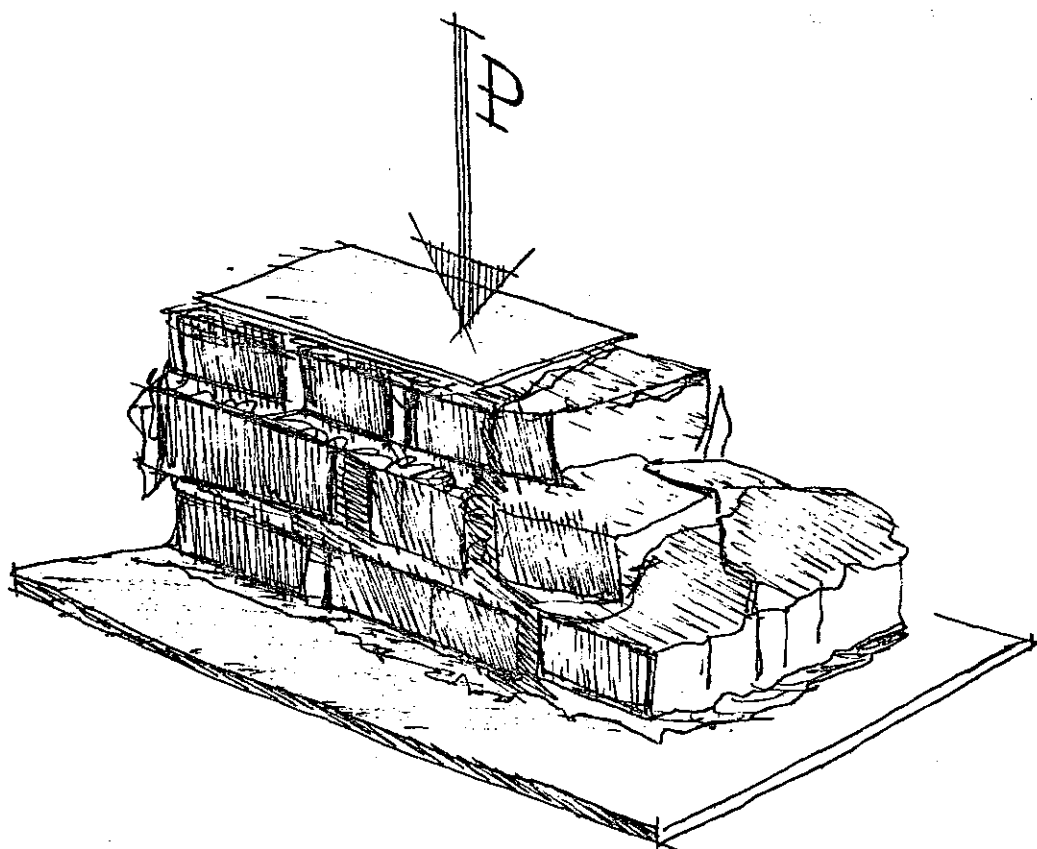


DANMARKS INGENIØRAKADEMI
BYGNINGSAFDELINGEN
HUSBYGNING
LYNGBY

KUNSTAKADEMIETS ARKITEKTSKOLE
INSTITUTTET FOR BYGGETEKNIK
TORDENSKJOLDSGADE
KØBENHAVN K



FORELØBIG RAPPORT OVER DELPROJEKT NR.1: MURVÆRK

STYRKE- OG DEFORMATIONSMALINGER AF BYGNINGS-
MATERIALER OG -KONSTRUKTIONER I ETAGEBYGGE-
RIET FRA PERIODEN CA. 1850-1900.

HB/L-10.1

AUGUST 1977

BENT-ERIK CARLSEN & JESPER ENGELMARK

I N D H O L D S F O R T E G N E L S E

1. Indledning.....	side 2
2. Målsætning.....	" 2
3. Forsøgsplanlægningen.....	" 3
3.1 Omfanget.....	" 3
3.2 Prøveemnerne.....	" 3
3.3 Prøvestedet.....	" 3
4. Stenprøver.....	" 3
4.1 Udtagning.....	" 3
4.2 Opmåling.....	" 3
4.3 Vejning.....	" 3
4.4 Minutsugningen.....	" 4
4.5 Trykstyrke.....	" 4
4.6 Elasticitetskoefficient.....	" 4
4.7 Diverse registreringer.....	" 4
4.8 Resultater.....	" 4
5. Mørtelprøver.....	" 4
5.1 Omfang.....	" 4
5.2 Resultater.....	" 4
5.3 Kommentarer.....	" 4
6. Blokprøver.....	" 5
6.1 Udtagning.....	" 5
6.2 Opmåling.....	" 5
6.3 Trykstyrken.....	" 5
6.4 Elasticitetskoefficienten.....	" 6
6.5 Iagttagelser.....	" 6
7. Erfaringer.....	" 6
7.1 Tidsforbruget.....	" 6

1. INDLEDNING

Nærværende rapport indeholder en del af resultaterne fra en række pilotforsøg med murværk fra ejendommen Ryesgade 71, København N. Når der er tale om en foreløbig rapport, hvor man endnu mangler en del af analyserne, skyldes det ønsket om at kunne anvende det foreliggende materiale som dokumentation og bilag til en ansøgning om økonomisk støtte.

I denne forbindelse er det vigtigere, at pilotforsøgene har givet et grundlag for vurdering af tidsforbruget, end at der foreligger en i detaljer gennemarbejdet, teknisk analyse. Denne vil blive udarbejdet så snart de sidste materialeprøver i pilotforsøgene er udført.

2. MÅLSÆTNING

Projektets formål er at erhverve kendskab til den byggetekniske kvalitet af murværk i københavnske etageejendomme, der er opført i perioden ca. 1850-1900.

Denne viden skal anvendes af fx rådgivende ingeniører i deres arbejde med sanerings- og renoveringsopgaver, der kræver konstruktionsændringer med tilhørende statiske beregninger. Denne opgavetype vil blive mere og mere aktuell i de kommende år, idet vi indenfor en nær fremtid er færdige med at totalsanere karréer og må koncentrere os om en bevaring af bygningsmassen.

Da de moderne krav til lejlighedernes størrelse og indretning ikke tilfredsstilles af de gamle lejlighedsplaner, vil vi i stigende grad blive nødt til at foretage konstruktive indgreb.

Herudover kan man have interesse i at kende fx styrken af mursten ved byggerier, hvor man anvender gamle sten. Vi må nemlig påregne et stigende genbrug indenfor byggeriet.

Projektet er den del af et mere generelt hovedprojekt til belysning af byggematerialer og konstruktioner i det københavnske etagebyggeri fra sidste halvdel af forrige århundrede. Der henvises i denne forbindelse til den generelle projektbeskrivelse af 1977-07-01.

3. FORSØGSPLANLÆGNINGEN

3.1 Omfanget

Da det primære formål med pilotforsøgene i virkeligheden har været at vurdere tidsforbruget, har man indskrænket undersøgelsen til at omfatte prøver fra gavlen og fra en indvendig trappevæg, dvs 2 x 3 blokprøver og 2 x 12 sten med tilhørende mørtelprøver.

3.2 Prøveemnerne

Udtagning af murblokkene med tre skifter er et ret tidskrævende og kompliceret arbejde, idet der ikke under arbejdet må opstå revner i emnet eller forskydning mellem de enkelte sten; - murblokken skal være intakt. Erfaringen har da også vist, at det til de videre forsøg bliver nødvendigt at konstruere et grej, der kan holde sammen på prøverne ved udtagningen og under transporten.

Udtagning af rene sten til analyse af disse involverer derimod ingen vanskeligheder, ligesom der af muremørtlen kun blive udtaget prøver til kemisk analyse.

3.3 Prøvestedet

Alle analyser og prøver er udført ved laboratoriet på DIAB, idet dog den kemiske analyse af mørtelprøverne blev foretaget på Kalk- og Teglværkslaboratoriet i Hasselager.

4. STENPRØVER

4.1 Udtagning

Der blev udtaget 2 x 12 sten fra gavlens top (stentype 1) og fra den indvendige trappevæg i stueetagen (stentype 2).

4.2 Opmåling

Opmålingen af stenene blev foretaget efter retningslinierne i DS 413, idet laboratoriet dog endnu ikke råder over det heri beskrevne standard-opmålingsapparat.

4.3 Vejning

Vejning og bestemmelse af massefylde blev udført i henhold til

DS 413.

97.

4.4 Minutsugningen

Bestemmelse af stenenes minutsugning (kg/m^2) ved 20°C blev bestemt som beskrevet i dok. 1: Carlsen, B-E. & Nissen, H: Forsøg med muret etagekryds, København 1966.

4.5 Trykstyrke

Stenenes trykstyrke blev bestemt i henhold til DS 413.

4.6 Elasticitetskoefficient

E-modulet er bestemt ved opmåling på trykarbejdslinierne, se bilagene 2-13.

4.7 Diverse registreringer

Ved samtlige prøver har man noteret stenfarven og foretaget fotografiske optagelser.

4.8 Resultater

Analyseresultaterne for stentype 2 fremgår af bilagene 1-13.

På bilag 14 har man sammenholdt stenenes minutsugning og massefylde. Med lidt god vilje kan man se, at en sten med lille massefylde (porøs sten) har en større sugsevne.

Derimod giver bilag 15 ikke nogen sammenhæng mellem styrke og massefylde.

Generelt må man sige, at stenenes kvalitet er god, omend spredningen på resultaterne er ret stor.

5. MØRTELPRØVER

Som tidligere omtalt, har Kalk- og Teglværkslaboratoriet i Hasselager foretaget en kemisk analyse af mørtlerne.

5.1 Omfang

Der blev udtaget prøver på muremørtel fra gavl og trappevæg samt pudsemørtel fra trappevæggen.

5.2 Resultater

Resultaterne af analysen fremgår af bilag 16.

5.3 Kommentarer

Ved de kommende forsøg vil det være ønskeligt at få bestemt trykstyrken af muremørtlen.

6. BLOKPRØVER

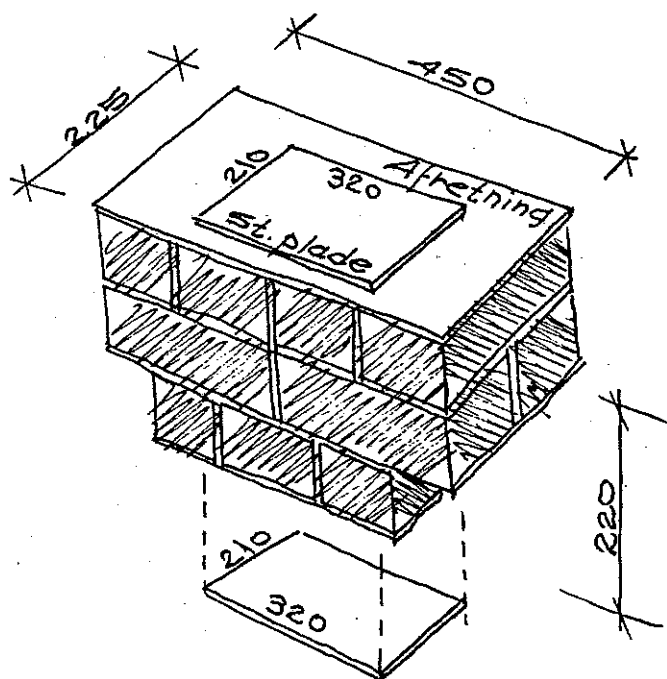
Blokprøverne, der skal indeholde 3 skifter, er en erstatning for den i laboratoriet fremstillede trestensprøve, jvf. dok. 1.

6.1 Udtagning

Som omtalt er udtagningen af blokprøverne et ret kompliceret arbejde, hvortil der bør fremstilles et specielt grej, der forspænder prøven under udtagning og transport. Der blev udtaget 3 blokke i gavlen (type 1) og 2 fra trappevæggen (type 2).

6.2 Opmåling

Efter ankomsten til laboratoriet bliver der foretaget en opmåling af emnet, se nedenstående figur.



Opmåling af blok nr. 1.02

6.3 Trykstyrken

Blokkenes trykstyrke blev bestemt ved prøvning i laboratoriets Mohr-Federhaff 300 tons - trykpresse. Resultaterne fremgår af bilagene 17-20.

6.4 Elasticitetskoefficienten

E-modulet bestemmes ved opmåling på arbejdskurverne, se bilagene 17-20.

Prøvernes deformationer blev målt med 1/100-mm-præcisionsure i de fire hjørner.

6.5 Iagttagelser

Under forsøgene blev alle prøver gennemfotograferet, ligesom det knuste emne successivt blev pillet fra hinanden og fotograferet. Revnedannelser og lyde blev noteret under forsøgene.

7. ERFARINGER

7.1 Tidsforbruget

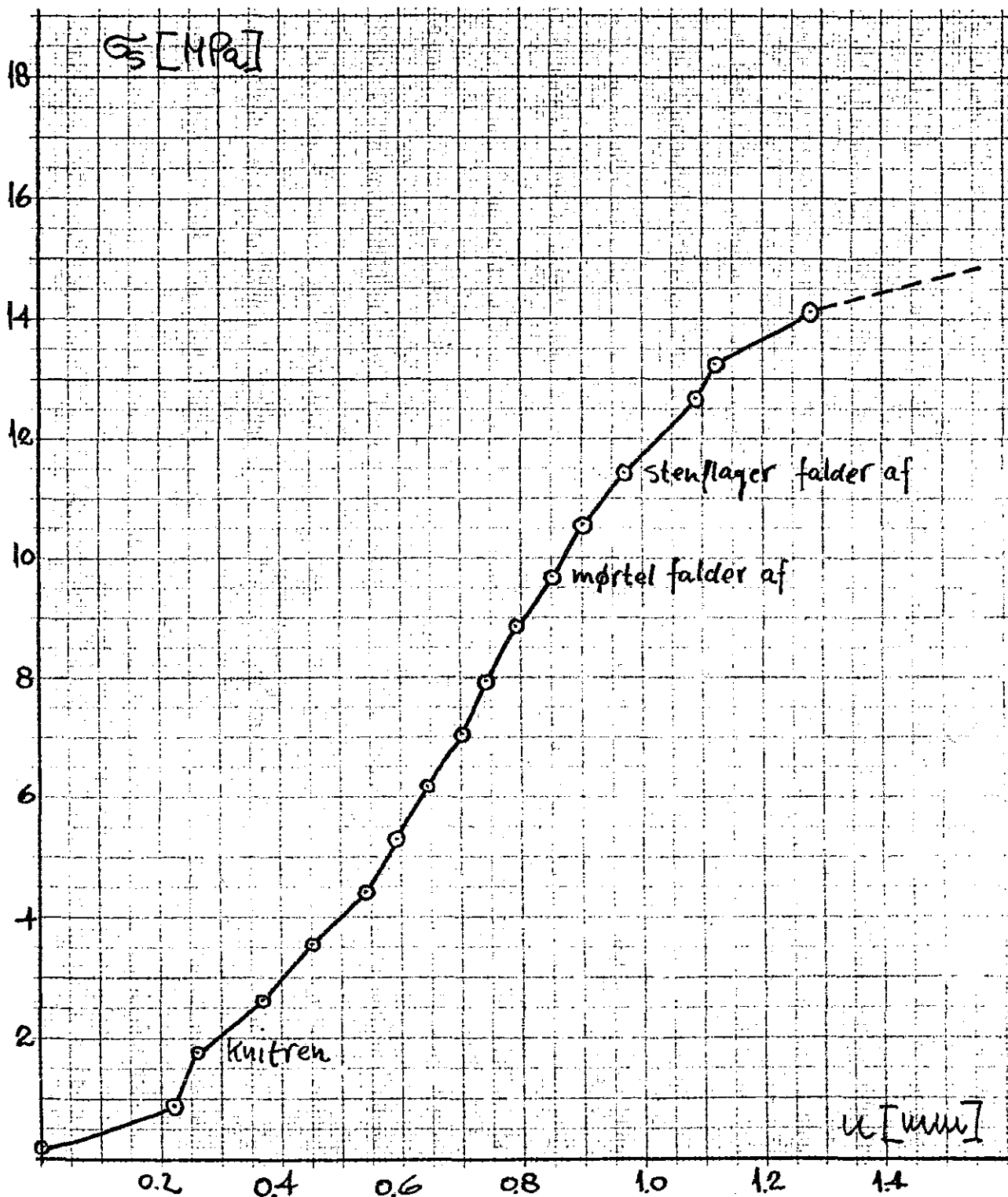
Ved omhyggelige tidsmålinger har man konstateret følgende mand-dage-forbrug for 1 ingeniør og 1 laborant, hvis arbejde i praksis kan deles mellem en murer i marken og en laborant i laboratoriet:

Udtagning af 3 blokke og 12 sten med mørtelprøver, vejning mv, savning af sten mv til stenprøver, prøvning, oprydning, bearbejdning af resultater og rapport: 4 ingeniørdage og 5 laborant-dage.

DATAOVERSIGT FOR STENTYPE NR. 2:

nr.	dimensioner			farve	styrkedata		prøvedata		masse P _t g	volum V _s mm ³ 10 ⁶	sugn. fylde	
	l _s mm	b _s mm	t _s mm		σ _s MPa	E _s MPa	tid min	hast MPa/min			kg/m ²	ρ _s kg/m ³
2.01	216	105	52	rød	14,9	1760	17	0,9	2031	1200	1,15	1690
2.02	221	114	50	rød/gul	17,1	3800	20	0,9	1927	1267	3,53	1520
2.03	222	108	51	gul/orange	18,3	4000	24	0,8	2010	1200	1,71	1675
2.04	226	110	52	rød/gul	12,6	1690	17	0,7	2240	1300	1,33	1720
2.05	231	115	55	rød/gul	15,7	2710	30	0,5	2292	1300	2,79	1760
2.06	225	115	52	rød/gul	16,5	3300	23	0,7	2038	1300	2,86	1570
2.07	228	108	55	orange	3,6	500	7	0,5	2210	1300	1,87	1700
2.08	234	108	49	rød/orange	18,4	3100	28	0,7	2129	1333	1,19	1595
2.09	225	106	51	orange	9,9	1530	14	0,7	2070	1300	1,55	1590
2.10	220	111	56	rød	7,8	1060	12	0,7	2177	1300	2,13	1675
2.11	220	110	50	gul/orange	15,1	5000	23	0,7	1858	1233	3,60	1505
2.12	225	108	55	gul	7,7	1000	14	0,6	2153	1333	1,77	1900
g()	224	110	52		13,1	2454	19		2095	1280	2,12	1658
s()	5	3,3	2,3		4,8	1403			129	46	0,88	111
v() %	2	3	4		37	57			6	4	42	7

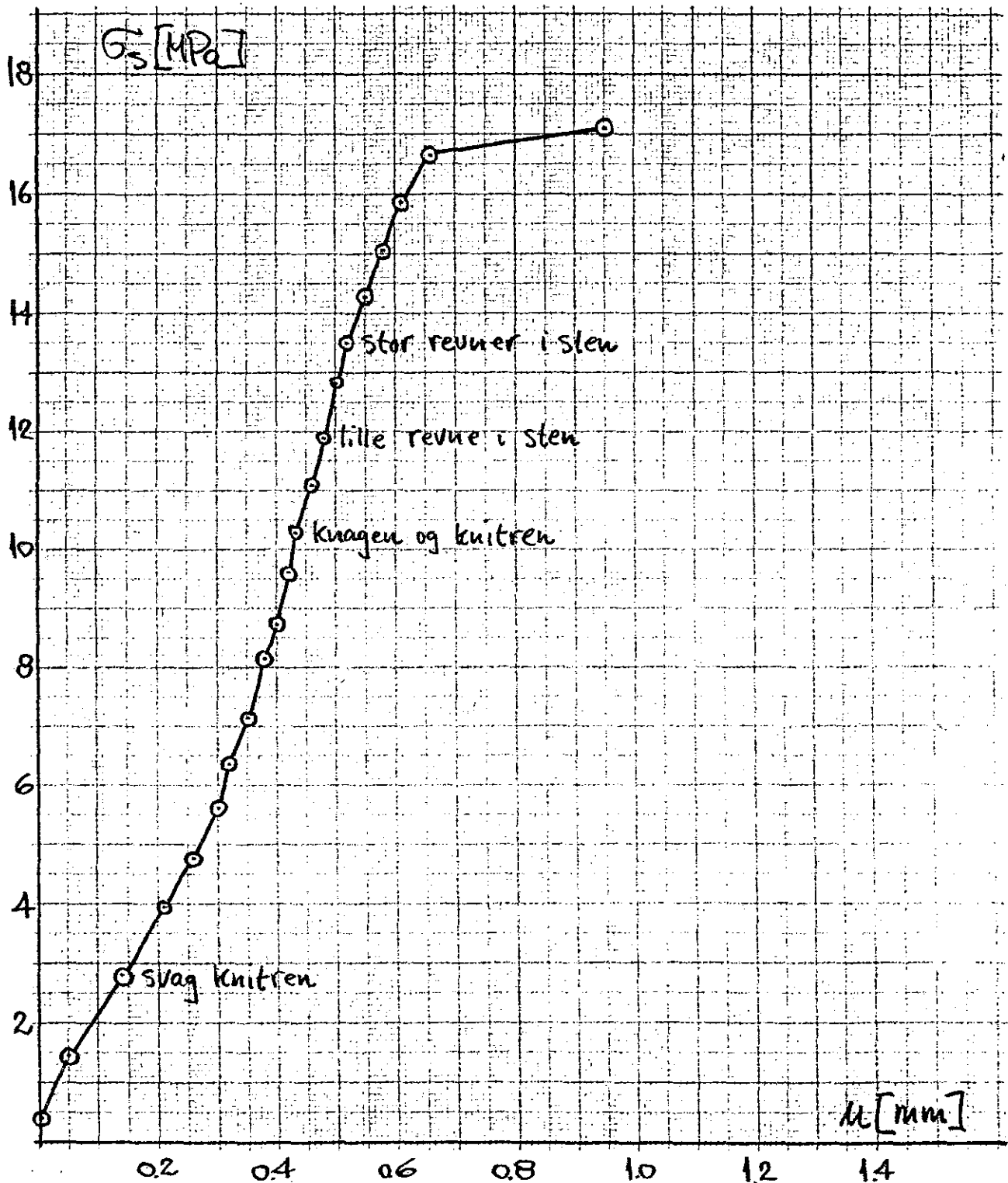
PILOTPROJEKT: Undersøgelse af materialer fra gamle bygninger
PRØVEEMNE : STENPRØVE
EMNE-NUMMER : 2.01



TEGN.-EMNE: TRYKARBEJDSKURVE FOR STEN 2.01

Udført: 770712 Tegn: 770811 HB-sag 11.10
Init: JE/BEC Init: BEC BILAG 2

PILOTPROJEKT: Undersøgelse af materialer fra gamle bygninger
PRØVEEMNE : STENPRØVE
EMNE-NUMMER : 2.02



TEGN.-EMNE: TRYKARBEJDSKURVE FOR STEN 2.02

Udført: 770712

Tegn: 770811

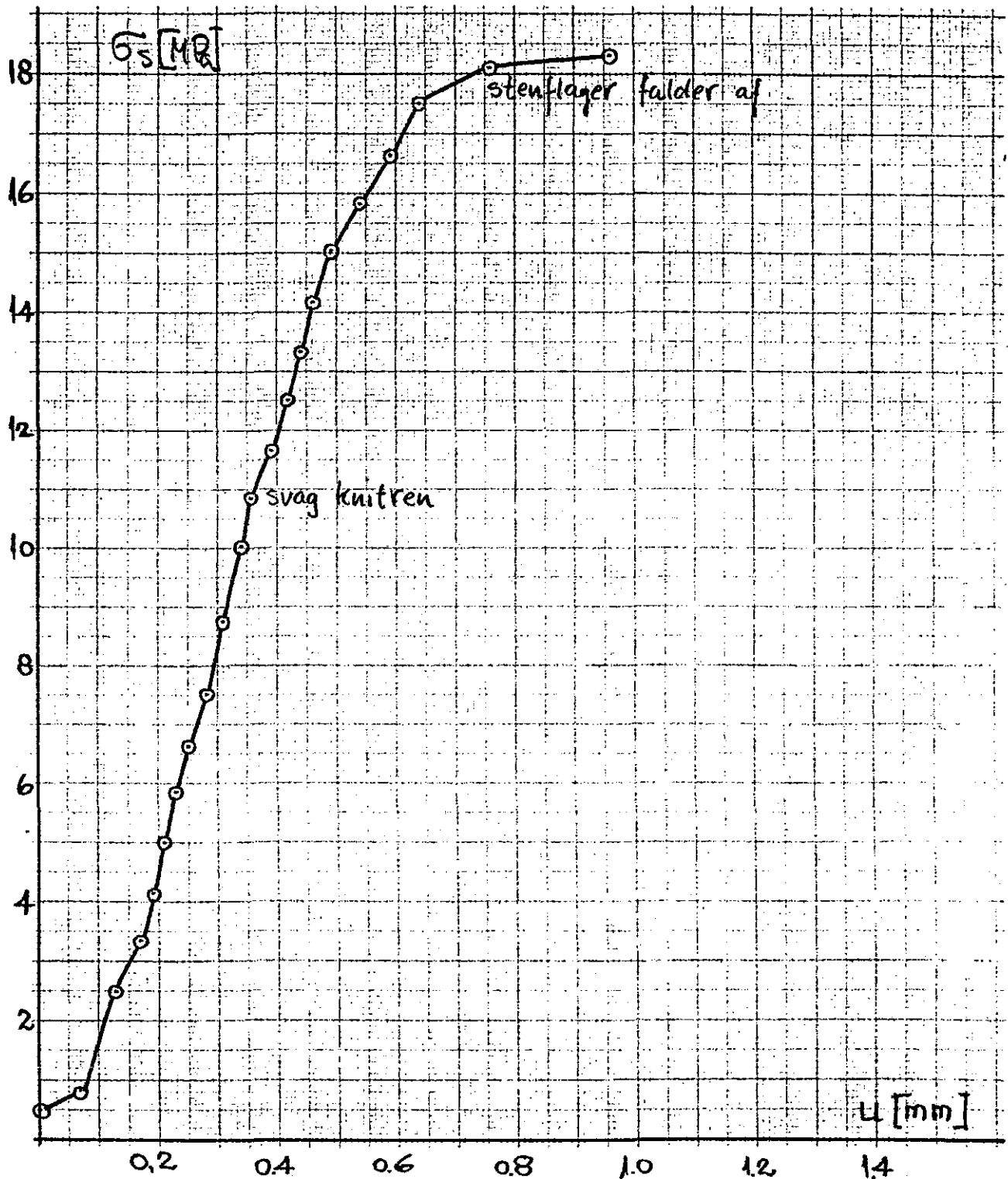
HB-sag 11.10

Init: BEC/JE

Init: BEC

BILAG 3

PILOTPROJEKT: Undersøgelse af materialer fra gamle bygninger
PRØVEEMNE: STENPRØVE
EMNE-NUMMER: 2.03



TEGN.-EMNE: TRYKARBEJDSKURVE FOR STEN 2.03

Udført: 770712

Tegn: 770811

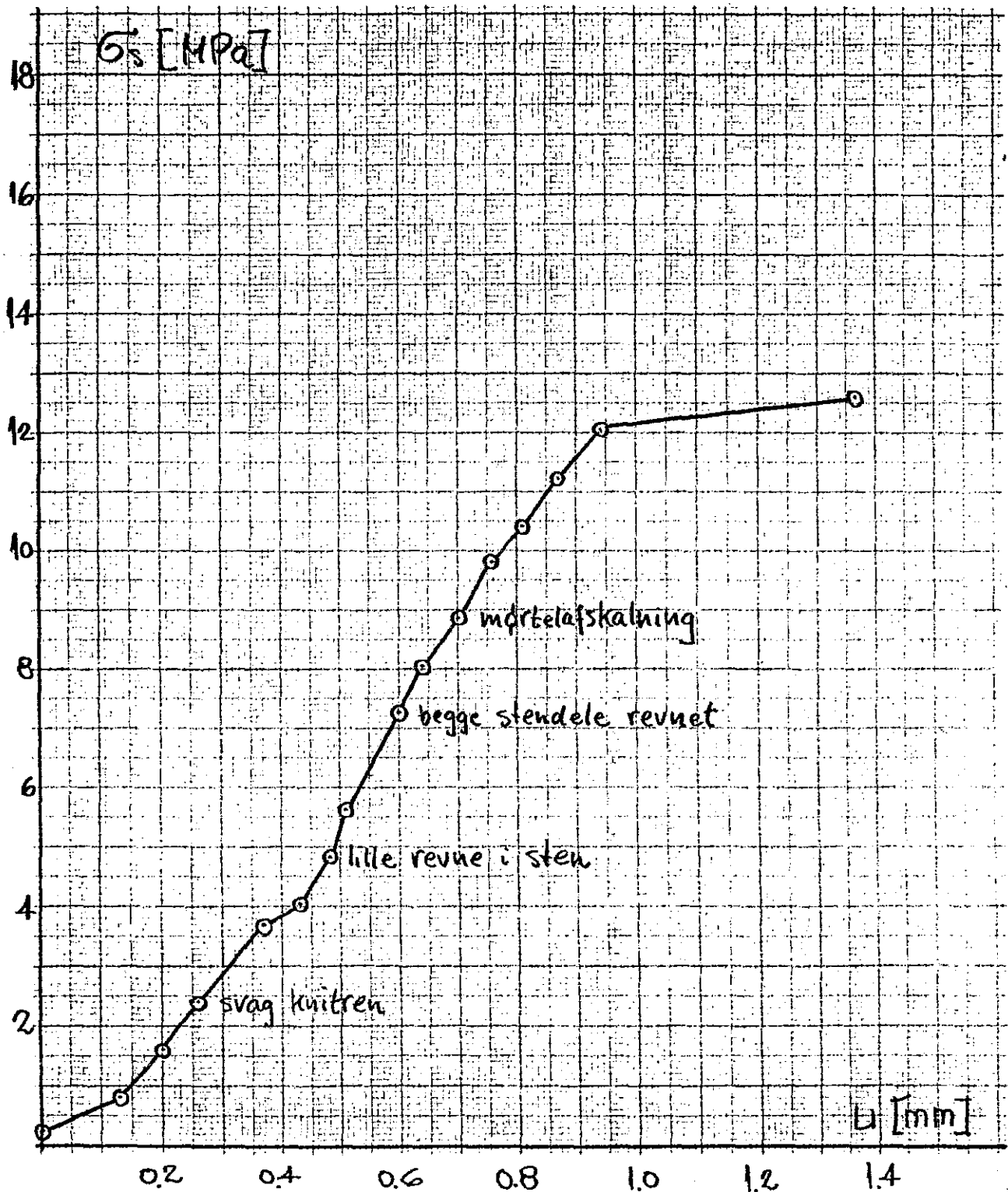
HB-sag 11.10

Init: JE/DEC

Init: DEC

BILAG 4

PILOTPROJEKT: Undersøgelse af materialer fra gamle bygninger
PRØVEEMNE: STENPRØVE
EMNE-NUMMER: 2.04



TEGN.-EMNE: TRYKARBEJDSKURVE FOR STEN 2.04

Udført: 770712

Tegn: 770811

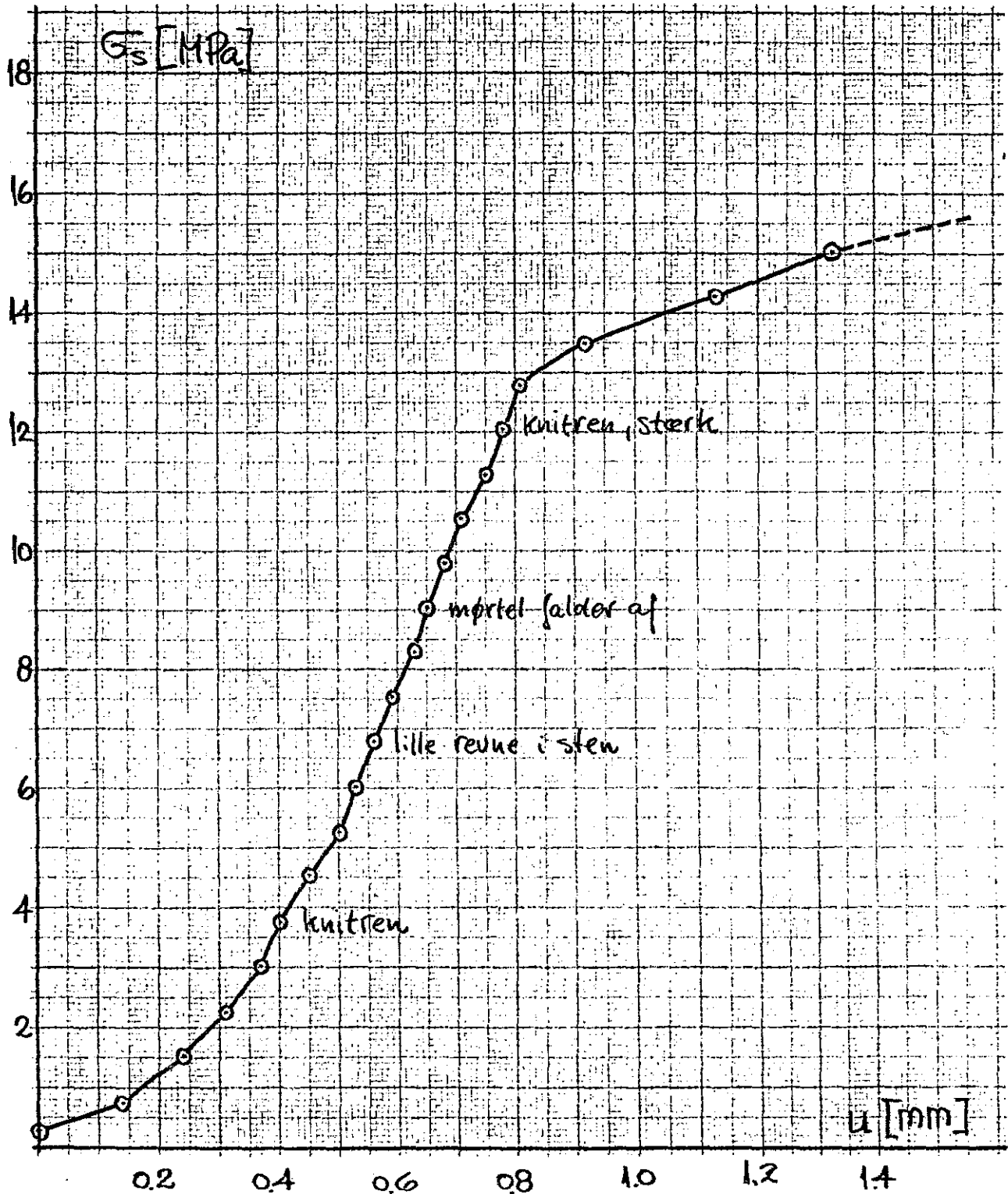
HB-sag 11.10

Init: BEC/JE

Init: BEC

BILAG 5

PILOTPROJEKT: Undersøgelse af materialer fra gamle bygninger
PRØVEEMNE: STENPRØVE
EMNE-NUMMER: 2.05



TEGN.-EMNE: TRYKARBEJDSKURVE FOR STEN 2.05

Udført: 770629

Tegn: 770811

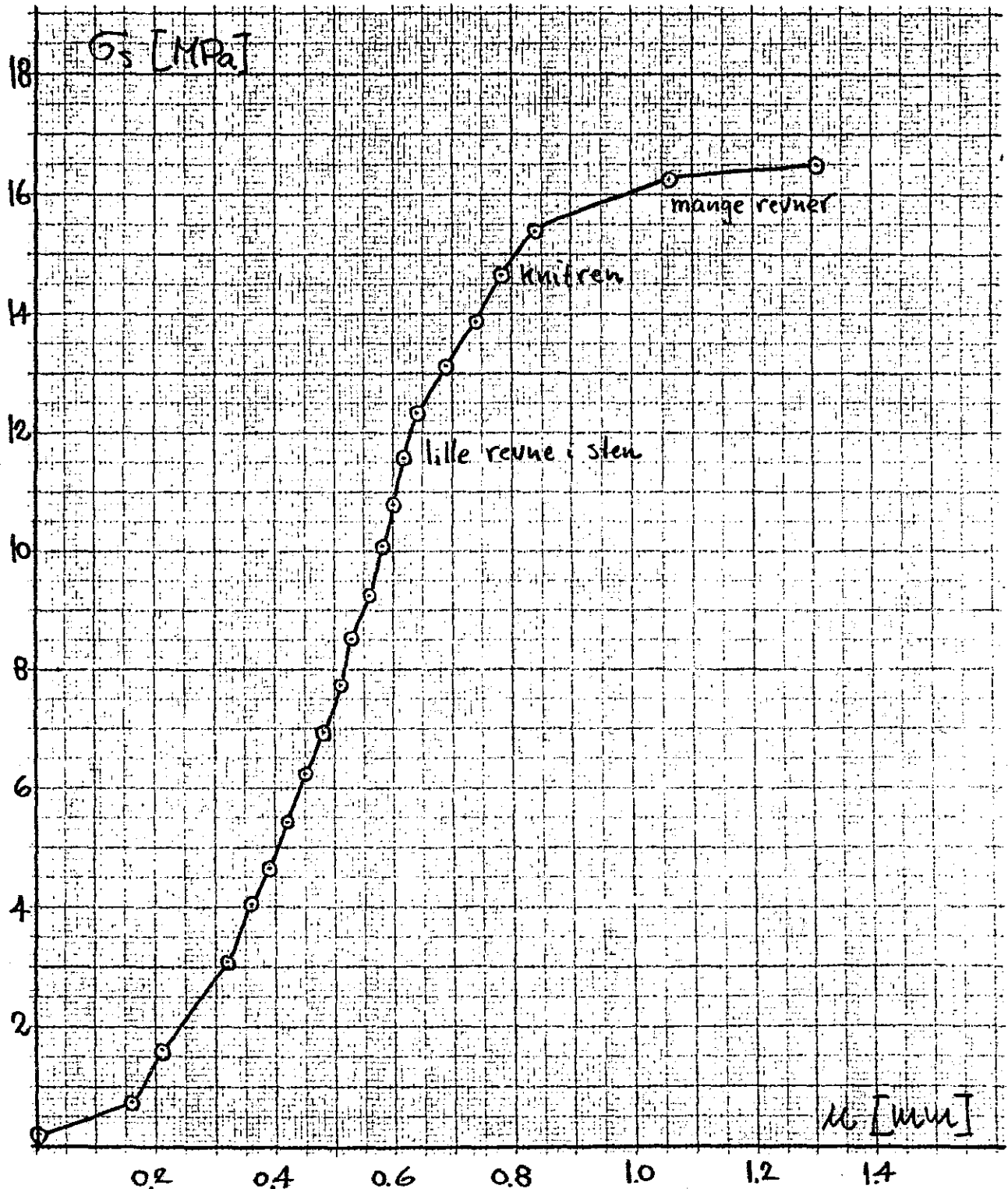
HB-sag 11.10

Init: DEC/JE

Init: DEC

BILAG 6

PILOTPROJEKT: Undersøgelse af materialer fra gamle bygninger
PRØVEEMNE : STENPRØVE
EMNE-NUMMER : 2.06



TEGN.-EMNE: TRYKARBEJDSKURVE FOR STEN 2.06

Udført: 770712

Tegn: 770811

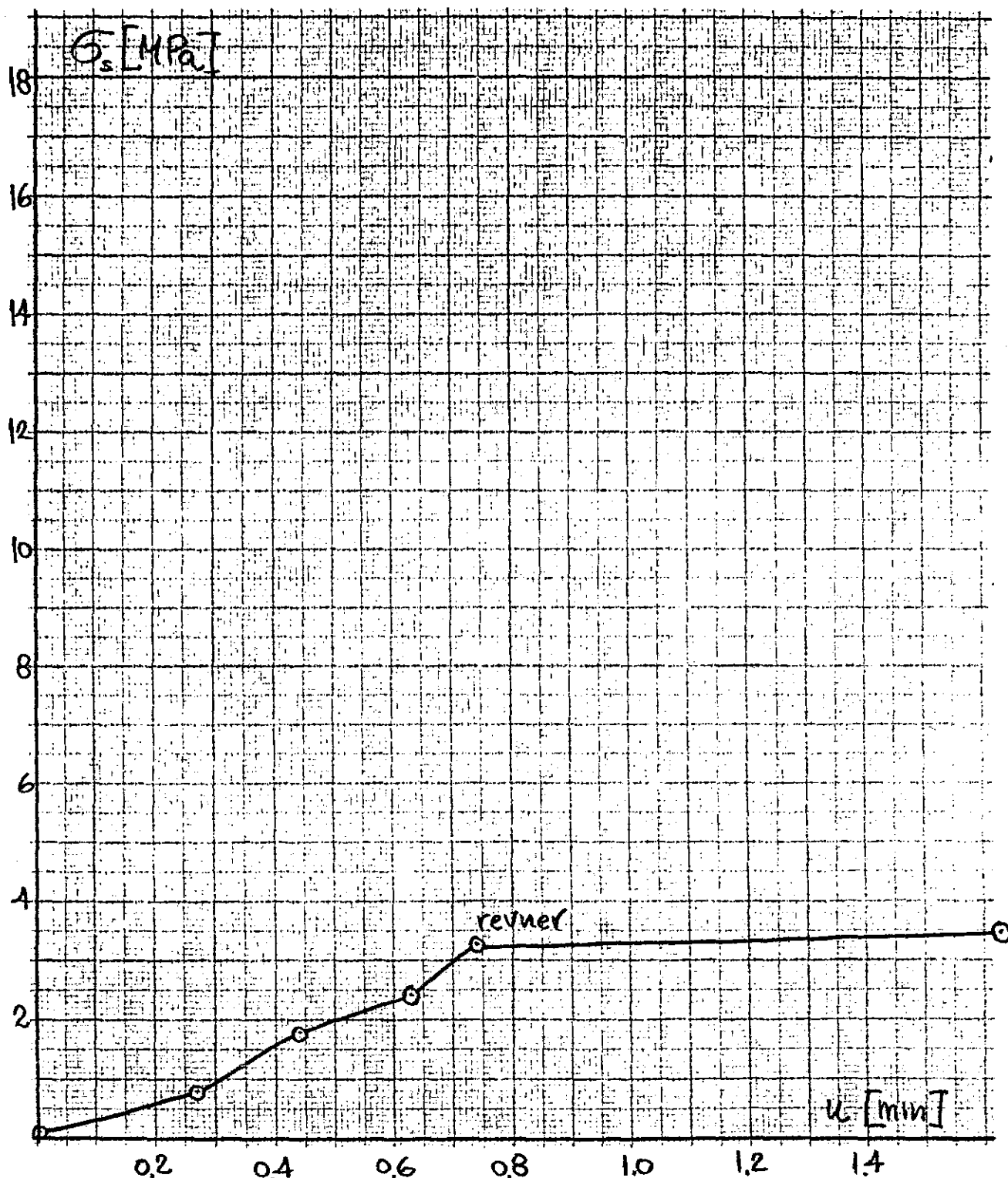
HB-sag 11.10

Init : BEC/JE

Init: BEC

BILAG 7

PILOTPROJEKT: Undersøgelse af materialer fra gamle bygninger
PRØVEEMNE : STENPRØVE
EMNE-NUMMER : 2.07



TEGN.-EMNE: TRYKARBEJDSKURVE FOR STEN 2.07

Udført: 770712

Tegn: 770811

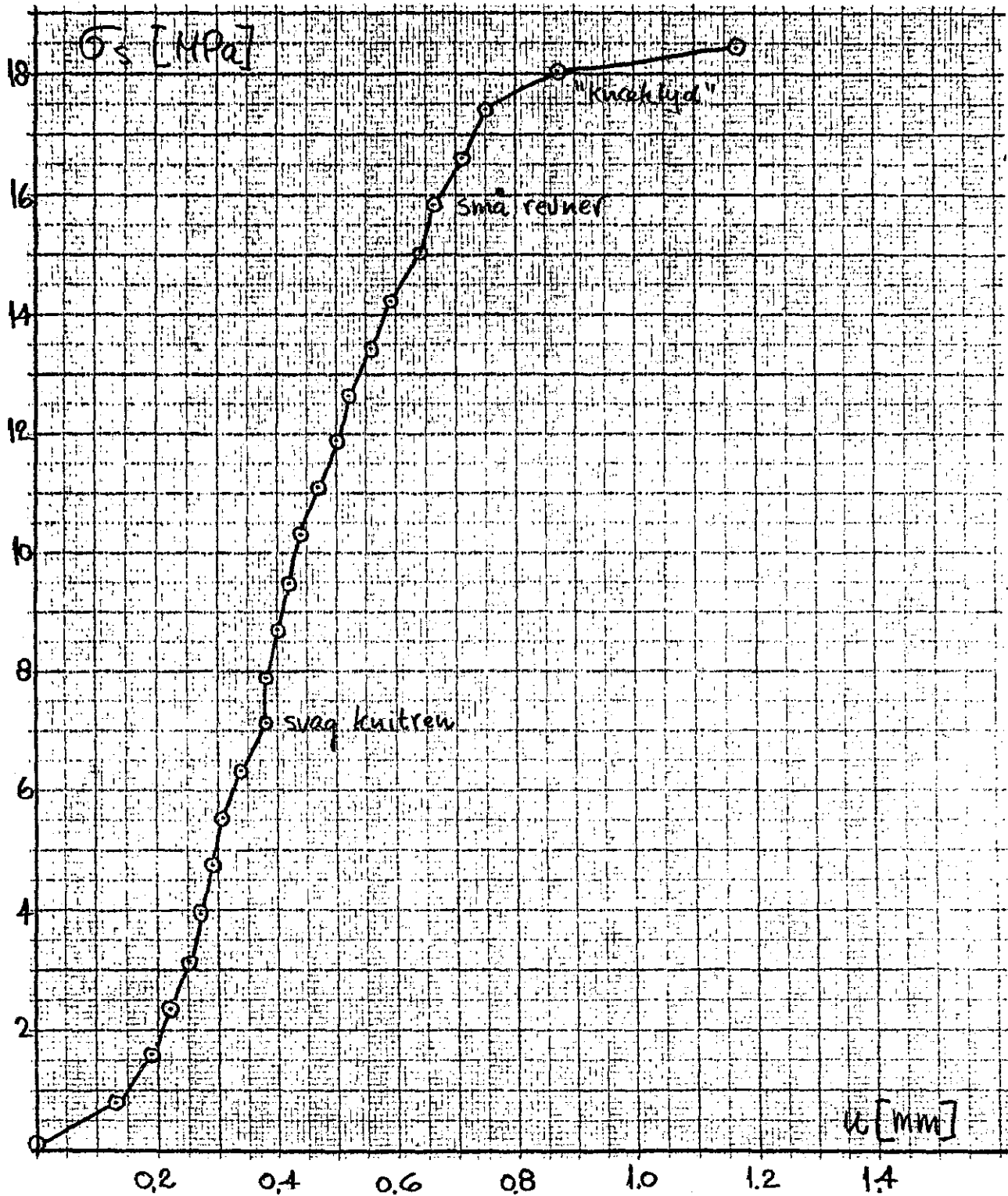
HB-sag 11.10

Init : JE/BEC

Init: BEC

BILAG 8

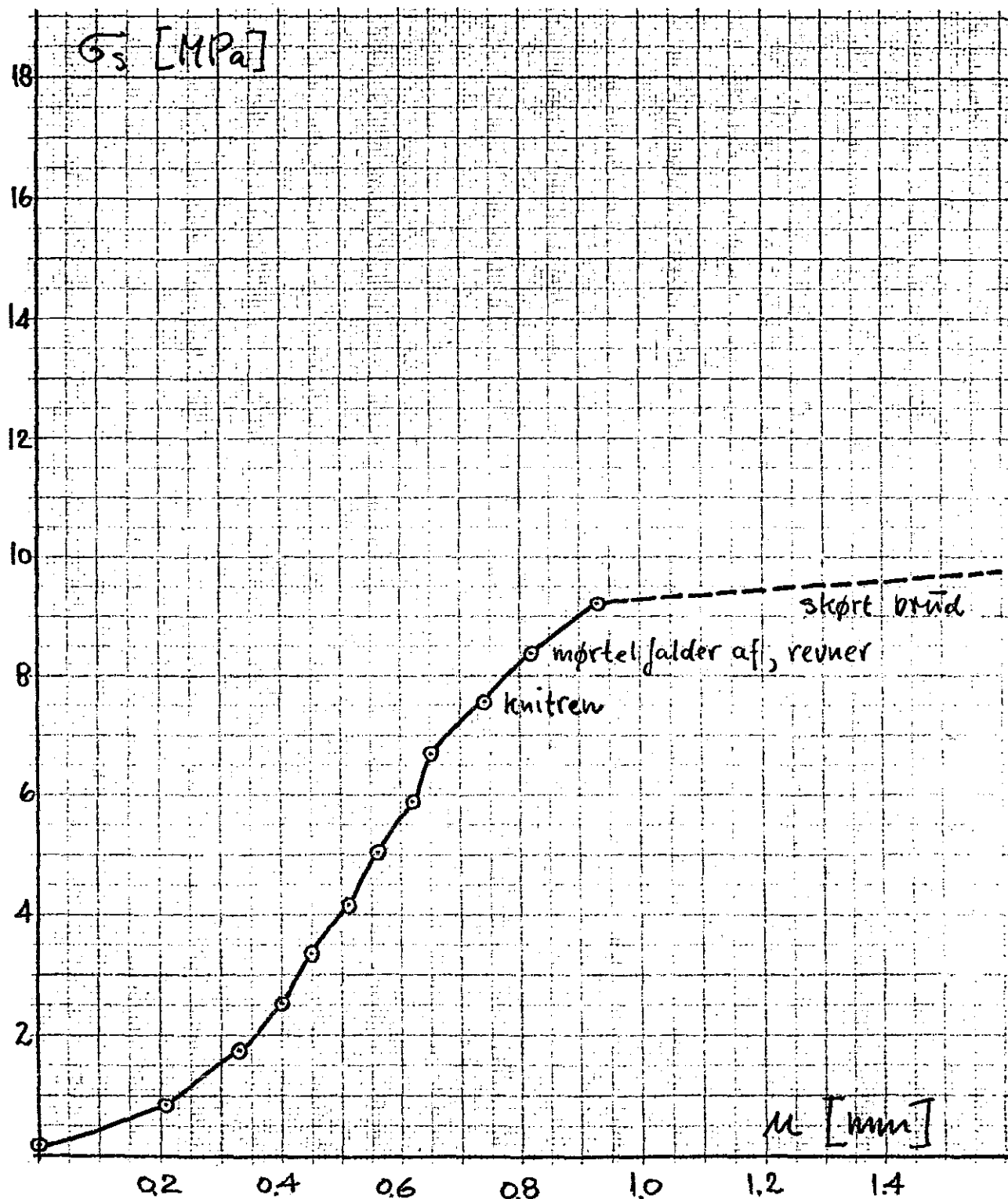
PILOTPROJEKT: Undersøgelse af materialer fra gamle bygninger
PRØVEEMNE: STENPRØVE
EMNE-NUMMER: 2.08



TEGN.-EMNE: TRYKARBEJDSKURVE FOR STEN 2.08

Udført: 770712 Tegn: 770811 HB-sag 11.10
Init: JE/BEC Init: BEC BILAG 9

PILOTPROJEKT: Undersøgelse af materialer fra gamle bygninger
PRØVEEMNE: STENPRØVE
EMNE-NUMMER: 2.09



TEGN.-EMNE: TRYKARBEJDSLINIE FOR STEN 2.09

Udført: 770712

Tegn: 770812

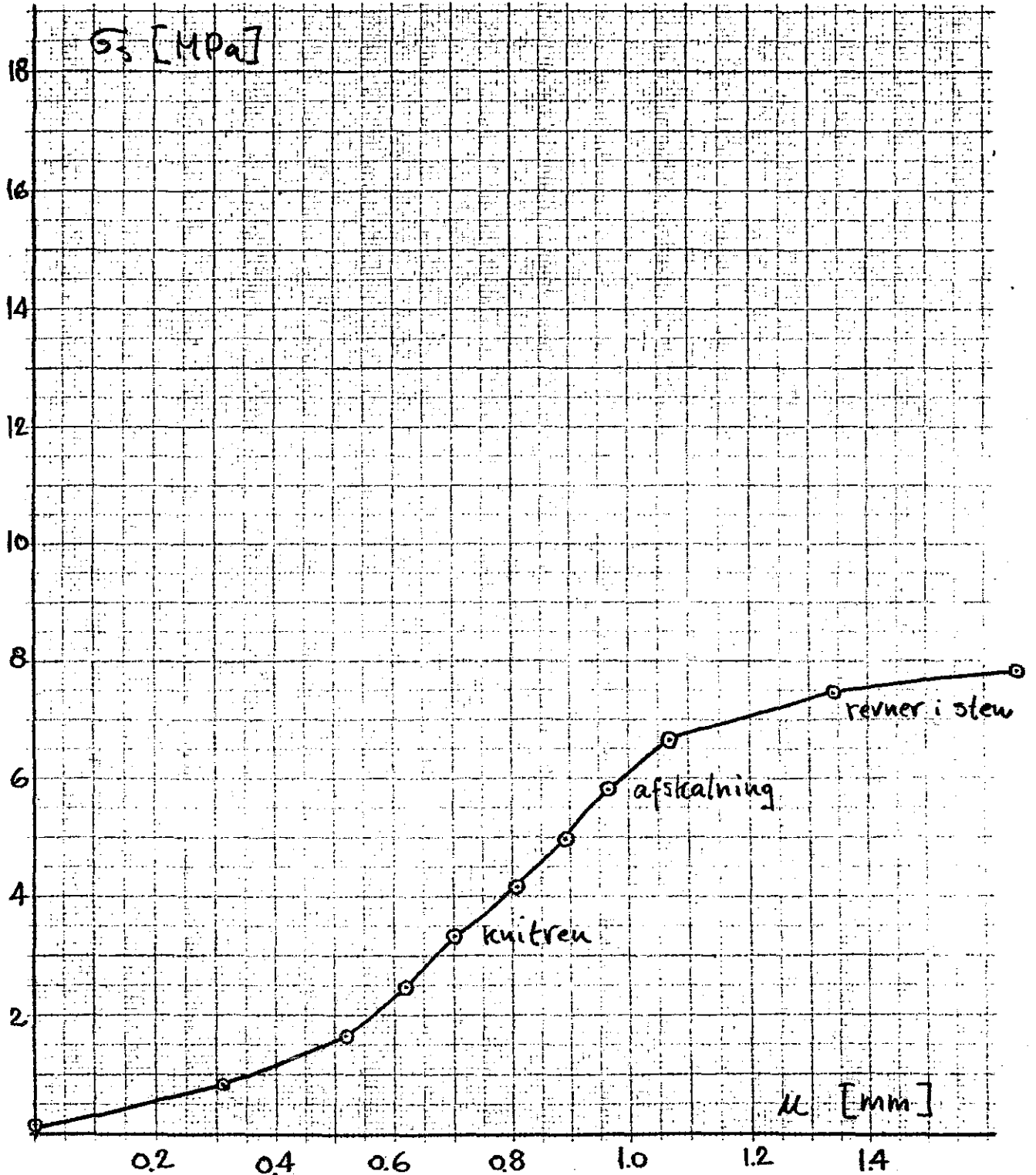
HB-sag 11.10

Init: JE/DEC

Init: DEC

BILAG 10

PILOTPROJEKT: Undersøgelse af materialer fra gamle bygninger
PRØVEEMNE : STENPRØVE
EMNE-NUMMER : 2.10



TEGN.-EMNE: TRYKARBEJDSLINIE FOR STEN 2.10

Udført: 770712

Tegn: 770812

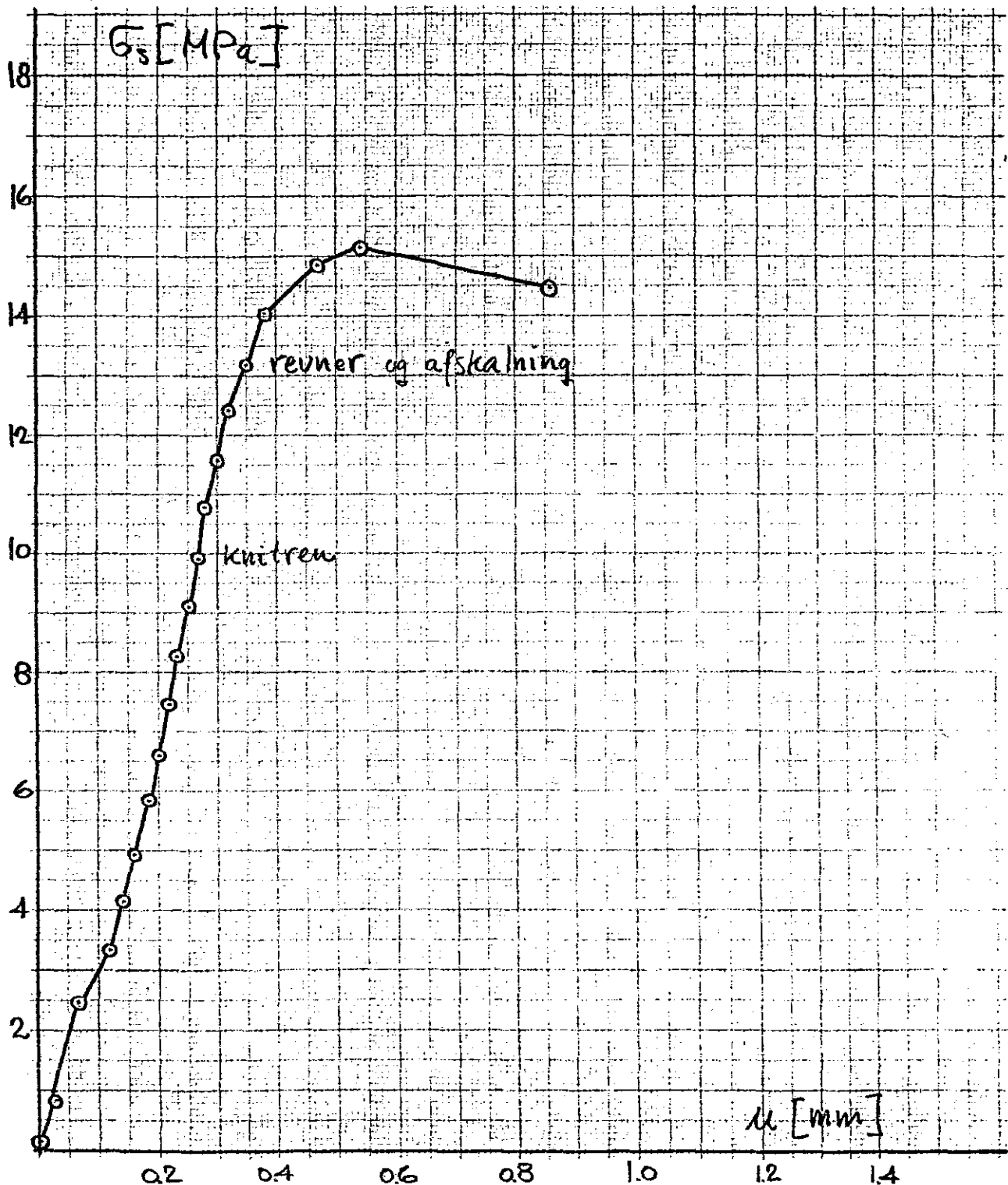
HB-sag 11.10

Init : PNEC/JE

Init: BEC

BILAG 11

PILOTPROJEKT: Undersøgelse af materialer fra gamle bygninger
PRØVEEMNE: STENPRØVE
EMNE-NUMMER: 2.11



TEGN.-EMNE: TRYKARBEJDSKURVE FOR STEN 2.11

Udført: 770712

Tegn: 770813

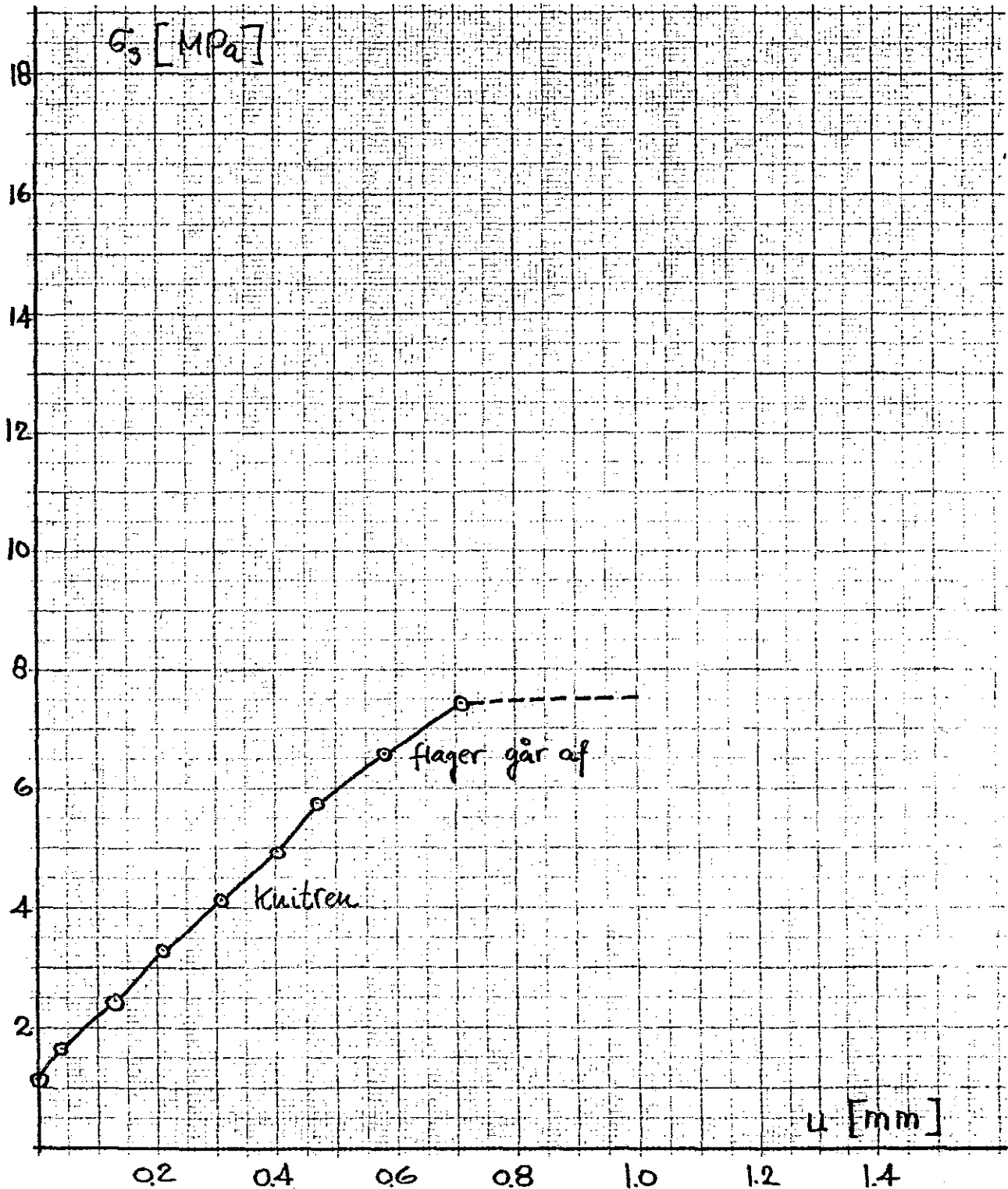
HB-sag 11.10

Init: JE/DEC

Init: DEC

BILAG 12

PILOTPROJEKT: Undersøgelse af materialer fra gamle bygninger
PRØVEEMNE: STENPRØVE
EMNE-NUMMER: 2.12



TEGN.-EMNE: TRYKARBEJDSLINIE FOR STEN 2.12

Udført: 770629

Tegn: 770813

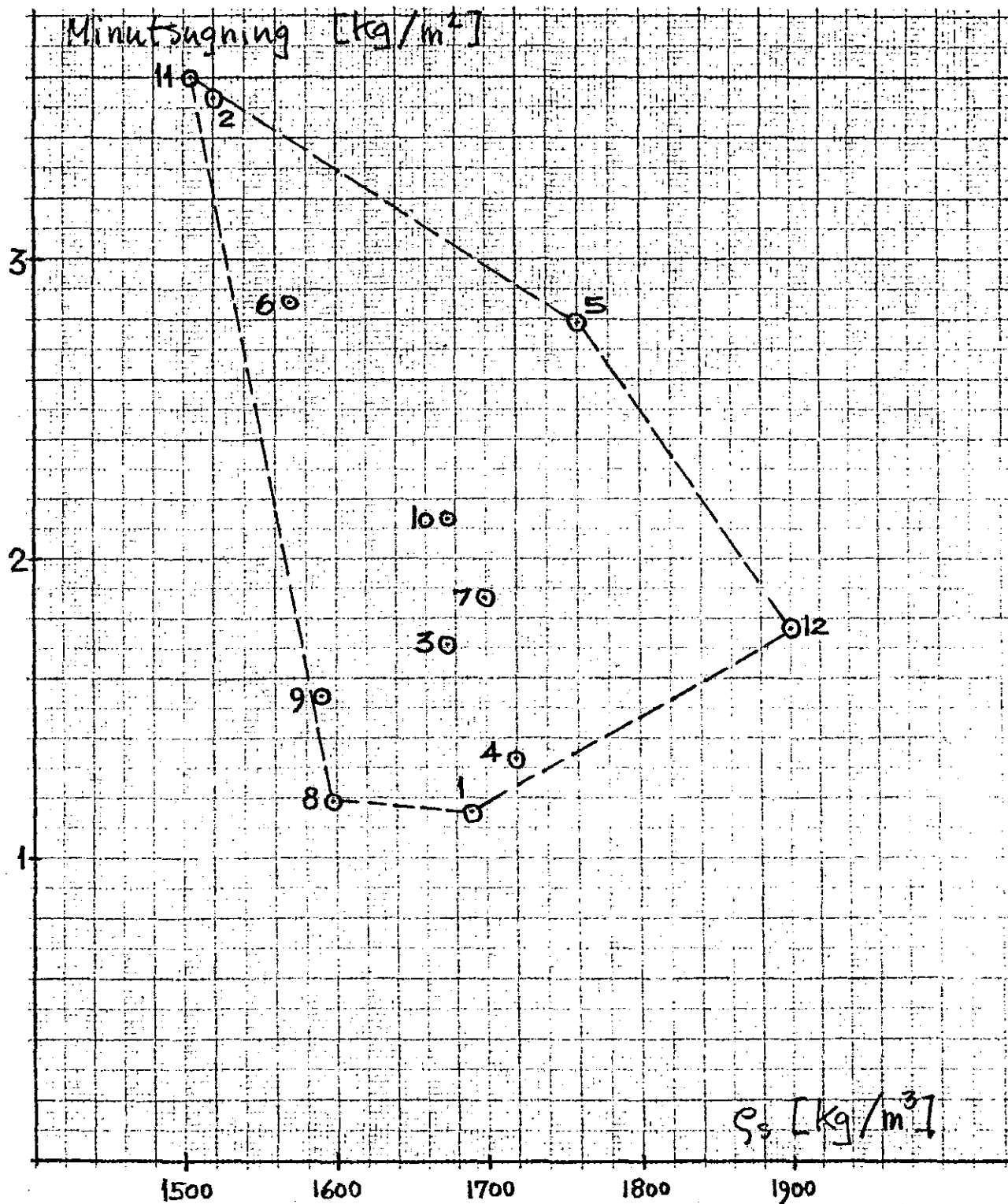
HB-sag 11.10

Init: DEC/JE

Init: DEC

BILAG 13

PILOTPROJEKT: Undersøgelse af materialer fra gamle bygninger
PRØVEEMNE : MINUTSUGNING OG MASSEFYLDE
EMNE-NUMMER : STENTYPE 2



TEGN.-EMNE: SAMMENHÆNG MELLEML SUGNING OG ρs

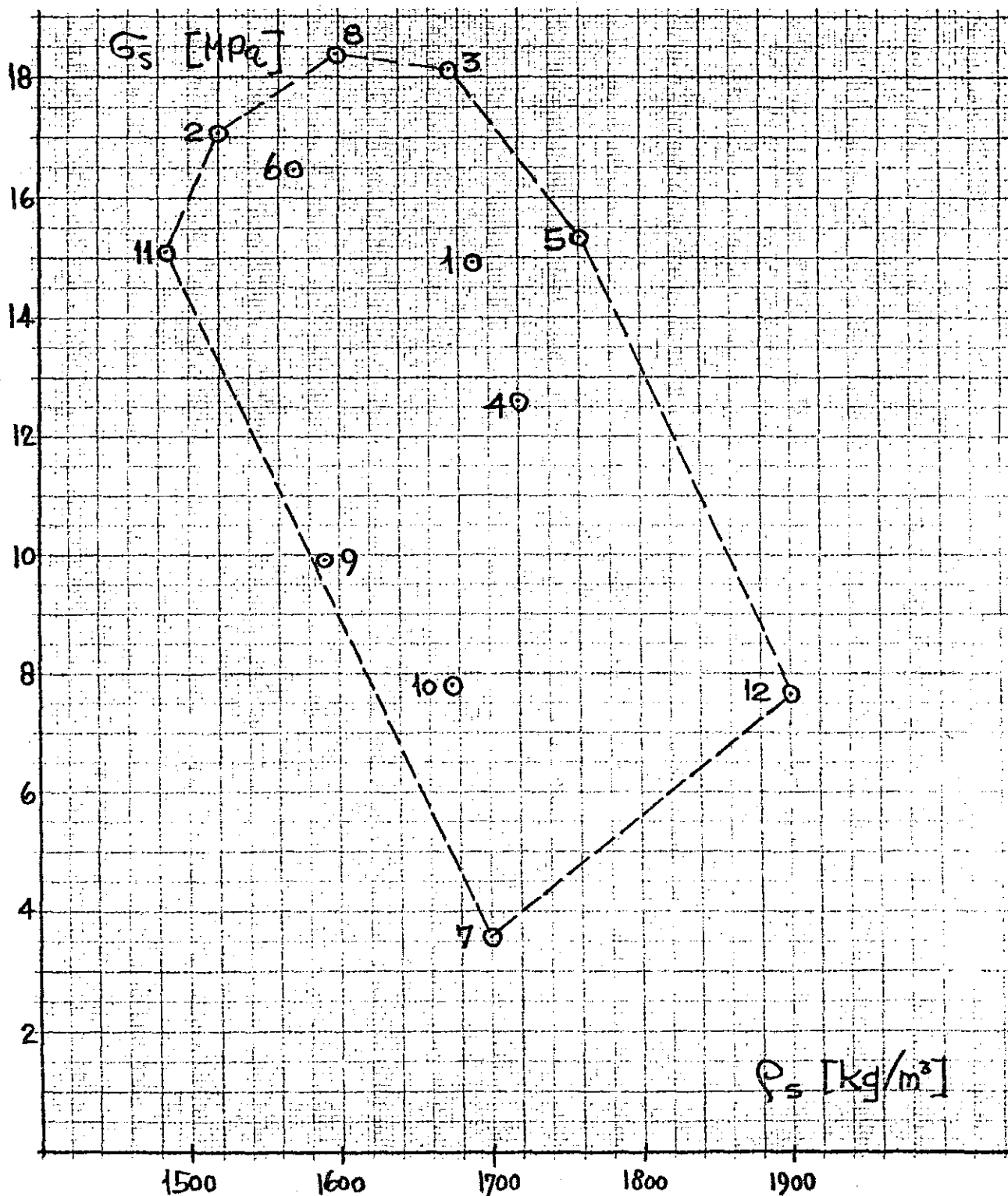
Udført: _____ Tegn: 770813

HB-sag 11.10

Init : _____ Init: BEC

BILAG 14

PILOTPROJEKT: Undersøgelse af materialer fra gamle bygninger
PRØVEEMNE: TRYKSTURKE OG MASSEFYLDE
EMNE-NUMMER: STENTYPE 2



TEGN.-EMNE: SAMMENHÆNG MELLE M G_s og ρ_s

Udført: _____ Tegn: 770813 HB-sag 11.10
 Init : _____ Init: TØE BILAG 15

KALK- OG TEGLVÆRKS LABORATORIET

TEGLBÆKVEJ 20 · 8361 HASSELAGER

TELEFON (06) 28 38 11 · GIRO 7 07 05 94

CF/PM/AS 1+1

BILAG 163 mørtelprøvers kalkindhold.

På foranledning af Danmarks Ingeniørakademi, Bygningsafdelingen, har Kalk- og Teglværkslaboratoriet efter telefonisk aftale med rekvirenten bestemt kalkindholdet i 3 mørtelprøver. Prøverne indsendtes af rekvirenten med brev af 24-5-1977 og modtoges i laboratoriet 25-5. De var emballeret i hver sin nummererede plasticpose. I det følgende skema er rekvirentens mærkning og karakteristik samt laboratoriets beskrivelse af mørtelprøverne og disses vægt ved modtagelsen indført.

mærkning af prøverne	Rekvirentens karakteristik af prøverne	Laboratoriets beskrivelse af prøverne	Prøvernes vægt i g
1	mørtel fra gavlf (brandmur), muremørtel	2 omtrent lige store mørtelflager med ca. 17 mm tykkelse	ca. 665
2	mørtel fra indvendig bindingsværksvæg, muremørtel	mange mørtelflager med tykkelse fra ca. 8 til ca. 20 mm	ca. 705
3	pudsemørtel fra samme bindingsværksvæg, som prøve 2	mange mørtelflager med ca. 12 mm tykkelse og med 4 tynde lag af overfladebehandlingsmateriale på den ene bredflade	ca. 500

I følgebrevet er det endvidere oplyst, at prøverne er udtaget i ejendommen Rymsgade 71 (baghus), København N, opført i 1875.

Laboratorieundersøgelsen.

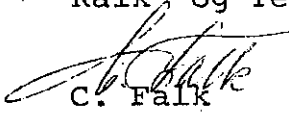
Fra hver af de tilsendte mørtler udtoges en gennemsnitsprøve på ca. 200 g, som tørredes til konstant vægt ved 110°C. Efter tørringen pulveriseredes prøverne, indtil alt stof kunne passere en sigte med kvadratiske masker med 0,12 mm maskevidde. Fra hver af de herved fremkomne pulvere afvejedes 2 analyseprøver på 5 g. Analyseprøverne kogtes i 10 minutter med overskud af 1 n saltsyre; efter afkøling blev syreoverskuddene titreret med 1 n natriumhydroxid til fenolftaleins omslagspunkt. Syreforbrugene er et udtryk for analyseprøvernes indhold af calciumfor-

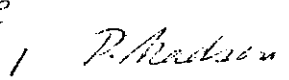
bindelser stammende fra bindemidlerne samt fra eventuelle kalkkorn i sandet. Indholdet af calciumforbindelser udregnet som calciumhydroxid i procent af mørtelmaterialernes samlede tørvægt på fremstillingstidspunktet fandtes at være

Prøve 1:	8,1	vægtprocent
- 2:	7,7	-
- 3:	9,2	-

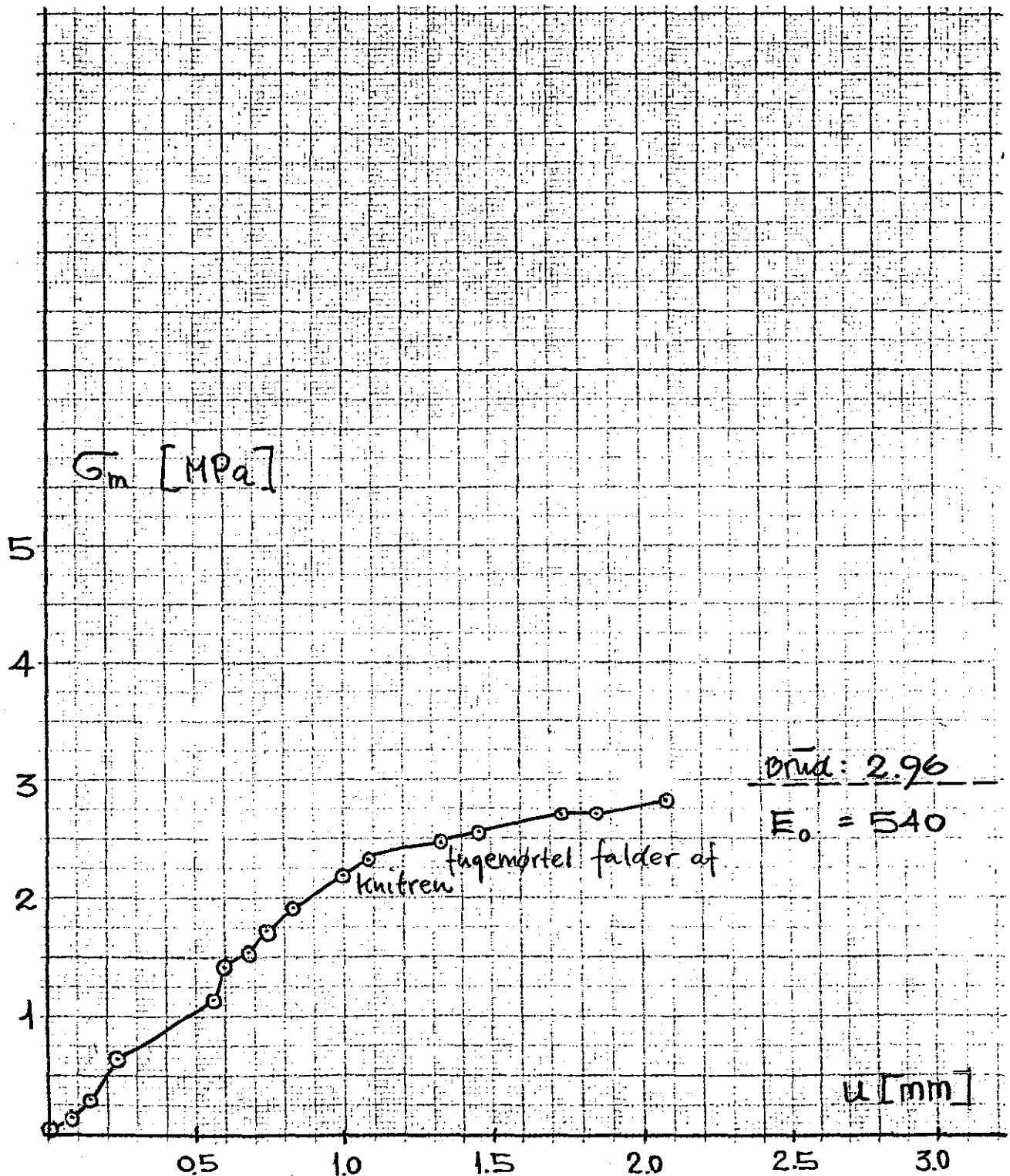
Hasselager, den 1' juli 1977

Kalk- og Teglværkslaboratoriet


C. Falk


P. Madsen

PILOTPROJEKT: Undersøgelse af materialer fra gamle bygninger
PRØVEEMNE : MURBLOK
EMNE-NUMMER : B1.01



TEGN.-EMNE: TRYKARBEJDSLINIE FOR MURBLOK 1.01

Udført: 770607

Tegn: 770813

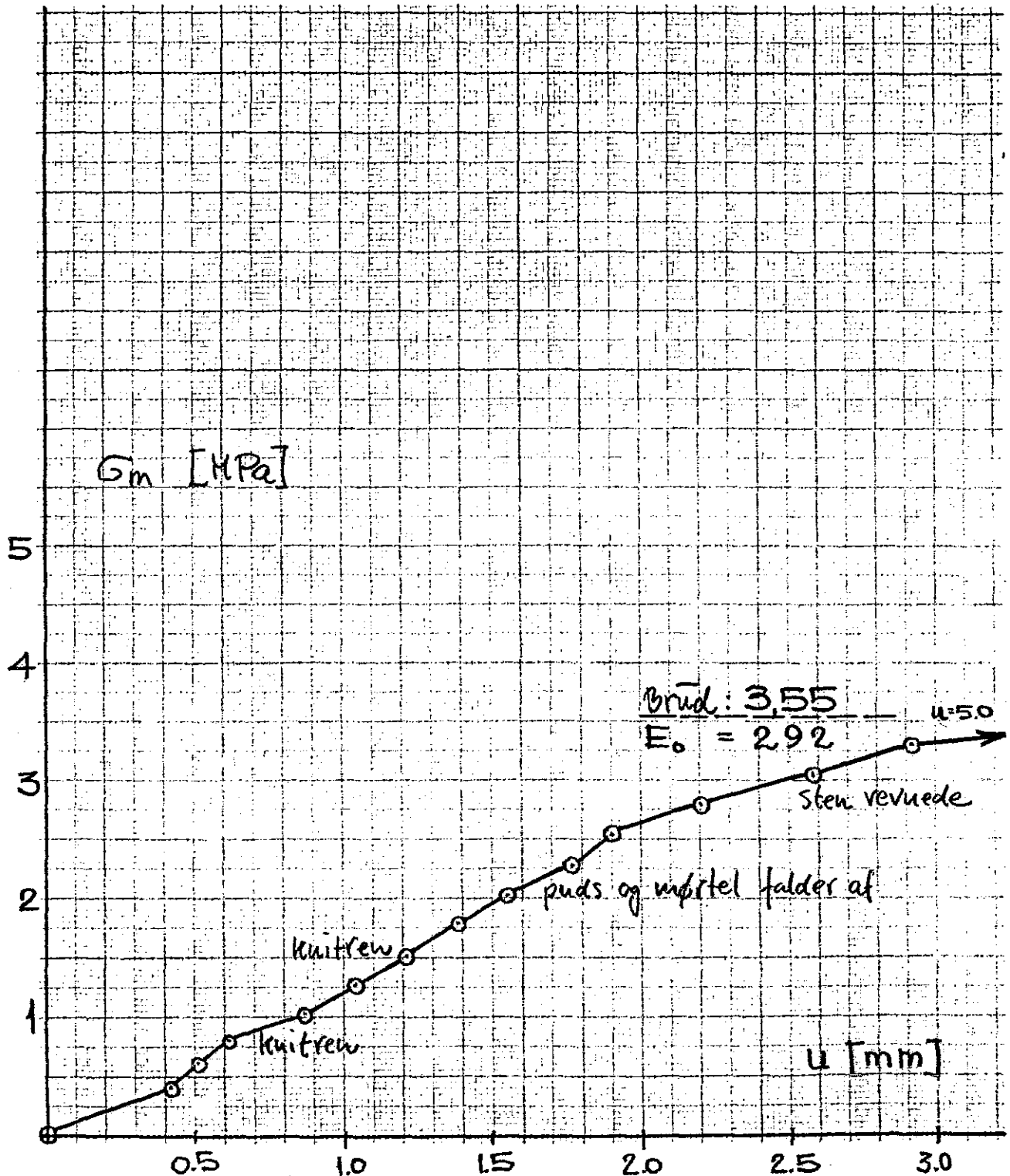
HB-sag 11.10

Init : BEC/JE

Init: BEC

BILAG 17

PILOTPROJEKT: Undersøgelse af materialer fra gamle bygninger
PRØVEEMNE: MURBLOK
EMNE-NUMMER: B. 1.02



TEGN.-EMNE: TRYKARBEJDSLINIE FOR MURBLOK 1.02

Udført: 770628

Tegn: 770809

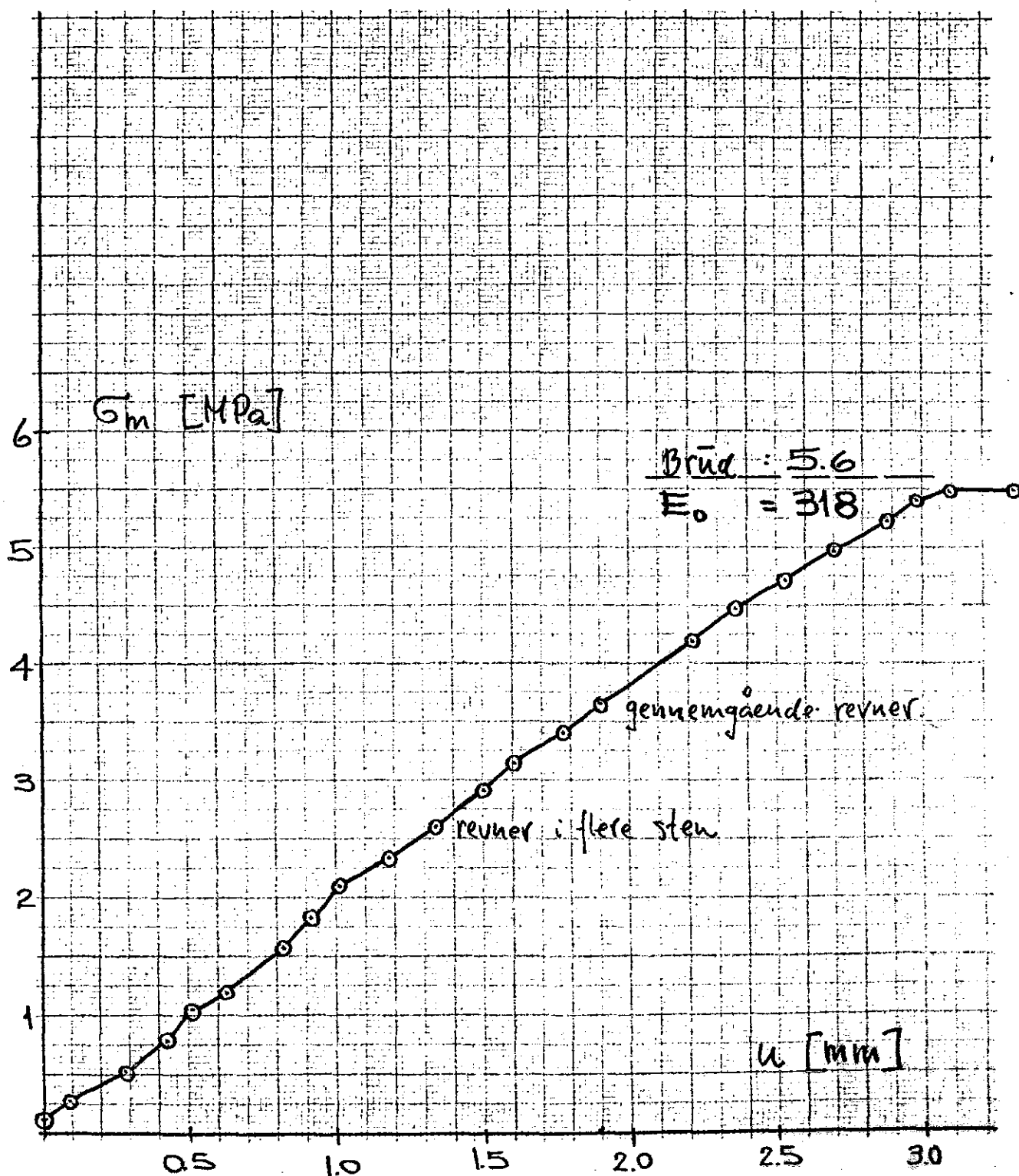
HB-sag 11.10

Init: PEC/JE

Init: PEC

BILAG 18

PILOTPROJEKT: Undersøgelse af materialer fra gamle bygninger
PRØVEEMNE: MURBLOK
EMNE-NUMMER: B.1.03



TEGN.-EMNE: TRYKARBEJDSLINIE FOR MURBLOK 1.03

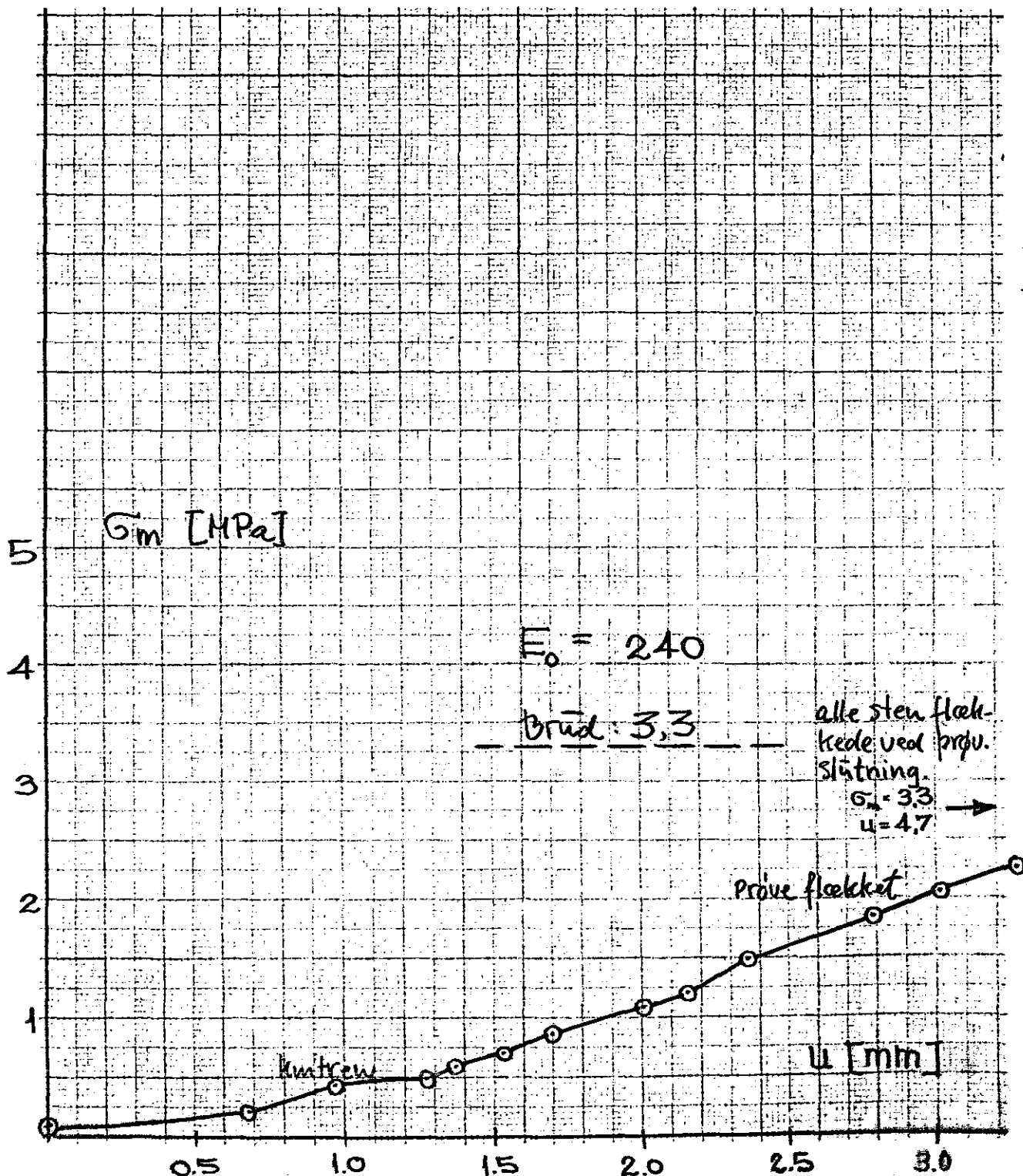
Udført: 770704 Tegn: 770813

Init: JE/PEC Init: PEC

HB-sag 11.10

BILAG 19

PILOTPROJEKT: Undersøgelse af materialer fra gamle bygninger
PRØVEEMNE: MURBLOK
EMNE-NUMMER: B.2.01



TEGN.-EMNE: TRYKARBEJDSLINIE FOR MURBLOK 2.01

Udført: 770712

Tegn: 770813

HB-sag 11.10

Init: MEC/JE

Init: MEC

BILAG 20