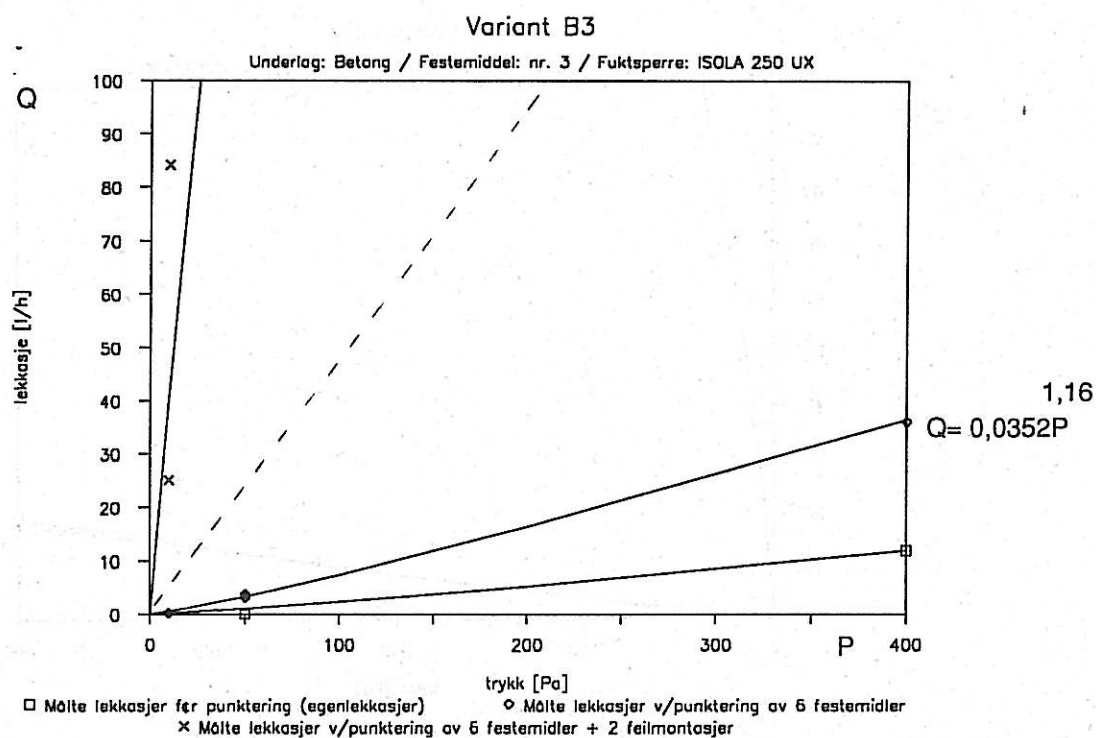


Måleresultater Variant B2

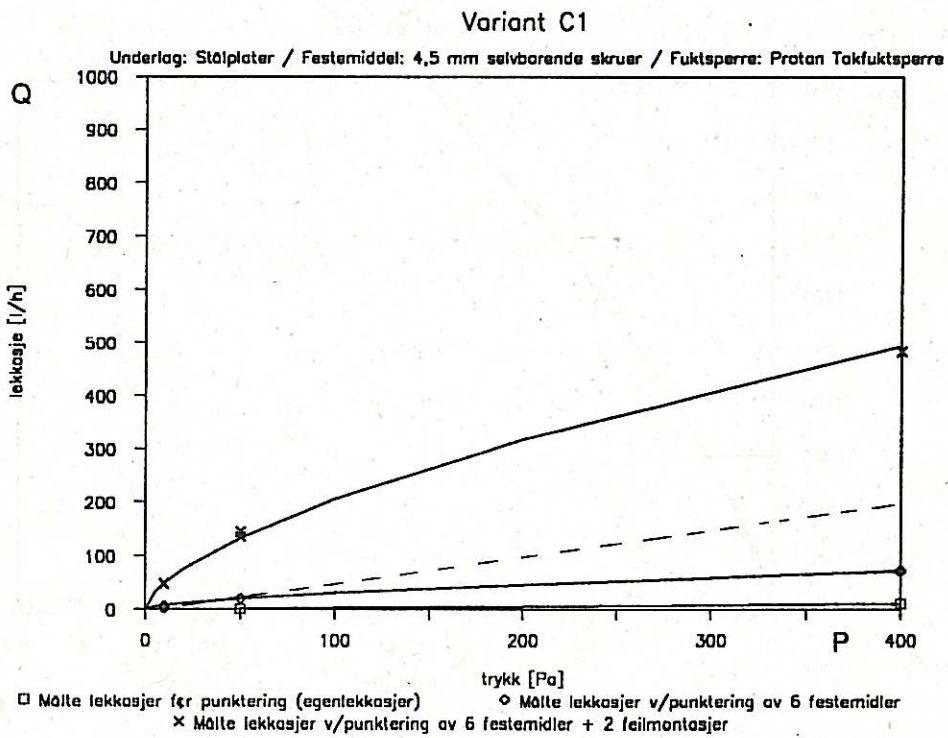
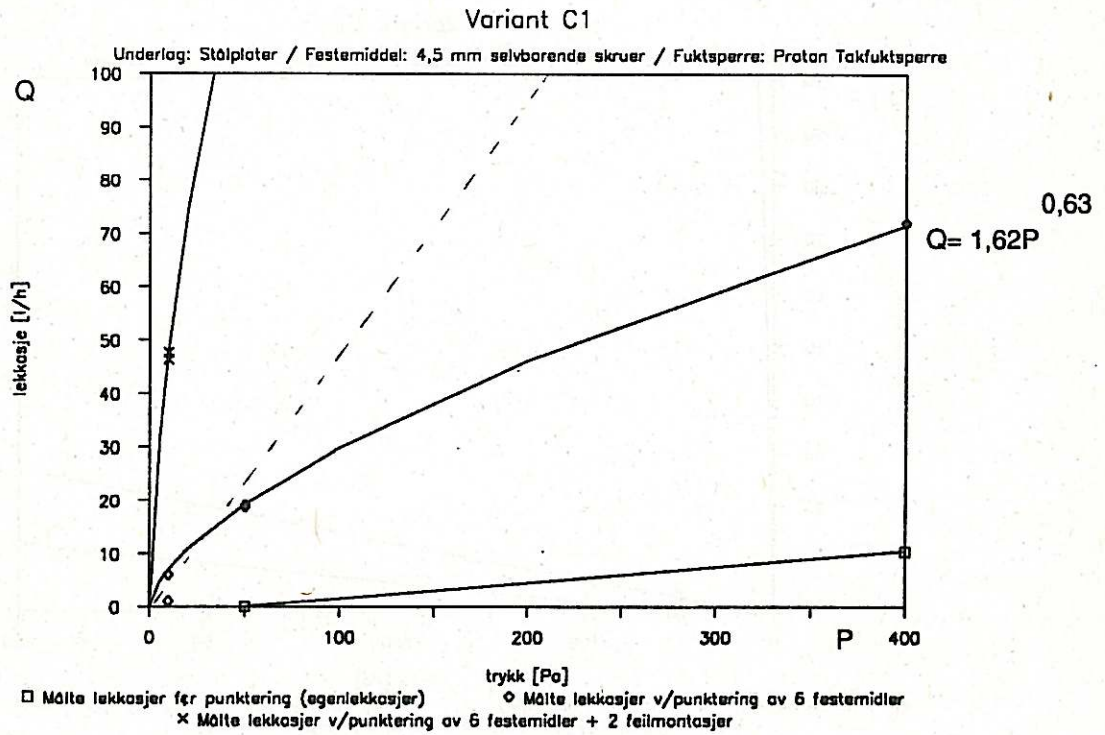


Vedlegg 7

Måleresultater Variant B3

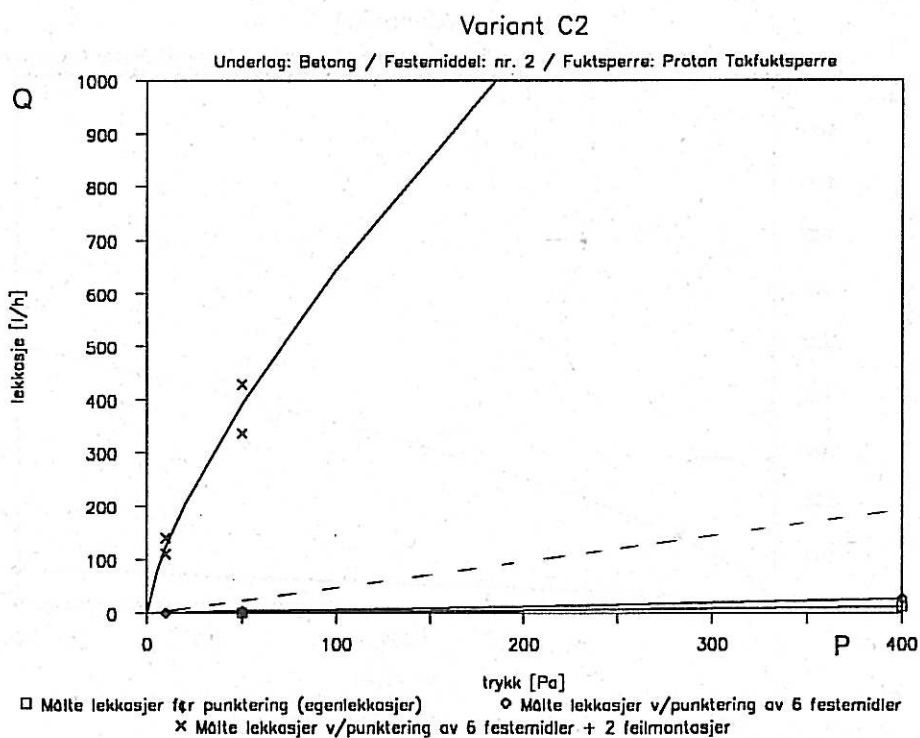
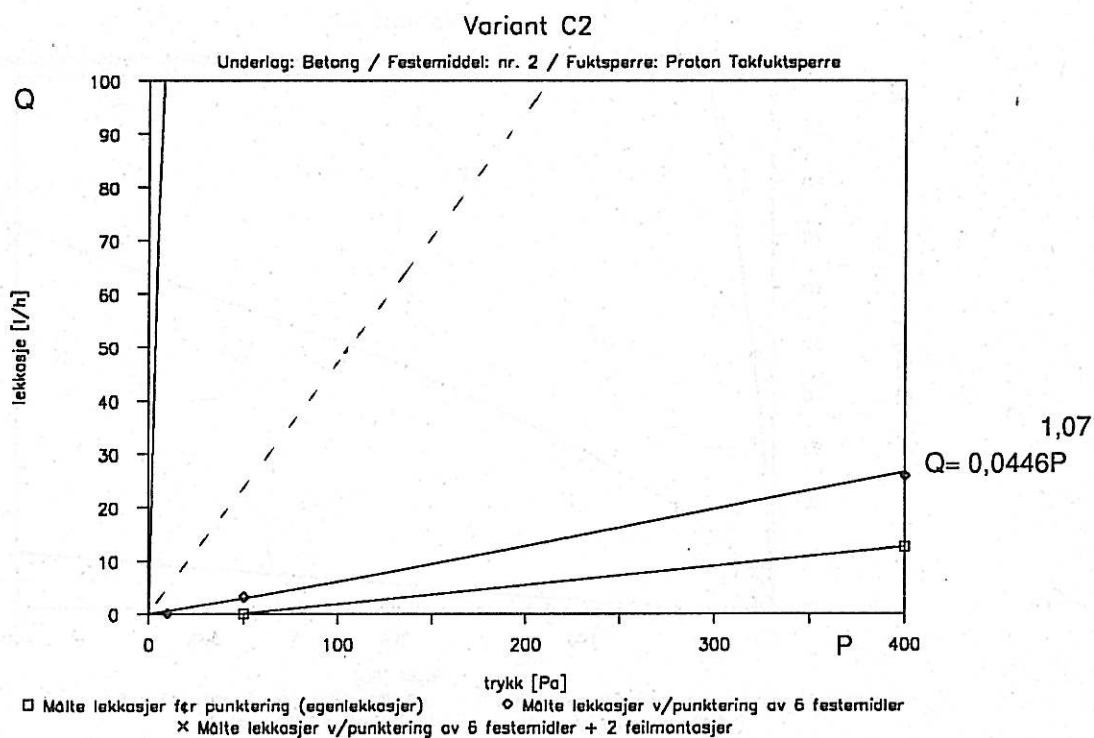


Måleresultater Variant C1

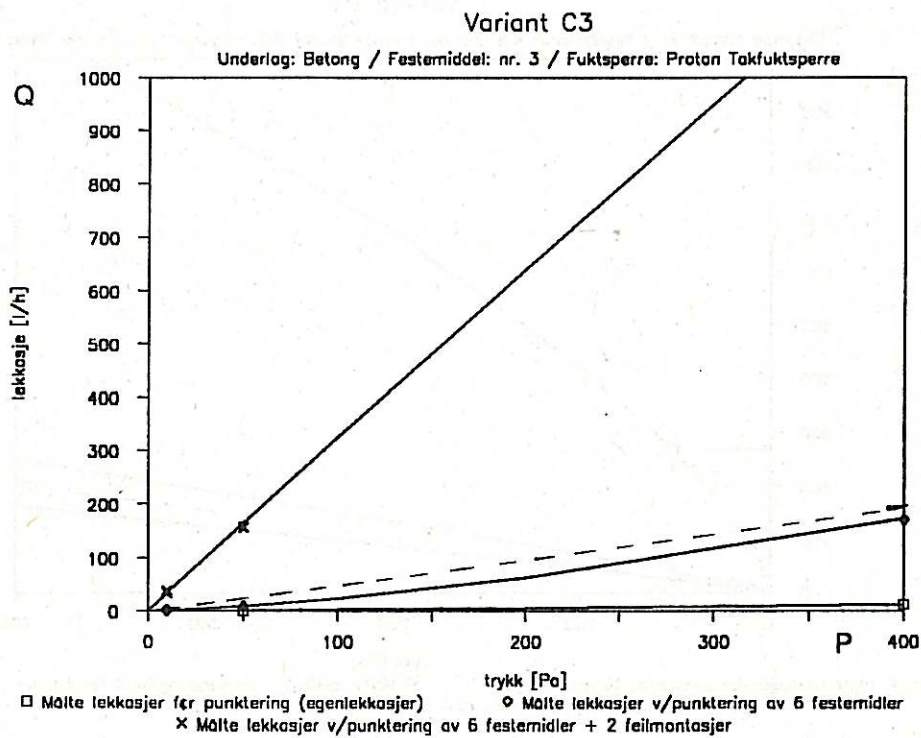
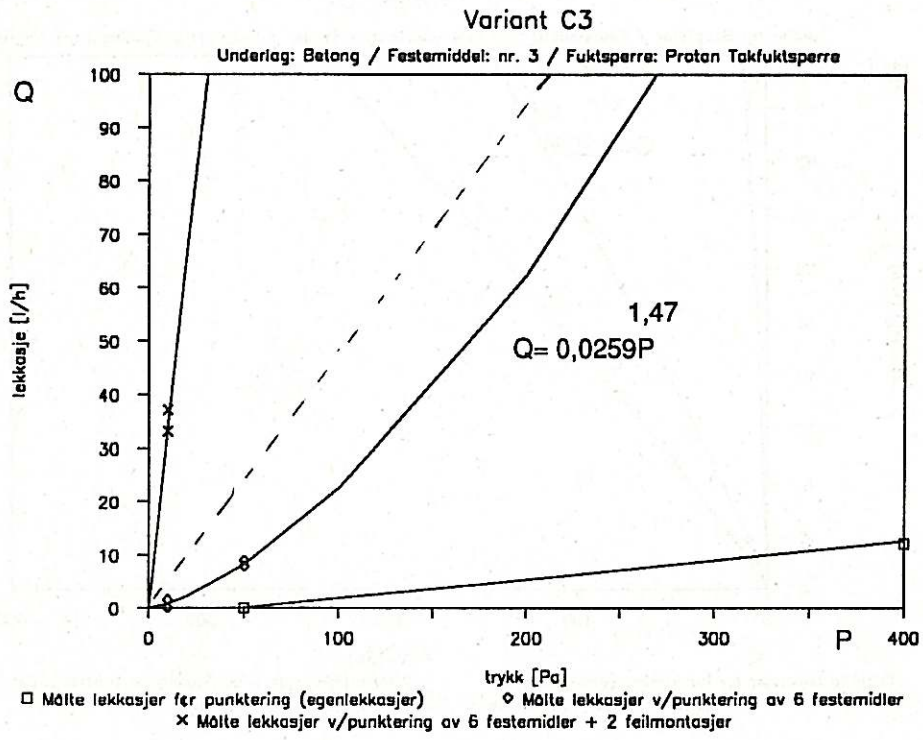


Vedlegg 9

Måleresultater Variant C2

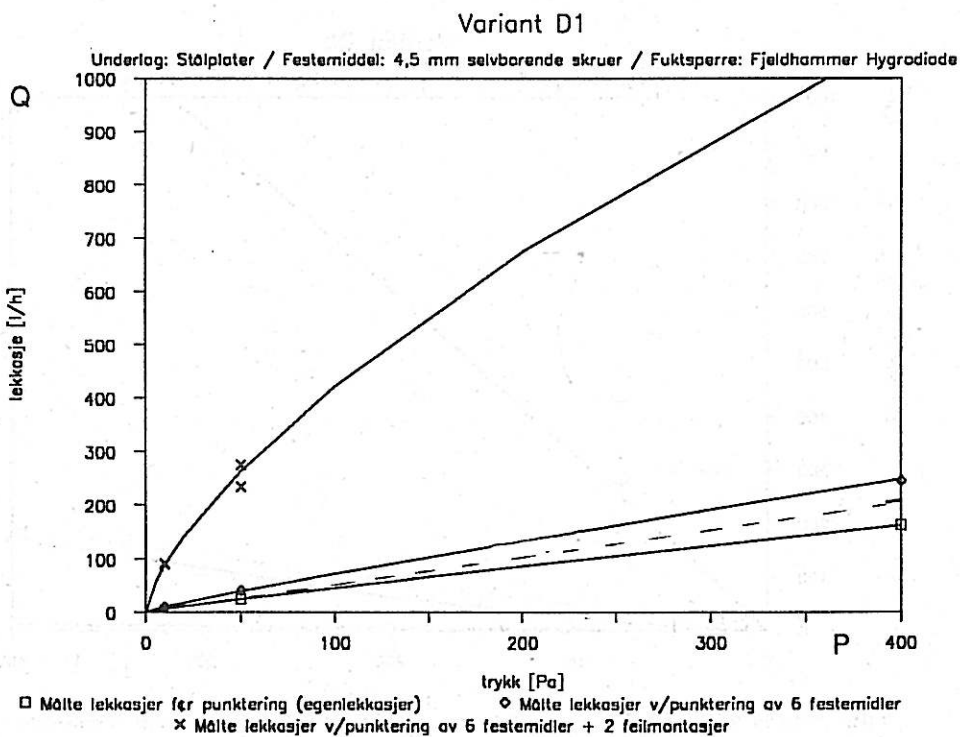
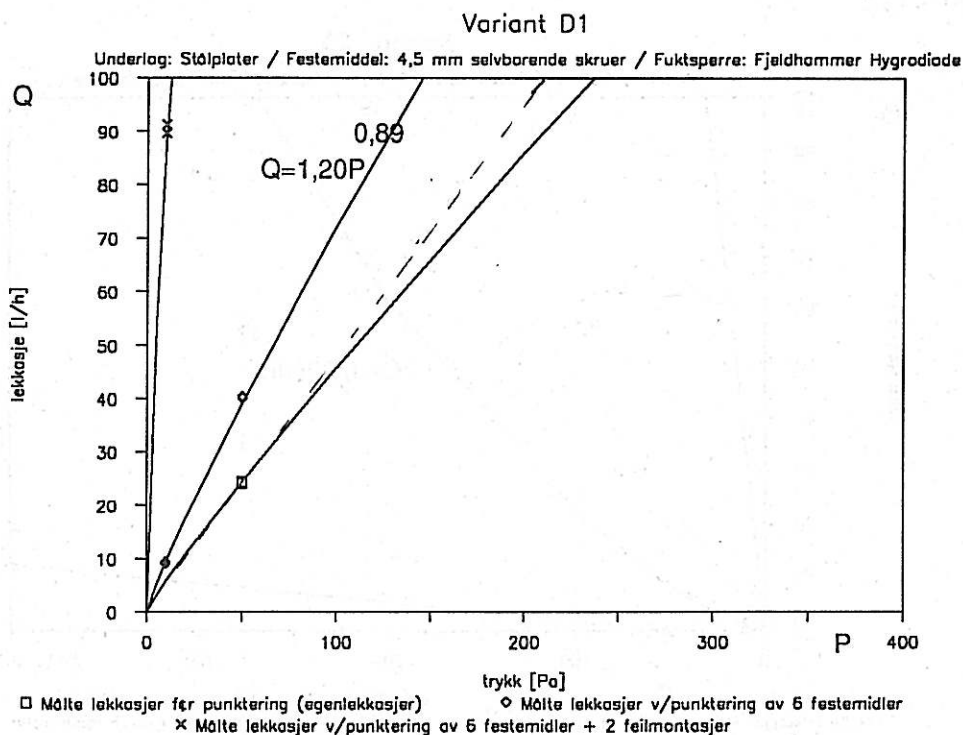


Måleresultater Variant C3

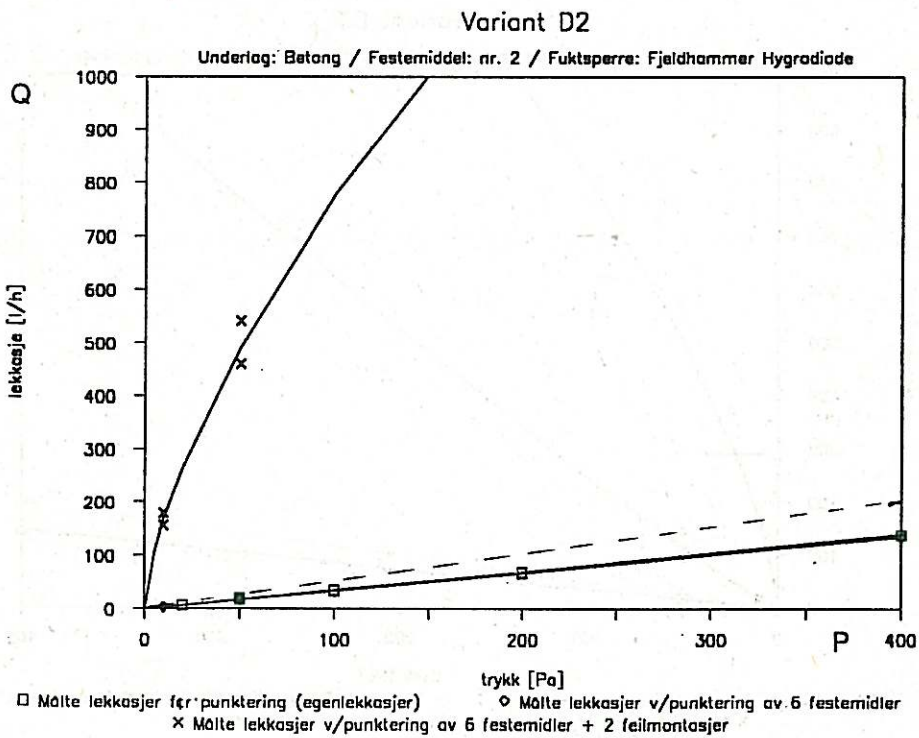
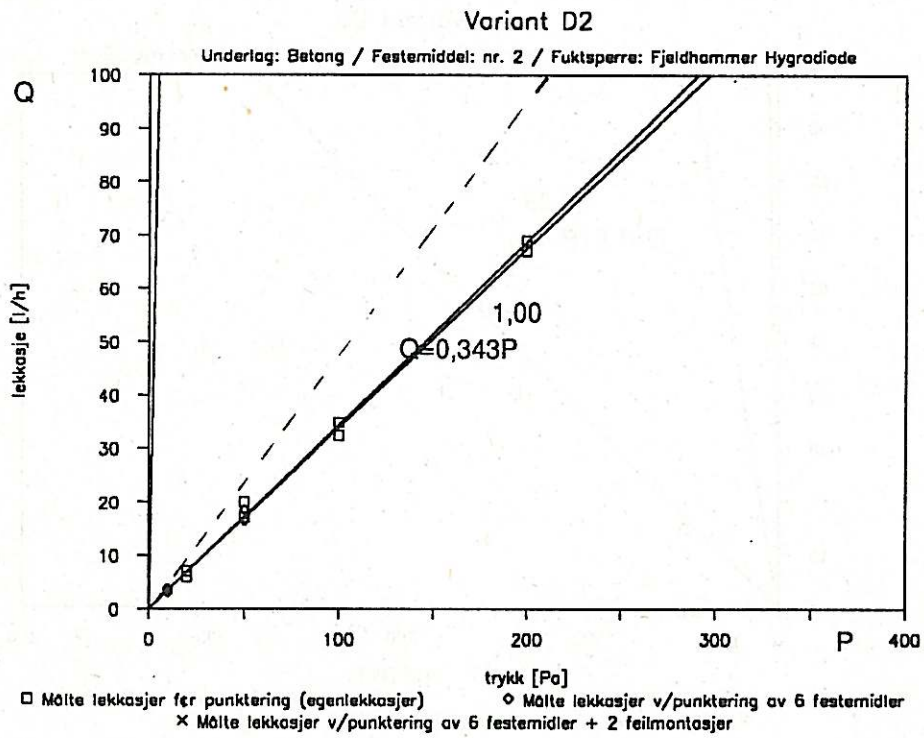


Vedlegg 11

Måleresultater Variant D1

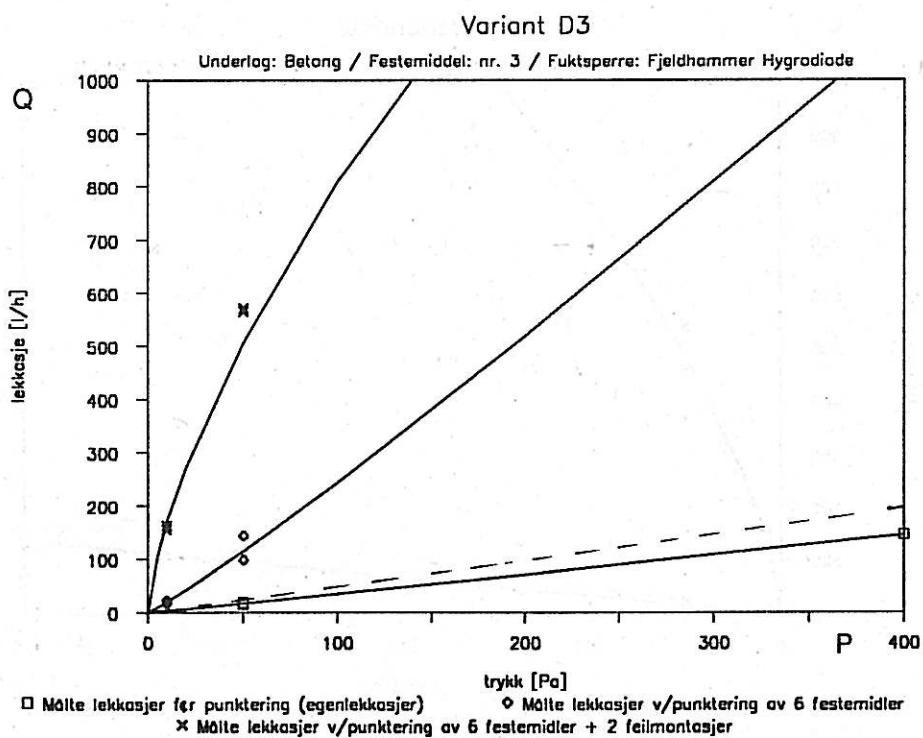
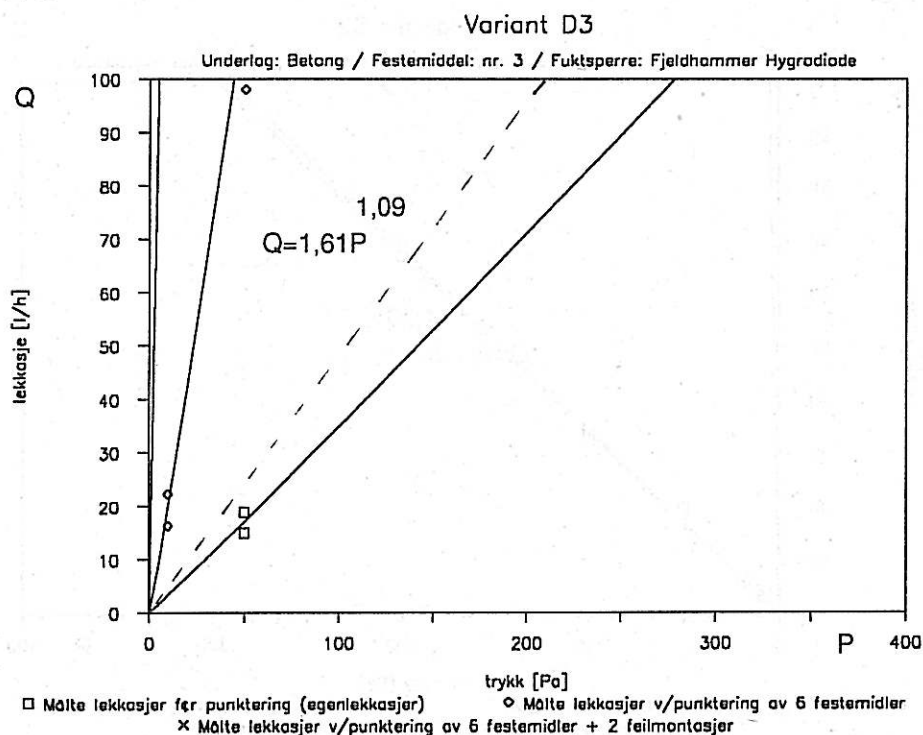


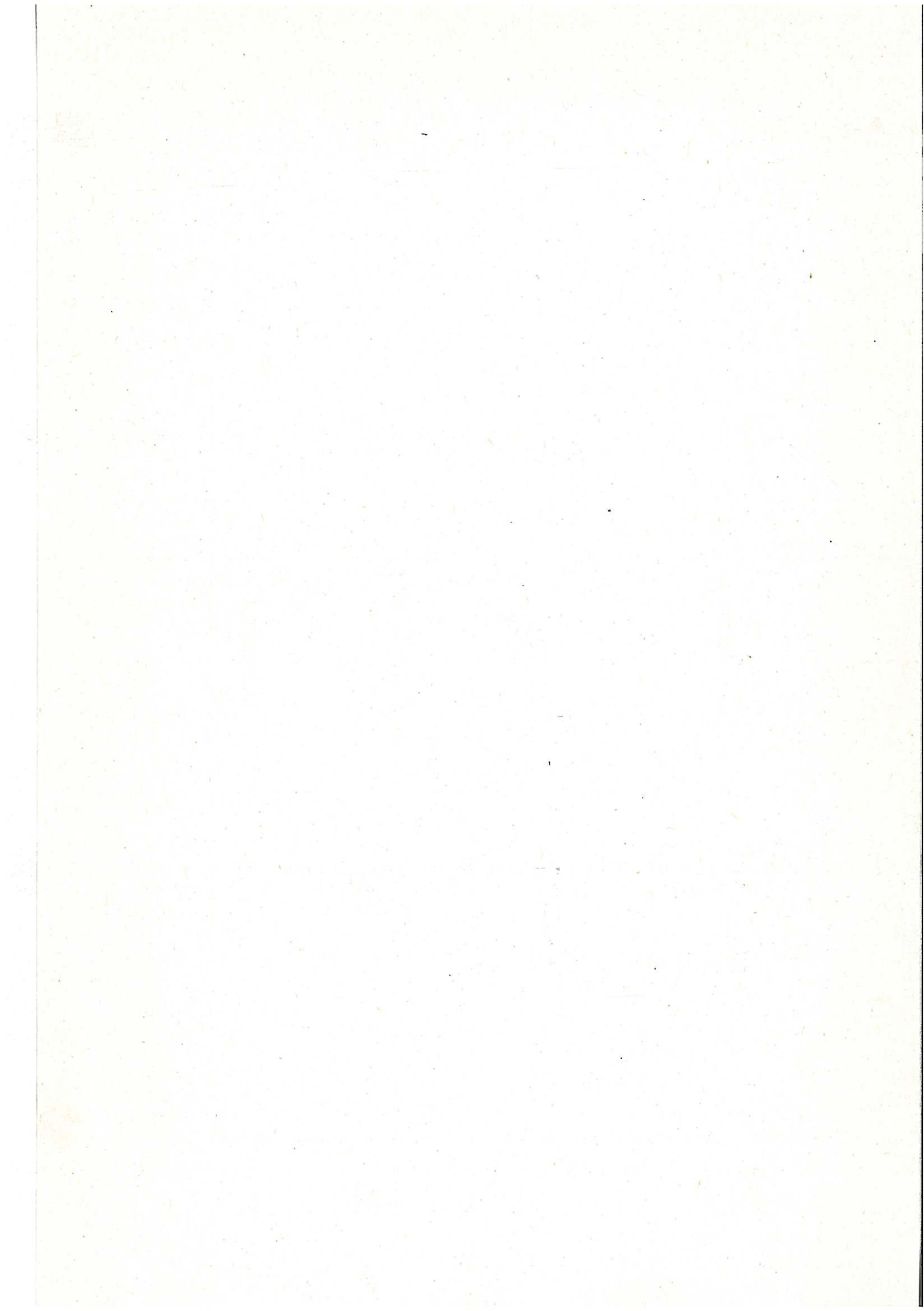
Måleresultater Variant D2

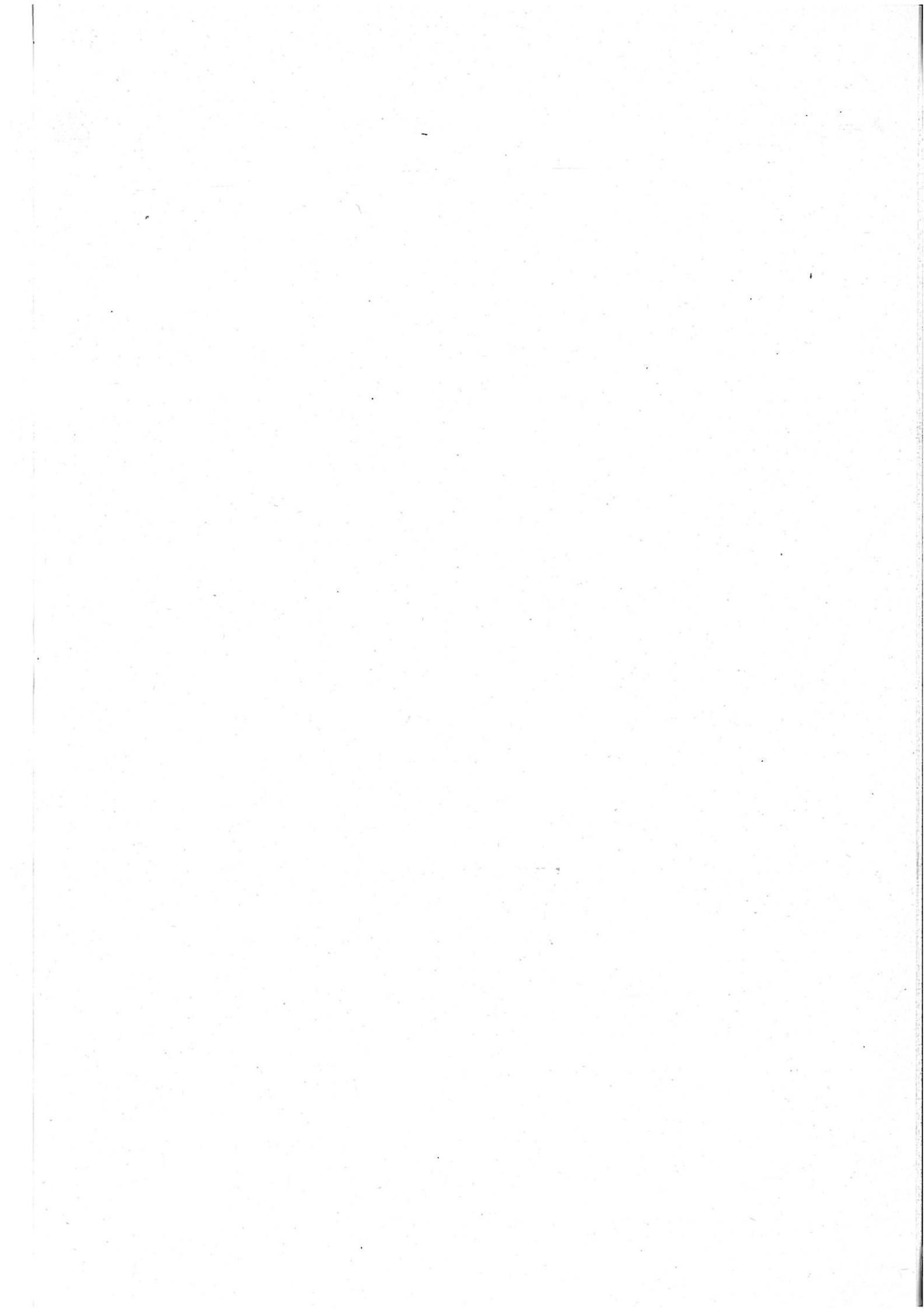


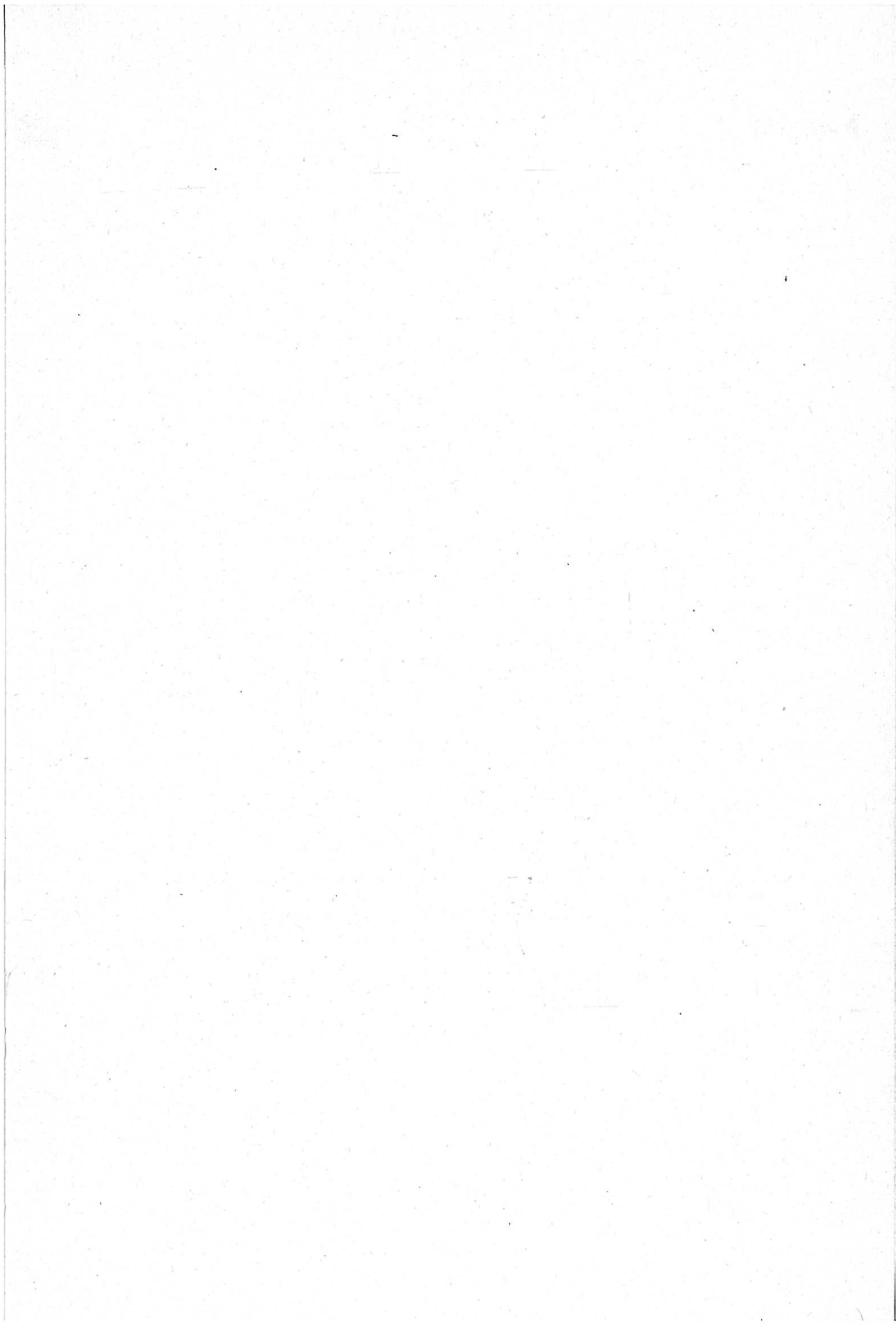
Vedlegg 13

Måleresultater Variant D3









ulce 51