

**Egenskaper hos bentonitbaserat
buffertmaterial**

**Arvid Jacobsson
Roland Pusch**

Högskolan i Luleå 1978-06-10

EGENSKAPER HOS BENTONITBASERAT BUFFERTMATERIAL

Arvid Jacobsson
Roland Pusch
Högskolan i Luleå 1978-06-10

Denna rapport utgör redovisning av ett arbete som utförts på uppdrag av KBS. Slutsatser och värderingar i rapporten är författarens och behöver inte nödvändigtvis sammanfalla med uppdragsgivarens.

I slutet av rapporten har bifogats en förteckning över av KBS hittills publicerade tekniska rapporter i denna serie.

RAPPORT ÖVER

EGENSKAPER HOS BENTONITBASERAT BUFFERTMATERIAL

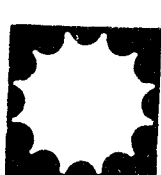
(Titel på tidigare preliminära utgåva:

"Long term mineralogical properties of bentonite/quartz
buffer substance")

Luleå 1978-06-10

Avd. för Geoteknik, Högskolan i Luleå

A JACOBSSON, R PUSCH



HÖGSKOLAN I LULEÅ
MASKINTEKNIK • GEOTEKNOLOGI • ARBETSVETENSKAP

Summery

This report shows results from investigations concerning properties in bentonitebased buffersubstances which are suggested to be used when high level radioactive wastes from nuclear powerplants are to be stored finally. Recommended material characteristics of the bentonite to be used are summarized in tables 20 - 21.

In an attempt to find geological evidence for bentonite to lose its desirable properties there were no such findings at the temperatures, groundwater situations and pressures which are to be expected at the actual depositing depth (500 m) for a considerable period of time.

Concerning biological activity and then specially the mobility and activity of bacteria the conclusion is that there will be little or no influence from them either there is bentonite/sand or compacted pure bentonite in the buffer mass.

Egenskaper hos bentonitbaserat buffertmaterial

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

	Sida
Inledning	1
MATERIALKARAKTERISTIK (Arvid Jacobsson)	2
Strukturell uppbyggnad hos smektiter	3
Mineralogisk sammansättning	6
Tyska bentoniter	13
Wyomingbentonit	15
Värmebehandling av bentonit (MX-80)	20
Utbytbart joninnehåll och total kationutbyteskapacitet hos några bentonittyper	26
pH i buffertmassan	30
Fluor i lermineral och leriga jordmaterial	33
Fosfor och kväve i aktuell bentonit	35
Organiskt innehåll i bentonit	36
Specifikation av genom analyser erhållna viktiga egenskaper hos bentonit MX-80	41
GEOLOGISKA ASPEKTER (Arvid Jacobsson)	44
Långtidsstabilitet (geologisk evidens)	44
Brevkontaktande verksamhet som rör bentonits stabilitet i ett buffertmaterial av bentonit/kvartssand	54
Sammanfattning	59
ACTIVITY AND MOBILITY OF BACTERIA IN DEEPLY BURIED SEDIMENTS (Roland Pusch)	60
Referenser	68

FÖRTECKNING ÖVER BILAGOR

- 1 IR-analyser av organiskt innehåll i MX-80 (Bo Dahl), SVENSKA BP AB.
- 2 Spektrometriska analyser av bentonit (J O Burman, LuH, 1978).
- 3 Diverse materialegenskaper hos bentonit. (Sammanställning gjord av L Hydén, ASEA Atom).
- 4 Diverse analyser utförda vid Orrje & Co (Rennerfeldt).
- 5 Sammanställning av analysresultat från undersökning av Na-bentonit MX-80 (Tommy Wadsten, Arrheniuslaboratoriet, Stockholms universitet).
- 6 Bestämning av oorganiskt och organiskt kol i bentonit av typ MX-80 (K F Alm, FOA).
- 7 Analyser utförda vid SLU (Sveriges lantbruksuniversitet (Britt-Marie Andersson).
- 8 Försök att renframställa organsikt innehåll ur MX-80-bentonit (A M Brusewitz, SGU).
- 9 Analyser utförda vid Laboratorium fur Bergbau und Industrie (John Buschmeyer).
- 10 Bentonitens organiska material (Rolf Hallberg, SU).
- 11 Teknisk rapport över MX-80 (Anders Heiner, VBB).
- 12 Teknisk rapport över MX-80 (Anders Heiner, VBB).
- 13 Teknisk rapport över MX-80 (Statens provningsanstalt, SP).

EGENSKAPER HOS BENTONITBASERAT BUFFERTMATERIAL

Inledning

Bentonit har föreslagits som lämpligt material att omge radioaktiva avfallskapslar i svenskt urberg på ca 500 m djup. De erforderliga tekniska egenskaperna hos ett sådant buffertmaterial rör bärighet, svällning, plastiskt beteende vid små differensrörelser i berg, låg permeabilitet, jonadsorption, värmeledningsförmåga och god kemisk miljö för kapselmaterial. Bentonit blandat med kvartssand har föreslagits att användas i deponeringshål för förglasat avfall från upparbetning och i tunnlar och schakt för fyllning av dessa i slutförvar (R Pusch , KBS nr 04).

Kompakterad bentonit har föreslagits som buffertmaterial i deponeringshål för använt bränsle i kopparkapslar.

I denna rapport redogörs för litteraturstudier, direkt- och brevkontaktande verksamhet som genomförts i avsikt att söka finna geologiska bevis för att bentonits egenskaper är långtidsstabila vid förhöjt tryck och temperatur i skilda miljöer. I samband härmed har det framgått att det är väsentligt att kunna specificera de materialkaraktäristika som har med långtidsstabilitet att göra hos sagda buffertmaterial och som ger de önskvärda egenskaper som krävs. Det har därför utförts en serie av laborativa undersökningar vad beträffar vissa geokemiska och lermineralogiska parametrar. Då arbetsinsatserna ägt rum på olika laboratorier ges här en sammanfattning av viktigare informationer med hänvisning till de rapporter som vederbörande laboratorium skrivit. Rapporterna finns redovisade i form av bilagor.

Organiska substanser förekommer i bentonit och grundvatten. Vissa former kan tjäna som näring åt jordbakterier. Eftersom biologisk aktivitet kan förekomma också i djupt liggande sediment och en kapselkorrosion till följd av en sådan aktivitet inte är helt omöjlig har det varit angeläget att analysera sannolikheten för en bakteriell verksamhet.

MATERIALKARAKTERISTIK

Under KBS utredningsarbete i anslutning till val av buffertmaterial vid slutförvar för kärnkraftsavfall har man enats om två olika sammansättningar hos buffertmassan. I bägge fallen ingår Na-bentonit med hög andel av montmorillonit. Vid upparbetat avfall (glasalternativet) skall det vara 10-20% Na-bentonit och 80-90% kvarts och vid direktdeponering skall det vara 100% Na-bentonit i deponeringshållet men 10-20% Na-bentonit och 80-90% kvarts/sand i tunneln. Vilket material som än används är det angeläget med en noggrann materialkarakteristik.

För erhållande av ett enhetligt och fungerande buffertmaterial har det därför varit nödvändigt att ta fram vissa grunddata som talar om den mineralogiskt/kemiska sammansättningen, undre lerhaltsgrens, organiskt innehåll, sulfidinnehåll, katjonbyteskapacitet och fördelning av viktigare katjoner, svällningstryck, pH-situation och värmebeständighet. Karakteristika, som permeabilitet och diffusivitet, hos buffertmassan har behandlats separat och kommer inte att beröras här.

Strukturell uppbyggnad hos smektiter

Genom att visa hur strukturen är uppbyggd hos det i bentonit aktuella lermineralet montmorillonit, tillhörande smektitgruppen, ges en ökad förståelse för mineralets möjligheter till strukturomvandling och därmed också dess kemiskt/mineralogiska egenskaper. Nu allmänt accepterade strukturvariant är skissad i Fig 1.

Smektit benämns ofta som treskikts- eller 2:1 mineral. Detta bygger på att smektitstrukturens enhetscell är sammansatt av två tetraederskikt och ett mellanlagrat oktaederskikt (Fig 1).

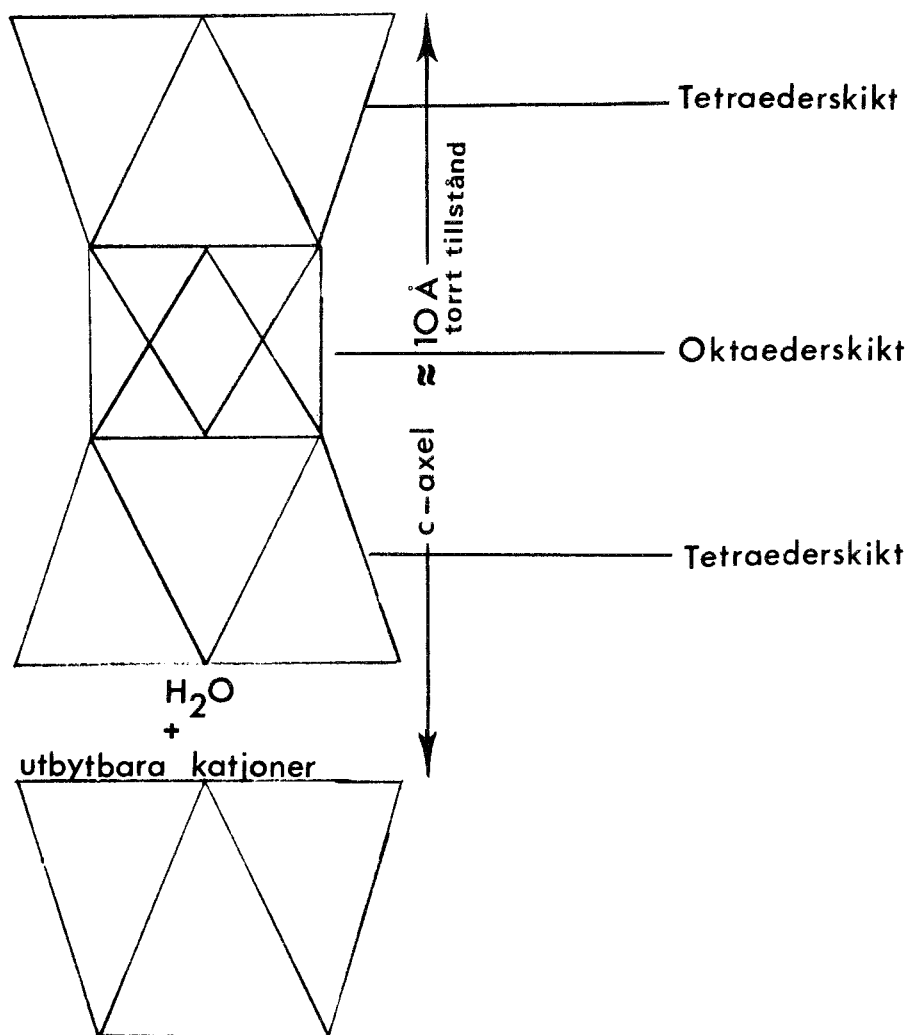


Fig 1. Schematisk återgivning av smektitstrukturens huvudelement.

Smektitstrukturen kan vara antingen dioktaedrisk eller trioktaedrisk. I det fall centralatomerna i oktaederkonfiguration övervägande är trevärda positiva metallatomer blir endast $\approx 2/3$ av de möjliga positionerna besatta, vilket kännetecknar de dioktaedriska mineralen. Är däremot centralatomerna övervägande tvåvärda, blir flertalet positioner besatta, vilket ger den trioktaedriska formen.

Laddningsdefekterna som orsakar den jonbytande förmågan härrör från gitterstörningar i tetraeder och/eller oktaederskikten. Genom s k isomorfa substitutioner av Al och Si i oktaeder respektive tetraederskikten friställs bindningskrafter. För varje Al-jon som ersätter ett Si erhålls en negativ restladdning. Samma sak sker då Mg ersätter en Al-jon i oktaederläge. Den negativa restladdningen neutraliseras av de utbytbara katjonerna. Dyliga substitutioner är inte enbart knutna till Al och Mg utan andra katjoner kan också medverka. Vilken eller vilka och antalet atomer som befinner sig i tetraeder respektive oktaederställning bestämmer mineralens kemiskt-fysikaliska egenskaper. Således styrs jonbytesförmågan av substitutionsprocesser, som i sin tur medverkar till såväl värdefulla som icke önskvärda egenskaper för tekniskt bruk.

Bentonittyp

Inte alla i naturen förekommande bentoniter är användbara som buffertmaterial beroende på antingen olämplig jonbeläggning eller för hög halt icke önskvärda följdmineral eller andra föroreningar. Baserad på tidigare erfarenheter och preliminära överväganden utvaldes bentonit av typ MX-80, Volclay, för huvuddelen av projektets undersökningar. Den beskrivs som en naturligt Na-belagd lera där Na anses vara det element som bidrar till bentonitens svällningsegenskaper (dvs förmåga till hög vattenuptag-

ning). Bentoniter som har en mineralogisk-kemisk sammansättning motsvarande MX-80 (Wyoming) kan därför vara lämpliga. I naturen förekommer ett flertal dylika bentoniter (Tabell 1).

Wyoming-type montmorillonites

8. Hojun Mine, Gumma, Japan.
9. Tala, Heras, Mendoza, Argentina.
10. Crook County, Wyo., U.S.A.
11. Rokkaku, Yamagata, Japan.
12. Amory, Miss., U.S.A.
13. Santa Elena, Potrerillos, Mendoza, Argentina.
14. San Gabriel, Potrerillos, Mendoza, Argentina.
15. Emilia, Calingasta, San Juan, Argentina.
16. Sin Proccendencia, Argentina.

Wyoming-type									
	8	9	10	11	12	13	14	15	16
SiO ₂	64.80	62.00	62.30	62.70	59.73	60.22	60.76	59.91	58.67
Al ₂ O ₃	24.54	23.42	23.50	22.20	24.30	23.67	23.08	21.97	27.34
TiO ₂						0.34	0.38	0.33	
Fe ₂ O ₃	1.27	3.74	3.35	4.62	5.54	6.28*	6.10*	6.72*	3.64
FeO	0.56	0.32	0.37	0.48	0.37				0.38
MgO	1.60	0.93	1.95	2.00	2.10	1.46	1.44	2.15	2.00
CaO	0.00	0.68	0.31	0.58	0.00	0.13	0.17	0.34	0.00
Na ₂ O	0.40	0.72	0.40	0.01	0.80	0.09	0.13	0.09	0.62
K ₂ O	0.60	2.63	0.03	0.12	0.22	0.19	0.21	0.11	0.18
H ₂ O ⁺	6.71	5.21	6.45	7.06	6.59	6.86	6.07	6.66	7.04
Total	100.48	99.65	98.66	99.77	99.65	99.24	98.34	98.28	99.87
H ₂ O ⁻	6.22	6.44	7.81	7.13	13.70	6.81	7.65	8.81	10.88
Al Tetrahedr.	0.04	0.08	0.10	0.08	0.24	0.20	0.16	0.17	0.34
Si Tet.	3.96	3.92	3.90	3.92	3.76	3.80	3.84	3.83	3.66
Al Octahedr.	1.72	1.66	1.64	1.55	1.56	1.56	1.56	1.48	1.67
Fe ³⁺ Oct.	0.06	0.18	0.15	0.22	0.26	0.30	0.29	0.32	0.17
Fe ²⁺ Oct.	0.03	0.02	0.02	0.03	0.02				0.01
Mg Oct.	0.15	0.09	0.19	0.19	0.20	0.14	0.14	0.21	0.19
Σ Oct.	1.96	1.95	2.00	1.99	2.04	2.00	1.99	2.01	2.05
Layer charge	34	34	31	33	34	34	30	35	42 (avg. 34)

Analyses based on dry (105°C) weight of samples;
 * = total Fe as Fe₂O₃; + = crude clay; ++ = contains free silica.

Tabell 1. Mineralogisk-kemisk sammansättning hos montmorilloniter av Wyomingtyp (ur Weaver/Pollard, 1975).

Mineralogisk sammansättning

Mineralogiska undersökningar av bentonit från Wyomingområdet visar att förutom huvudmineralet montmorillonit finns framför allt kvarts och fältspater med som associerade mineral. I tabellerna 2-4 finns redovisat ett antal analyser som belyser den huvudsakliga mineralogiska sammansättningen i olika fraktioner. I mindre omfattning förekommer glimmermineral, sulfidmineral, ovittrat vulkaniskt glas, selenit, oxider och hydroxider av järn, kalciumkarbonat, apatit och organiskt material.

För projektet har vi koncentrerat oss på en Wyomingbentonit som av leverantören benämns Volclay MX-80. Den granulometriska sammansättningen efter dispergering i vatten visar på ett lerinnehåll som ligger mellan 85 och 90%. Resterande material förefinns inom silt- och sandfraktionerna.

Kornstorleksanalys har utförts på LuH på SPV-produkten (Volclay-bentonitmjöl) genom sedimentationsanalys. Resultatet redovisas i diagram i Fig 2 . Huvudfraktionen mindre än $2\mu\text{m}$ ligger på 85% (lerfraktionen). MX-80 ger vid sedimentationsanalys samma lerinnehåll. Torrsiktning däremot ger enligt leverantören 65% till 86% mellan 0.42 mm och 0.095 mm och mindre än 10% finare än 0.074 mm. Det grövre materialet av MX-80-form är lämpligare för pressning vid framställning av kompaktbentonit.

ANALYSIS OF MOWRY BENTONITES, MAVERICK SPRINGS, WYOMING

Thickness	Sample no.	Clay Fraction*				Sand Fraction†						Size Analyses			Feet above Base	Name	Comments††			
		Montmorillonite		Zeolite	Dispersability	Weight per cent			Weight per cent			Sand	Silt	Clay						
		Quartz	Kaolinite			Or, S Al, Mi	Oligoclase Quartz	Andesine	Biotite	Or, S Al, Mi	Oligoclase Quartz							Andesine		
7.3	1N	15.0	11.0	2 1/2	41	54	2	3	42	56	2	2.9	8.9	89.0	6.5	??	F; zeolite (analcite) abundant throughout sand-silt fractions	
	1M	14.9	10.5	..	..	1 1/2	36.5	55.5	6.0	2.0	37.2	56.6	6.2	4.9	11.5	84.6	6.0	?
	1L	14.9	10.5	..	..	2	49	45	4	2	50	46	4	6.7	13.7	79.6	5.5	?
	1K	15.0	10.8	..	..	1	32	48	5	8	37	56	7	4.7	4.2	91.1	5.0	?
	1J	14.9	10.8	..	..	2 1/2	35.1	46.8	8.6	9.5	38.8	51.7	9.5	1.0	21.1	77.9	4.5	?
	1I	15.0	10.6	..	..	2	37	60	3	0	37	60	3	2.0	9.0	89.0	4.0	?
	1H	14.9	11.0	Tr	3	35.5	60.5	3.0	1.0	36.0	61.0	3.0	13.9	9.0	76.1	3.5		A
	1G	14.9	10.7	..	..	2	28	62	9	1	28	63	9	1.3	4.6	94.1	3.0	?
	1F	15.0	10.2	Tr	..	2	(35)	(65)		(0)	(35)	(70)		<.5	10	90	2.5	?		
	1E	15.0	10.1	Tr	..	4	(27)	(73)		(0)	(27)	(70)		<.5	7	93	2.0	?		
	1D	15.0	11.1	..	..	Tr	5	(44)	(56)		(44)	(56)		<.5	12	88	1.5	?
	1C	15.6	10.8	..	..	2	14.5	24.6	7.9	53.0	30.7	52.8	16.5	5.0	17.3	77.7	1.0	?
	1B	15.4	11.7	Tr	..	1	29.4	35.1	14.2	21.3	37.4	44.6	18.0	5.9	10.6	83.5	0.5	?		
	1A	15.3	11.9	..	..	2	37.4	45.3	14.7	12.6	38.4	46.5	15.1	22.5	9.3	68.2	0-2	?
Interval 60.0'							Bentonite between 1 and 2 - 0.5'													
0.8	2	15.2	10.3	Tr	..	4	..	..	..	..	..	..	<.1	10.7	90.0	0.3	B	VBW
Interval 47.5'																				
1.9	3	15.5	11.6	..	..	3	..	..	..	..	..	..	<.1	22.1	77.9		C	VBW; thickened
Interval 3.9'																				
3.2	4F	15.3	11.8	..	..	4	22.3	50.5	11.2	16.0	26.9	59.8	13.3	30.0	3.0	67.0	2.5	?
	4E	15.2	11.7	..	Tr	4	7.2	34.8	13.1	44.9	13.1	63.2	23.7	29.7	6.3	64.0	2.0	?		
	4D	15.3	12.1	..	Tr	4	7.1	46.8	9.6	36.5	11.2	73.5	15.3	35.9	3.7	60.4	1.5	?		
	4C	15.5	11.9	..	..	4	6	55	9	30	9	78	13	21.5	7.2	71.3	1.0	?
4B	15.2	11.9	..	..	5	10.8	52.8	19.4	17.0	13.0	63.7	23.3	2.5	9.1	88.4	0.5	D	VBW; samples very poor; thickened; size analysis (??)

Thickness	Sample no.	Clay Fraction*				Sand Fraction†						Size Analyses			Feet above Base	Name	Comments††	
		Montmorillonite		Zeolite	Dispersability	Weight per cent			Weight per cent			Sand	Silt	Clay				
		Quartz	Kaolinite			Or, S Al, Mi	Oligoclase Quartz	Andesine	Biotite	Or, S Al, Mi	Oligoclase Quartz							Andesine
2.1	30D	15.5	10.3	2	<.01	39.1	60.9	2.0	MW
	30C	15.5	10.8	..	..	1	6	27	1	66	17	79	4	4.0	8.5	87.5	1.5
	30B	15.6	10.9	Tr(-)	..	1 1/4	9.2	51.0	0.0	39.8	15.3	84.7	0.0	17.5	3.8	78.7	1.0	
	30A	15.2	10.5	..	..	1 1/2	7.7	64.8	1.7	25.8	10.4	87.6	2.0	47.0*	7.2	46.8	0-5
Interval 15.0'																		
0.6	31	15.0	11.2	..	Tr(+)	3	18.2	46.5	20.7	14.5	21.3	54.5	24.2	0.7	23.1	76.2	0.3	BW
Interval 6.6'																		
3.4	32E	15.4	13.5	3	<.1	12.3	87.6	2.6	MW
	32D	15.5	12.0	Tr	Tr(-)	1 1/2	36.0	36.0	21.0	7.0	38.7	38.7	22.6	6.6	9.3	84.1	2.0	
	32C	15.5	12.2	S	Tr(-)	1	25.0	36.7	22.8	15.5	29.6	43.4	27.0	3.5*	1.1	95.4	1.1	
	32B	15.5	11.2	S	Tr(+)	1	7.7	52.6	12.4	29.1	10.6	72.3	17.1	24.0*	1.0	75.0	0.5	
32A	15.0	10.3	Tr	Tr	3	4.0	26.0	13.0	57.0	9.2	61.0	29.8	62.3*	9.2	28.5	0-3		
Muddy sandstone 20-50' below bentonite 32																		

Tr Trace (<10 per cent)

* Montmorillonite chief constituent

† Or: Orthoclase; S: Sanidine; Al: Albite; Mi: Microcline;

Olig: Oligoclase; Qtz: Quartz; And: Andesine

S Small amount (<20 per cent)

** Contains Fraction >.250 mm

†† F: Fresh; MW: Moderately weathered; BW: Badly weathered;

VBW: Very badly weathered

Thickness	Sample no.	Clay Fraction*				Sand Fraction†				Size Analyses			Feet above Base	Name	Comments††							
		Montmorillonite		Zeolite	Dispersability	Weight per cent			Weight per cent			Sand				Silt	Clay					
		80 Per cent rel. hum.	<1 Per cent rel. hum.			Quartz	Kaolinite	Or, S, Al, Mi	Oligoclase Quartz	Andesine	Biotite							Or, S, Al, Mi	Oligoclase Quartz	Andesine		
	4A	15.0	12.6	..	..	5	7.6	54.1	22.4	15.7	9.0	64.4	26.6	12.5	6.0	81.5	0-2			
		Interval 14.0'																				
~5 or less	5J	15.7	10.8	S	..	S	5	..	..	..	..	..	..	<.1		>99	5.0			
	5I	15.4	10.7	..	..	..	3½	..	..	..	..	..	..	<.1		>99	4.5			
	5H	15.3	10.8	..	..	..	2	..	..	..	..	..	..	<.1		>99	4.0			
	5G	15.4	10.8	..	..	..	1	..	..	..	..	..	..	<.1		>99	3.0			
	5F	15.4	10.7	..	..	..	1	12.1	48.1	7.7	32.1	17.8	70.7	11.5	3	10	87	2.5	E	BW; slightly thickened; true thickness near
	5E	15.7	11.0	..	..	Tr	1	14.7	56.5	5.9	22.9	19.1	73.2	7.7	14.1	7.0	78.9	2.0	?	3 feet; upper part
	5D	15.5	10.8	Tr	..	Tr	..	8.3	69.4	6.9	15.4	9.8	82.0	8.2	14	7	79	1.5	F	transition zone		
	5C	15.7	10.8	..	..	..	— Porcelanite parting —				..	..	..	..	..	..	..	1.0		
	5B	14.9	10.8	..	..	2	18.4	48.6	14.6	18.4	22.8	59.5	17.7	1.4	8.5	90.1	0.5			
	5A	15.1	11.6	..	..	1	14.0	62.6	8.8	14.6	16.4	73.4	10.2	7.9*	6.2	85.9	0-3			
		Interval 32.6'																				
0.6	6	15.2	11.0	..	..	4	..	..	..	..	..	..	..	<.1		>99	.3			VBW
		Interval 5.0'																				
0.6	7	15.2	11.6	..	Tr(+)	4	67	18	0	15	78	20	0	3.5*	13.5	87	.3			VBW; large albite		
		Interval 83.6'																				
											Two bentonites between 7 and 8 — each 0.5'											
0.9	8C	15.2	10.8	..	..	2	..	..	..	..	..	..	..	<.5	13	87	0.8			VBW; structure
	8B	15.0	10.6	..	Tr	2	..	..	..	..	..	..	..	<.5	14	86	0.5	G		thinned; secondary
	8A	15.2	10.1	..	..	3	12.0	51.8	6.0	30.2	47.2	74.2	8.6	10.3*	7.7	82.0	0.3			calcite
		Interval 53.8'																				
											Two bentonites between 8 and 9 — each 0.5'											
1.1	9	15.4	10.8	..	Tr	3	..	..	..	..	..	..	..	<.05	8.4	91.6	0.3			VBW
		Interval 4.0'																				
0.8	10	15.3	10.5	Tr	S	Tr	3	..	..	..	..	..	..	<.05	7.2	92.8	0.3			VBW
		Interval 5.1'																				
0.6	11	15.2	10.6	..	Tr	Tr	4	28	26	28	18	34	32	34	1.9	19.5	73.6	0.3			VBW	
		Interval 18.8'																				
											Two bentonites between 11 and 12 — 0.4', 0.5'											
	12E	15.4	11.4	..	Tr	2	52	35	4	9	57	39	4	1.7	4.9	93.4	2.5		?			
	12D	15.2	11.2	..	Tr	2	66	20	6	8	72	22	6	5.9	6.6	87.5	2.0			BW; spherulitic		
2.5	12C	15.4	11.4	..	Tr	2	42	49	2	7	47	50	3	10	9	81	1.5			rhyolite fragments		
	12B	15.5	11.5	..	Tr	2	..	..	..	..	..	..	..	<.05	18.2	82	1.0			upper part
	12A	15.8	10.8	..	Tr	3	..	..	..	..	..	..	..	<.05	3.7	96.3	0-5			
		Interval 7.4'																				
0.8	13	15.2	11.7	..	Tr	Tr(-)	3	38	52	9	1	38	53	9	1.6	19.6	79.8	0.4			VBW	
		Interval 7.6'																				
0.6	14	15.4	11.1	..	..	3	46	43	7	4	48	45	7	6.5	13.3	80.2	0.3			VBW
		Interval 7.5'																				
0.7	15	15.5	11.0	..	Tr	2	..	..	..	..	..	..	..	<.5	19.8	80.1	0.3			
		Interval 2.0'																				
1.6	16C	15.5	11.3	..	Tr	3	..	..	..	..	..	..	..	<.01	12.7	87.3	1.3			VBW
	16B	17.0	13.0	..	S	4	..	..	..	..	..	..	..	<.01	4.4	95.6	0.5			
	16A	15.3	11.7	..	Tr	4	..	..	..	..	..	..	..	<.01	9.0	91.0	0-3			
		Interval 14.4'																				
	17I	15.5	11.2	..	..	3	19.6	26.4	3.9	50.1	39.3	52.9	7.8	1.4	25.1	73.8	4.5			
	17H	15.5	11.1	Tr	..	3	..	..	..	..	..	..	..	.8	19.7	99.5	4.0			
	17G	15.3	11.7	..	..	3	19.3	32.2	3.8	44.7	34.9	58.2	6.9	4.3	28.2	67.5	3.5			
	17F	15.4	11.6	Tr	..	3	29.0	37.0	6.5	27.5	40.0	51.0	9.0	3.7	25.5	70.8	3.0					

Tabell 3 (Ur Slaughter)

Thickness	Sample no.	Clay Fraction*				Sand Fraction†							Size Analyses			Feet above Base	Name	Comments†	
		Montmorillonite		Zeolite	Dispersability	Weight per cent			Weight per cent				Sand	Silt	Clay				
		Per cent rel. hum.	Per cent rel. hum.			Quartz	Kaolinite	Or, S Al, Mi	Oligoclase Quartz	Andesine	Biotite	Or, S Al, Mi							Oligoclase Quartz	Andesine
5.4	17E	15.1	11.2	Tr(-)	4	22.6	53.0	7.5	17.9	27.2	63.8	9.0	7.1	24.6	68.3	2.5	F; silt fraction too large
	17D	15.3	11.1	..	..	..	3	14.1	36.7	5.1	41.8	25.0	65.1	9.9	1.3	33.3	65.4	2.0
	17C	15.5	11.2	..	..	..	2½	15.8	36.5	10.9	36.8	25.0	57.7	17.3	9.2*	22.9	67.9	1.5
	17B	15.4	11.3	..	..	..	3	18.8	40.9	11.3	29.0	26.5	57.6	15.9	11.4*	19.8	68.8	1.0
	17A	15.7	11.2	Tr(-)	Tr(-)	..	3	21.3	42.1	8.1	25.6	29.8	58.9	11.3	24.9	15.6	59.5	0-5	
Interval 14.1'																			
1.6	18	15.5	12.2	Tr	Tr(-)	..	2	<.1	100	..	0.5	VBW
Interval 33.2'																			
0.9	19	15.2	10.2	2	<.1	6.7	93.3	0.5	VBW
Interval 8.2'																			
20H	15.5	11.3	..	..	..	1½	23.4	45.4	22.6	8.6	25.7	49.7	24.6	2.0	17.0	81.0	4.0	BW
20G	15.0	11.0	..	..	..	2½	20.0	37.6	26.1	16.3	23.9	44.9	31.2	2.4	19.6	78.0	3.5	
20F	18.0	11.0	..	..	..	2	35.5	48.1	16.3	22.2	17.3	61.8	20.9	2.5	20.6	76.9	3.0	
20E	15.4	10.6	..	..	..	2½	10.2	53.3	12.8	23.7	13.3	70.0	16.7	4.6*	14.0	81.4	2.5	
20D	14.5	10.6	..	..	..	3	12.3	49.6	14.4	23.5	16.1	65.1	18.8	7.0	13.3	79.7	2.0	
20C	15.5	10.9	Tr(-)	..	..	4	19.1	54.2	15.2	19.8	23.8	57.2	19.0	2.4	30.5	67.1	1.5	
20B	15.4	11.0	..	..	..	2	21.1	44.6	24.2	10.1	23.5	49.6	26.9	14.8	29.4	56.8	1.0	
20A	18.4	11.8	..	..	..	2	33.1	34.3	14.1	18.5	40.6	42.1	17.3	12.9	31.5	55.6	0-5	
Interval 59.0' One bentonite between 20 and 21 - 0.4'																			
0.7	21	15.8	11.0	3	42	40	20	23	22.1	51.9	26.0	1.6	18.5	79.5	0.5	VBW; albite-lower unit
		15.4	11.3	..	..	..	3	50	0	0	50	100	0	0	.09*	21.4	78.5	0.2
Interval 10.6' Bentonite zone between 21 and 22 - seven <.2;5' two 0.5'																			
22F	15.4	11.4	Tr(-)	2	<.01	30.6	69.4	3.0	BW; silt fractions too large—weather effect; zircon; spheroidal rhyolite lower 2.0 feet
22E	15.5	11.5	Tr(-)	..	..	2	..	..	..	..	..	..	..	..	<.01	23.5	76.5	2.5
22D	15.5	11.3	..	..	..	2	..	..	..	..	..	..	..	..	<.01	28.1	71.9	2.0
22C	15.5	11.0	Tr(-)	..	..	2	17.9	32.4	43.7	6.0	19.1	34.5	46.4	6.3	23.9	69.8	1.5	
22B	15.4	11.0	..	..	..	2	34.1	45.8	12.4	7.7	36.9	49.6	13.5	5.0	23.3	71.7	1.0	
22A	15.2	10.9	..	Tr(-)	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	0-5
Interval 27.8'																			
23E	15.3	10.7	Tr	Tr	..	2	33	41	24	2	34	41	24	.1	100	..	2.5	VBW; 40 weight per cent sand fraction; zeolite	
23D	15.4	12.2	Tr(-)	..	..	2½	27	39	27	7	29	42	29	.9	99	..	2.1	
23C		2.0
23B	15.5	11.4	..	..	..	3	22.0	40.8	32.4	4.8	22.9	42.4	34.7	1.3	15.0	83.7	1.2	
23A	15.7	11.0	3		0-6
Interval 3.6'																			
0.9	24	15.3	10.3	2	11.4	31.5	1.1	56.0	25.9	41.6	2.5	2.2	21.0	76.0	0.4	MW
Interval 8.0'																			
0.6	25	15.4	11.7	3	2.5	45.9	5.9	44.0	4.5	82.7	12.8	45.5*	9.1	45.4	0.2	MW fraction >.25 all biotite
Interval 9.0'																			
0.9	26	15.3	10.4	2	39.7	55.3	4.0	0.0	39.7	55.3	5.0	4.7	23.2	72.1	0.4	MW
Interval 5.0'																			
1.7	27B	15.4	10.1	..	Tr	..	2½	<.1	100	..	1.1	MW
	27A	..	..	..	..	..	3	..	..	..	..	..	..	..	<.1	100	..	0.5
Interval 71.5'																			
2.7	28D	15.5	12.1	Tr	1¼	<.01	3.9	96.1	2.0	MW; above 2.0—shaly saturated with surface water
	28C	15.4	11.4	Tr(-)	..	..	1¼	10.5	45.5	1.1	42.9	18.4	79.6	2.0	14.4	10.6	75.0	1.5
	28B	15.5	12.0	Tr(-)	..	..	1¼	8.5	52.0	0.5	39.0	13.9	85.3	0.8	17.8	12.6	69.6	1.0
	28A	15.8	12.3	Tr(-)	..	..	1½	10.1	65.5	0.0	24.4	13.3	86.7	0.0	34.3*	7.1	58.6	0-7
Interval 7.8'																			
1.2	29	15.3	10.3	2	42.5	4.0	6.9	0.7	42.8	50.2	7.0	1.7	13.2	85.1	2-7	MW

Tabell 4 (Ur Slaughter)

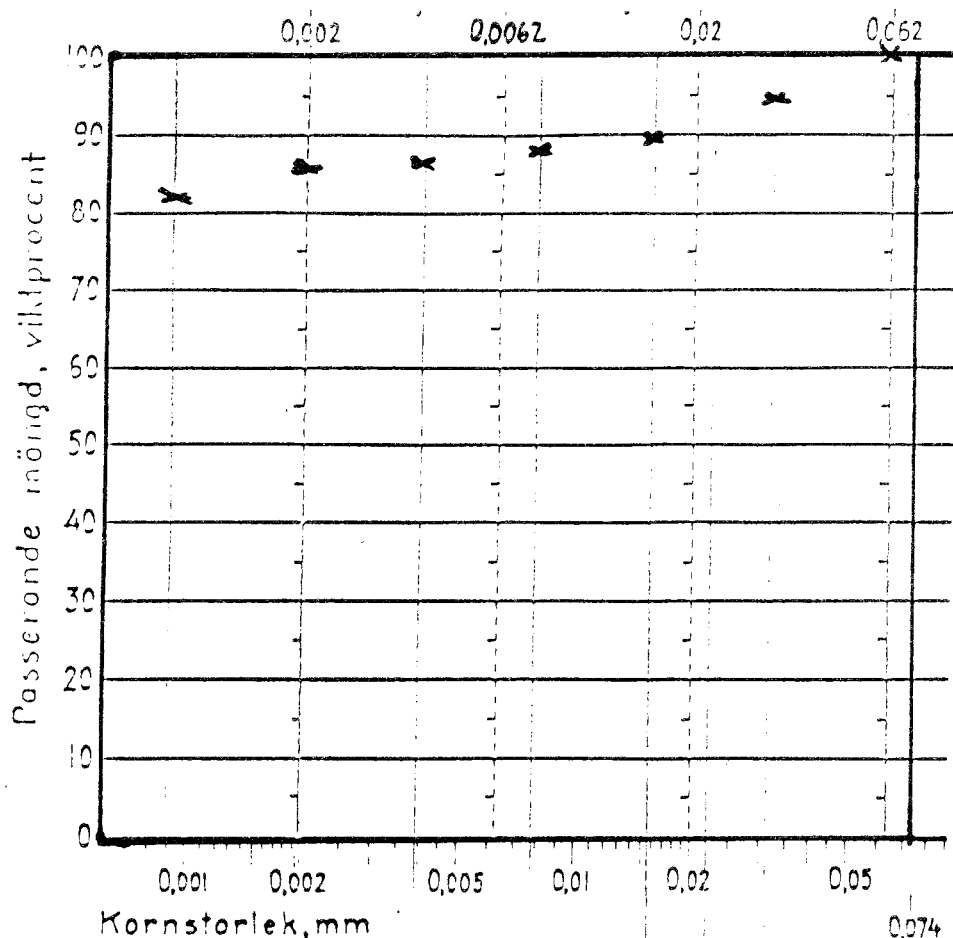


Fig 2. Kornstorleksfördelning hos SPV-bentonit.

Inom lerfraktionen dominerar lermineralet montmorillonit med spår av kvarts och fältspat enligt vid LuH genomförd röntgenundersökning. I de grövre fraktionerna har förutom kvarts och fältspat, kalciumkarbonat och tridymit (en SiO_2 -variant, Fig 3, 4.) påvisats med röntgendiffraktion. Till den mineralogiska bilden kan fogas att små rester från bentoniten överlagrande skiffrar finns i den nu saluförda MX-80 samt sotrester (kol) från torkningsprocessen. Bägge dessa föroreningar kan emellertid bortses ifrån då de går att undvika. Vidare har spår av mineralolja iakttagits (bilaga 1).

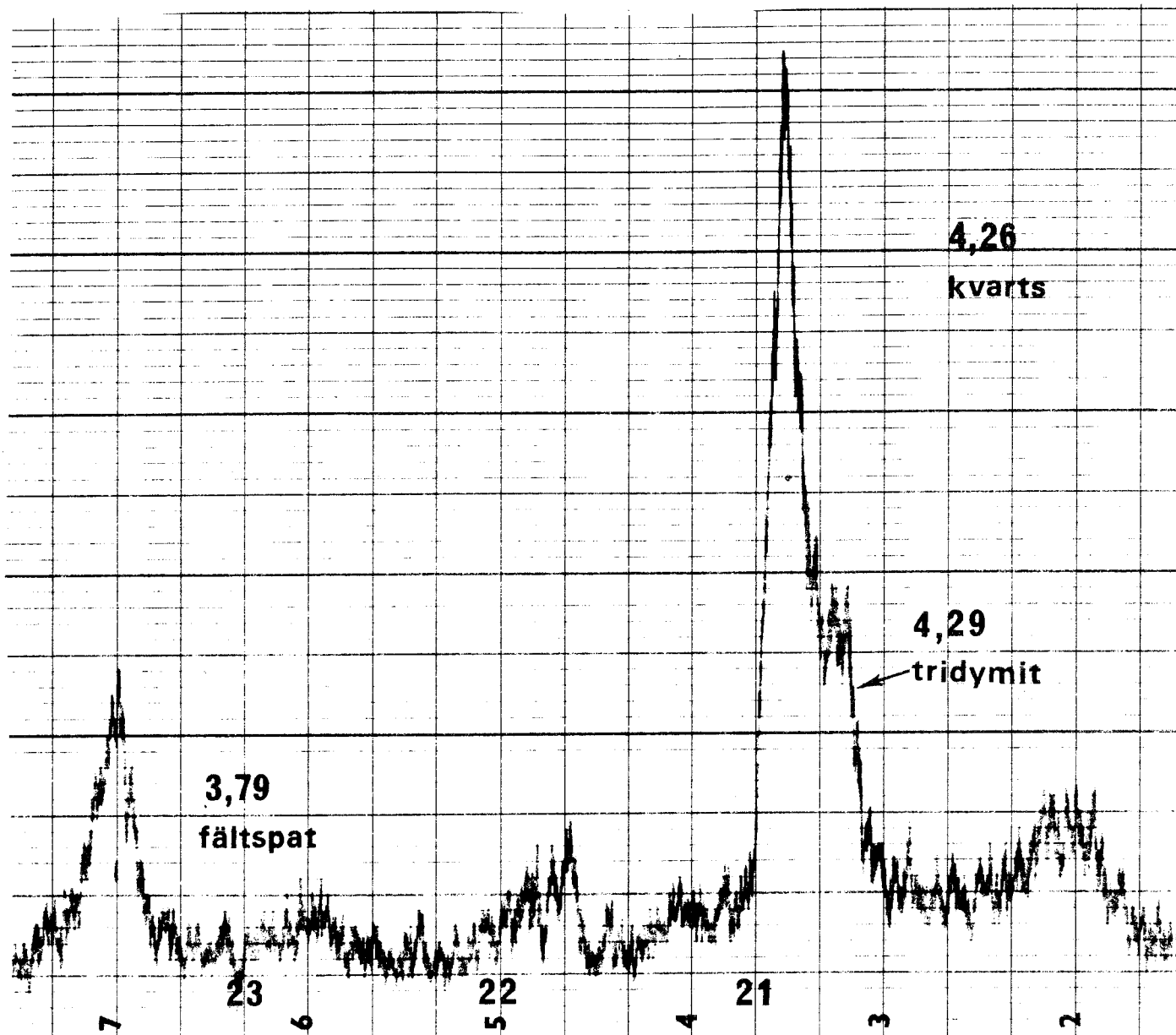


Fig 3. Del av diffraktogram visande tridymit, kvarts och fältspat.

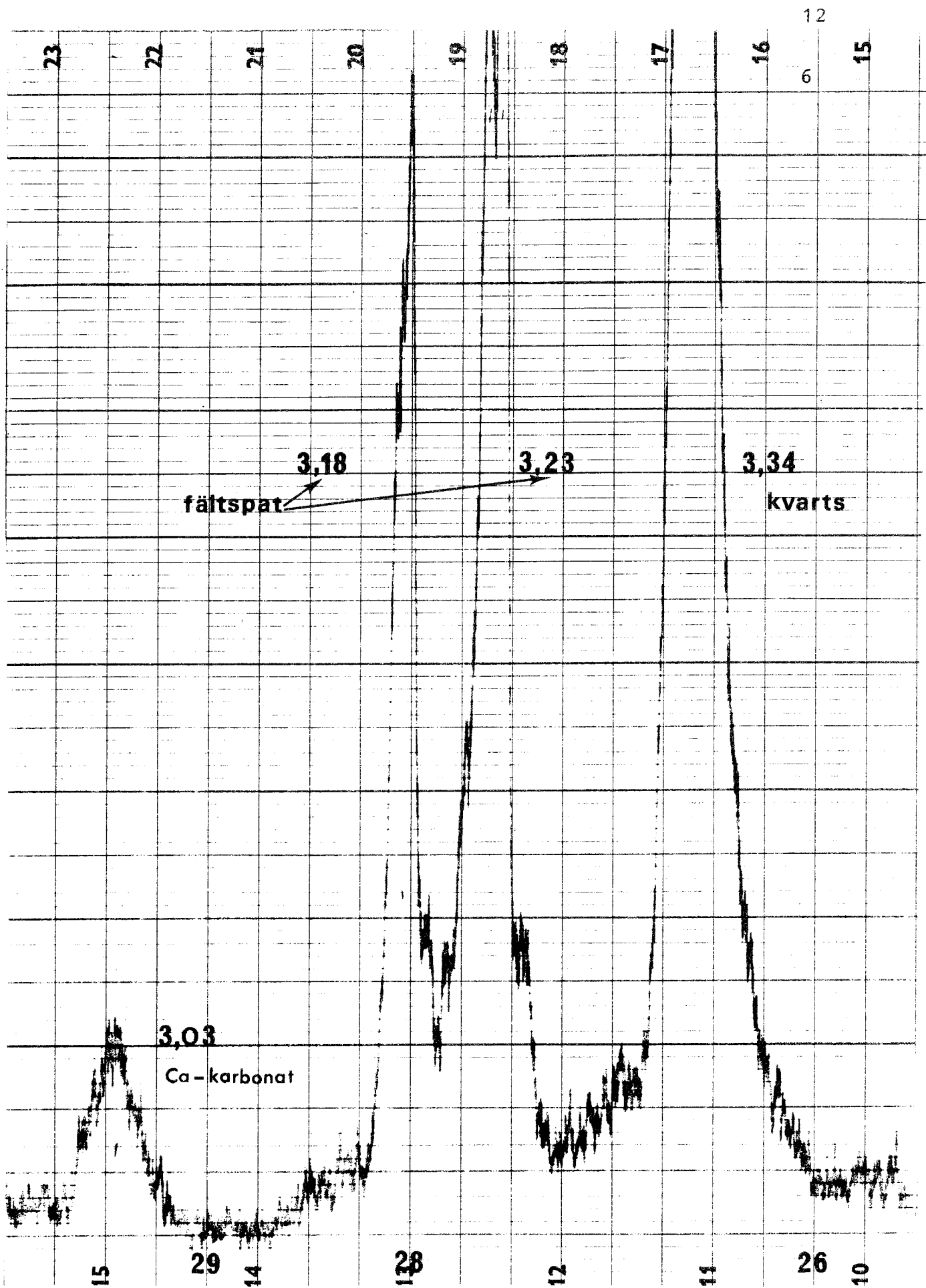


Fig 4. Del av diffraktogram visande kvarts, fältspat och Ca-karbonat.

Två företag som säljer bentonit har ingående tillfrågats om sina produkters kvalitet, nämligen Erbslöh & Co i Västtyskland och American Colloid Company i USA. Två underrubriker ges ur redovisnings-synpunkt för de olika produkterna nämligen:

- a. Tyska bentoniter
- b. Wyomingbentonit

a. Tyska bentoniter

Erbslöhs representant dr Möbius har brevlades lämnat uppgifter rörande tyska bentoniters mineralsammansättning. Uppgifterna gör dock inte anspråk på att vara fullständiga.

Samtliga redovisade tyska bentoniter är i naturligt tillstånd att beteckna som Ca-leror (ofta i litteraturen refererade till som "Fuller's earth"), vilket skiljer dem från Wyoming-depositerna. Dessa är huvudsakligen att betrakta som Na-leror. De tyska bentoniterna aktiveras, som man uttrycker sig, med Na. Mängden Na är ≈ 80 m ekv/100 g. Huruvida en Na-aktiverad bentonit är lika stabil kemiskt och mineralogiskt som en naturlig produkt finns för närvarande inte klara belägg för.

Bentoniten överlagrande material har en tjocklek på 15-25 m. Organiskt innehåll saknas i bentoniten enligt Möbius. Vad beträffar pyrit och andra sulfider förekommer sådana men sparsamt och kan undvikas. Köster (personlig kommunikation) har visat att bavariska bentoniter håller ca 70-80% smektit, sericit (glimmer) och/eller klorit samt kvarts 1-3%. Sericit /klorit-fraktionen kan ibland även innehålla lermineralet vermikulit och/eller blandskiktmineral. Små mängder av kaolinleror har också iakttagits. Zeolitiska mineral har ej påträffats.

Köster, liksom ett flertal andra geologer, menar att zeoliter och smektiter endast förekommer till-

sammans där hydrotermal påverkan föreligger i bentonitformationer. Han har undersökt bentoniter från Niederbayern, Wyoming, South Dakota, Mississippi, Arizona, California och New Mexico utan att finna zeoliter.

Mineralinnehållet i Niederbayerska bentoniter följer i stort som följer:

60-90% smektit med 2-6% amorfa beståndsdelar
(Kiselsyra, Al- och Fe-hydroxider).

Kornstorlek <0.2 μm .

10-25% muskovit, biotit och klorit men ingen illit. Kornfraktion 0.2-63 μm .

10% kvarts och fältspat. Kornfraktion 0.6-63 μm .

Organiskt innehåll har enligt författaren inte påvisats vid dessa analyser.

Köster har (1978) även gjort en jämförelse mellan mineralinnehållen i viktprocent i några olika bentoniter (Tabell 5a .

Mineral	1 Japan	2 Chish. Miss.	3 Amory Miss.	6 Upton Wyo.	10 Belle F. S.Dak.	12 Clay Sp. Wyo.
Montmorillonit	83.9	97.3	89.3	79.5	91.9	87.7
Quarz	14.9	2.3	5.9	16.3	4.0	10.0
Glimmer	—	—	0.1	0.1	0.1	—
Chlorit	—	—	—	0.1	—	—
Feldspat	—	—	4.7	2.3	4.0	2.3
Wechs.lag.M/Gl	—	—	—	—	—	—
sonstige	1.0	0.3	—	1.8	—	0.3
Summe	99.8	99.9	100.0	100.1	100.0	100.0
Spurenmin.:	Bio, Lim	Bio	Bio, Lim, org.	Bio, Lim, org.	Bio, Lim	Bio
Schwermin.:	Tu, Zi	Ru, Ti, Zi, Tu, Erz	Zi, Tu	Tu	Tu, Ru	Zi

Anmerkung: Bio = Biotit, Lim = Limonit, org. = organische Reste, Wechs.lag.M/Gl = Wechsellagerungen Montmorillonit/Glimmer, Tu = Turmalin, Zi = Zirkon, Ru = Rutil, Ti = Titanit, Erz = andere Erzpartikel.

Tabell 5a. Accessoriska mineral i olika bentoniter.

b. Wyomingbentonit

Två typer av bentonit bryts. Den ena är guldfärgad och den andra blåfärgad. Den gula färgen beror enligt Williams et al på oxidation av järn (Fe^{2+}). Fig 5 visar de områden där den s k Wyomingbentoniten förekommer och bryts. Det framgår här att "Black Hills" är en tektoniskt upplyftad zon med utgående bentoniter vid dess NW kanter. Wyomingbentoniten beskrivs ofta som en ren Na-bentonit. I själva verket visar jonbytesförsök att Ca och Mg upptar 35-67% av den totala jonutbyteskapaciteten (Williams et al). Detta markeras också av den totalanalys (Tab 5b) som ges av "the American Colloid Company" för deras Volclay-produkt. Sammansättningen beskrivs här i procent av ingående elements oxider. Vi ser i analysen att Ca/Mg-halten är tämligen hög. I Tabell 5b föreligger även andra litteraturvärden på kemiska analyser av Wyomingbentonit samt som jämförelse en bayersk bentonit. Vad som inte framgår av Tab 5b är de verkliga halterna av accessoriska mineral i den ur naturen direkt brutna bentoniten.

Beroende på var inom det stora området av bentonitfyndigheter NW Black Hills finner vi varierande halter av accessoriska mineral på mellan 7-12%. Vanligaste föroreningar är kvarts och fältspater. Dessa uppgifter har hämtats ur American Petroleum Institute, Project 49 (1950). I de fall där limonit och kalцит förekommer till flera procent är det inte aktuellt för vårt material.

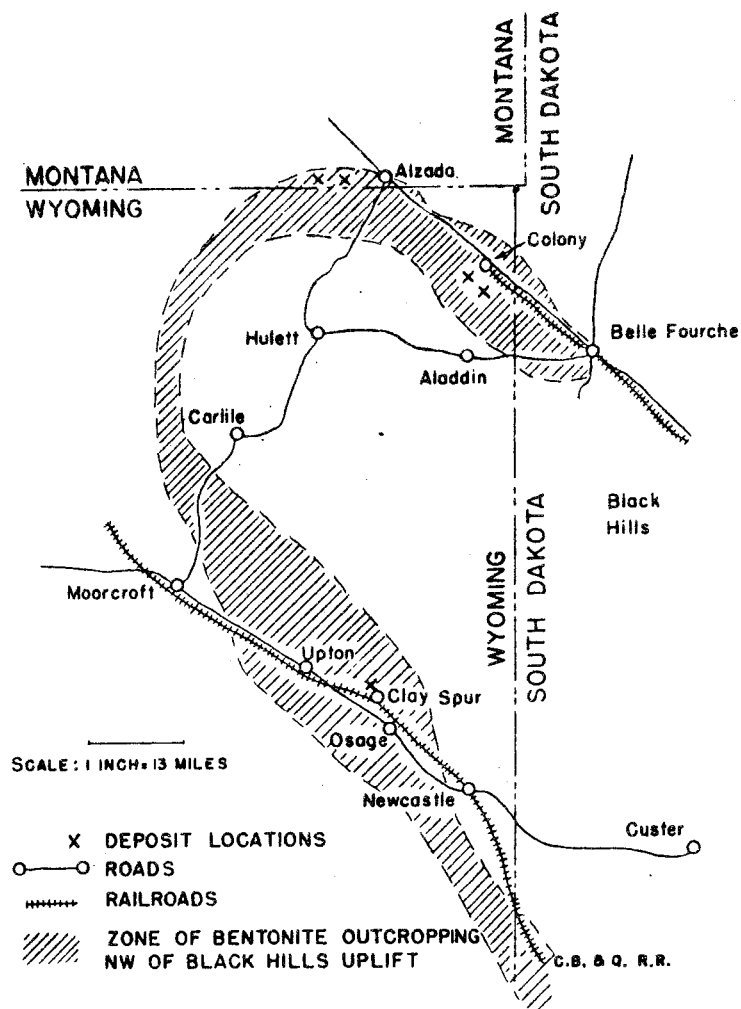


Fig 5. Område inom vilket den s k Wyomingbentoniten förekommer och bryts. (Ur Williams et al)

	Volclay %	Ur Grim %	S Dak Belle Fourche %	Clay Spur Wyoming %	MX-80 LuH (bilaga 2)
SiO ₂	ca 63.0	55.44	56.80	54.90	60.6
därfri fri kvarts "	1.0				
Al ₂ O ₃	ca 21.0	20.14	21.32	20.30	20.1
Fe ₂ O ₃	3.2	3.63	4.07	3.70	3.66
FeO	0.3	0.30	-	-	-
TiO ₂	0.1	0.10	-	-	0.19
CaO	0.7	0.50	0.07	0.17	1.38
MgO	2.7	2.49	2.31	2.40	2.57
Na ₂ O	2.2	2.75	3.06	2.79	2.22
K ₂ O	0.4	0.60	0.11	0.08	-
Kriställvatten	5.6	14.70	12.66	-	
Övrigt	0.8	-	(inkl glödg)	-	

Fysikaliska egenskaper för Volclay

Kornstorlek, mm	Granulat ca 0.07-0.8
Kompaktdensitet, kg/m ³	2700
Skrymdensitet, kg/m ³	1075
Svällningsförmåga i vatten ggr egna volymen	ca 15
pH-värde	8.5-10.2

Tabell 5b. Kemiska analyser av olika bentoniter där sammansättningen ges i form av ingående elements oxider.

Totalanalys av MX-80-bentonit (analys utförd vid ASEA Atom).

Glödgn förlust 950 ^o	12.3%
SiO ₂	63.0%
Al ₂ O ₃	16.1%
Fe ₂ O ₃	3.0%
CaO	1.1%
MgO	1.6%
Na ₂ O	2.2%
K ₂ O	0.48%
Li ₂ O	<0.01%
MnO	0.03%
TiO ₂	0.10%
F	0.10%
Cl	<0.01%
S	0.23%;0.12%
Cu	<0.01%
Zn	0.01%
Cr	<0.01%
Ni	<0.01%
AsO ₄	0.01%
NO ₃	ej påvisbart
PO ₄	0.060%
S i sulfider	0.11%;0.13%

Tabell 6.

Jämförs ASEA Atom:s analysresultat (Tabell 6) med andra analyser utförda på material från samma områden föreligger en god överensstämmelse.

Den kemiska analysen har kompletterats med bestämning av svavel, sulfid- och sulfatinnehållet. Olika forskare pekar på att de allra flesta bentoniter innehåller sulfider och sulfater. Det har visat sig nödvändigt att hålla sulfidinhållet på en låg nivå. Korrosionen på Cu-kapseln blir då teoretiskt sett normal.

Om det förekommer <200 mg sulfid/kg och <200 mg organiskt material/kg bentonit har man enats om att det inte medför allvarliga korrosionsproblem på Cu-kapseln. Både sulfid- och organhalten kan sänkas under givna max värden genom värmebehandling (Hydén).

Sulfidhalten före behandling med värme och efter är dokumenterade i Tabell 7. Liknande analyser har utförts i Stråssa av Grängesberg och resultaten därifrån stöder Hydéns mätdata.

Tabell 7. Analys av totalsvavel och sulfid i två MX-80-prover (analyserna utförda av ASEA Atom).

	Tot S i %	Sulfid före upphettning	Sulfid efter upphettning 425°C (15 h)
MX-80 (Bel-F)	0.27	0.10	0.015
MX-80 (Ahlsell)	0.27	0.09	0.015

ASEA Atom har utöver de i Tabell 7 redovisade svavelbestämningarna utfört svavelanalyser på andra bentoniter och vid andra temperaturer. Resultaten härifrån redovisas i Tabell 8. För vidare information rörande analysförfarandet hänvisas till Bilaga 3. Anledningen till att analyser av annat material än MX-80 har utförts var att få en uppfattning om sulfidinnehållet i andra bentoniter.

Organiskt material kan delvis elimineras redan vid brytningen och en ytterligare borttagning av organiskt innehåll åstadkoms vid värmebehandling.

	S (metod 1)	S (metod 2)	Σsulfid	"Pyrit"
MX-80 600°C	0.285 0.280	0.316	<0.01	
MX-80 425°C	0.272 0.238	0.303	0.012 0.018	
Gulgrön bentonit	0.030	0.029	0.021	
Sheppard	0.030	0.033	0.021	
Blå bentonit	0.122	0.166	0.07	0.05
Sheppard				
MX-80	0.264	0.280	0.09	0.08
Bel Fourche	0.260	0.286	0.11	0.10
Erbslöh aktiverad bentonit	0.010 0.013	0.008 0.011		
Milos bentonit	0.56	0.65		
Grekland (Ca-)	0.58	0.66		

Tabell 8.

Värmebehandling av bentonit (MX-80)

Bland icke önskade följdmineral som förekommer i bentoniter i varierande mängdförhållanden är sulfider. Sulfidhalten kan minskas med värmebehandling i luft utan att bentoniten förlorar sin kanske viktigaste egenskap nämligen svällförmågan. Värmebehandlingen innebär även en minskning av eventuellt förekommande organiskt innehåll.

Olika uppvärmningstemperatur under begränsad tid har studerats. Av Tabell 3 framgår att sulfidhalten kraftigt minskar vid 425°C efter 15 timmars upphett-

ning.

Bentonitens svällningsegenskaper testades efter respektive uppvärmningsförsök. Vattenupptagning och därmed svällning till full kapacitet kunde noteras efter det att bentoniten varit upphettad till 425°C i 15 tim. Efter upphettning till 600°C under 6 timmar kunde ingen svällning noteras, men pågående undersökningar visar att en stor del av svällförmågan finns kvar efter behandling 2 tim vid 500°C .

Det upphettade materialet undersöktes vid LuH i röntgendiffraktion dels på vattenfuktat material och dels med tillsats av etylenglykol. Ur Fig 6 och 7 kan vi se att MX-80 obehandlat och vid tillsats av etylenglykol visar ett för bentonit normalt diffraktogram. Ser vi sedan på Fig 8 där materialet upphettats till 425°C finner vi att den i bentoniten ingående montmorillonitens struktur förändrats något, så att röntgensvaren är försvagade. Svällbarheten med etylenglykol är dock påfallande god, full expanderings är till synes genomförd men intensiteten lägre. Anledningen är att vid den förhöjda temperaturen har en viss strukturomvandling startat genom att OH-grupper ryckts ur gittret. Detta kan dock snabbt återställas vilket också visas genom att full svällbarhet med vatten har genomförts.

Ser vi däremot på det material som varit upphettat till 600°C finner vi en ytterligare försvagning av röntgensvaret till följd av en förändring i strukturen hos montmorilloniten. En långsam och ofullständig rehydroxylering äger dock rum varvid vatten kan tas upp i begränsad omfattning. Däremot tas etylenglykol upp lättare och svällning inträder men med klart försämrade intensitet som följd (Fig 9).

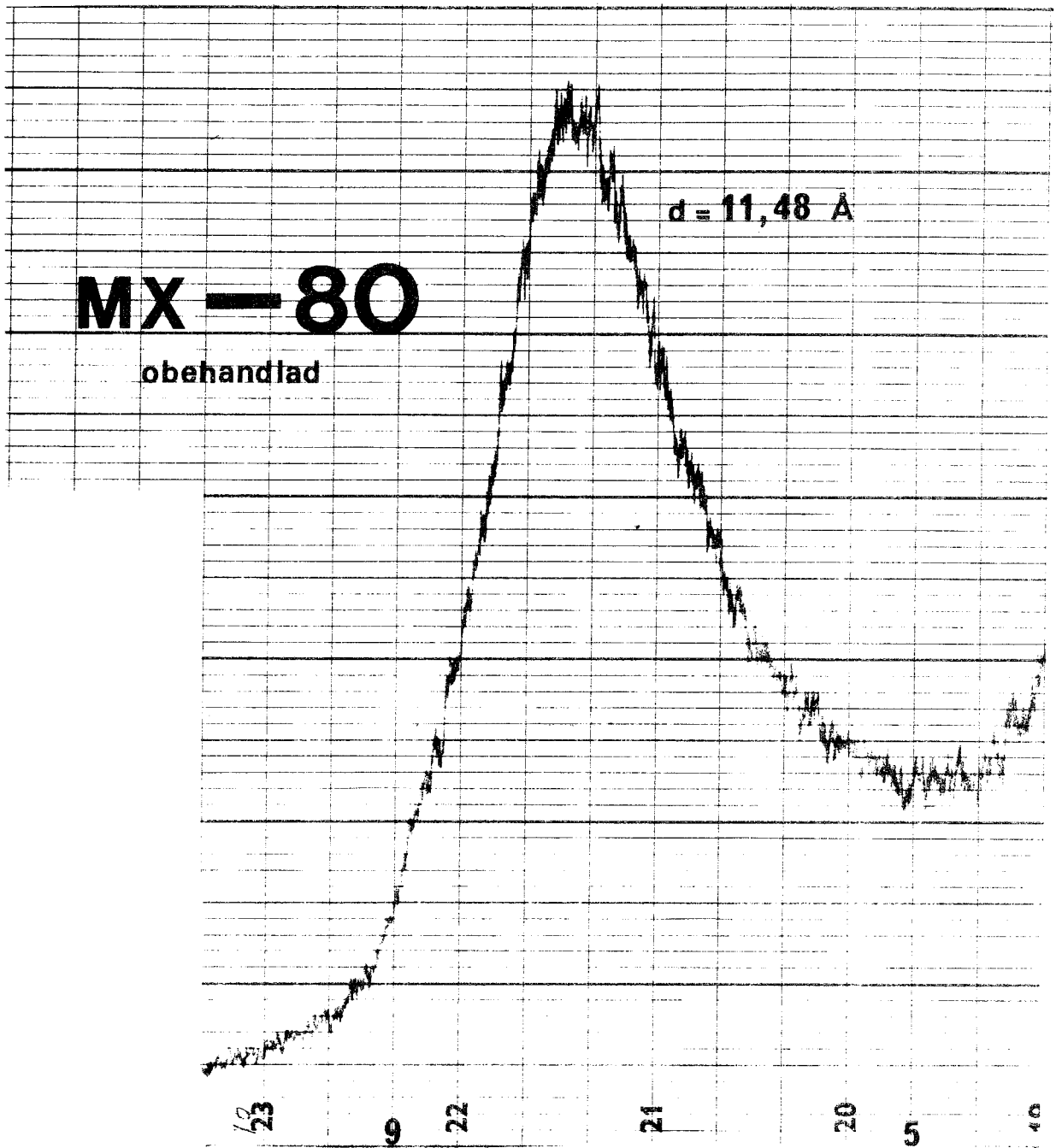


Fig 6. Ej värmebehandlad MX-80 med normal vattenhalt.

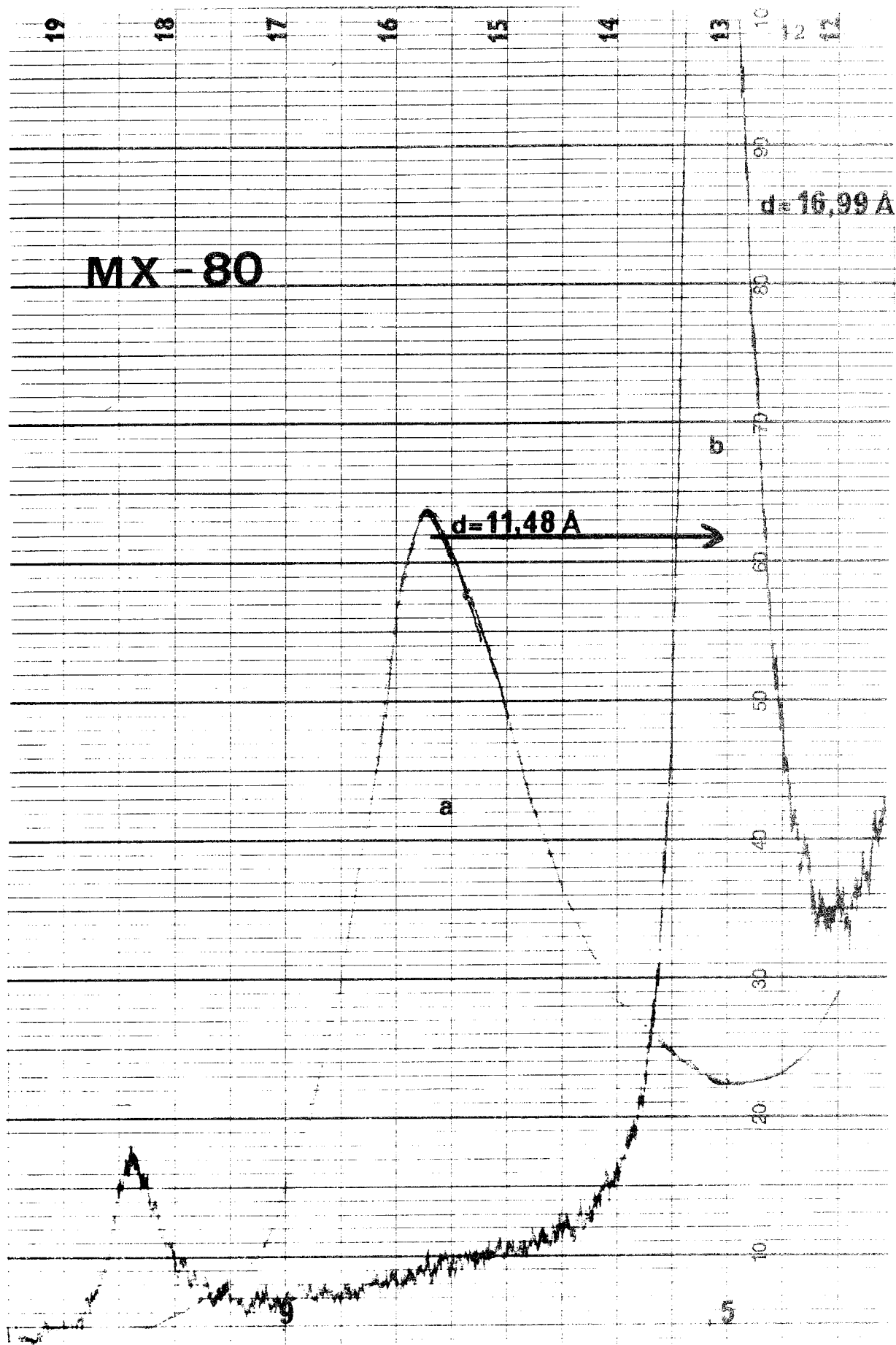


Fig 7. a. Värmebehandlad MX-80 till 425°C .
b. Etylenglykoltillsättning ger svällning.

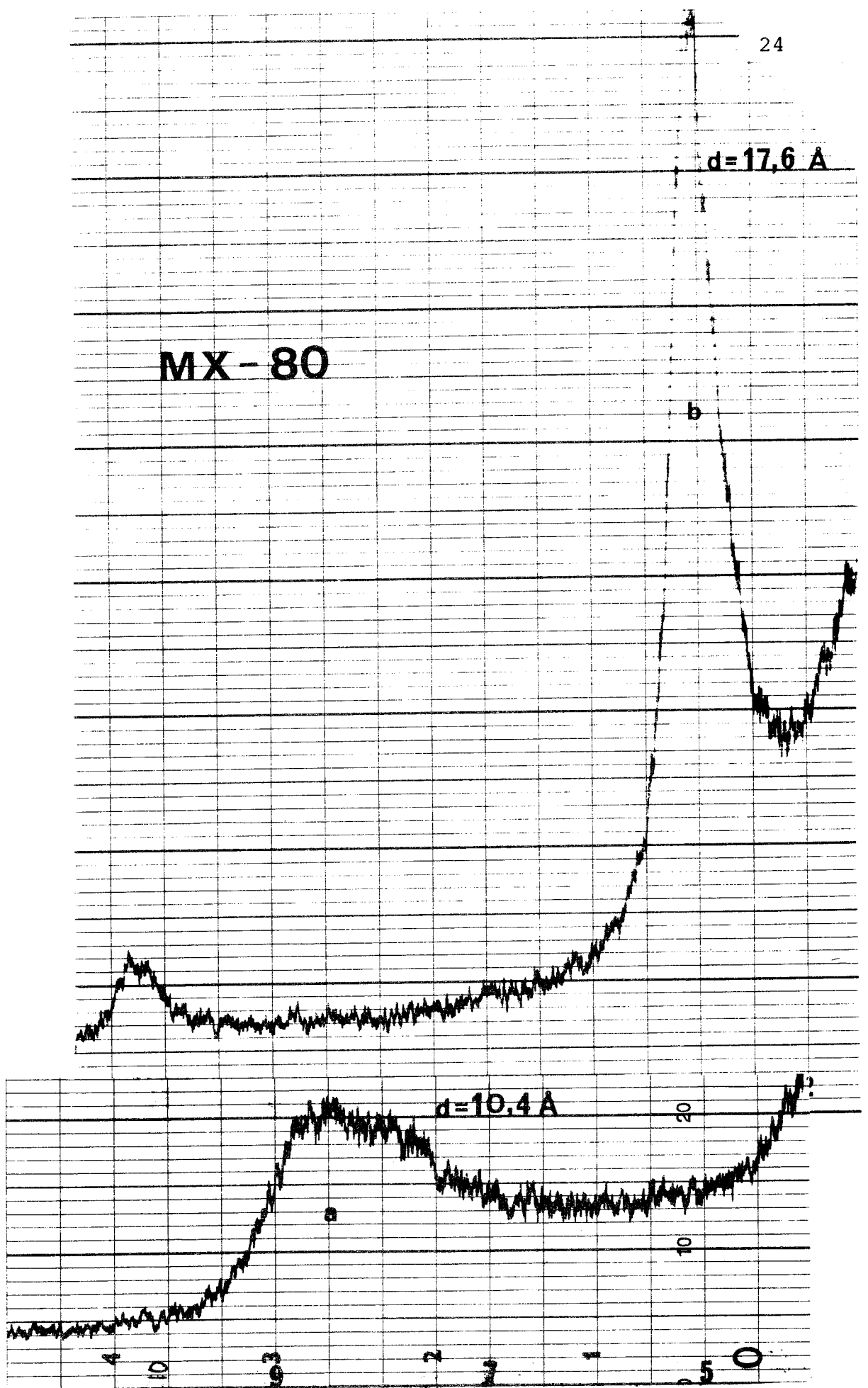


Fig 8. a. Värmebehandlad MX-80 till 425°C.

b. Etylenglykoltillsättning ger svällning.

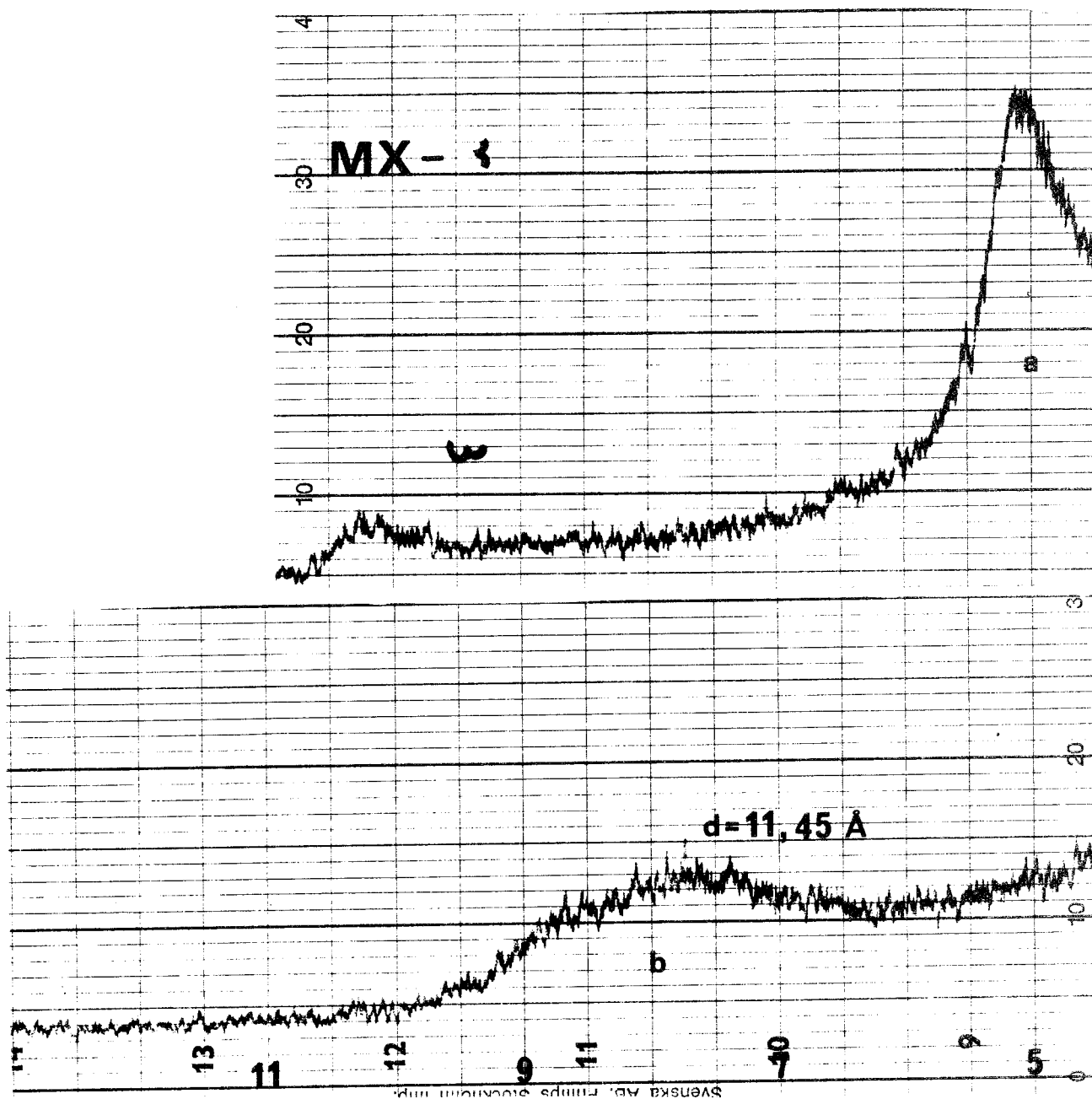


Fig 9. a. MX-80 svälld i etylenglykol efter uppvärmning till 600°C .
 b. MX-80 efter uppvärmning till 600°C och därefter vattentillsättning.

Utbytbart joninnehåll och total katjonutbyteskapacitet hos några bentonittyper

För att få en uppfattning om det utbytbara joninnehållet och en jämförelse mellan några olika bentonittyper har en serie jonbytesförsök genomförts. Utgångsmaterialet från de skilda proverna har inte förbehandlats på något speciellt sätt för att ta bort organiskt material, karbonater och liknande som traditionellt är brukligt. De naturligt interlagrade utbytbara jonerna i ett lerprov urlakades med NaAc i en första testserie (metod enligt I Rosenquist). Mängden Ca, Mg, Fe, K och Al i lakvattnet bestämdes. Därefter tillsattes CaCl_2 varvid Ca^{2+} ersätter Na. Överskottet på Ca- och Cl-joner tvättas bort. Ytterligare en jonbytesprocess genomfördes men denna gång med ett överskott av NaAc vid pH = 7 som är den normala pH-situationen vid laborativa katjonutbytesprocesser. Erhållet analysresultat ger jonutbyteskapaciteten uttryckt i m ekv (CEC)/100 g torr lera. Mängden utbytbar jon bestämdes genomgående med hjälp av en Unicam Atomic Absorption Spectrophotometer. Skillnaden mellan CEC och det i det första lakvattnet framtagna joninnehållet skulle ge Na-halten men detta var dessvärre en mindre lyckad metod att ta fram Na-innehållet. Det visade sig nödvändigt att testa ytterligare en lakningsmetod nämligen med NH_4Ac vilket också gjordes för 4 prover (Tabell 11). Härvid erhöles dock ett högt totalt CEC. Det kan förklaras av att materialet inte tvättats före jonbytesförsöket. Vidare kan resultaten i Tabell 12 jämföras med LuH:s i NH_4Ac lakade prover, Tabell 11. Det framgår emellertid klart att Ca, Mg innehållet i förhållande till Na är stort. I det fall vi har ett högt Ca-innehåll i förhållande till Na har vi en sk Ca-bentonit. Är förhållandet omvänt har vi en Na-bentonit. Inom vilka gränser halten av Na respektive Ca får variera

med bibehållande av önskade egenskaper har inte kunnat klarläggas inom tillgänglig tid.

Jämförelse med litteraturvärden (Williams et al, 1953) (Tabell 9 och 14) på mängden enskilda utbytbara katjoner och total CEC på naturlig Wyoming-bentonit visar en god överensstämmelse med Tabell 10. Från försöken framgår att det i bentoniten ingående lermineralet montmorillonit har ett CEC som i det närmaste är liktydigt med den naturliga bentonitens (Wyoming).

X-Ray diffraction, %	Wyoming bentonite
Major phase	Mont.
Quartz	8
Cristobalite	3
Feldspar	<3
Chemical analyses, %	
SiO ₂	63.20
Al ₂ O ₃	20.54
Fe ₂ O ₃	3.51
TiO ₂	0.15
R ₂ O ₃	24.20
CaO	1.30
MgO	2.49
Na ₂ O	2.16
K ₂ O	0.50
SO ₃	.53
CO ₂	.30
H ₂ O (110°)	7.19
H ₂ O (900°)	5.06
Base exchange analysis (meq./100 g.) ^b	
Base Exch. Cap.	81
Exchangeable Bases	
Ca	33
Mg	22
Na	24
K	2
Excess salts	
SO ₄	19
CO ₃	13
Cl	0

Tabell 9. Analys tagen ur Williams et al.

Tabell 10. Bestämning av dominerande katjoner och total CEC hos några bentonittyper uttryckt i m ekv/100 g torrt lerprov (lakningsförfarande enligt I Rosenqvist). Analyser utförda vid LuH, geoteknik, på råbentonit. (Bentoniten obehandlad före jonbyte)

Material	Mg ²⁺	Ca ²⁺	K ⁺	Fe	Al ³⁺	CEC	Na ⁺
MX-80 (Bel F)	20.70	36.96	4.92	0.38	spår	81.97	18.99
Blue Bentonite	30.00	29.94	8.09	0.29	spår	109.67	41.64
Blue Bentonite	30.63	29.19	7.19	-	-	116.7	48.93
Yellow Bentonite	24.54	22.30	8.65	0.21	spår	88.2	32.71
Yellow Bentonite	24.85	21.35	4.67	-	-	91.68	40.81
Milos bentonit	25.88	50.58	3.91	-	-	75.15	-
Milos bentonit	27.47	52.05	3.90	-	-	81.35	-
Erbslöh Aktiv	66.41	105.76	3.55	-	-	71.07	-
Erbslöh Aktiv	62.67	101.14	-	-	-	70.34	-
Ungersk bentonit	7.88	37.15	4.50	-	-	34.46	-
Ungersk bentonit	7.95	37.49	-	-	-	33.91	-
Tjeckisk "	47.26	46.45	11.53	0.21	-	62.34	-
Tjeckisk "	47.88	45.20	11.59	0.22	-	61.95	-
Erbslöh Ca-ben.	35.76	53.81	9.95	-	-	63.01	-
Erbslöh "	36.49	54.57	8.84	-	-	62.31	-

Tabell 11. Utbyte av joner med NH_4Ac vid $\text{pH} = 7$.
CEC är uttryckt i m ekv/100 g torr ler-
substans. Materialet utgörs av "råben-
tonit" (obehandlat innan jonbyte)

Lokal	Mg^{2+}	Ca^{2+}	K^2	Na^+	$\approx\text{CEC}$
Upton 102 ¹³	8.8	16.9	1.4	79.4	106.5
MX-80 (Crude Düisburg ¹⁴	14.4	31.5	2.2	68.7	116.8
MX-80 Düisburg ¹⁵	13.1	31.4	1.9	73.6	120.0
MX-80 England (lev Västerås) ¹⁶	16.5	38.7	2.1	66.5	123.8

Tabell 12. Jonbytesanalyser på obehandlade mont-
morillonitleror (Osthaus 1955)

Location	Cations (mequiv./100 g)					Anions (mequiv./100 g)			Base-exchange capacity cations-anions	Base-exchange capacity NH_4^+ dist.
	Na^+	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	H^+	SO_4^{2-}	Cl^-	CO_3^{2-}		
Merritt, British Columbia	23.88	1.49	32.50	10.00		7.80	3.50	56.57	57.5	
Santa Rita, New Mexico	2.26	1.91	62.9	29.0				96.07	97.6	
Belle Fourche, South Dakota	84.80	1.70	7.80	8.50		18.30	5.70	78.86	79.8	
Little Rock, Arkansas	1.29	1.27	2.14	22.50	48.70			75.90	78.8	
Polkville, Mississippi	2.00	1.00	95.30	21.00		1.60		117.70	113.7	
Amory, Mississippi	1.09	2.76	70.00	28.00		1.70	29.00	71.15	71.4	
Otay, California	40.70	1.27	20.00	70.40		1.50	8.40	122.47	122.5	
Plymouth, Utah	0.45	1.36	99.00	39.00				33.00	111.8	
Clay Spur, Wyoming	82.60	1.74	12.45	8.80		13.00	3.60	10.50	78.49	
Chambers, Arizona	5.50	1.20	100.00	20.00		1.00	4.40	2.00	119.30	

Från Köster (1978) föreligger analyser av spårele-
ment i några bentoniter som kan ha intresse i
KBS-sammanhang (Tabell 13).

Element	1 Japan	2 Chish. Miss.	5 Amory Miss.	6 Upton Wyo.	10 Belle F. S. Dak.	12 Clay Sp. Wyo.
Cr	8	7	9	5	—	—
Mn	211	55	218	77	28	30
P	65	126	504	127	178	138
Cu	5	5	3	3	3	1
Ni	27	47	47	25	12	14
Co	7	15	5	5	28	24
Pb	40	34	53	46	66	51
Zn	111	91	186	106	248	120
Rb	23	22	61	24	28	27
Li	12	111	13	26	34	26
Sr	196	66	85	165	385	85
Ba	599	60	153	258	213	194

Tabell 13. Spårelementanalys hos några "råbentoniter".
Elementinnehållet angivet i ppm.

pH i buffertmassan

Undersökningar med avseende på pH och eventuell mineralomvandling av bentonit utfördes i Lund på Volclay. Dessa avviker inte från vad man kan finna i vissa litteraturreferenser. Vid höga pH-värden över 9.5 och temperaturer över 100°C får vi en delvis upplösning av bentonit i vattensuspension. Lund-försöken visar att bentonit i tät suspension sannolikt är stabil upp till 150°C vid pH 8-10. En jämvikt med grundvattnet (suspensionens vatten) inställer sig. Har vi rik tillgång på Na kan vi få en zeolitbildning (analcit). Notervärt är att det slutliga pH-värdet vid hydrotermalförsöken i Lund visar på sänkt pH, ca 5.5. Lösningarnas låga pH kan sannolikt förklaras med att amfotera aluminium-magnesiumhydrat bildas av vilka några bidrar till sur reaktion. Det har även visats av Lundförsöken att tillsats av Mg^{2+} verkar stabiliserande då bentonithalten i lersuspensionen är hög, vilket för övrigt också är allmänt känt från litteraturen.

Vid försök som utförts vid lägre temperaturer, 95°C och 50°C under 8 respektive 5 dygn, kan en mindre sänkning av pH iakttagas (några tiondelar). pH blir därefter stabilt vid 8.4-8.70. Orsaken torde vara hydrolysis. Tabell 14 ger de resultat som erhållits.

Försöksserien omfattade 4 tester benämnda A₁ och A₂ samt B₁ och B₂. Försök utfördes på ren bentonit plus grundvatten samt bentonit plus kvartssand.

In situ-mätning av pH på bentonit i två profiler från Wyomingområdet ger ett högsta pH på 9.2 och ett lägsta på 7.3 (Fig 10). Även American Colloid Company och egna mätningar ger värden kring 8.5-10.2 för pH i bentonitsuspension.

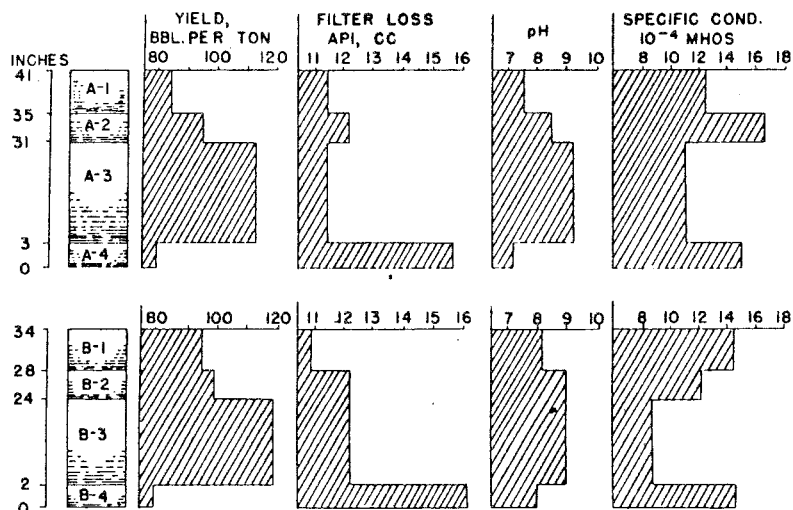


Fig 10. pH-fördelning i två skilda profiler från Wyoming (pH \approx 9.2). (Ur Williams)

Prov	Tid dygn	T ^o C	pH	Försöksbetingelser
A ₁	0	95	9.00	Slutet kärl, mätning av pH efter svalning till 24 ^o C. 4 prov kördes samtidigt 3 g bentonit + 21 g grundvatten
	1	"	8.66	
	2	"	8.61	
	4	"	8.55	
	8	"	8.60	
A ₂	0	95	8.72	Slutet kärl, mätning av pH efter svalning till 24 ^o C. 4 prov kördes samtidigt 3 g bentonit + 21 g grundvatten + 27 g kvartssand
	1	"	8.58	
	2	"	8.48	
	4	"	8.32	
	8	"	8.34	
B ₁	0	50	8.88	Återloppskokning. pH mättes vid 50 ^o C. Ett prov kördes 5 g bentonit + 70 ml grundvatten
	1	"	8.68	
	2	"	8.69	
	3	"	8.70	
	4	"	8.68	
	5	"	8.66	
B ₂	0	50	8.62	Återloppskokning. pH mättes vid 50 ^o C. Ett prov kördes. 5 g bentonit + 45 g kvartssand + 70 ml grundvatten
	1	"	8.44	
	2	"	8.45	
	3	"	8.46	
	4	"	8.44	
	5	"	8.42	

Tabell 14. Resultat från pH-mätningar gjorda vid två olika temperaturer efter bestämda tidsintervall. (Analyser utförda under ledning av Sten Andersson vid oorganisk kemi 2 i Lund).

Fluor i lermineral och leriga jordmaterial

En litteraturstudie har genomförts med avseende på eventuell förekomst av fluor i lermineral och leriga jordarter. Ett arbete av Josephus Thomas et al 1977 täcker det informationsbehov som efterfrågats.

Då fluor-jonen är ett av de mest elektronegativa elementen är dess bindning till andra element mycket stark. Finns den väl som byggnadsdel i en struktur är den svår att avlägsna eller byta ut. Fluor-jonen ersätter då ofta hydroxyljoner (OH^-). Vid hydrotermal påverkan av leror har höga fluorhalter kunnat konstateras men endast då den hydrotermala lösningen innehållit fluorjoner i tillräcklig mängd. Fluorinnehåll från några ppm till flera procent har iakttagits.

En användbar metod för bestämning av F^- har visat sig vara utnyttjande av en fluorjonselektiv elektrod. Reproducerbarheten anges vara omkring $\pm 5\%$. Följande ekvation gäller för bestämning av fluorjonkoncentrationer:

$$C_x = \frac{C_s}{10^{\Delta E/\text{slope}} \left(1 + \frac{V_x}{V_s}\right) - \frac{V_x}{V_s}} \quad (\text{ur Thomas, 1977})$$

där C_x = okänd molar F^- koncentration

C_s = molar tillsatt koncentration av standardlösning

ΔE = skillnaden i utlöst E (mV)

slope = $2.303 RT/nF$ = elektrodkaraktäristika

V_x = lösningens volym

V_s = volym av tillsatt standardlösning

Provpreparering och analystekniskt förfaringssätt i övrigt kommer inte att behandlas här.

Resultat

Tabell 15 visar några valda silikatstandarder med högt Al-innehåll som utnyttjats vid testning

Sample	F, ppm		
	This method	Ingram (1970)	Others
W-1 Diabase	230	240	250
G-1 Granite	685	724	700
G-2 Granite	1400	1480	1200,1200,1205,1300 1400,1400,1600,2000
BCR-1 Basalt	520	--	500, 500, 500 500, 700, 700
AGV-1 Andesite	430	--	400, 400, 400 500, 600, 600
GSP-1 Granodiorite	3810	3870,3856	1940,3700,3700,3800 3800,3900,4000,4800

Tabell 16 visar olika smektiters fluorinnehåll

Sample	F, ppm
<u>Smectite</u>	
Nontronite (API - Colfax, WA)	44
Nontronite (API - Excelsior, WA)	50
Nontronite (API 33a - Garfield, WA)	62
Hectorite (API 34a - Hector, CA)	50,640
Hectorite (API 34b - Hector, CA)	15,510
Hectorite (API "Best grade" - Hector, CA)	51,800
Hectorite (SCMP - Hector, CA)	27,500
Na-montmorillonite (SCMP - WY)	1110
Ca-montmorillonite (SCMP - TX)	845
Ca-montmorillonite (SCMP - AZ)	2875
Montmorillonite (API 11 - Santa Rita NM)	3750
Montmorillonite (API 30 - Santa Rita, NM)	2230
Montmorillonite (API 21 - Burns, MS)	2955
Montmorillonite (API 22 - Amory, MS)	1630
Montmorillonite (API 23 - Chambers, AZ)	7100
Montmorillonite (API 25a - Upton, WY)	920
Montmorillonite (API 27 - Belle Fourche, SD)	870

Tabell 16 forts

Sample	F, ppm
Montmorillonite (API 28 - Little Rock, AR)	1360
Bentonites (WY and SD - 5 samples)	900-1100
Ordovician metabentonites (eastern US - 10 samples)	2000-7140
Pearlette Volcanic Ash	3000

Tabell 17 till sist visar fluorinnehållet hos andra mineral än smektit

Sample	F, ppm
Muscovite ("white mica" - location unknown)	1000
Biotite (location unknown)	11,820
Talc (North Carolina)	2665
Clinochlore (Tilley Foster mine, NY)	56
Ripidolite (Tilley Foster mine, NY)	23,850
Vermiculite (Montana)	2700
Illite (Fithian, IL)	1035
Illite (Pennel, MT - hydrothermal area)	5640
Illite (Hardin County, IL - 17 samples)	2315-8185
Glauconite (various locations - 12 samples)	470-4320

Fosfor och kväve i aktuell bentonit

De rubricerade elementen fosfor och kväve ingår i livscykeln för bakteriers reproduceringsförmåga. Det är därför på plats att beakta dessa elements förekomst kvantitativt. Analyser på två prover med beteckningarna SPV och MX-80 har därför utförts vid geologiska institutionen, Stockholms universitet, av A Engvall.

Provmaterialets hydrofila egenskaper har beaktats och analyserna är utförda på material som torkats vid 105°C till konstant vikt.

Vattenhalten var för prov SPV: 8.5% (medelv 5 prover)
 " " " " MX-80: 11.3%(" " " ")

Analysmetoder: Total-P har analyserats genom uppslutning av prov i en oxidationsblandning av HNO₃, H₂SO₄ och HClO₄. Fosforbestämning har gjorts kolorimetriskt.

Total-N (Kjeldahl-N) har analyserats genom uppslutning av prov i konc H₂SO₄ enligt konventionell metod. Efter destillering av provet har slutbestämning gjorts genom titrering.

Resultat: Total-P i % av torrsvikt

Prov SPV: 0.01 (0.0097)
 " MX-80: 0.02 (0.0173)

Total-N i % av torrsvikt

Prov SPV: 0.02 (0.01988)
 " MX-80: 0.01 (0.01254)

Organiskt innehåll i bentonit

Under KBS-arbetet med karakterisering av den tänkta bentonitbufferten har det framkommit krav på en kvantifiering av det i bentonit förekommande organiska innehållet. Anledningen är att organiska substanser kan tjäna som näringskälla i reducerande miljö för vissa anaeroba bakterier. Dessa kan inte helt uteslutas i det tänkta förvaret. De kan bryta ned sulfater under bildning av sulfid. Processen kan utmynna i att en aggressiv miljö bildas kring den i lerbufferten deponerade Cu-kapseln med påföljd att viss korrosion kan utvecklas.

Den bentonit (MX-80) av Wyomingtyp som är tänkt som

buffertmassa innehåller organisk substans. Mängden organiskt material har framtagits med olika metoder (bilagor 4-10). Ävenså har det organiska innehållets art sökt fastställas.

Halten av organisk substans som har bestämts med skilda metoder och på olika analyslaboratorier har varierat beroende på med vilken teknik analysen utförts. De resultat som framkommit för MX-80 är redovisade i Tabell 18.

En av de första analyserna som gjordes på organiskt material var med hjälp av KMnO_4 -titrering enligt Tabell 20. Då emellertid KMnO_4 -metoden för bestämning av organisk substans kan vara behäftad med osäkerhet beslöts att pröva andra förfaringssätt. Ett sådant är den spektrofotometriska metod som utarbetats i Uppsala (SLU) och är i allmänt bruk där. Metoden visar dock även den på osäkra mätdata framför allt om det finns mycket kolloidalt material. Halten organiskt material blir då för hög. Speciellt gäller detta lakvatten från den undersökta bentoniten.

Om det skulle föreligga FA (fulvic acid och/eller HA (humic acid), som SLU (Sveriges lantbrukskemiska universitet) anser för troligt, borde vi från början i vår bentonit haft en annan pH-situation (Schnitzer & Kodoma, 1977) än den som föreligger i MX-80, nämligen ett pH lägre än 5 (Fig 11).

I det kapitel som berör aktivitet och rörlighet hos bakterier redogörs för olika organiska komponenter i jord, vilket ger en god upplysning om deras uppträdande och allmänna egenskaper.

Vidare kan sägas att närvaro av rikligt med kvarts, amorf SiO_2 , adsorberat och fritt Na och K vid högt pH och hög fukthalt reducerar adsorption av humusämnen hos leror (Schnitzer & Kodoma, 1977).

MX-80

Analyslab	Metod	Provberedning	Org halt (ej förvämt) ppm	Org halt (förvämt 425°C 15 tim) ppm	Oljerester ppm	Resultat
Kärnkemi (Allard)	CTH IR-teknik	lakning i etyl- alkohol	700±50%	-	-	lakrest ej löslig i NaOH därför ej huminämnen (fulvo- eller huminsyra) (KBS-rapport nr 55)
Orrje & Co (Rennerfeldt) 31.3.1978	KMnO ₄	lakning i 95°C dest i H ₂ O	550	150	-	analysvärden överensstämmer i huvudsak med FOA och SU. Metoden är snabb men bör kanske överses. (Bilaga 4)
Arrheniuslab (Wadsten) SU	TG-teknik	pulvermaterial	-	~150	hartsliknande rest	snabb och bra metod om re- sultaten kan reproduceras. (Bilaga 5)
FOA (K F Alm)	Komb av moleky- larsikt och gas- kromatografi	pulvermaterial	-	220		man har även lyckats ta fram oorganiskt kol (CO ₂) till 110 ppm (Bilaga 6) ²
Lantbrukskemiska (Britt-Marie An- dersson) SLU	spektrofotometri	lakat lerpulver	220-250	475-560		metoden har dock visat sig osäker pga inverkan från bl a kolloider av annat slag än organiskt material (Bilaga 7)
BP (Bo Dahl)	IR-teknik	lakning med koltetraklorid	-	-	(tot) 47	man skiljer här på mineral- olja (36 ppm) och oljehalt totalt. (Bilaga 1)

Analyslab	Metod	Provberedning	Org halt (ej förvänt) ppm	Oorg halt (förvänt 425°C 15 tim) ppm	Oljerester	Resultat
SGU (A Brusewitz)	kemisk teknik	uppslutning i flussyra	-	-	tjärliknande substans	någon analys kunde inte göras, bara ett påpekande om restprodukten, möjligen någon form av paraffin (Bilaga 8)
Laboratorium für Bergbau und In- dustri (J Buschmeyer)	IR gaskromatografi	KBR-tablett och extraktion med tetrachloretylen n-Heptan - extrak- tion chlorbenzol - ex- traktion	- -	- -		man finner inte något or- ganiskt innehåll med dessa metoder (Bilaga 9)

Tabell 18 forts

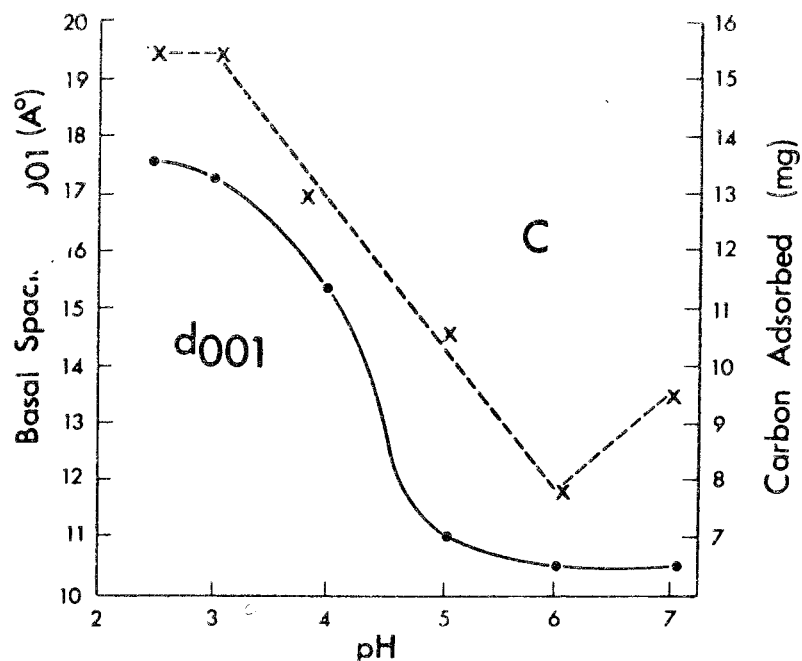


Fig 11. Hur FA (fulvic acid)-adsorption beror av pH.

Från en spektrometrisk undersökning vid LuH visas just i lakvatten från råbentonit förekomst av amorf kolloidal SiO_2 (Bilaga 2).

Om det trots allt skulle finnas FA i bentoniten är den sannolikt komplexbunden via metalljon och montmorillonitytans gitter. Ett sådant stabilt komplex bildar Cu^{2+} med FA och montmorillonit. Det tål då mycket höga temperaturer ända upp till 1000°C utan att sönderdelas.

Då det gäller vattenutlösning av FA från ett eventuellt FA-Na-montmorillonitkomplex visar detta att tämligen lite löses ut vid lakning (Tabell 19).

Analyser utförda av Hallberg (SU, Bilaga 10) på restprodukter efter extraktion av organiskt material ur MX-80 ger belägg för att det organiska materialet varken kan vara humussyra (HA) eller fulvosyra (FA) utan snarare någon form av kerogen, vilket är svårt för bakterier att bryta ner. Hallbergs tolkning är

i god överensstämmelse med vad Kononova (1975) kommit fram till genom ett liknande förfaringssätt. Enligt Kononova kan humussubstansens molekyler delas upp i två basstrukturer med:

- a. Aromatiska kolskelett
- b. Sidokolkedjor

De aromatiska delarna hos molekylerna har hydrofoba egenskaper medan sidogrupperna innehåller hydrofila grupper. Den hydrofoba respektive hydrofila karaktären hos en humussubstans bestämmer dess egenskaper.

Schnitzer & Kodoma (1977) anser att det över huvudtaget föreligger resistens mot mikrobiologisk nedbrytning hos "humic fractions".

Time of desorption	Desorbent			
	H ₂ O		0.1N NaOH	
	FA desorbed	d(001)	FA desorbed	d(001)
	mg	Å	mg	Å
10 min	5.4	15.8	28.2	10.0
6 hours	6.6	15.5	30.8	10.0
18 hours	7.4	15.2	30.8	10.0

Tabell 19 visar hur mycket FA som kan lakas ur ett Fa-lerkomplex (Na-montmorillonit) med H₂O resp 0.1-N NaOH under bestämd tid. (Ur Schnitzer & Kodoma, 1967).

Specifikation av genom analyser erhållna viktiga egenskaper hos bentonit, MX-80

I Tabell 20 har de hittills vunna erfarenheterna sammanfattats som kan ha relevans för hur den bentonit som ingår i buffertmaterialen bör se ut. Även så har metoder för respektive framtagande av data införts i Tabellen 20. Tabell 21 visar tekniska data för kompakterad bentonit.

Resultat

Materialkaraktäristiska data för bentonit MX-80, vilka kan tjäna som underlag till val av buffertmassa (bentonit av Wyomingtyp)

Huvudmineral i bentonit	Organiskt innehåll i ppm	Sulfidinnehåll i ppm	CEC uttryckt i m ekv/100 g torr ler	Kornstorleks- fördelning <2µm	Svällnings- tryck om w = 10%
Na-montmorillonit >70%	< 200	< 200	> 75	> 85%	10 MPa±20%
Bestämning genom X-ray diffraktions- teknik	Bestämning med kombinerad molekylarsikt och gaskromatografi(FOA)	ASEA-metod med Leco-glöd- ning (kungs- vatten)	Jonbytesför- farande enl H ₄ NAc-metoden	Checkas med slammingsana- lys	ASEA:s teknik

Tabell 20.

	Tryckhåll- fasthet i MPa	Spräckhåll- fasthet i MPa	Böjdraghåll- fasthet i MPa	Skrymdensi- tet t/m ³	Torrden- sitet t/m ³
VBB (Bilagor 10 och 11)	8.4	0.77	1.92	2.17	1.97
SP (Bilagä 12)	8.4	0.75	1.69	-	-

Tabell 21. Materialprovning av kompaktbentonit
(Bilagorna 10, 11 och 12)

GEOLOGISKA ASPEKTER

Långtidsstabilitet (geologisk evidens)

Genom att referera till olika forskares vetenskapliga insatser inom skilda geologiska discipliner kan en godtagbar information rörande bentoniters långtidsstabilitet uppnås. Endast de som kan anses ha relevanta upplysningar har därför beaktats.

Martin (1976) har använt sig av en naturlig natriumbentonit, från American Colloid Company (handelsnamn Volclay) för att tillverka en borrhålsplugg. Denna skulle täta ett djupt borrhål i en lerskiffer så att vatteninträngning, till en på botten av borrhålet deponerad radioaktiv avfallskropp, omöjliggjordes på lång tid. Själva tätkroppen skulle befinna sig på stort djup. Med tanke på det tryck, temperatur och övrig miljö som omger tätkroppen fordras särskilda egenskaper hos pluggmassan för att den skall vara långtidsstabil. 200 000 år har nämnts som en önskvärd siffra.

Martin anser genom egna och andras erfarenheter att Na-bentonit, i detta fall Volclay-bentonit, har den långtidsstabilitet som erfordras. Tillverkningen av själva pluggen kommer inte att beröras här. För att vidmakthålla de goda mekaniska egenskaper som en testplugg visat sig ha måste den kemiskt-mineralogiska stabiliteten på sikt hos använd bentonit vara god. Från Martins rapport framgår att övergång från smektit till illit är en långsam process via blandskikt illit/smektit (Fig 12).

Perry och Howers (1970) arbete från de amerikanska "Gulf Coast"-sedimenten som refereras, visar att illit/smektit-reaktionen är relaterad till temperaturen och trycket (djupet). Dock startar omvandlingen inte förrän vid $\sim 50^{\circ}\text{C}$ och ett djup på ca 1000 m. Vid 100°C har vi mindre än 20% expanderbara skikt kvar (Fig 13). Det bör dock poängteras att detta

avser en termisk gradient med ökande djup och ty åtföljande tryck (Fig14).

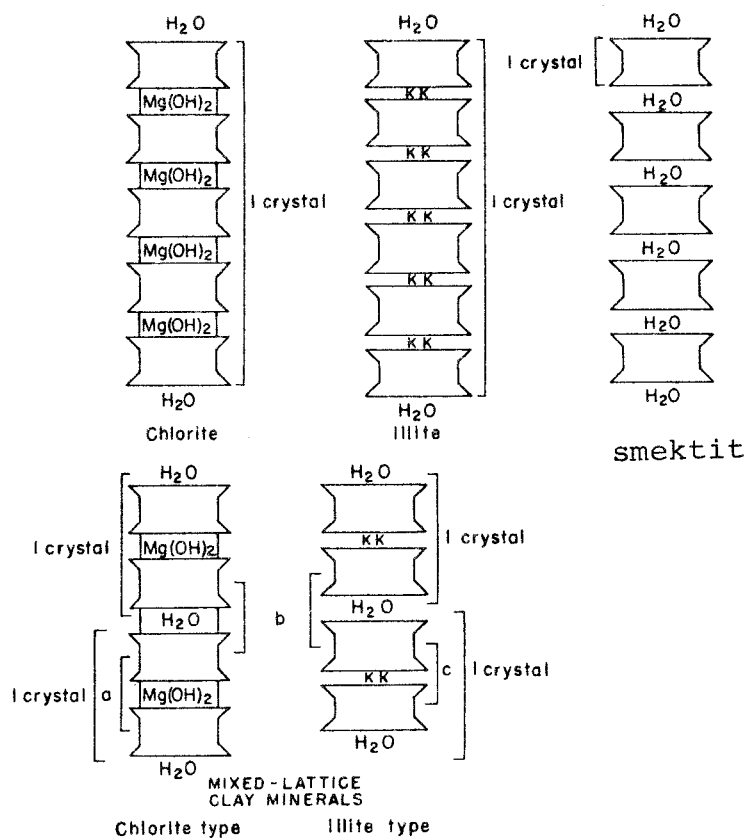


Fig12. Schematisk återgivning av strukturenheter av klorit, illit och smectit och blandskikt.

a = del av kristall med kloritegenskaper
 b = " " " " smectitegenskaper
 c = " " " " illitegenskaper

(White 1959)

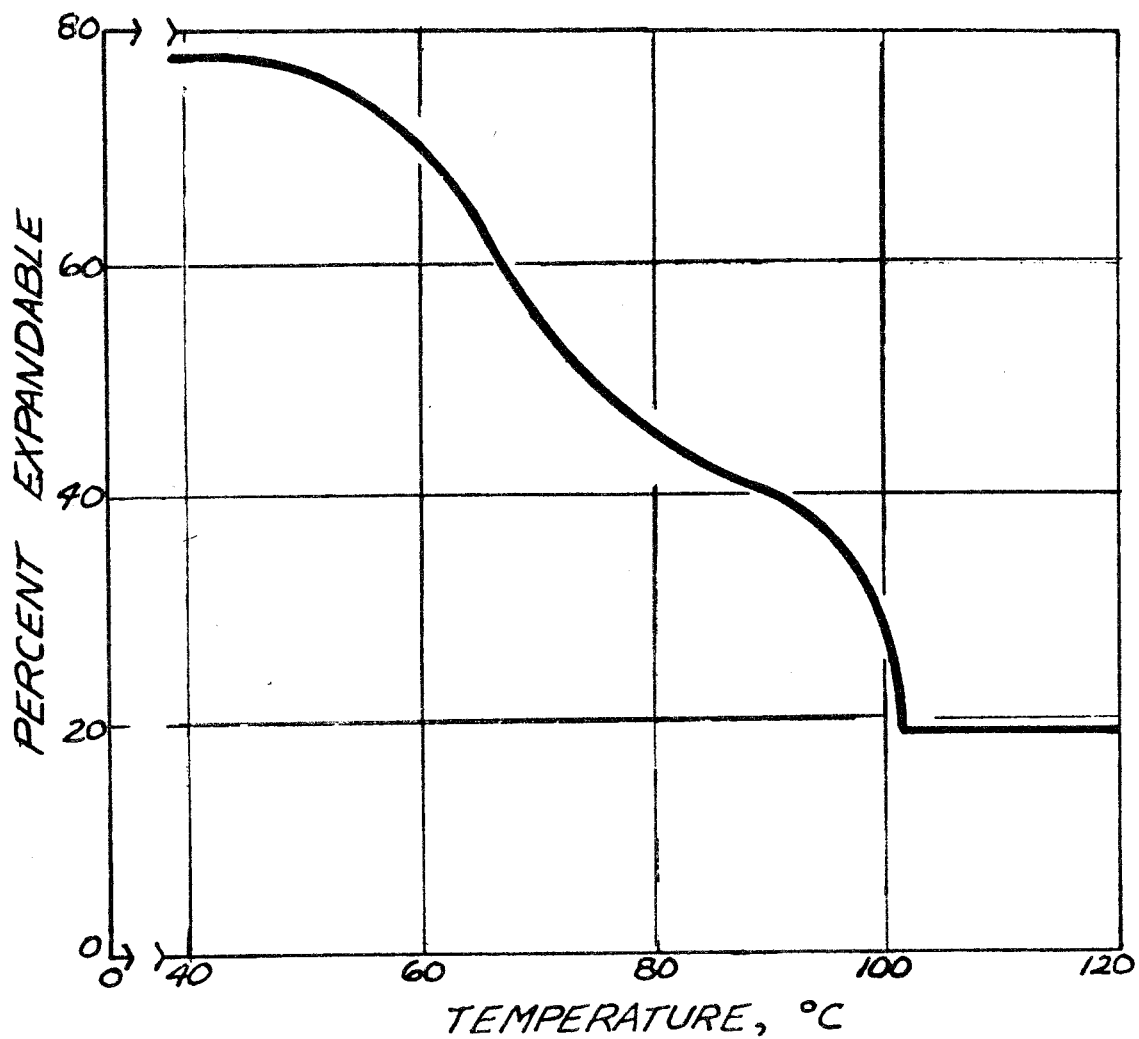


Fig 13. Omvandling av smektit till illit som funktion av temperaturen (från Perry & Hower, 1970).

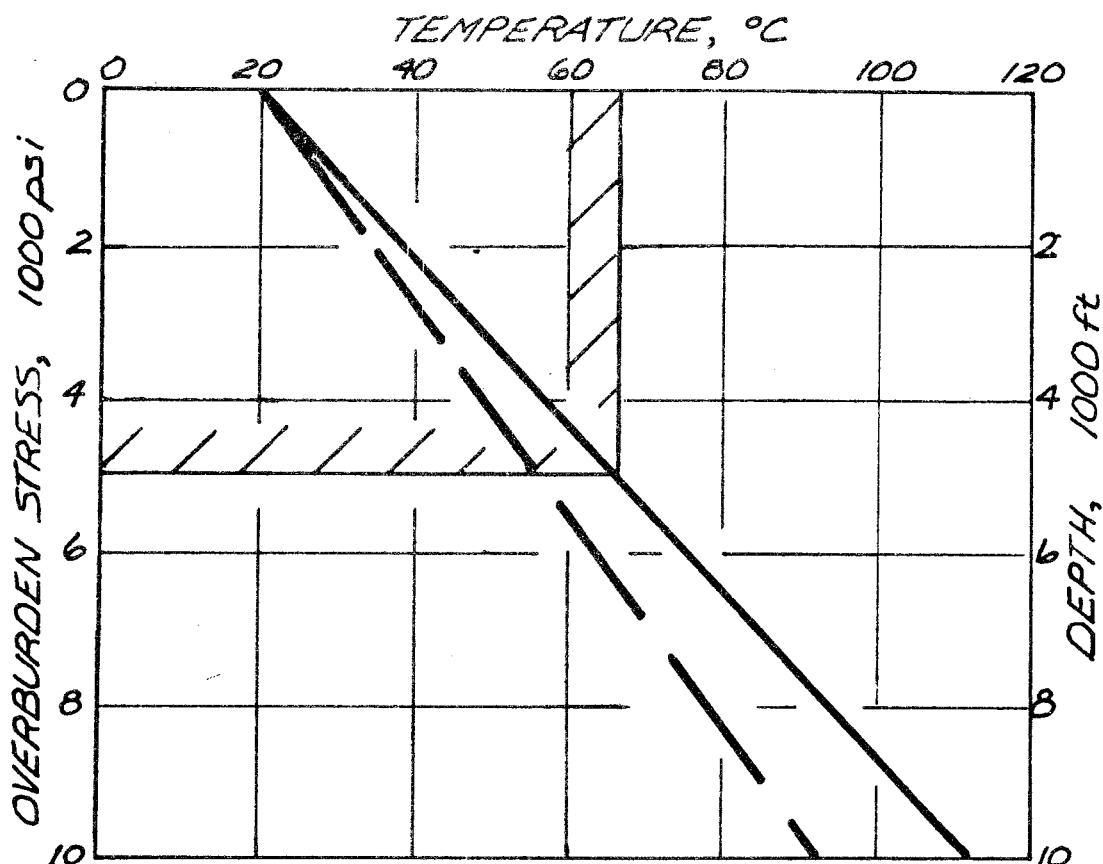


Fig14. Temperaturhöjning som funktion av tryck och temperatur i sediment (Martin 1976).

Eberl och Hower (1975) har genom hydrotermalstudier räknat fram den ungefärliga tid som det tar att omvandla smektit till illit/smektit vid 80°C , vilket som slutfas ger 20% expanderbarhet. Det skulle dröja omkring 1 miljon år.

Nu visar det sig dock att från de naturliga "Gulf Coast"-sedimenten och vid en temperatur av 80°C , 40% expanderbarhet kvarstår efter 10 miljoner år (Miocen tid).

Enligt Hower et al (1976) finns det klara bevis för att ordnad illit/smektit klarar temperaturintervallet 100°C - 175°C med en kvarvarande expanderbarhet på 20% efter flera miljoner år (Perry & Hower, 1970).

En av anledningarna till att vi fortfarande efter ca 10 miljoner år har 40% expanderbarhet kan vara frånvaro av K^+ -källa och en gynnsam jonbeläggning på smektiter från början. Vi vet att Ca och Mg bromsar utvecklingen till blandskikt illit/smektit. pH-värdet i omgivande miljö bör ha givit ett mildt alkaliskt förhållande. Ytterligare en tänkbar orsak till den långsamma mineralomvandlingen nämns. Det har varit en långsam utpressning av vatten vid illit/smektitkonverteringen, troligen till följd av låg permeabilitet. Det utpressade vattnet är associerat med de utbytbara jonerna. Detta vatten måste bort ur smektitstrukturen för att en konvertering till illit skall kunna ske. Höga vatten-tryck har noterats i "Gulf Coast"-sedimenten, vilket anses ha samband med illit/smektitomvandlingen.

Slaughter (1966) har utfört energiberäkningar på lågtemperatursystem grundade på rent teoretiska betraktelser för att på så sätt kunna söka förutsäga mineralstabiliteter. Han använder sig härvid av Coulombska bindningsenergier. Vid tillämpning av dessa teorier på Wyomingbentonit finner Slaughter att om Mg/Na-innehållet varieras så kan följande mineral förväntas bildas, nämligen: Na-Mg-montmorillonit (huvudmineral) << analcit < kaolinit (några få viktprocent) + kvarts (små mängder). Detta resultat stämmer ganska väl med vad man funnit i vissa depoter i Wyoming-området.

Omvandlingen av den vulkaniska askan eller tuffen synes ha gått tämligen fort efter avsättningen. Den kemiska miljön har varit neutral eller lätt alkalisk. Magnesium, kalcium och järn är nödvändiga element vid bildning av smektit. Temperaturen vid Wyoming-bentonitens bildande har sannolikt varit så låg som mellan +15 och +40°C enligt Slaughter. Wyoming-bentoniten härrör från Krita (60-70 miljoner år tillbaka) och kan därför geologiskt sett

betraktas som långtidsstabil. Som naturligt utbytbara joner i den Wyoming-bentonit som Volcaly består av förekommer huvudsakligen 2/3 Na och 1/3 (Mg+Ca) enligt uppgift från leverantören.

För att omvandla en smektit till en illit/smektit (blandskiktmineral), förutom förändringar av tryck och temperatur, fordras en ändring av det fysikaliskt/kemiska tillståndet i den miljö som omger bentoniten. En tillförsel av K^+ kan orsaka en sådan förändring i miljön. Antingen kan detta ske genom sönderdelning av något K-haltigt mineral eller också måste grundvatten innehållande kaliumjoner tillföras (Hower et al 1976). Vidare fordras en K-fixering för att illitbildning skall kunna äga rum, vilket möjliggörs genom en ökning av den nettonegativa laddningen hos de expanderande skikten. K-jonen har stor jonradie i förhållande till andra aktuella joner (Fig15). Smektiter med låg negativ nettoladdning övergår inte till illit bara för att de exponeras till en K-källa. För att åstadkomma en ökning av den nettonegativa laddningen erfordras någon form av substitution inom tetraeder- och/eller oktaederskikten.

Iijima m fl visar att omvandlingen av en smektit till andra mineral i djupa sedimentära bergarter är oberoende av tid och geologisk ålder. Den geotermala gradienten styr omvandlingsprocessen. Fullt expanderbara dioktaedriska smektiter är därför inte stabila över 100°C vid djup på 2 km och mer där en låg termisk gradient råder. Stabiliteten är högre för smektiter på grundare nivåer och högre temperaturer $100-120^{\circ}\text{C}$. Stabiliteten hos Ca-belagda smektiter är något gynnsammare. 100-200 meters djup och 150°C nämns som en övre gräns.

Kittrich (1969, 1971) har studerat naturliga smektiter i olika vattenlösningar vid atmosfärsförhållanden. Han fann då att dioktaedrisk smektit är i

det närmaste stabil vid de kemiska förhållanden som råder i vanligt havsvatten. Mg^{2+} ersatte Ca och Na.

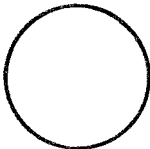
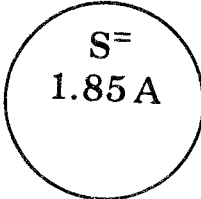
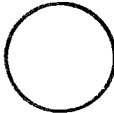
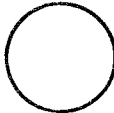

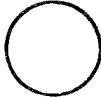









Cations	Radii		Coordination with $O^{=}$	Anions
K^+	1.33 A		8, 12	
Ca^{++}	0.99 A		6, 8	
Na^+	0.97 A		6, 8	
Mn^{++}	0.80 A		6	
Fe^{++}	0.74 A		6	
Ti^{4+}	0.68 A		6	
Mg^{++}	0.66 A		6	
Fe^{3+}	0.64 A		6	
Al^{3+}	0.51 A		4, 6	
Si^{4+}	0.42 A		4	
C^{4+}	0.16 A		3	

Fig 15 Jämförelse i storlek mellan några vanliga joner hos bergbildande mineral.

Tabell 19 visar exempel på termal stabilitet hos fullt expanderbara faser. De trioktaedriska varianterna har hög strukturstabilitet.

Na (dioktaedriska) och trioktaedriska mineral är stabila till högre temperaturer än andra. Tabell 19 visar stabiliteten vid ett tryck av 1-2 Kb och i tabellen angivna temperaturer. Stabiliteten har här fastställts så att ett mineral är stabilt om reversibilitet av viktiga parametrar hos mineralet i fråga föreligger vid lägre temperaturer.

<u>Type</u>	<u>Elements in 2:1 lattice</u>	<u>Reference</u>	<u>1-2Kb pressure temp, °C</u>
K dioct	(AlSi)	Velde, 1969	230
K dioct	(MgAlSi)	Velde, 1973	400
Na dioct	(AlSi)	Sand, <u>et al.</u> , 1957 Koizumi and Roy, 1958	350-450
Ca dioct	(AlSi)	Chatterjee, 1969 Hemley, <u>et al.</u> , 1971	300-500
Mg trioct	(MgSi)	Esquevin, 1960 Velde, 1973	<250
Mg trioct	(MgAlSi)	Velde, 1973	430
Na tricocct beidellite	(MgAlSi)	Iiyama and Roy, 1963	550
Na tricocct hectorite	(MgAlSiNa)	Iiyama and Roy, 1963	800

Tabell 22 (ur Velde 1977) visar termal stabilitet hos fullt expanderbara faser.

K dioct	(AlSi)	Velde, 1969	400
K dioct	(AlSiMg)	Velde, 1972	430
Na trioct beidellite	(MgAlSi)	Iiyama and Roy, 1963	780
Na tricocct hectorite	(MgAlSiNa)	Iiyama and Roy, 1963	800

Tabell 22 (ur Velde 1977) visar termal stabilitet hos blandskiktsfaser.

Om vi betraktar 100°C som övre temperatur konstaterar Velde att montmorillonit är stabilt i närvaro av K, Na och Ca. Jonbytesförsök visar nämligen att det koncentreras Ca-joner i interlagrade positioner. Har vi inte K närvarande i fast bergart eller lösning kan montmorillonit vara stabil över 100°C .

Naturliga hydrotermalområden har visat att montmorillonit (Na-mättad) håller sig stabil under 100°C (undre gräns) och ett djup på 100 m. Kalciumhaltiga montmorilloniter kan vara stabila upp till 150°C på mer grunda djup.

Blandskikt (oftast ordnade) existerar i stabil form upp till 200°C till djup på 500-1500 m. Vid den grundare delen håller blandskiktet i temperaturintervallet $100-200^{\circ}\text{C}$, 90-0% montmorillonit. Efter 200°C bildas illit, sericit och klorit.

van Moort har observerat att yngre bergarter inte innehåller mer smektit än äldre för givna tryck och temperaturförhållanden. Helt expanderbara mineral finns i pre-kambriska skiffrar. Från Fig 16 kan vi iaktta hur fullt expanderbara faser finns till stora djup förutsatt att temperaturen är lägre än 100°C .

Suchecki et al visar i ett arbete från Newfoundland på förekomst av blandskiktmineral illit/smektit och corrensit/illit/smektit vars ålder är ordovicisk (Fig 17). Ursprunget har här enligt författarna varit en från början ren smektit. De expanderande egenskaperna hos de nämnda blandskikten avtar med ökande K-tillgång eftersom detta element byggs in (fixeras) på bekostnad av magnesium och järn. Corrensit-varianten med högt Mg-innehåll är stabilare och har en högre expanderbarhet jämfört med illit/smektit. Detta beror på att Corrensit är ett trioktaedriskt mineral. Hydrationsenergin för Mg vs K är större och anses ge en högre termisk stabilitet.

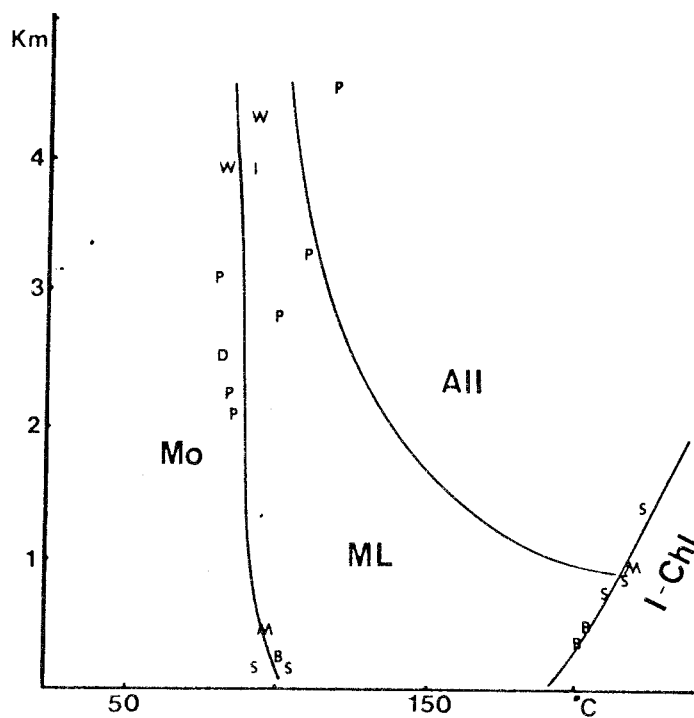


Fig 16. Variation av tertiära och yngre sediments lerinnehåll med djup och temperatur.
 Mo = helt expanderbara, ML = 30-80% blandskikt, All = 30-20% ordnade blandskikt.

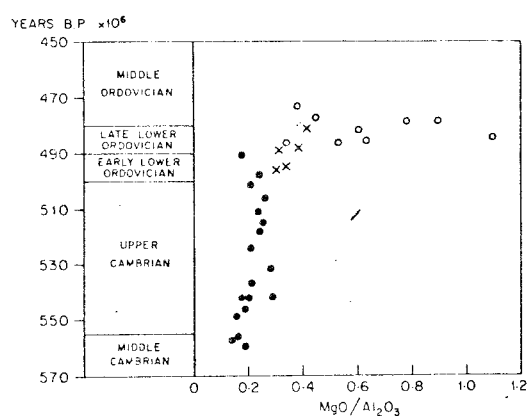


Fig 17. Spridningsdiagram av MgO/Al_2O_3 -förhållandet avsatt mot ålder.

- illit - 14A klorit
- x illit - expanderande klorit
- o corrensit - illit - smektit

Vidare kan det sägas att ultrabasiska och mycket basiska bergarter innehåller stora mängder magnesiumrika mineral som vid vittring ger upphov till trioktaedriska lermineral.

Sura bergarter och de som innehåller mycket järn ger upphov till dioktaedriska expanderande mineral. Beroende på pH och exempelvis Na-tillgång kan övergång ske till zeolit. Vittring av granit och mera basiska bergarter visar att fältspater och andra mineral, exempelvis amfiboler, omvandlas till olika phyllosilikater, huvudsakligen smektiter.

Brevkontaktande verksamhet som rör bentonits stabilitet i ett buffertmaterial av bentonit/kvartssand

Genom Ahlsell & Ågren skapades en kontakt med det amerikanska företaget American Colloid Company. Detta levererar den typ av Na-bentonit (Volclay, ursprung Wyoming) som föreslagits av Pusch & Jacobsson som beståndsdel i den för deponering aktuella buffertmassan. Det amerikanska företagets kontaktman är Arthur Clem. Denne ordnade med ett sammanträde i Oslo i början av juni 1977. Till detta möte hade inbjudits förutom KBS-folk också prof emeritus Ralph Grim från USA. Han är utan tvekan en mycket skicklig och erfaren geolog med lång erfarenhet från undersökningar av bentoniter och deras geologiska uppträdande över stora delar av vår planet.

Grim delgavs buffertmasseproblemet omedelbart vid Oslomötet och ombads att i brevform komma med synpunkter rörande långtidsstabilitet, svällförmåga och cementeringseffekter. Även kontakter med andra utländska experter har tagits.

Stabiliteten för torr bentonit vid olika temperaturer och tryck är väl dokumenterad i litteraturen, vilket också Grim fastställer då han nämner 300° - 500° C och normala tryckförhållanden innan mineralogiska förändringar äger rum i bentoniten. Han menar att vid det djup 500-1000 m som det handlar om, inte kan ske några mineralogiska förändringar i torr bentonit. Då emellertid vår buffertmassa blir utsatt för vattenlösningar innehållande bl a Ca, Mg och Na kan en viss förändring uppstå i den ursprungliga jonbeläggningen. Detta medför att bentonitens svällförmåga kan reduceras med tiden, vilket också Martin med fl fastställt.

Ökande temperatur gör att vi lättare avlägsnar oktaedriskt bundet aluminium. Aluminium vandrar då från oktaederposition till utbytbara positioner. Jonbyteskapaciteten minskar och därmed reduceras också svällningskapaciteten.

Förmågan att ta upp vatten efter uttorkning är mycket stor hos smektit. Grim pekar bl a på Hofman och Endells arbete (1939) där Ca-smektit tål en upphettning till 300 - 390° C och Na-smektit 390 - 490° C och fortfarande kan svälla då vatten sätts till. Man bör dock ha klart för sig att detta inte pekar på långtidsstabilitet. Försöken utfördes geologiskt sett under mycket kort tid, nämligen några få dagar. Å andra sidan kommer vi geologiskt sett inte att ha någon hög temperatur på vår buffertmassa. Temperaturen från kanistern avtar enligt beräkningar inom loppet av några 100 år till mindre än 60° C. Detta medför att vi med god säkerhet kan fastställa vad som kan ske mineralogiskt genom förhöjd temperatur.

Höga tryck (enligt Grim) 7 MPa-28 Mpa och en temperatur till 132.2° C påverkade en Ca-smektit på så sätt att enbart en del interlagrat vatten mellan silikat-

skikten avlägsnades. Då trycket lättade upptogs vatten igen. Grim redovisar ett arbete av Carroll och Starkey (1971) där man funnit att smektit undergår mycket små förändringar vid ett pH som varierat från 6-10 vid 25°C och där havsvatten fått reagera. Lösligheten av smektiten var $\approx 0.01\%$ och jämvikt mycket nära.

Cementerings effekter har behandlats rent tekniskt av R Pusch i en tidigare rapport till KBS. Grim har iakttagit bentonit och sand i samexistens i många geologiska formationer. Bentonit/sand-sediment förekommer genom hela mesozoikum-nutid. I intet av dessa fall har Grim kunnat se att cementering uppstått på de djup, 500-1000 m, som är aktuella. Sedimenten har dessutom varit helt okonsoliderade. Kvantssandpartiklarna har varit täckta av en tunn film av bentonit så att ingen kontakt mellan sandkornen förekommer. Endast i de fall där tektonik med uppströmmande hydrotermala lösningar har lithification uppstått.

Via brev har också ett tjugotal geologer världen över tillfrågats om bentonit/sand-blandningars stabilitetsegenskaper på lång sikt. Ett fåtal har besvarat tillställda brev. Samtidigt tillfrågades de också om de hade iakttagit någon bakteriell aktivitet i djupa sediment.

A White: Förändringen hos bentonit/sand-blandningen och den hastighet varmed den förändringen sker beror i huvudsak av vattnets kemi i blandningen. Om ingen cirkulation i massan äger rum får blandningen en högre stabilitet. Enligt White har mycket få bakterier (bakteriepåverkan) blivit funna på stora djup. (Kan ha tillförts genom ingrepp utifrån).

D Anderson:

Vissa förändringar kan ske med bentonit om lermineralgittret är hydratiserat med stora mängder vatten. Åsyftade förändringar är omvandling till exempelvis blandskikt-mineral vilket Anderson inte uttryckligt anger. Någon bakteriell påverkan har Anderson inte iakttagit.

W Keller: Keller omnämner en möjlig zeolitomvandling av smektit vid det höga kvartsinnehåll som den aktuella buffertmassan har. Han glömmar dock att det fordras speciella fysikalisk/kemiska förhållanden för en sådan omvandling. Vad han bygger sin hypotes på är troligen en ofullständig minnesbild från Itaya-gruvan i Japan där man bryter zeolitmineralet clinoptilolit. I dess närhet finns även smektit.

G Brindley:

Brindley omnämner egna hydrotermalförsök till 300-400°C, där cristobalit utvecklats och de sorptiva egenskaperna förlorats. Detta är dock av intet värde för oss. Vidare säger han att i den mån illit, illit/smektit bildas bör inte detta få alltför stora negativa effekter eftersom vi då får en kombination av goda sorptiva och fixerande egenskaper. Bakterial verksamhet har de inte iakttagit. De har inte heller stött på zeolitbildning i samband med de bentoniter som de arbetat med.

J Chaussidon:

Chaussidon menar att en omvandling mot tektosilikater är möjlig då SiO₂-innehållet är stort men det fordrar å andra sidan att Na-innehållet är stort vilket inte är tro-

ligt. En glimmerbildning är enligt Chaus-
sidon mer trolig (blandskikt).

I Uytterhoeven:

Denne har den uppfattningen att kvarts re-
sulterar i ett surt medium. Detta favori-
serar inte zeolitbildning. I stället extra-
heras Al ur bentoniten resulterande i
bildning av blandskiktmineral (ev klorit-
typ).

Van der Marel:

Under högt tryck, temperatur och lång tid
bildas som slutprodukt av bentonit, illit
och klorit. Processen är mycket långsam.
Han nämner tusentals år. Han säger dock
att med tanke på det ringa djup, 500 m,
som deponering är tänkt bör inget anmärk-
ningsvärt ske med 10/90-blandningen. Han
menar att de mekaniska egenskaperna inte
förändras speciellt då andelen bentonit
är liten. Stabiliteten bör bli bra.

B Velde: I ett brev daterat 18.11 1977 meddelar
Velde att en mycket ringa del av de expan-
derbara skikten kommer att kollapsa vid
100°C och djup på 500-600 m. Någon ändring
av de mekaniska egenskaperna tror han inte
på med så mycket kvarts i materialet. Inte
heller kommer det att bli någon zeolit-
bildning av samma orsak. Under de för-
hållanden som kommer att råda blir ler-
bufferten i det närmaste helt stabil.

I Rosenqvist:

Om grundvattnet håller små halter av kalium
och temperaturen är under 100°C samt
grundvattenomsättningen är låg sker ingen
mineralomvandling inom överskådlig tid.

Sammanfattning

Vid de temperaturer, grundvattenförhållanden och tryck som kommer att råda på aktuellt deponeringsdjup (500 m) finns ingen geologisk evidens för att bentonit skulle förlora önskvärda egenskaper.

Då temperaturen i förvaret inte överstiger 100°C, innehållet av lösta salter i grundvattnet är lågt, vattenrörligheten liten, pH i grundvatten och buffertmassa ungefär detsamma (pH 8-9) måste buffertmassan av bentonit/kvartssand eller av enbart bentonit på geologiska grunder anses ha förutsättningar att förbli stabil under mycket lång tid (miljoner år har på goda grunder postulerats).

ACTIVITY AND MOBILITY OF BACTERIA IN DEEPLY BURIED
SEDIMENTS

The question whether bacteria may induce or cause corrosion of metal canisters deep down in the tunnel system where the canisters are deposited, is largely dependent on the mobility of the bacteria. If they can move and penetrate the buffer mass a rich organic life may be created by which considerable corrosion could be caused.

The mobility of bacteria in soils is well documented in literature. The following quote from Document D11:1973, "Influence of organic matter on the geotechnical properties of clays", Nat. Swed. Build. Res., by R Pusch can be taken as an illustration.

Page 11-20 deal with the production of organic matter in glacial and postglacial clay sediments. It is stated:

"The microorganisms, sedimented together with the clay particles, were exposed to a new milieu when locked in the sediment. Many of the bacteria and fungi continued to live by utilizing nutrients in their immediate vicinity but since their mobility was largely hindered, the majority of these organisms subsequently died or turned into a dormant state by the lack of nutrients. Certain enzymes may have persisted a long time in the absence of active microorganisms thereby contributing to the supply of available nutrients. The action of living organisms was that of catalysts causing the oxidation of organic matter to simple inorganic compounds and of excreting into the soil a range of organic compounds. Organic acids and gases were also growth products. Chemo-

autotrophic nitrifying bacteria were responsible for the transformation of ammonia (liberated by ammonifying microorganisms during decomposition of organic remains) into nitrites which were subsequently oxidized by other bacteria to form nitrates. Molecular nitrogen could be reduced to ammonia, whence organic compounds of nitrogen, and eventually proteins, were synthesized. When a fungal hypha or a bacterial cell had exhausted its zone of enzymic erosion, no more energy-supplying carbon compounds could be obtained and the organisms died. Its proteins were broken down by ammonifying bacteria to ammonia, and the nitrogen thus set free was directly absorbed by a new generation of microbes. This process is known as the mineralization of nitrogen. Similar processes released phosphorus and sulphur in the mineral form.

As the organisms died, they added to the soil products derived from the autolysis of their body substance. All these products may include all or many of the characteristic substances that make up humus. Also, owing to a lack of suitable identification techniques, microbial cells, both living and dead, commonly masquerade as humus. Thus, humus substances in glacial clay appear to range from fairly low molecular weight compounds to humic high molecular compounds. The most important representatives are humic acids, fulvic acids and humus, which represent humic acids closely bound with the mineral part of soil (TIURIN & KONONOVA, 1962). Humic and fulvic acids have similar principles regarding their structure and it is reasonable to believe that fulvic acids are primary forms of humic acids or products of their destruction. Humus substances comprise at least 80-90% of the organic part of mineral soils.

The simple building units of humus, such as phenols and amino acids are readily decomposed, yet polymerization takes place in soil containing microorganisms. Hence, humus molecules are most probably rapidly polymerized from free radicals formed enzymically in an environment devoid of microorganisms capable of decomposing them (cf. SWABY & LADD, 1962). Such an environment occurs within all cells shortly after their death, when autolytic enzymes are active but external microbial attack has not yet started. Such attacks will release the humic molecules and they will be quickly sorbed at clay surfaces where they are protected from microorganisms, particularly in pores less than 1 μm in diameter.

- In principle, the formation of post-glacial clays, which were partly derived from eroded previously deposited sediments, was similar to that of the glacial clays. Great differences existed in certain areas, however, because of higher temperature, shallower water and existence of higher land- and water-living plants and animals.

Due to the production of plant debris, leaves and pollen from land-living and aquatic species, the water in which sedimentation of clay took place was supplied with large amounts of nutrients. Together with organic substances released from the eroded glacial clays and other organic species, such as algae living in the water, this debris caused a considerable biological activity in the water and in the sediments. In many areas the superficial parts of sediments being formed probably contained more than 10^8 microorganisms per gram of moist substance, mainly bacterial and fungi (cf. RHEINHEIMER). This value should be compared with the average number of clay particles in Swedish Quaternary clays which is of the order of 10^{15} - 10^{16} per gram of moist substance when the

clay content is in the range of 40-80% (PUSCH, 1962). Similar to the processes of degradation in the glacial clays, the microorganisms produced a range of organic compounds and gases. However, the rich occurrence of residues of higher plants in certain sediments forming postglacial clay also gave other organic products. The main reason for that is the presence of cellulose, being the major structural component of plant cell walls which are also often impregnated with lignin. Since cellulose is practically insoluble, it could not be taken through the cell wall enclosing microbial protoplast. Fungal hyphae and various bacterial species were able to penetrate only relatively thin cellulose walls by mechanical pressure but once inside the tissue a rapidly progressing rot was due to production of exo-enzymes. Such cellulose-decomposing microorganisms were active but the rate of decomposition was generally low and undecomposed plant tissues were left in the sediment when the microbial activity decreased as a result of the superposition of additional sediment. Some soft plant material contained enough nitrogen in the form of protein for its own decomposition, while other types contained a higher proportion of cellulose and lignin and therefore a lower proportion of nitrogen. Microorganisms require nitrogen and the rate of decomposition of cellulose-rich matter was therefore partly reduced or stopped after some time.

- From a structural point of view, the main effect of organic substances is that of aggregating the clay particles. In undisturbed marine, brackish-water and fresh-water clays this effect therefore contributes to the flocculating process induced by the electrolytes in the pore water. The location and properties of organic substance, which is thus closely associated with the system of mineral particles, may be of great importance for the geotech-

nical properties of the clay in bulk.

By applying electron microscopy, the spatial organization of the organic substance can be visualized. The technique used by the author involves a step-wise replacement of the pore water by ethyl alcohol which is then replaced by a plastic monomer (butyl/methyl methacrylate or Epon) through diffusion. After polymerization the clay specimen is sufficiently hard to be sectioned into 0.05 μm thick slices with an ultra-microtome (PUSCH, 1968). Examination of electron micrographs of such ultra-thin sections shows organic matter in the form of fluffy bodies or distinct objects associated with or enclosed in clay particle aggregates. The occurrence of observable organic substance ranges from widely spaced local bodies in organic-poor clays to almost continuous systems of organic matter in organic-rich clays. In the case of humic substances in undisturbed clay it may be assumed that they are confined to the pore regions where the humus-producing microorganisms existed since the diffusion of such large molecules into the surroundings is effectively hindered. Where the amount of humus is small or moderate it is therefore reasonable to believe that the clay matrix between these regions is practically free from organic substances. In the remoulded state, however, organic matter may be distributed throughout the mass, where it may produce time-dependent changes of the organization of the water phase and other effects, all leading to a corresponding change of the bulk strength properties."

The important thing is that when the organic content is less than 2% by weight of the dry total sample weight, the organic substance which can be observed in electron microscopes form widely spaced local bodies in pores. This indicates that microbial activity

is confined to the local area where each organic body is buried in course of sedimentation. When the organic content is between 2 and 6% the distance between the organic substance bodies decreases considerably but not until we reach a higher concentration than 6% the organic substance tends to form a continuous network which would allow microbes to move considerable distances within the system. Since the organic content of the sodium bentonite is much less than 2% it is understood that the organic substance will be distributed as very widely spaced local bodies. This means that access of nutrients for bacteria at each local site is so restricted that they will keep alive only a short time after the completion of the deposition.

The mobility of bacteria depends on two factors:

- Interaction between clay minerals and bacteria.
- Space available for bacteria to move.

The first point is again illustrated by quoting the previously mentioned paper (page 11):

"Under usual conditions of growth and at pH near neutrality most bacterial carry a negative electric surface charge. This results, as generally in colloids, in the adsorption of cations to the surface. As in the case of clay particles, aggregation of bacteria and establishment of cohesive forces take place depending on the nature and concentrations of electrolytes present.

It may be expected that attraction and bonding also can occur between microorganisms and clay particles. Thus, it is reasonable to assume that bacteria may sorb and form protein-clay complexes. For various reasons, such as unfavourable geometrical orientation of larger organisms and the presence of hydrophobic groups in the cell walls,

the bonding between microorganisms and clay particles, which depends on pH and type of electrolyte in solution, is probably not very strong (cf LAHAV, 1962).

Due to the combined effects of mechanical and physico-chemical coupling between organic matter and mineral surfaces, the sedimenting units in the formation of glacial clay consisted of clay particle aggregates in and around which organic matter was enclosed or attached."

This explains why mobility of clay-buried bacteria is very small at least when the bulk density is as high as in the buffer mass (1.7-1.9 t/m³).

In considering the second point we must remember that the size of small bacteria is of the order of 1 μ m. The buffer mass (10 percent by weight of bentonite and 90 percent of quartz with a largely varying grain size) will have a microstructural constitution similar to that of moraine clay. Such clays are extremely dense (cf Fig 18) and it is impossible to find passages longer than a few μ m which would let a bacterium through.

The conclusion of what has been said is that bacteria, which may occur in the buffer mass, will only corrode metal canisters to an insignificant degree. This is because they will not be sufficiently mobile to attack more than the extremely small part of the canister surface where they happen to be located at the deposition of the buffer mass.

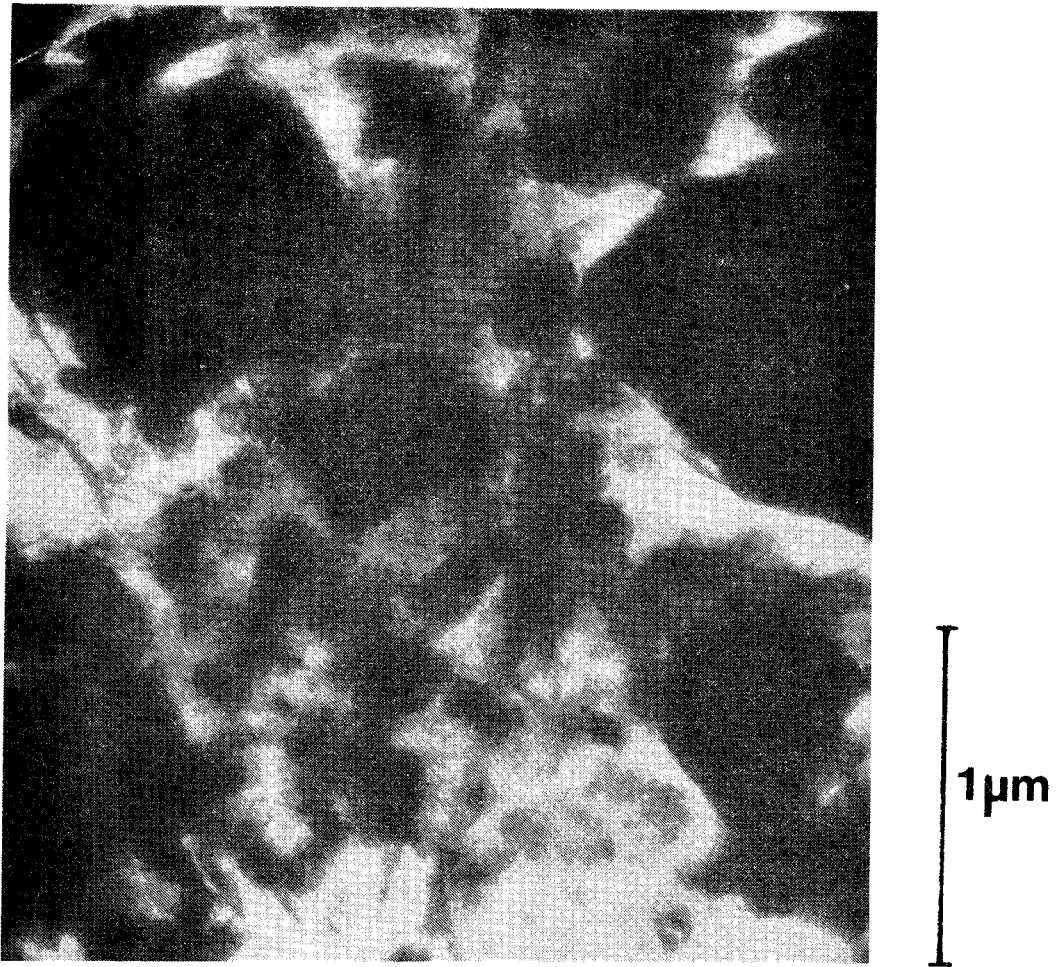


Fig.18. Electron micrograph of boulder clay from Hyllie (bulk density 2 t/m^3). Acrylate-treated 500 \AA ultra microtome-cut section. The picture shows a region which is much more open than average boulder clay matrix.

REFERENSER

1. Allard Bert et al Sorption av långlivade radio-nuklider i lera och berg.
Teknisk rapport KBS 55, CTH
1977-10-15.
2. Eberl Dennis och Kinetics of illite formation.
Hower John Geological Society of America
Bull. Vol. 87, 1976.
3. Eberl Dennis The reaction of montmorillonite
to mixed-layer clay: the effect
of interlayer alkali and alka-
line earth cations. 1977.
(Kommunikation via KBS).
4. Endell K, Loos W, Relations between the behaviour
Meischeider H, Berg V of clay minerals with respect
to water and the physical pro-
perties of cohesive soils.
Bull. 14, 1942, Soil mechanics
research center, US Waterways
experiment station.
5. Grim Ralph Applied Clay Mineralogy. Mc Graw-
Hill, New York, 1962.
6. Grim Ralph Brev av den 23.8.1977.
7. Grim Ralph Brev av den 21.5.1977
8. Grim Ralph Brev av den 23.6.1977.
9. Harder H The role of magnesium in the
formations of smectite minerals.
International Geochemical Con-
gress, Moscow, USSR, 1971.

10. Hower J and Mowatt T The mineralogy of illites and mixed-layer illite/montmorillonites. The American Mineralogist. Vol. 51, 1966.
11. Hower J, Eslinger E V, Mechanism of burial metamorphism of argillaceous sediment. A. Mineralogical and chemical evidence. Geol. Soc. Am. Bull, May 1976, Vol. 87, no. 5.
Hower M E, Perry E A
12. Iijima A Present clay zeolitic diagenesis of the Neogene geosynclinal deposits in the Niigata Oilfield, Japan. Am. Chem. Soc. 2nd Int Zeolite Conf, 1970.
13. Jacobsson A och Deponering av högaktivt avfall i borrhål med buffertsubstans. Högskolan i Luleå 1977-05-27. KBS nr 03. Teknisk rapport.
Pusch R
14. Jasmund K Die silicatischen Tonminerale. Monographien zu "Angewandte Chemie" und "Chemie-Ingenieur-Technik", 1955.
15. Keller W D Diagenesis in clay minerals - A review. Clays and Clay Minerals 11th Nat. Conf.
16. Kerr Paul et al Occurrence and microscopic examination of reference clay mineral specimens. Am. Bet. Inst. project 49, report No. 5, 1950.
17. Kittrich J A et al Stability of soil smectite from a Houston Black Clay. Clays and Clay Minerals, Vol. 24,

- pp. 151-155, 1976.
18. Knechtel M M and
Patterson S H Bentonite deposits of the
northern Black Hills district,
Wyoming, Montana and South Da-
kota. US Geol. Surv. Bull.,
1082-M:893-1030
19. Lahav N Plant and soil. Vol. 17, No. 2,
1962.
20. Martin Torrence R Feasibility of sealing bore-
holes with compacted natural
earthen material. Vol. 1,2 och 3.
MIT, Research Report 75-28,
1975.
21. Millot G Geology of clays. Springer Ver-
lag, New York, 1970.
22. Van Moort J C A comparative study of the
diagenetic alteration of clay
minerals in Mesozoic shales
from Papua, New Guinea, and in
Tertiary shales from Louisiana,
USA. Clays and Clay Min., Vol. 19,
1971.
23. Muravyov V I and
Sakharov B A Experimental study of the sorp-
tion of potassium by montmoril-
lonite. Sedimentology, Vol. 15,
1970.
24. Perry E and Hower J Burial diagenesis in Gulf Coast
pelitic sediments. Clays and
Clay Min., 18, pp 165-177, 1970.
25. Pusch R Clay particles. Byggforskning-
en, Handlingar, No 40, 1962.

34. Swaby R and Ladd J Chemical nature, microbial resistance and origin of soil humus. Trans. Joint. Mut. Comm. IV & V Int. Soc. Soil Sci. New Zealand, 1962.
35. Thomas J et al Fluoride content of clay minerals and argillaceous earth materials. Clays and Clay Min. Vol. 25, pp 278-284, 1977.
36. Tiurin I & Kononova M Biology of humus formation and questions of soil fertility. Trans. Joint. Meet. Comm. IV & V. Int Soc. Soil Sci. New Zealand, 1962.
37. Velde B Clays and clay minerals in natural and synthetic systems. Elsevier, Amsterdam, 1977.
38. Weaver, E, Beck K and Pollard Ch Clay water diagenesis during burial: How mud becomes geiss. Geol. Soc. of Am. Spec. paper 134, 1970.
39. Weaver Charles E & Pollard Lin D The chemistry of clay minerals. Elsevier, Amsterdam, 1975.
40. Williams F J, Neznayko M and Weintritt D J The effect of exchangeable bases on the colloidal properties of bentonite. Journ. phys, chem. 57, 1953.
41. Elsley B C and Weintritt D J The variations of Wyoming bentonite beds as a function of the overburden. Second Nat. Conf. on Clays and Clay Min.

42. Vogt Klaus och Köster Zur Mineralogie, Kristall-
Heinrich chemie und Geochemie einiger
 Montmorillonite aus Bentoniten.
 Clay Minerals, Vol. 13, nr 1,
 1978.

SVENSKA BP AB

IR-analyser av organiskt innehåll i MX-80
(Bo Dahl)

**SVENSKA BP AKTIEBOLAG**Laboratoriet
STOCKHOLM

LABORATORIERAPPORT Nr 80937

Datum
78-04-12Reg
8010Uppdragsgivare/Provinsändare
Högskolan i LuleåFöremål
Jordprov

951 87 Luleå

Uppdragsgivarens referens
A Jacobsson
Prov uttaget frånUndersökning
OljehaltProvmärkning/Ovriga uppgifter
Bentonitprov MX-80

Provtagningsdatum och -ort

Provs ankomstdatum
78-04-10Provet förvaras t o m vecka
15/79

(8)+6

Undersökningsresultat

Oljehalt totalt

ppm 47

mg/kg bentonit

Mineraloljehalt

ppm 36

IR-diagram nr

4457

Ca 50 g av provet vägs in och 100 ml koltetraklorid tillsätts i en E-kolv. Kolven skakas några gånger och får stå över natten. Provet filtreras i ett glasfilter G 1 och IR-absorptionen avläses vid 2960 och 2925 cm^{-1} . Provet får därefter passera en kolonn med neutral aluminiumoxid varefter IR-absorptionen avläses på nytt vid samma våglängder.

Resultatet meddelat till A Jacobsson 78-04-11

STYCKA 2/2

Bo Dahl

Kopia till: Högskolan Luleå 2 ex

POSTADRESS
Box 27 088, 102 51 STOCKHOLMKONTORSADRESS
Storängsvägen 21VARUMOTTAGNING
Storängsvägen 19TELEX
19388TELEFON
08 - 22 30 40

Spektrometriska analyser av bentonit
(J O Burman, LuH, 1978)

Prov	SiO ₂	SiO ₂ i ppm	Mn	Ti	Mg	Ca	Na
(647) 13	7.0 mg/l	428	0.26 mg/l	0.43 mg/l	16 mg/l	58 mg/l	300 mg/l
(648) 16	23 mg/l	1078	0.60 mg/l	0.45 mg/l	45 mg/l	190 mg/l	350 mg/l
(674) 14	12 mg/l	600	-	-	34 mg/l	120 mg/l	330 mg/l
(675) 15	17 mg/l	842	-	-	33 mg/l	130 mg/l	310 mg/l

Tabellen visar spektrometrisk analys av lakvatten från råbentonit typ MX-80 efter lakning med NH₄Ac och 5 tvättningar. SiO₂ angivet i ppm/kg bentonit. (LuH, Burman, 1978).

Prov	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	Ba
(627) 102 Upton	65.7	0.18	18.5	3.59	0.01	2.28	0.84	2.84	256
(628) Mx-80	60.6	0.19	20.1	3.66	0.02	2.57	1.38	2.22	306

Tabellen visar kemiska analyser (spektrometrisk metod) av två bentoniter. Sammansättningen ges i form av ingående elements oxider. Undersökningen utförd vid LuH (Burman, 1978).

Diverse materialegenskaper hos bentonit.
(Sammanställning gjord av L Hydén, ASEA Atom)

Distribution KBS, T Hannerz	Från/From	Datum/Date	Reg.	Sida Page
	T	78-04-26		
	Författare/Author Lennart Hydén, 6009			
	Granskad/Examined	Godkänd/Approved		

Titel/Title

Sammanställning av data från diverse undersökningar av bentonit

Sammanfattning/Abstract

Denna rapport innehåller resultat från undersökningar av bentonit avseende bl a

1. pressbarhet
2. svälltryck i kontakt med vatten
3. värmebehandlingar vid 400-500°C

Av undersökningarna framgår att den undersökta typen (MX 80) av bentonit låter sig kompakteras till täthet 2.3-2.4 g/cm³ vis presstekniskt normala 1000 - 1500 kp/cm² och att pressade bentonitkroppar i kontakt med vatten ger svälltryck på ett par 100 kp/cm². Värmebehandling vid 425°C i ca 20 h sänker sulfidhalten till under 0.02 % utan att nämnvärt påverka svällningsegenskaperna.

Rapporten innehåller dessutom, förutom kemiska analyser, resultat från ett enkelt försök att studera hastigheten av vattenframträngning i kompakterad bentonit.

Denna handling får ej utan vårt medgivande kopieras. Den får ej heller delgivas annan eller ejlest obehörigen användas. Överträdelse härav i livras med stöd av gällande lag. ASEA-ATOM
 This document must not be copied without our written permission, and the contents thereof must not be imparted to a third party nor be used for any unauthorized purpose. Contravention will be prosecuted. ASEA-ATOM

1. Svälltryck

1.1 Allmänt om försöken

Avsikten med mätningarna var att låta en kropp av kompakterad bentonit ta upp vatten och att mäta det uppkomna svälltrycket. Kompakteringen av bentonitpulvret utfördes i svälltryckmättningsapparaten. Den sålunda tillverkade bentonitkroppen utgöres av en cylindrisk skiva, vars ena ändyta ligger an mot en lastcell, medan den andra via en porös rostfri platta "anslutes" till vattenledningsvatten.

Ytterligare detaljer framgår av bilagda ritning AA EAA 828.

Den använda bentoniten utgöres av kvaliteten MX 80 och levererades av Ahlsell & Ågren, Västerås. Fukthalten på det använda pulvret har varierat mellan 7.9 och 10.2 vikts-% (torkning vid ca 105°C). Vid beräkning av tätheten hos provkropparna användes viktsiffror som inkluderar fukten.

1.2 Pressningar av mätkroppar

De provkroppar som skulle användas för mätning av svälltrycket pressades direkt i en del av mätutrustningen; dessutom användes en cylindrisk mortel, en kolv och en enkelriktad hydraulisk domkraft. Hålltid vid pressningen var ca 5 sek. Efter några inledande försök kunde erforderligt presstryck för en viss täthet tämligen väl beräknas. Den sålunda beräknade pulvermängden + ca 5 % pressades, varefter överskottet skrapades bort. Därefter står den renskrapade ytan i direkt kontakt med lastcellen. (Några mätningar utfördes på annat sätt; se nedan under 1.4). Provens mätyta är 19.6 cm² och höjden 15 mm (utom vid mätningar, beskrivna under 1.4).

Uppnådda tätheter som funktion av presstrycket återges i figur 1.

1.3 Svälltrycksmätningar "utan" expansion

Apparaten monteras så att en viss förspänning råder. Denna registrerades på skrivare. Apparaten värms till 100 ±5°C (undantag under delar av långtidsprov; se nedan 1.5). Genom speciella luftkanaler hölls dock lastcellen under 50°C. När mättemperaturen uppnåtts, evakueras rörledningarna och vatten med ca 5 bar anslutes till den porösa rostfria platta, som bentoniten pressats mot.

Under upptagningen av vatten utbildas ett tryck, som efter 30-50 h nådde jämvikt. Mätningen pågick i allmänhet ytterligare 1 dygn och värdena upptogs på skrivare.

Resultaten av prov med MX 80 i leveranstillstånd har samlats i figur 2.

Ingen korrektion har gjorts för att lastcellen tar upp en viss lägesändring; vid fullt utslag utgör den nämligen endast 0.2 mm (vid 10 ton).

Genom torkning vid $\approx 105^\circ$ uppmättes den totala halten fukt i några av de bentonitkroppar, som använts för svälltrycksmätningar. Fukthalten varierade mellan 14 och 21 vikts-%.

1.4 Svälltrycksmätning med expansion

Bentonit (MX 80 i leveranstillstånd) pressades till tätheten 2.35. Därefter svarvades 1.7 mm bort av mätkroppens ursprungliga 15.0 mm höjd. Härigenom minskar tätheten till 2.08 vid materialets fulla utfyllnad av tillgänglig volym.

Enligt tidigare mätningar svarar tätheten 2.35 mot 400 kp/cm^2 och 2.08 mot 110 kp/cm^2 . Det uppmätta svälltrycket var 66 kp/cm^2 .

Vid ytterligare ett försök pressades till tätheten 1.88, varefter bentonitkroppen svarvades från $h = 15.0 \text{ mm}$ till $h = 13.5 \text{ mm}$, motsvarande tätheten 1.69 vid full utfyllnad. Som väntat vid denna låga täthet kunde inget svälltryck registreras i vår apparat, d v s det understiger 50 kp/cm^2 .

1.5 Långtidsmätning av svälltrycket

Bentonit av typ MX 80 (i leveranstillstånd); valdes för en långtidsstudie av svällningstrycket. Materialet höll 9 % fukt och pressades till $\rho = 2.06$. Temperaturen höjdes till ca 100° och den 20 januari 1978 kopplades vatten in. Efter 2 dygn avlästes 2.9 ton, d v s 150 kg/cm^2 (arean = 19.6 cm^2).

Efter totalt 80 dygn är trycket 160 kg/cm^2 ; detta värde hade nåtts redan efter 6 dygn.

Under detta prov har temperaturen ändrats flera gånger t ex till 35 och 70° . Efter en viss tid (alltid under 12 h) har trycket återgått till tidigare nivå.

Den apparat, som användes för svälltrycksmätningar, ger inget avläsbart värde under 1 ton, motsvarande 50 kg/cm^2 (tätheten på bentoniten understiger då 2.0). I avsikt att kontrollera om material med låg täthet efter lång tid skulle uppvisa avläsbara tryck gjordes en mätning med bentonit av tätheten 1.67. Ingen tryckökning observerades efter 10 dygn, varefter försöket avbröts.

2. Pressning av bentonitpulver

I tidigare avsnitt har redovisats pressning av MX 80-pulver i samband med mätning av svälltryck vid vattenupptagning. Figur 1 till detta TR innehåller några resultat från ett annat pressförsök.

Vid IFÖ Electric AB i Bromölla har bentonit MX 80 i leveranstillstånd pressats till cylindrar \varnothing 100 mm och L 300 mm. Härvid används en isostatisk pressteknik, varvid pulvret fylls i en gummiform, som i ett tryckkärl pressas ihop medelst vatten under tryck. De tätheter, som därvid erhöles, har ritats in i figur 1.

Med samma pressteknik har några större kroppar framställt. Härvid pressades med 1000 kp/cm^2 och färdigdimensionerna var \varnothing 300 mm och L 1.5 m. En sådan kropp undersöktes av VBB, se deras rapport, daterad 1978-04-03.

3. Värmebehandling av MX 80

Bentonitpulver MX 80 behandlades vid förhöjd temperatur bl a för att sänka halten sulfid, som i leveranstillstånd varierat mellan 0.10-0.13 % S (3 analyser).

Laboratorieprov i luft vid 425°C gav S-halter från sulfider enligt nedan:

6 timmar:	0.09; 0.08 %
15 "	: 0.012; 0.018 %
70 "	: 0.015; 0.013 %

Värmebehandling i större skala har utförts av Gränges Mineralprocesser i Stråssa. Behandlingen skedde vid $425 \pm 15^\circ\text{C}$ i luft och det i ett ca 4 cm tjockt skikt utbredda pulvret krattades var 15:e minut. Detaljer återfinnes i bilaga. Analyserna av S från sulfider gav följande resultat:

Behandlingstid, h	S i sulfider, %
4	0.050; 0.038
6	0.032; 0.038
8	0.026; 0.032
12	0.022; 0.024
16	0.022; 0.025
18	0.017; 0.025
20	0.017; 0.017

Analysmetoden är hämtad ur "Analyse der Metalle" Bd II-2 "Betriebsanalyse" s. 1168 utg. 1961 på Springer Verlag. Metoden går i korthet till enligt följande:

Provet (i vatten) tillförs Cr- och Zn-pulver och koncentrerad HCl. Pyriten reduceras då och H₂S bildas (med CO₂ ss drivgas) förs över till en kolv med Cd-acetat. Där bildas CdS, varav mängden bestäms på "vanligt sätt" (jod + tiosulfat).

MX 80-pulver, som värmebehandlats på olika sätt, har undersökts beträffande svälltryck.

Värmebehandling	Provkroppens täthet g/cm ³	Uppmätt svälltryck, kp/cm ²
500 ^o , 3 h	1.96	40
500 ^o , 2 h	2.17	85
500 ^o , 2 h	2.16	180
425 ^o , 15 h	(2.12-) 2.16	200

Vid jämförelse med tidigare redovisade mätningar på obehandlad bentonit MX-80 (tidigare leverans) finner man att behandling vid 500^o ger svälltryck som är lika eller lägre medan provet efter 15 h vid 425^o visar ett högre svälltryck än ursprungsmaterialet. En förklaring till avvikelsen torde vara svårigheterna att homogent efterfukta den värmda bentoniten, vilket leder till osäkerheter i täthetsvärdena.

Slutsatsen av dessa mätningar är att svälltrycket inte påverkas av en behandling 15 h vid 425^o, medan 2-3 h vid 500^o något sänker svälltrycket.

Detta dokument är ett tekniskt dokument. Dens innehåll är skyddat av patent. Detta dokument får inte kopieras eller spridas utan tillstånd från ASEA-ATOM. This document must not be copied without our written permission, and the contents thereof must not be imparted to a third party nor be used for any unauthorized purpose. Contravention will be prosecuted. ASEA-ATOM

Värmebehandlings inverkan på halten Fe^{2+} och Fe^{3+} har undersökts:

	Fe^{2+}	Fe^{3+}	ΣFe
MX 80 i lev. tillstånd	0.69 %	2.08 %	2.77 %
MX 80, 500° i 2 h	0.12 %	2.61 %	2.72 %
MX 80, 425° i 20 h	0.12 %	2.43 %	2.55 %

4. Vattnets framträngningshastighet i kompakterad bentonit

Undersökningen avsåg att studera hur fort vatten tas upp i kompakterad bentonit. Mätutrustningen består av ett antal rostfria stålringar, separerade med isolerande teflonringar. Ringarna hålls ihop av ett antal utanpåliggande bultar. Dessa ringar bildar en cylinder med lock av stål i ena gaveln och med andra gaveln bestående av en porös rostfri platta. Utrymmet på "utsidan" av denna porösa stålplatta anslöts till vatten (200 $\mu S/cm$). Cylindern fylldes etappvis med MX 80-pulver, som pressades till en täthet av ungefär 2.07 g/cm³. Sedan vattnet kopplats på och via den porösa plattan börjat tränga in i bentoniten mättes det elektriska motståndet mellan alla par av närliggande stålringar. Utgångsvärdet varierade mellan 0.5 och 0.6 k Ω .

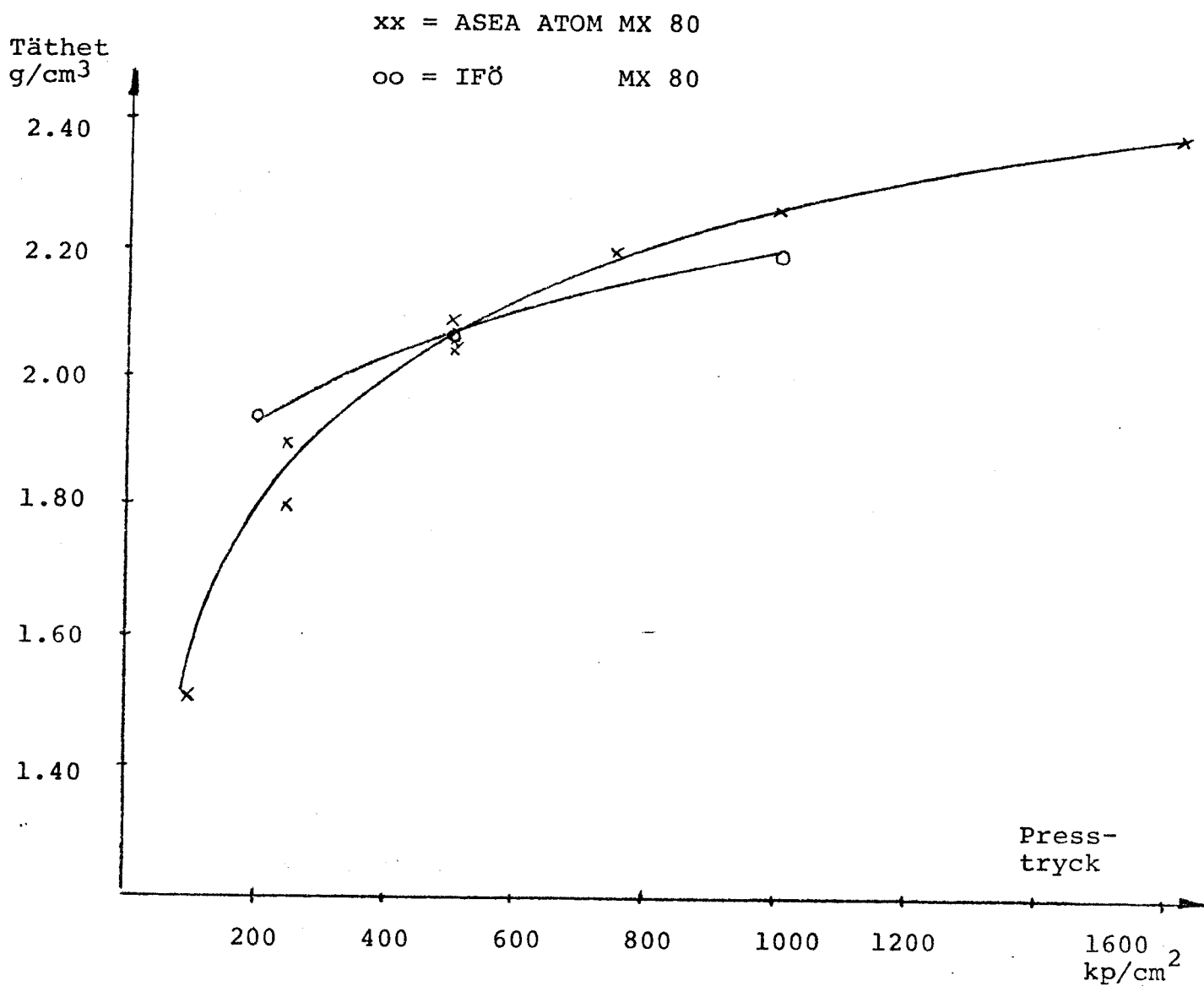
Efter 19 dygn hade motståndet gått ner till hälften på ett avstånd av ca 6 cm från den porösa plattan. Efter ungefär 70 dygn har vattnet trängt fram så långt, att motståndet halverats på ett avstånd av 14 cm från "vattenkällan".

irros med stöd av gällande lag. ASEA-ATOM
 This document must not be copied without our written permission, and its contents thereof must not be imparted to a third party nor be used for any unauthorized purpose. Controversion will be prosecuted. ASEA-ATOM

5. Kemisk analys bentonit MX 80

Glödgn. förlust 950°	12.3 %
SiO ₂	63.0 %
Al ₂ O ₃	16.1 %
Fe ₂ O ₃	3.0 %
CaO	1.1 %
MgO	1.6 %
Na ₂ O	2.2 %
K ₂ O	0.48 %
Li ₂ O	< 0.01 %
MnO	0.03 %
TiO ₂	0.10 %
F	0.10 %
Cl	< 0.01 %
S	0.23 %; 0.12 %
Cu	< 0.01 %
Zn	0.01 %
Cr	< 0.01 %
Ni	< 0.01 %
AsO ₄	0.018 %
NO ₃	ej påvisbart
PO ₄	0.060 %
S i sulfider	0.11 %; 0.13 %

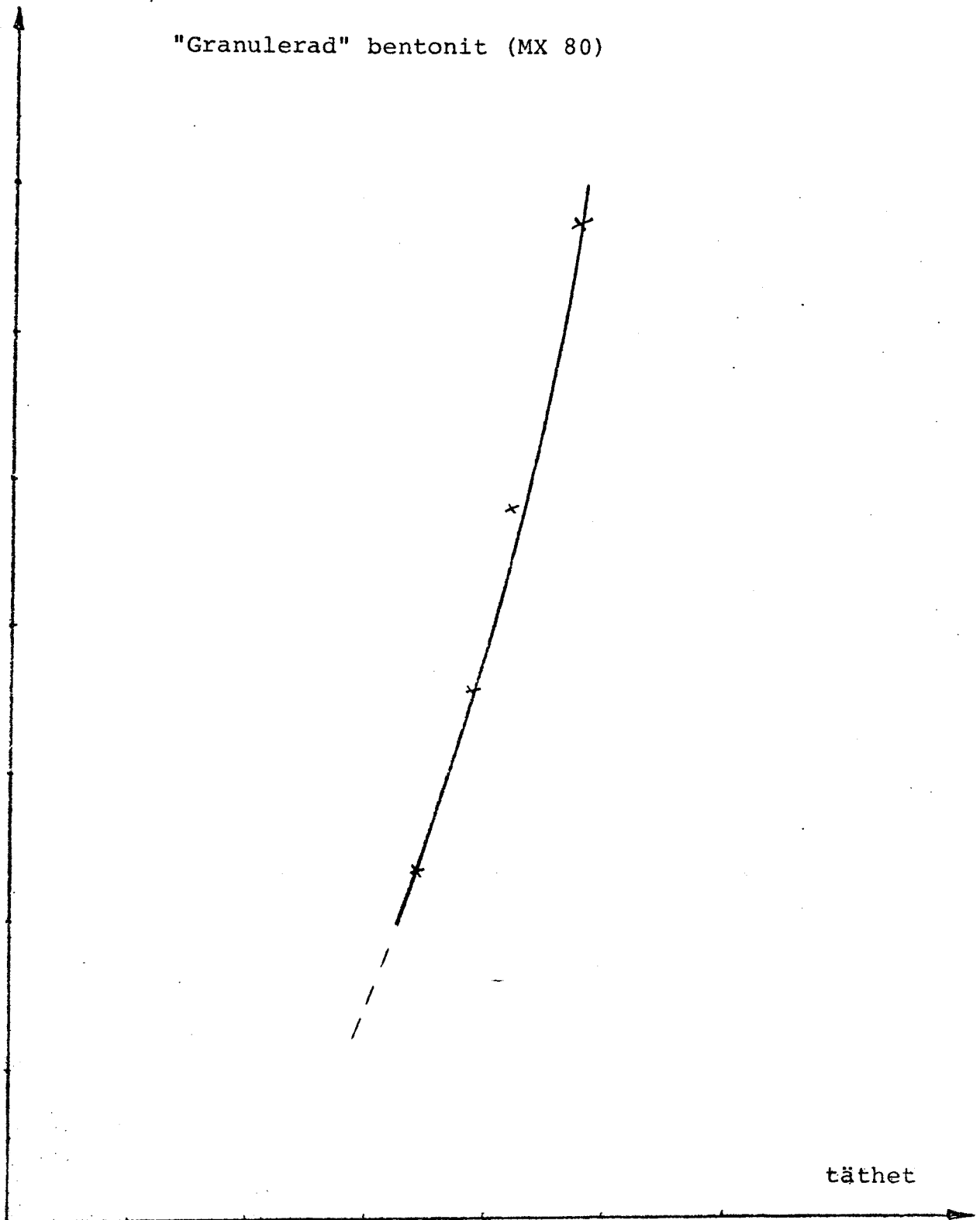
venna nennung vor es, utan vårt medgivande kopieras. Des får ej heller
 delgives annan eller eljest obehörigen användas. Övertidatse härov be-
 livras med sigd ov gällande lag. ASEA-ATOM
 This document must not be copied without our written permission, and the
 contents thereof must not be imparted to a third party nor be used for
 any unauthorized purpose. Controvention will be prosecuted ASEA-ATOM



Sväll-
tryck
kp/cm²

"Granulerad" bentonit (MX 80)

350
300
250
200
150
100
50



täthet

1.60 1.80 2.00 2.20 2.40

g/cm³

Diverse analyser utförda vid Orrje & Co.
(Rennerfeldt)

KBS

PROVTAGNINGSG- OCH ANALYSMETODIK VID BESTÄMNING AV GRUNDVATTENS SAMMANSÄTTNING. DISKUSSION AV ANALYSNOGGRANNHET.

Provtagningsmetodik

Provtagningen av grundvatten från större djup har beskrivits i KBS rapport nr 36 och rekapituleras endast kortfattat här.

Vatten har pumpats upp från ett bestämt djup med en av SGU konstruerad pump och uppsamlats i kvävgasfyllda 100 ml serumflaskor försedda med speciella gummiproppar. Vattnet leddes in genom en kanyl som stacks in genom gummiproppen och kvävgasen fick avgå genom en annan smal kanyl. Härigenom uppnådde man att vattnet kunde uppsamlas utan att komma i kontakt med luften.

Provens syrehalter, Fe^{2+} -halter och sulfidhalter bör därför anses representativa för grundvattnets sammansättning på provtagningsdjupet.

Analys av löst syre

Syrebestämning skedde med Winklermetoden, som innebär att det lösta syret fixeras med manganhydroxid (mangansulfat och natriumhydroxid med kaliumjodid och natriumazid tillsätts) varvid manganoxihydroxid bildas. Denna reagerar vid surgöring med fosforsyra med jodidjonerna som oxideras till fri jod. Denna bestäms med natriumtiosulfattitrering. Genom att surgörningen sker med fosforsyra elimineras inverkan av järn i provet. Reagensen görs syrefria med kvävgasbubbling och tillsätts genom kanyler.

Resultatet kan anges med en noggrannhet av 0,01 mg/l förutsatt att provet ej innehåller oxiderande eller reducerande substans och variationen från medelvärdet vid upprepade bestämningar (precisionen) av samma prov är $\pm 0,01$ mg/l.

Innehåll av sulfider kan störa den jodometriska syreanalysen genom att frigjord jod konsumeras av sulfiderna. Tiosulfatåtgången blir därför för låg och en för låg syrehaltsangivelse blir följden.

Denna olägenhet kan kompenseras genom en parallellprovsteknik där en bestämd mängd jodlösning sätts till såväl huvudprovet som ett parallellprov som enbart alkaliserats. Den icke åtgångna mängden jod i parallellprovet bestäms genom titrering med tiosulfat och subtraheras från huvudprovet.

Det bör påpekas att i ett grundvatten, som ej nyligen blivit påverkat av ytvatten kan syre ej existera i närvaro av sulfidjoner.

Analys av sulfat

Sulfatbestämning skedde med en turbidimetrisk metod (Standard Methods uppl 12, 1965, sid 291 - 292). Metoden innebär att sulfatjonerna fälls ut med bariumklorid och den uppkomna suspensionens ljusabsorption mäts med spektrofotometer vid 420 nm. Normal provvolym är 100 ml.

För att stabilisera suspensionen av bariumsulfat tillsätts en blandning av glycerin, vatten, saltsyra, alkohol och natriumklorid till provet före bariumkloriden.

Nollprov utförs på destillerat vatten. Är vattenprovet grumligt eller färgat utförs ett referensprov med tillsats av alla reagens utom bariumkloriden.

Resultatet kan enligt Standard Methods anges med en noggrannhet av $\pm 10\%$ av sulfatkoncentrationen vid halter < 10 mg/l och variationen från medelvärdet vid upprepade bestämningar var 0,1 mg/l vid halter < 1 mg/l och $\pm 0,2$ mg/l (standarddeviation) vid halter av ca 5 mg/l.

Analys av sulfid

Sulfidbestämning skedde med en spektrofotometrisk metod som innebär att en blåfärgad förening av komplex sammansättning bildas vid reaktion med ammoniummolybdat i närvaro av fosforsyra (Svensk Papperstidn).

Vattenproverna konserverades vid provtagningen med zinkacetat och natriumhydroxid.

Resultatet kan anges med en noggrannhet av 0,2 mg/l vid halter av 5 mg/l och variationen från medelvärdet vid upprepade bestämningar är $\pm 0,4$ mg/l (standarddeviation).

Analys av KMnO_4 -förbrukning

Permanganatförbrukningen är ett mått på halten oxiderbar organisk substans. Vid analysen tillsätts 0,01 N kaliumpermanganatlösning och svavelsyra till provet, som värms i kokande vattenbad under 20 min. Permanganatåtgången vid oxidationen bestäms genom tillsats av en känd mängd oxalsyra varvid icke förbrukad permanganat reduceras och återtitrering med 0,01 N KMnO_4 .

Provet utfördes på vatten, där huvuddelen av järnet förelåg i oxiderad (3-värd) form, men vid Finnsjöproverna bestämdes för kontrollens skull Fe^{2+} .

Resultatet anges ofta som KMnO_4 -förbrukning i mg/l men kan genom division med en faktor 4 uttryckas som kemisk syreförbrukning i mg O_2 /l. Det är i och för sig inte möjligt att räkna om syreförbrukningen till en organisk substansmängd om man inte vet substansens sammansättning och oxidationsverkningsgraden. Man kan dock överslagsmässigt räkna med att 1 g organisk substans motsvarar en kemisk syreförbrukning, mätt med KMnO_4 -oxidation av 1 g/l.

Analysens noggrannhet kan av samma anledning icke anges annat än för rena substanser där man vet oxidationsverkningsgraden. Variationen mellan flera analyser utförda på samma prov är ca ± 3 mg/l vid KMnO_4 -tal av 30 - 40 mg/l.

Stockholm den 20 februari 1978
INGENJÖRSFIRMAN ORRJE & CO AB
VA-avdelningen

Jan Rennerfelt
Jan Rennerfelt

Uppdrags- givare	KBS		
Prov på	organisk substans i bentonit		
Provot	enl. uppgift taget den	3 / 3	1978 av B Asp
Provot	inkom den	10 / 3	1978
Provot	märkt		

ANALYSATTEST

Uppdragets omfattning:

Värmebehandling av bentonit (MX-80) 15 tim vid 425°C. Lakning med destillerat vatten 95°C i 3,5 d av 10 g/l bentonit.

Undersökningsresultat:

Prov nr	6A	6B	6C	Medelvärde
	MX 80	MX 80	MX 80	
	obehandl	obehandl	obehandl	

KMnO ₄ -förbr				
efter 3,5 d mg/l	23	21	21	22

Beräkn org innehåll				
mg/kg bentonit	-	-	-	550

Prov nr	27A	27B	27C	27D	27E	Medelvärde
	MX 80	MX 80	MX 80	MX 80	MX 80	
	behandl	behandl	behandl	behandl	behandl	

KMnO ₄ -förbr						
efter 3,5 d mg/l	3	2	5	8	4	~ 6

Beräkn org innehåll						
mg/kg bentonit	-	-	-	-	-	150

Radsprång 1 1/2

Uppdrags- givare	KBS		
Prov på	organisk substans i bentonit		
Provet	enl. uppgift taget den	/ 19	av ASEA L Hydén
Provet	inkom den	16 / 2 19 78	
Provet	märkt		

ANALYSATTEST

Uppdragets omfattning:

Lakning av behandlad bentonit med destillerat vatten vid 95°C

Undersökningsresultat:

Prov nr	2996	2996
	10,0 g/l	12,5 g/l
KMnO ₄ -förbr eft 5 d mg/l	10,5	12,0
pH	8,2	8,2

Uppdrags- givare	KBS		
Prov på	organisk substans i bentonit		
Provet	enl. uppgift taget den	/ 19	av H Sundgren
Provet	inkom den	/ 19	
Provet	märkt		

ANALYSATTEST

Uppdragets omfattning:

Lakning av ozonbehandlad bentonit med syntetiskt grundvatten vid 95°C. Bestämning av $KMnO_4$ -förbrukning

Undersökningsresultat:

Prov nr	2860 MX 80 obehandl	2861 MX 80 ozonbehandl	2862 MX 80 ozonbehandl
$KMnO_4$ -förbr eft 3 d mg/1	11	14	10
pH	8,3	8,0	8,5
$KMnO_4$ -förbr eft 3 d mg/1	10	11	8
pH	9,4	9,5	9,5
$KMnO_4$ -förbr eft 8 d mg/1	12	16	12
BS_7 eft 8 d mg/1	0,9	3,9	1,2
pH	9,7	9,7	9,7

Bentonitkoncentration 10 g/l

Radsprång 1'/,

Uppdrags- givare	KBS			
Prov på	bentonit			
Provet	enl. uppgift taget den	/	19	av
Provet	inkom den	18/1	1978	
Provet	märkt			

ANALYSATTEST

Uppdragets omfattning:

Undersökningsresultat:

Prov nr	Beteckning	Sulfat g SO ₄ /kg	% S	Sulfid mg S/kg
2786	Blå bentonit	1,3	0,04	12
2787	Gulgrön bentonit	2,0	0,07	<0,3
2788	Mowry skiffer	0,51	0,02	<0,3
2789	MX-80	4,8	0,16	<0,3

Rodsprång 1 1/2

Sammanställning av analysresultat från undersökning av Na-bentonit MX-80.
(Tommy Wadsten, Arrheniuslaboratoriet, Stockholms universitet)



SAMMANSTÄLLNING AV ANALYSRESULTAT
FRÅN UNDERSÖKNING AV Na-BRNTONIT
MX-80.

TOMMY WADSTEN

ARRHENIUSLABORATORIET

STOCKHOLMS
UNIVERSITET

INTERN RAPPORT MARS 1978

SAMMANSTÄLLNING AV ANALYSRESULTAT
FRÅN UNDERSÖKNING AV Na-BENTONIT
MX-80.

TOMMY WADSTEN
ARRHENIUSLABORARIET
STOCKHOLMS UNIVERSITET

UPPDRAGSGIVARE: Kärnbränslesäkerhet, K B S.

FRÅGESTÄLLNING: Finns några "giftiga" föreningar fortfarande kvar hos leran efter rostning vid c:a 425° C under 15 timmar och i så fall hur mycket? Med "giftiga" förstås i detta sammanhang ämnen av organiskt ursprung.

EXPERIMENTELLA METODER: Dynamisk termisk analys, termogravimetri, har utnyttjats med linjär uppvärmningshastighet av 6°C/minut och med en strömmande luftmängd av 6 l/minut. Preparatmängder var c:a 150 mg. Det som registreras är viktsförändringar, vilka visas i fyra bifogade diagram.

Resultaten från TG-undersökningarna var inte tillräckliga för en slutgiltig tolkning varför dessa kompletterades med mätningar i en instrumentuppställning där både viktsändringar, utseende och sönderdelningsprodukter kan analyseras. Denna apparatur kan ta preparatmängder på åtskilliga gram.

TESTADE PROVER: Två siktade kornfraktioner, 710-500 μm och 75-38 μm , från samma icke rostade ursprung, en pressad brikett, har analyserats med båda teknikerna.

Dessutom studerades en kvalitet, teknisk kornstorlek och rostad, med den senare metoden i både luft och argon.

DIAGRAM 1
 PROV MX 80
 FRAKTION 710-500 μ m
 BEHANDLING Siktat
 INVÄGT 147 mg
 ATMOSFÄR luft 6 l/min
 DATUM 780317

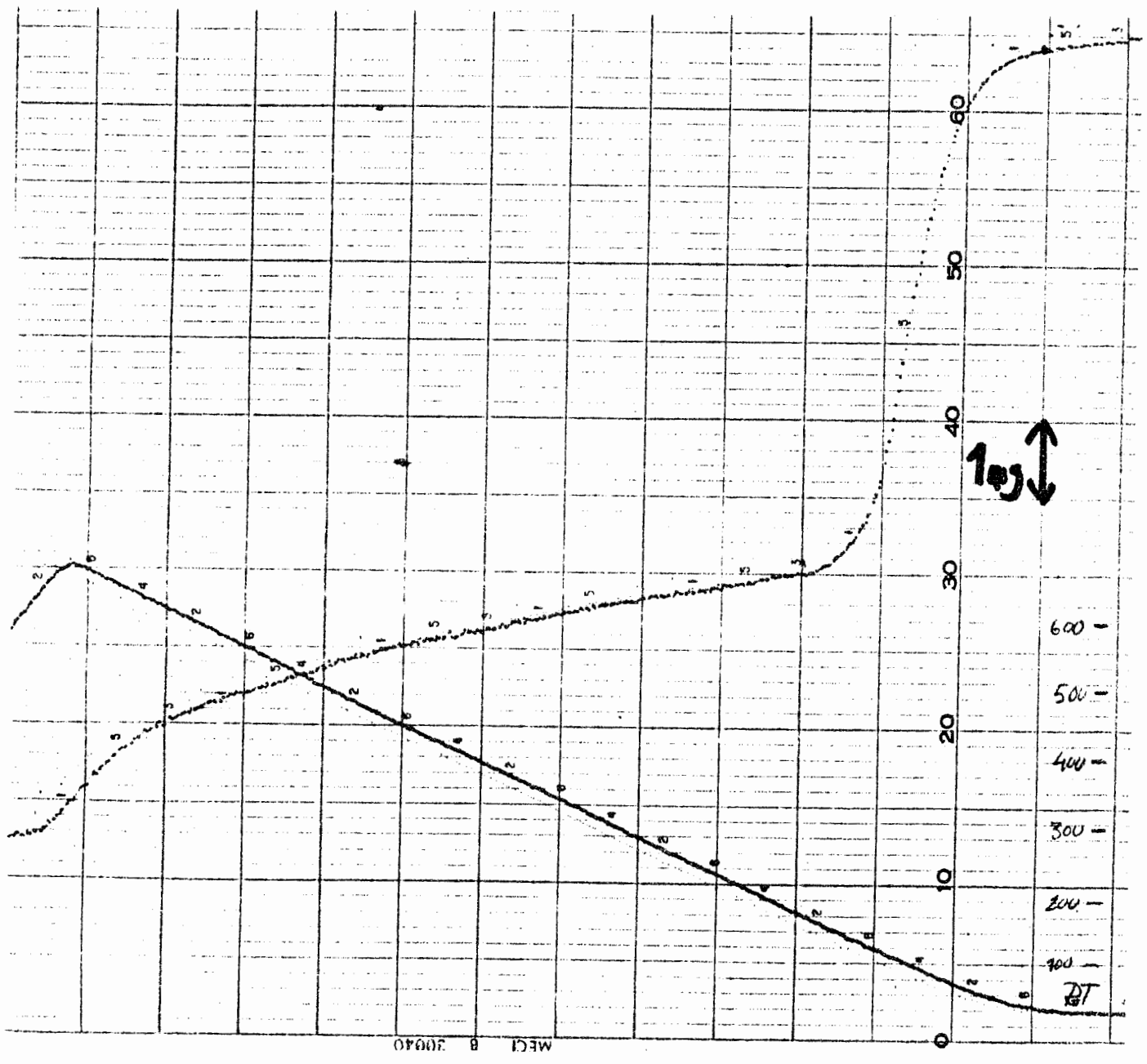


DIAGRAM 2
 PROV MX 80
 FRAKTION 75-38 μ m
 BEHANDLING Siktat
 INVÄGT 147 mg
 ATMOSFÄR luft 6 l/min
 DATUM 78 03 17

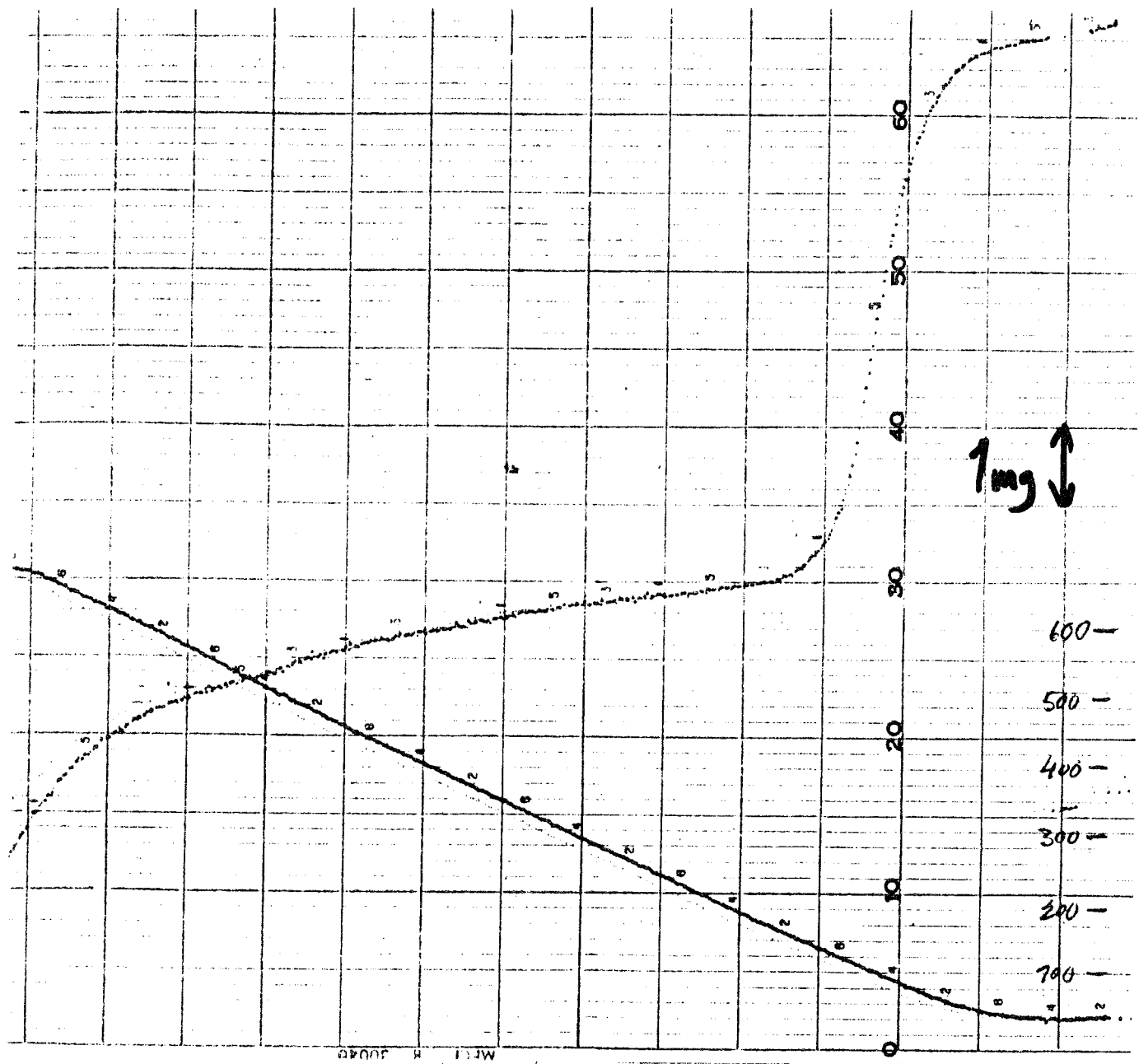


DIAGRAM 3

PROV MX 80

FRAKTION 710-500 μm

BEHANDLING 15h vid 425°C i luft

INVÄGT 148 mg

ATMOSFÄR luft 6 l/min

DATUM 780321

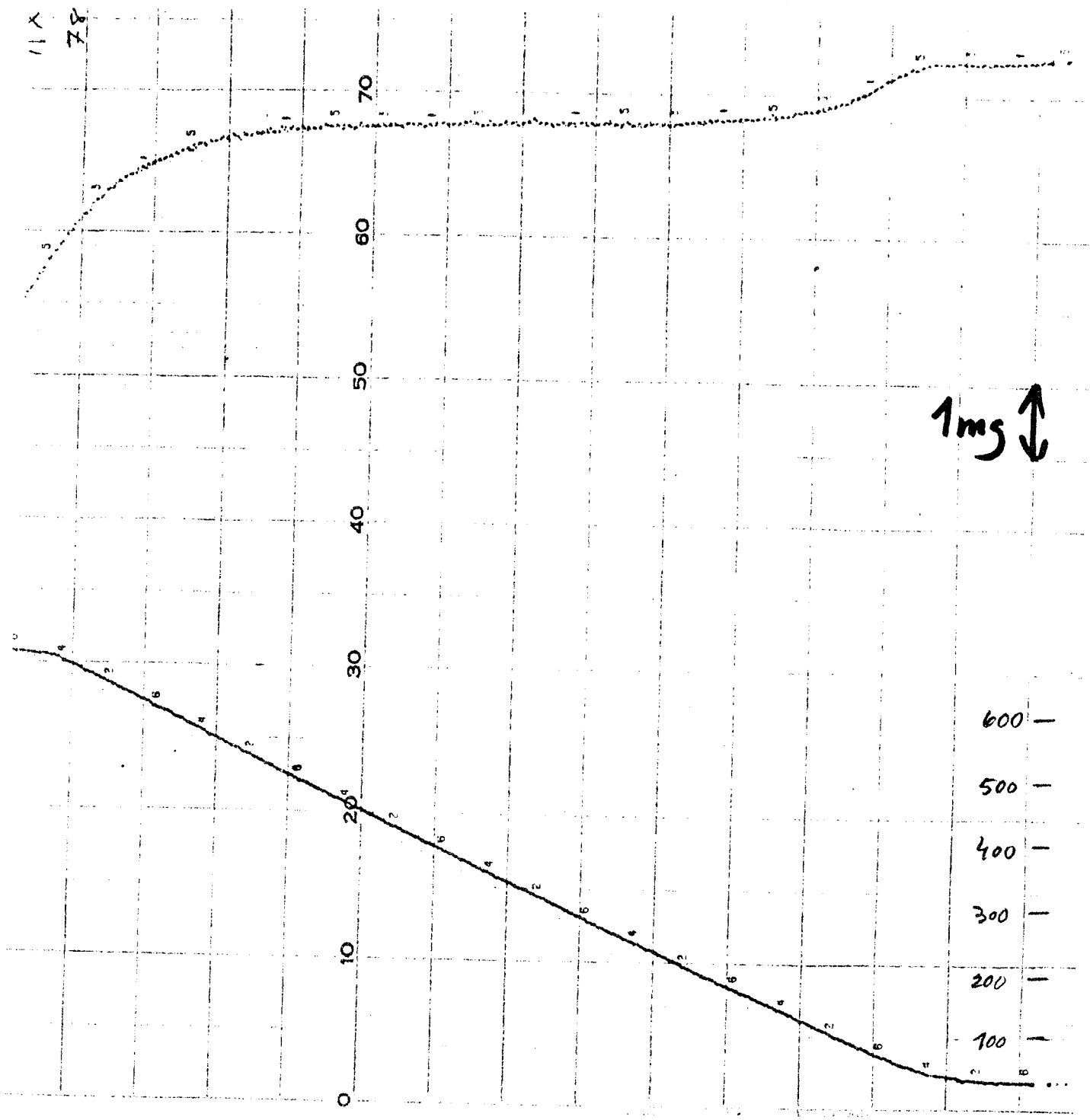
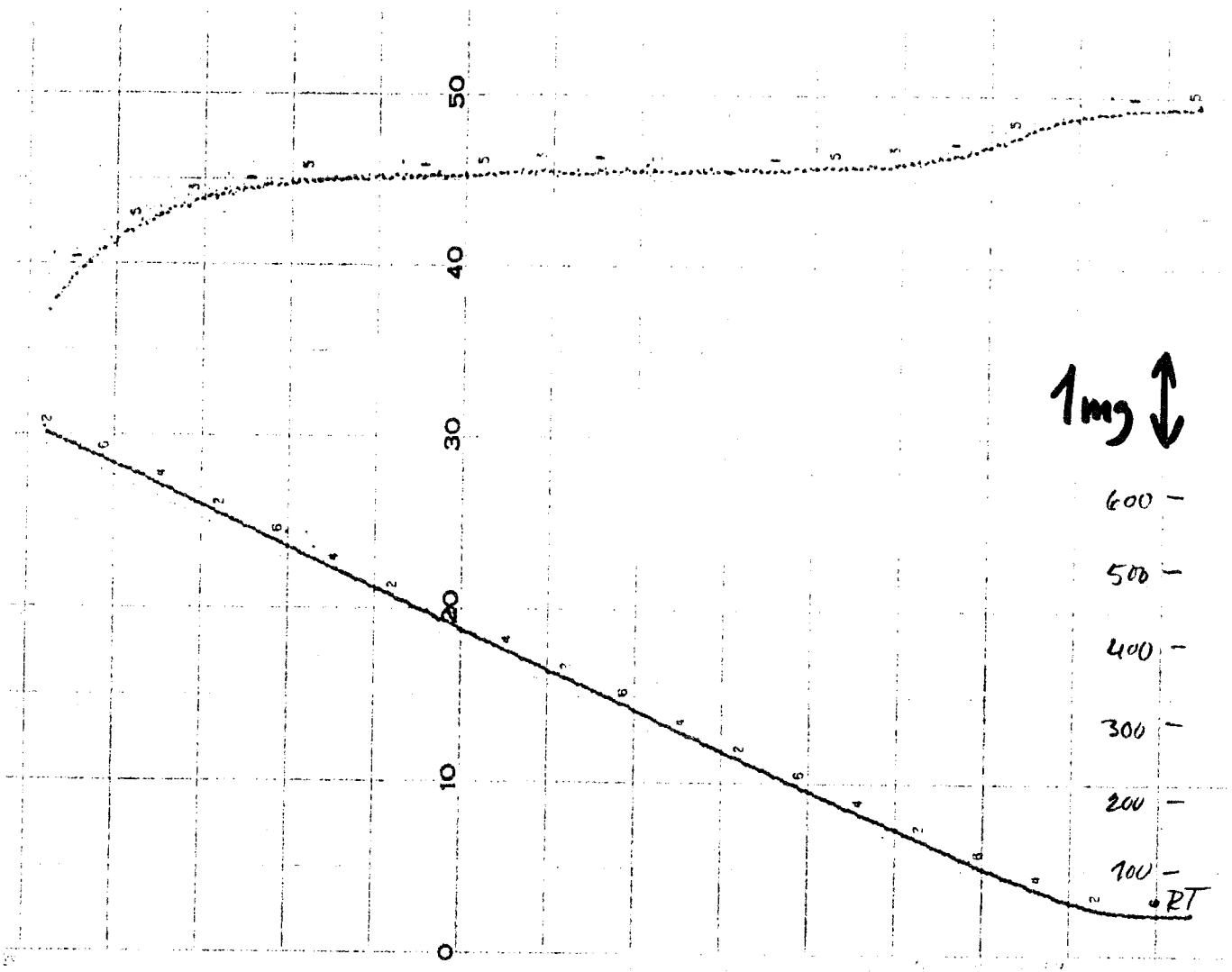


DIAGRAM 4
 PROV MX 80
 FRAKTION 75-38 μm
 BEHANDLING 15 h vid 425°C i luft
 INVÄGT 144 mg
 ATMOSFÄR luft 6.0/min
 DATUM 780321



BOLKNING AV DIAGRAM 1, 2, 3 och 4.

Med denna analysteknik märks ingen skillnad hos identiskt material med olika partikelstorlekar då kurvorna 1 och 2 resp. 3 och 4 i det närmaste är kongruenta.

Det mest iögonfallande är den snabba och kraftiga viktförlusten inom temperaturområdet 50-150°C. Den är framför allt associerad med vattenavgång, och mängden hos 1 och 2 motsvarar 4.7%. Hos de värmebehandlade proverna, som varit i mycket kortvarig kontakt med laboratorieatmosfär, är vattenförlusten endast 0.4%.

Vid c:a 600°C börjar leran spricka sönder, men det temperaturområde, som för den här frågan är det intressanta, ligger mellan c:a 425°C och 525°C. Dessa dynamiska mätningar ger emellertid inte någon slutgiltig förklaring till sammansättningen av produkterna, som indikerar en viktsminskning på maximalt c:a 0.04%.

TERMISK SÖNDERDELNING I LUFT OCH ARGON.

En värmebehandlad, teknisk kvalitet med preparatmängder om c:a 3 gram, har analyserats i strömmande luft eller argon med hjälp av "statisk" termogravimetri.

Dessutom har kompletterande mätningar gjorts på de till diagram 1 t.o.m. 4 hörande substanserna, provmängder c:a 1 g, för att närmare observera den dynamiskt registrerade viktminskningen på 0.04%.

Ugnsdelen har en mycket liten värmekapacitet, vilket bl.a. gynnar en snabb inställning av temperaturjämvikten. Preparat kan också stoppas in och plockas ut utan att rubba försöksbetingelserna. Eventuella sönderdelningsprodukter kan observeras och analyseras.

I dessa fall gällde det organiska föroreningar, vilka kan identifieras som t.ex. en hartsliknande kondensation, vatten, koldioxid eller genom lukt.

Eventuell fast organisk substans samlas på en kondensationsfälla i form av taravägd kvartsull, som täcker gaspassagen. Temperaturen för denna tröskel är c:a 125°C.

RESULTAT AV TERMISK SÖNDERDELNING.

Hos det material, som värmebehandlats 15 timmar vid 425 C, kan ingen koldioxid påvisas i den gas, luft eller argon som strömmar över proven. Analystid är 4 timmar för det undersökta temperaturintervallet 425°C-525°C. Detta gäller samtliga testade kvaliteter.

Upp till 525°C kan heller ingen vägbar eller observerbar mängd vatten registreras.

En differensvägning är svår att utföra på grund av vattenabsorption från den normala atmosfären. I stället analyseras den organiska komponenten som en viktsökning genom kondensation på kvartsullen vid 125°C.

Denna ökning är lika med eller mindre än 0.5 mg från provmängder av omkring 3 gram, vilket motsvarar maximalt 0.02%.

SAMMANFATTNING.

Den mängd organiskt material, som efter den rekommenderade värmebehandlingen, 15 timmar vid 425°C, har kunnat påvisas med nämnda metodik har visats vara maximalt lika med eller mindre än 150 ppm.

Samma föroreningshalt tycks föreligga med en halverad värmebehandlingstid.

Bestämning av oorganiskt och organiskt kol
i bentonit av typ MX-80
(K F Alm, FOA)



FÖRSVARETS FORSKNINGSANSTALT
104 50 STOCKHOLM 80

Datum

1978-06-21

Åberopas vid
korrespondens
FOA beteckning Nr

2893-X15/78

KBS
Fack

102 40 STOCKHOLM
Attn: Civing Anders Bergström

Er referens

Konsultuppdrag 284
Reg nr 21.15

FOA handläggare

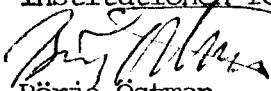
K-F Alm

K	REG. NR	21.15
	BESV. DEN	
B	ANK.	22 JUN 1978
	HANDL. NB	
S	DELG. KBN	
	BILAGA	

Bestämning av kol och organiska substanser i bentonit

Härmed översändes undersökningsprotokoll över bestämning av oorganiskt (karbonat) kol samt organiskt kol (fulvosyror) i BENTONIT MX 80 enligt Er beställning 21.15 av 1978-04-13.

Försvarets forskningsanstalt
Institutionen för materialforskning


Börje Östman

Försvarets forskningsanstalt
Institution 23

UNDERSÖKNINGSPROTOKOLL

Uppdragsgivare: KBS
Fack
102 40 STOCKHOLM

(Ref: Civ. ing Anders Bergström)

Debiteras: Uppdragsgivaren

Undersökningen beställd den 78-03-31
Undersökningen verkställd den 78-06-14

Definition av arbetsuppgiften
Uppdragets avsikt

Bestämning av oorganiskt samt organiskt kol i BENTONIT MX 80,
behandlad vid 425 °C.

L-H Andersson
Handläggare: Knut-Fredrik Alm

Resultat Resultat, använd metodik samt diskussion visas i bilaga 1.

Försvarets forskningsanstalt
Inst 23

Knut-Fredrik Alm

.....
/Knut-Fredrik Alm/

Bentonit MX 80, behandlad vid 425 °C, har analyserats på oorganiskt kol enligt två olika metoder.

1. Upphettning vid 750 °C under inert atmosfär (helium) (1 timme), sorption av avgivna gaser på molekylsiktKolonn samt gaskromatografisk analys av koldioxid. Resultaten redovisas i tabell 1, kolumn 1.
2. Uppslutning av prov med svavelsyra. Avgivna gaser sorberade på molekylsiktKolonn samt gaskromatografisk analys av koldioxid. Resultaten redovisas i tabell 1, kolumn 2.

Bentonit MX 80, behandlad vid 425 °C, har analyserats på organiskt kol genom upphettning under oxiderande atmosfär (syrgas) vid 1000 °C, sorption av avgivna gaser på molekylsiktKolonn samt gaskromatografisk analys av koldioxid. Resultaten redovisas i tabell 1, kolumn 3.

Tabell 1. Bestämning av kol i bentonit MX 80 (425 °C)

Oorg kol 750 °C	Oorg kol H ₂ SO ₄	Oorg kol 1000 °C	Anm
110 ppm	105 ppm	220 ppm	vikts-ppm
3,5 %	1,0 %	1,6 %	rel.stand. avvikelse

Den totala viktsförlusten vid analys har befunnits vara 5,5 % med en relativ standardavvikels av 0,5 %. Viktsförlusten har tolkats som i bentoniten inneslutet vatten.

Analyser utförda vid SLU (Sveriges lantbruks-
universitet)

(Britt-Marie Andersson)

Diagram över upphettad bentonit (MX-80) under
15 tim i 425°C

SLU menar att vid upphettning förkolnas det organiska materialet. "När detta sker förändras dess struktur och förmåga till och konformation i komplex med metaller och kisel".

Organiskt materialinnehåll i ex Upton skulle vara 750-895 mg organiskt material/kg enligt SLU-metod, fulvosyra. Om det var humussyra skulle mängden organiskt material i Upton vara 280 mg/kg.

För MX-80 skulle motsvarande värden vara 761 mg/kg organiskt material (fulvosyra) eller 475-530 mg organiskt material (humussyra).

Underlaget i medföljande diagram är enligt Britt-Marie Andersson på SLU alltför komplext för att nyttjas som en säker metod.

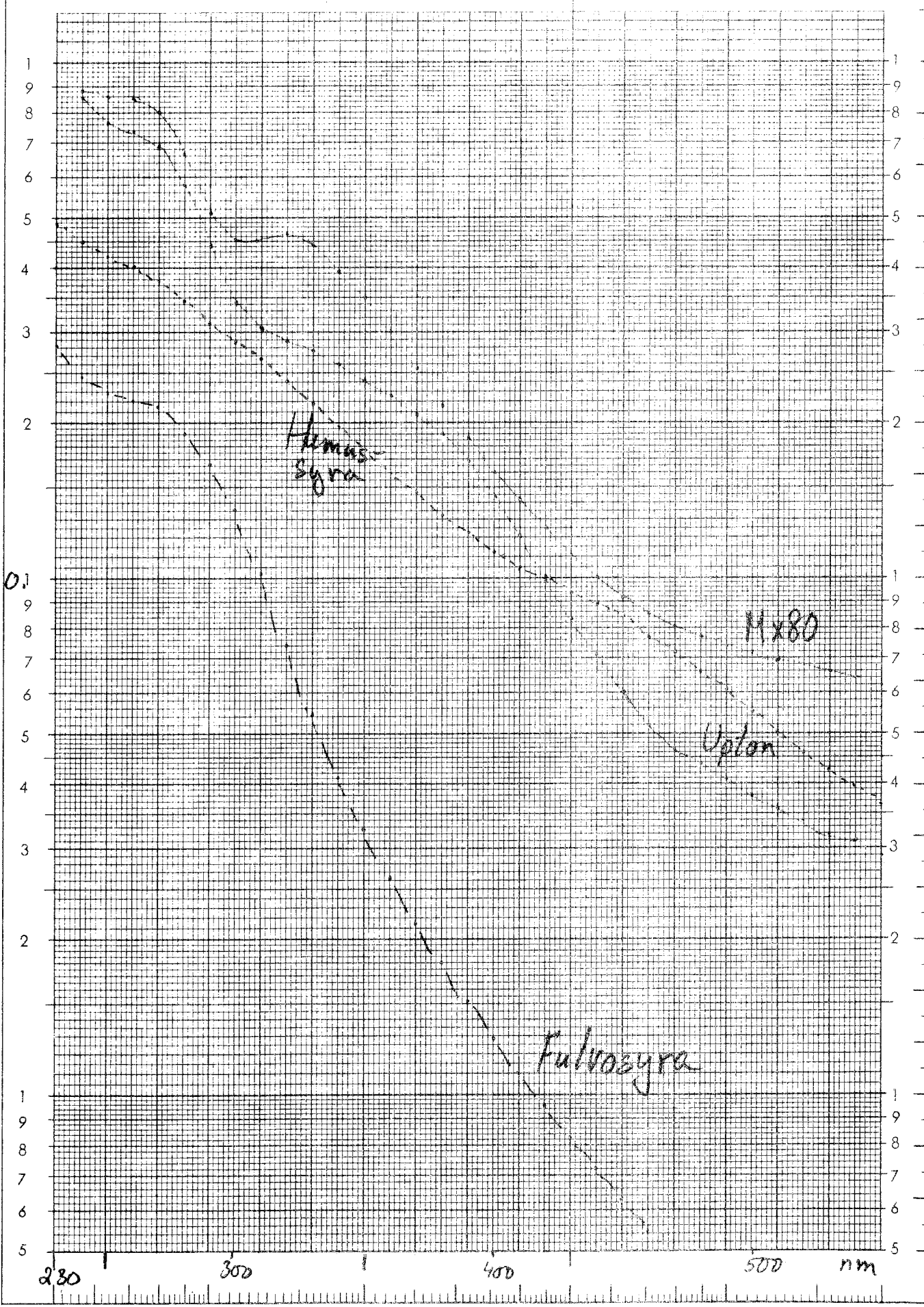
Lakning, centrifugering och absorptionsmätningar har utförts enligt fastställda rutiner.

780427

förkade 15 timmar vid 425°C

KBS

5 cm kvart



Försök att renframställa organiskt innehåll
ur MX-80-bentonit
(A M Brusewitz, SGU)

Kärnbränslesäkerhet

att. Civiling. Anders Bergström
Brahegatan 47, FACK
102 40 Stockholm

Beträffande organiskt material i bentonit från Wyoming.

Problemställning: Organiskt material över en viss halt kan utgöra näringsämne för sulfidproducerande bakterier. I bentonit Mx 80 "obehandlat" har organiskt material påvisats. Kan man påvisa sådant även i behandlat prov i kvantiteter ev över 100 ppm. Har det organiska materialet fulvosyrakaraktär.

Inlämnat material: 1 påse med Mx 80 ca 300 g
1 vägglas med behandlat Mx 80

Undersökning. Uppdraget gjordes som ett försök att anrika det organiska materialet genom upplösning av silikaterna för en eventuell slutbestämning vid annat laboratorium.

Upplösningen har utförts med fluorvätesyra av p.a kvalitet.

- A. Några förförsök med kvantiteter av 1 á 2 g. av dels obehandlat dels behandlat material gjordes. Proven föreföll mycket lika. I den olösta resten där de accessoriska mineralen anrikats kunde konstateras att dessa bestod av ett stort antal olika mineral. Några svarta korn undersöktes. Några befanns ha hög kromhalt och det torde röra sig om kromspinell. Vissa andra test gjordes, men utgångsmaterialet var för litet för att ge något resultat.
- B. 6 g invägdes av dels obehandlat dels behandlat prov och behandlades i platinaskålar med upprepade portioner HF-syra. Härvid konstaterades att det i det obehandlade provet flöt upp svarta partiklar. Försök gjordes att skumma av dessa, vilket dock beredde svårigheter. Några korn tillvaratogs. Proven centrifugerades och en klar lösning avdekanterades. Bottensats och klar lösning indunstades var för sig, överfördes i vägglas och vägdes. (se tabell)

Tabell

Upplösning med fluorvätesyra, 40 % p.a.

Försök B. av Mx 80

	Mx 80	Mx 80
	obehandlad	Värmebehandlad
invägning, g	6.0	6.0
indunstad lösning, g	<u>1.93</u>	<u>2.03</u>
bottensats, g	<u>1.24</u>	<u>1.32</u>
summa torrs substans efter HF upplösning, g	3.17	3.35
uppskattad mängd, Al Fe och Mg som fluorider beräknad på en medel- bentonit, från Wyoming Al ₂ O ₃ 24%, Fe ₂ O ₃ 3.5%, MgO 2.0%	2.45	2.45
differens g	ca 0.7	ca 0.9
% av utgångsmaterial	ca 12	ca 15

Differensen beror på såväl ouplösta accessoriska mineral, ej medräknade element (ca, Na, K m.fl.) som eventuellt ej borttrykt kisel.

Om total mängd kol bestäms i de båda fraktionerna och det sammanlagda värdet divideras med invägningen 6g, erhålls halten kol i utgångsmaterialen, under förutsättning att detta ej förelegat som flyktig beståndsdel.

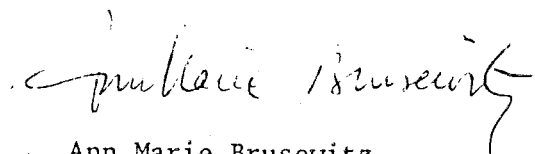
- C. Ett tredje försök gjordes att anrika de svarta partiklarna från Mx 80 (obehandlad). En större mängd 200 g behandlades med fluorvätesyra och allteftersom de svarta partiklarna flöt upp försökte de isoleras genom skummning med en nätkorg resp. avdekantering. Genom att kornen rör sig mycket lätt flyter de undan eller fastnar på väggarna och blir härigenom svårfångade. Efter ett flertal operationer med avdekantering, centrifugering, filtrering och indunstning, har en del material erhållits, som dock ej är rent organiskt, utan innehåller fluorider av främst aluminium och troligen också amorft SiO_2 .
- D. Ytterligare ett försök gjordes för en bättre isolering av de svarta partiklarna.
- 25 g invägdes av obehandlad Mx 80 och behandlades som tidigare med fluorvätesyra i en platinaskål
- Efter endast någon timme avdekanterades HF lösningen och centrifugerades. De svarta partiklar som flutit upp fångades upp och tvättades i sparsamt med vatten. HF lösningen återfördes till platinadegeln och provet rördes om. Efter ca 1 timme upprepades proceduren som ovan. Efter centrifugeringen och försiktig avdekantering filtrerades lösningen genom en s.k. Neubauerdegel (Pt degel med perforerad botten). De svarta korn som fastnat på väggarna spolades direkt ned i en Pt skål. Lösningen återfördes till den ursprungliga Pt-skålen.

Resultat

- A. Tyngre svarta korn visade sig hålla hög kromhalt, troligen i form av kromspinnell. Materialet har inte vidare bearbetats.
- B. Indunstat material har tillvaratagits enligt tabellen. Understrukna siffror visar tillgängligt material som förvaras i vågglas. Dessutom finns några enstaka svarta korn.
- C. Vid detta försök användes en allför stor invägning för de skålar av platina som stod till förfogande, varför de avdekanterade lösningarna blev förorenade av troligen kisel i någon form. Några fraktioner med lätta svarta partiklar i blandning med indunstad substans har tillvaratagits, i vilka det kan finnas möjlighet till en kvalitativ bestämning av organiskt material.
- D. Vid detta försök lyckades det att tillvarataga en nästan ren fraktion av svarta partiklar. Under binokularet har dessa kantig form. De är

tämligen spröda, ger brunaktigt streck om de pressas. Några korn upphettades på ett platinableck. De blänkte till, varvid lågan fördes bort. Under binokularet kunde konstateras att ytskiktet hade smält och att partiklarna var blanksvarta med mjuka former. Vid fortsatt bränning försvann partiklarna. Endast en liten mängd gråvitt pulver återstod.

Ett röntgendiffraktogram av de svarta partiklarna ger inga reflexer. Partiklarna ger ett intryck av kol, dock ej sot. Eftersom smältningen var mycket tydlig torde partiklarna innehålla någon typ av paraffiner. En liknande upplösning av "behandlad Mx 80" visar inga svarta partiklar av typ som här beskrivits.



Ann Marie Brusewitz

laborator

Analyser utförda vid Laboratorium für Bergbau und
Industrie
(John Buschmeyer)



LABORATORIUM
FÜR
BERGBAU UND INDUSTRIE
Julius Buschmeyer



**BEMUSTERUNG
BEGUTACHTUNG
UNTERSUCHUNG**

VON
KOHLEN UND KOKSEN
ANODENKOKSEN
KOHLENWERTSTOFFEN
ERZEN, METALLEN (EINSCHL. EDELMETALLEN UND SCHLACKEN)
HEIZ- UND TREIBSTOFFEN, SCHMIERMITTELN
ABNAHME UND ÜBERWACHUNG
IN DER BRENNSTOFFBESCHAFFUNG

4300 ESSEN 1, ALFREDSTRASSE 395
POSTFACH 230 262
FERNSPRECHER: 415 11
TELEGRAMMADRESSE:
BIL ESSEN
POSTSCHECKKONTO: ESSEN 69031 - 435
BANKVERBINDUNG:
STADTSPARKASSE ESSEN
BLZ 360 501 05 (BIL) KTO. 8 740 128

ATTEST No.: 2346 a

Die uns am 23. März 1978

UNVERSIEGELT ZUGEGANGENE Probe

Bezeichnet:

- Muster Bentonit "MX -80" -

ERGAB genauester Analyse gemäß:

Elementar-Bestimmung:

C	.....	0,42	%	(davon 0,14 % als Carbonat-Kohlendioxid)
H	.....	1,2	%	(davon 1,1 % als Wasser)
N	.....	0,047	%	
P	.....	0,082	%	
S	.....	0,30	%	

- 2 -



4300 Essen 1, den 30. März 1978

Öffentlich bestellter u. vereidigter Sachverständiger für Bemusterung und Untersuchung von Kohlen und Kohlenwertstoffen

Laboratorium
Bergbau u. Industrie
4300 Essen-Bredeneu
Alfredstraße 395
Buschmeyer
Peter Buschmeyer
Dipl.-Chem.



LABORATORIUM
FÜR
BERGBAU UND INDUSTRIE
Julius Buschmeyer

2. Blatt zum Schreiben vom 30. März 1978 an Bentonit International GmbH

Infrarctspektroskopische Untersuchung:

- a) KBr-Pressling: nur OH-Absorptionsbanden von H₂O
- b) Tetrachloräthylen-Extraktion: keine CH-Absorptionsbanden

Gaschromatographische Untersuchung:

- a) n-Heptan-Extraktion: kein Befund
- b) Chlorbenzol-Extraktion: kein Befund

Sonstige Befunde:

Die Substanz reagiert exotherm mit Aceton

An Hand der aufgeführten Ergebnisse ist auszuschließen, daß die Substanz organische Anteile enthält. Neben dem Carbonat-gebundenen Anteil liegt der restliche Kohlenstoff möglicherweise als anorganisch-gebundenes Carbid vor.

L a b o r a t o r i u m
für

Bergbau u. Industrie

Buschmeyer

Essen, den 30. März 1978

Bentonitens organiska material
(Rolf Hallberg, SU)



GEOLOGISKA INSTITUTIONEN

KUNGSTENAGATAN 45 - BOX 8801

113 80 STOCKHOLM

TELEFON: 33 08 60

Ing. Anders Bergström
Kärnbränslesäkerhet

Bentonitens organiska material

Det organiska materialet i den icke värmebehandlade bentoniten (MX 80) extraherades med aceton respektive bensen. Extraktionen utfördes av T. Wadsten på kemiska institutionen, Stockholms universitet. Se separat rapport.

De två lösningarna cetrifugerades, industades på "rullindunstare", och frystorkades därefter.

Acetonextraktet representerade endast en liten del av den totala mängden organiskt material. Efter frystorkning bestod det av ett ljusbrunt pulver.

Bensenextraktet representerar merparten av den totala mängden organiskt material. Det var svart till färgen och hade oljig konsistens.

Extrakten analyserades av Häselius på mikroanalytiska laboratoriet vid Lantbrukshögskolan i Ultuna. Resultat enligt tabell nedan.

Tabell 1. Kemisk analys av extrakt angiven i viktsprocent.

	Acetonfraktion			Bensenfraktion		
C	72.4	65.9	70.8	74.1	74.7	75.9
H	8.7	7.7	8.3	11.1	11.0	11.2
N	1.6	2.8	1.9	0.2	0.2	0.1
S				4.1	4.3	

Organiskt material som inlagras i sediment genomgår en nedbrytning med hjälp av framförallt bakterier. Det ursprungliga materialet är en blandning av lipider, kolhydrater och proteiner. Under nedbrytningen separeras de lösliga och gasformiga komponenterna från de svårlösliga och mer högmolekylära. De senare är den restprodukt vi finner i fossila sediment, exempelvis i den bentonit som är föreslagen som buffertsubstans vid kapselförvaringen.

Det fossila organiska materialet har förlorat många av de s k funktionella grupperna (ex. $-\text{COOH}$, $-\text{OH}$, $-\text{C}=\text{O}$, $-\text{OCH}_3$). Härigenom blir O/C och H/C kvoterna lägre ju längre nedbrytningen fortskrider. Detta åskådliggöres i fig. 1. Aceton- och bensenfraktionens kvoter är inlagda i figurerna.

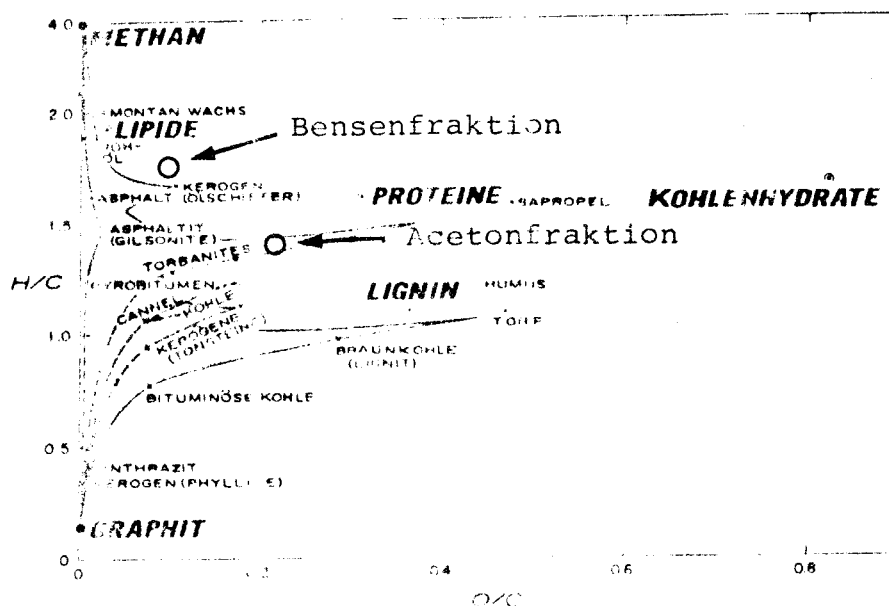


Fig. 1 Atomförhållandena O/C och H/C vid biogeokemisk diagenes av organiskt material (Hunt, 1965).

Observera att oxygen är framtaget som restpost i analyserna och därför troligtvis blivit något för höga. Det framgår ändå tydligt att det fossila organiska materialet nått ett stadium i nedbrytningsprocessen som kan liknas vid kerogen. Detta komplexa organiska material är mycket svårt att nedbryta för bakterier. Möjliga nedbrytningsprodukter vid en anaerob process skulle kunna vara CH_4 , H_2S och CO_2 .

Möjligheten att H_2S kan bildas är ur korrosionssynpunkt mest intressant. Svavlet till detta H_2S kan komma från det organiska svavlet eller från sulfat i porvattnet.

Termodynamiska analyser (Wake et al, 1977) visar att sulfat-reducerande mikroorganismer ej kan använda sig av långa kolkedjor under sin metabolism. De behöver kolväten som inte innehåller mer än 3-4 C-atomer. I naturen är nedbrytningen av organiskt material ett samarbete mellan flera olika typer av bakterier och det är därför möjligt att en viss nedbrytning av bentonitens fossila organiska material skulle kunna äga rum även om det är mest sannolikt att så ej skulle ske. ZoBell (1946) isolerade och testade en strikt anaerob mikroorganism, *Desulfovibrio hydrocarbonoclasticus*, som visade sig vara termotolerant och kapabel att konsumera n-parafiner.

Den största delen av det organiska materialet återfanns i bensenlösningen och är således icke vattenlösligt. De vattenlösliga komponenterna har borttransporterats med porvattnet då bentonitleran sammanpressades under sitt geologiska bildnings-skede. Det fossila organiska materialet utgöres därför ej av fulvosyra. Ej heller humussyra, vilket också påpekats i en rapport av Allard. En humussyra skall uppvisa en betydligt högre O/C kvot, se även fig. 2.

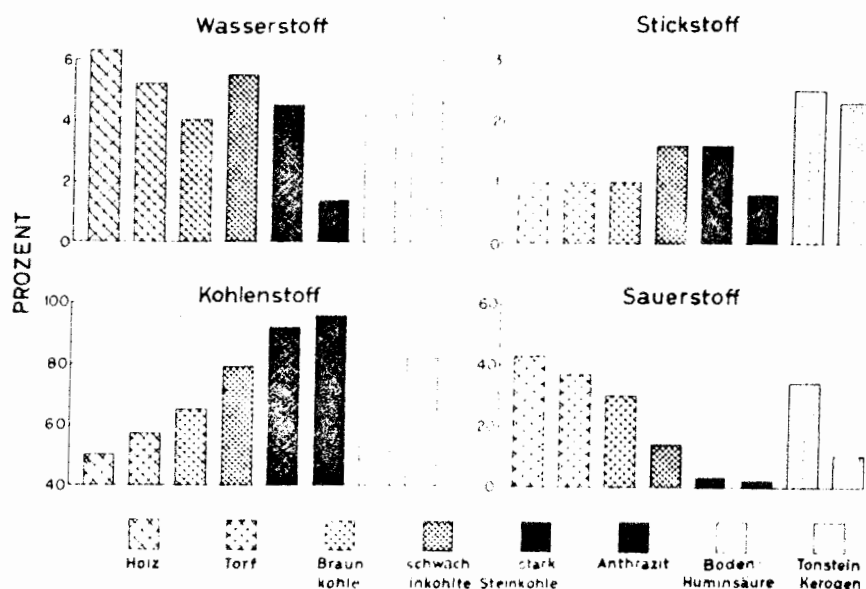
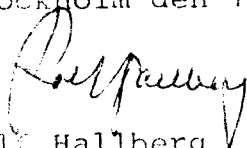


Fig. 2 C-, O-, H- och N-halter angivna i viktsprocent i några olika slag av organiskt material (Degens, 1965)

För att få mer representativa data bör försöket upprepas med värmebehandlad bentonit. Variationen i materialet bör kontrolleras genom försök på material vid ett flertal olika leveranställen.

Stockholm den 12 maj 1978



Rolf Hallberg

Docent

Uppläst

ARM - Jans Janson

Barne- och

Teknisk rapport över MX-80
(Anders Heiner, VBB)

58115
KBS Slutförvar

RAPPORT

från kompletterande laboratorie-
undersökning av pressad bentonit

Beställare: KBS, Stockholm

Beställarkontakt: Anders Bergström

Handläggare, VBB: Geo-gruppen, Stockholm
Anders Heiner och Åke Nilsson
Tel 08/22 85 80

Laboratoriearbete: Bror Roswall

Datum: 1978-04-25

1978-04-25
58115
KBS Slutförvar

RAPPORT

från kompletterande laboratorie-
undersökning av pressad bentonit

Resultat från laboratorieundersökning av pressad bentonit har redovisats i VBBs "Rapport ...", daterad 1978-04-03. För att möjliggöra en bedömning av hanterbarheten har laboratorieundersökningarna kompletterats med bestämning av den pressade bentonitens tryck-, böjdrag- och spräckhållfastheter. I denna rapport redovisas resultaten från hållfasthetsbestämningarna utförda på utsågade delprover från en provkropp av högkompakterad bentonit som framställdes vid ASEA A

Utsågningen gjordes på VBBs geotekniska laboratorium med hjälp av elektrisk motorsåg och fogsvans. Den högkompakterade bentoniten var relativt svår att bearbeta eftersom verktygen snabbt förlorade skärpan.

Hållfasthetsbestämningarna utfördes på Statens provningsanstalt.

Tryckhållfastheten bestämdes på kuber med ca 70 mm sida till följande värden:

Prov nr	Höjd mm	Bredd mm	Längd mm	Tryckhållfasthet kp/cm ²
1	71,1	74,5	70,6	82
2	68,4	71,8	70,0	90
3	72,1	70,7	71,1	<u>80</u>
medelvärde				84

Spräckhållfastheten bestämdes likaledes på kuber med ca 70 mm sida med följande resultat:

Prov nr	Höjd mm	Bredd mm	Längd mm	Spräckhållfasthet kp/cm ²
4	69	73	72	8,5
5	68	74	74	7,8
6	73	70	73	<u>6,7</u>
medelvärde				7,7

Böjdraghållfastheten uppmättes på fritt upplagda balkar till följande värden:

Prov nr	Höjd mm	Bredd mm	Spännvidd mm	Böjdraghållfasthet kp/cm ²
7	34,5	48,0	150	19,0
8	35,5	47,5	100	20,0
9	35,0	47,5	150	<u>18,6</u>
medelvärde				19,2

Vid bestämning av böjdraghållfastheten på prov nr 8 gjordes först ett försök med spännvidden 150 mm. Vid denna provning erhöles brott i en spricka i närheten av det ena upplaget. Om momentet i provbitens mitt

används vid beräkning av böjdraghållfastheten vid detta prov erhålls påkänningen vid brott till 13,3 kp/ Bortsett från denna, bestämning var spridningen hos hållfasthetsvärdena liten.

De uppmätta värdena för tryck-, spräck- och böjdraghållfastheten har ungefär samma inbördes förhållande som resultat från provning av betong. Det kan noteras att de uppmätta värdena motsvarar hållfastheten hos lättbetong med densiteten 0,8 t/m³. Den normalt använda lättbetongen med densiteten 0,4 t/m³ har ungefär en fjärdedel av de uppmätta hållfasthetsvärdena.

Stockholm 1978-04-25


Anders Heiner


Åke Nilsson

Teknisk rapport över MX-80
(Anders Heiner, VBB)

1978-04-03
KBS Slutförvar1978-04-03
58115
KBS SlutförvarRAPPORTfrån laboratorieundersökning
av pressad bentonit
(Härtill 6 bilagor)1. Orientering

Laboratorieundersökningarna utfördes på högkompakterad natriumbentonit med beteckningen Mx80, vilken erhöles från ASEA Atom AB. Materialets densitet och vattenkvot bestämdes på delprover. Vidare undersöktes svällningen vid upptagning av destillerat vatten genom provningar i ödometrar med 50 mm diameter av typ SGI och Stockholms Gatukontor. Dessutom gjordes försök i ödometer med 100 mm diameter. Vid detta försök användes vattenledningsvatten.

2. Materialprov

Provet med högkompakterad natriumbentonit hade 0,3 m diameter och 1,5 m längd. Det sågades itu så att man fick en 0,3 m lång del, vilken förvarades oskyddad i normal rumsfuktighet. Efter ca tre dygn upptäcktes sprickor som trängt in några centimeter i delprovet. Sprickorna var mestadels sammanhängande runt provets periferi.

3. Vattenkvot och densitet

Genom torkning vid 105° under ca ett dygn bestämdes vattenkvoten på fyra prover till 9,3-10,9 %. Någon tendens till variation mellan olika delar av materialprovet kunde inte konstateras.

Skrymdensiteten mättes på fyra prover genom volymbestämning i vatten efter indränkning i paraffin. Vidare bestämdes volymen på fyra prover genom nedsänkning i lacknafta.

prov nr	provningemetod	Skrymdensitet t/m ³
1	indränkning i paraffin	2,15
2	" " "	2,12
3	" " "	2,18
4	" " "	2,20
5	nedsänkning i lacknafta	2,20
6	" " "	2,13
7	" " "	2,21
8	" " "	<u>2,18</u>
	medelvärde	2,17

Medelvärdet 2,17 t/m³ på skrymdensiteten motsvarar torrdensiteten 1,97 t/m³, om den naturliga vattenkvoten är 10 %.

4. Svällningsegenskaper

4.1 Försök i ödometer typ Stockholms Gatukontor

Ödometrar av typ Stockholms Gatukontor har 50 mm diameter och vatten tillförs ovanifrån och underifrån genom filterstenar.

I resultaten anges svällningen i procent av ursprunglig volym. Vid försöken har provhöjderna genomgående korrigerats för att provmaterialet med torrdensiteten $1,97 \text{ t/m}^3$ inte helt fyllt upp ödometerringarna vid provets start.

För att få en uppfattning om hur snabbt vatten tränger in i materialet gjordes svällförsök med provhöjden 10 och 20 mm. Stämpeltrycket var 50 kPa ($0,5 \text{ kp/cm}^2$).

Tid-svällningskurvan från försöken framgår av bilaga 1. Svällningen i prov 1 med 10 mm höjd tenderade att nå ett slutvärde efter ca sex dygn, medan svällningen för prov 2 med 20 mm höjd inte avstannat vid denna tid. Efter ca ett dygn var svällningens absolutvärde lika för de båda proverna. När försöken avbröts bestämdes svällning, vattenkvot och densitet till följande värden:

prov nr	prov-höjd mm	svällning %	vattenkvot %	skrymdensitet t/m^3	torrdensitet t/m^3
1	10	99	66	1,65	0,99
2	20	66	48	1,76	1,19

För bestämning av bentonitens densitet vid olika tryck utfördes svällförsök med provhöjden 10 mm och med stämpeltrycken 500, 1 000, 1 500 och 2 000 kPa (5, 10, 15 och 20 kp/cm^2). Tidsvällningskurvan från försöken framgår av bilaga 2. När försöken avbröts efter ca 13 dygn bestämdes följande värden:

prov nr	stämpel- tryck kPa	svällning %	vatten- kvot %	skrymden- sitet t/m ³	torrden- sitet t/m ³
3	500	50	39	1,83	1,32
4	1 000	39	34	1,89	1,42
5	1 500	36	32	1,91	1,45
6	2 000	27	27	1,98	1,55

Provens verkliga vattenkvot kunde inte bestämmas med önskvärd noggrannhet när försöken avbröts, eftersom materialet tog upp vatten från stämplarna under demonteringen. Vattenkvot och skrymdensitet har därför beräknats med ledning av utgångsprovets vikt med vattenkvot 10 % och från vattenmättade provens volym vid försökens slut. Vidare användes vid beräkningen kompaktdensiteten 2,70 t/m³ för bentoniten. Provens densitet vid olika stämpeltryck framgår av bilaga 3.

De erhållna densitetsvärdena kompletterar resultaten i Meddelande 1977-11-18 från ASEA Atom.

Svällningshastigheten i ren bentonit har befunnits vara större än i blandningar av bentonit och kvarts, jfr VBBs laboratorierapport 1367 1977-08-09 över försök med 10 mm höjd i samma ödometrar.

4.2 Försök i ödometer typ SGI

SGIs ödometer har 50 mm diameter och filterstenar över och under provet. Vatten tillförs i huvudsak endast genom den undre filterstenen.

Två försök (prov 7 och 8) gjordes med stämpeltrycket 50 kPa (0,5 kp/cm²). Tid-svällningskurvan framgår av bilaga 4. Följande värden bestämdes, när försöken avbröts efter knappt sju dygn.

prov nr	svällning		vatten- kvot %	skrymden- sitet t/m ³	torrden- sitet t/m ³
	5 dygn %	7 dygn %			
7	80	85	55	1,65	1,06
8	88	91	62	1,66	1,03

Svällningen hos dessa prover skedde långsammare än hos prov 1 i ödometern av typ Stockholms Gatukontor. Slutvärdet uppskattas dock vara ungefär lika. Skillnaden i hastighet berodde antagligen på olikheter i vattentillförseln för de båda ödometertyperna.

Vid två försök (prov 9 och 10) hölls stämpeltrycket vid 50 kPa under ca ett dygn, varefter det ökades till 2000 kPa (20 kp/cm²), bilaga 4. När försöken avbröts efter ca sju dygn uppmättes följande värden:

prov nr	svällning %	torrdensitet t/m ³
9	22	1,61
10	26	1,56

Provhöjderna har på samma sätt som ovan korrigerats för att provmaterialet med torrdensiteten 1,97 t/m³ inte helt fyllt upp ödometerringarna vid provets början.

4.3 Försök i ödometer med diametern 100 mm

Ett prov med 100 mm diameter och 70 mm höjd utsattes för stämpeltrycket 60 kPa (0,6 kp/cm²). Vatten med 50 kPa (0,5 kp/cm²) tryck tillfördes genom ett filter av sand i botten av provet. Svällningen i provets

överyta som funktion av tiden framgår av bilaga 5.

Hastigheten för svällningen är långsam i jämförelse med försöken i ödometrarna med 50 mm diameter. Den låga hastigheten beror möjligen på att vattenledningsvatten använts i stället för destillerat vatten i de andra provningarna. Varudeklarationen för vattenledningsvattnet framgår av bilaga 6.

När försöket avbröts efter ca 14 dygn bestämdes vattenkvotens variation genom provet, se bilaga 5. I de två översta centimetrarna uppmättes vattenkvoten till 11,9 %, vilket innebär att denna del av provet då knappast hunnit påverkas av vattnet underifrån. Det har alltså tagit ca två veckor för vattnet att tränga in 5 cm i bentoniten.

5. Lös utfyllning av bentonitpulver

Densiteten bestämdes hos löst utfyllt bentonitpulver (granulerad bentonit Saline Seal 100). Bestämningen gjordes i en spalt med planmåtten 62x34mm och höjden 1 m. Den ena breda sidan av spalten utgjordes av plexiglas, medan de tre återstående sidorna bestod av träfiber-skivor. Utfyllningen gjordes till 0,7 m höjd genom en tratt på nivån 1 m över spaltens botten.

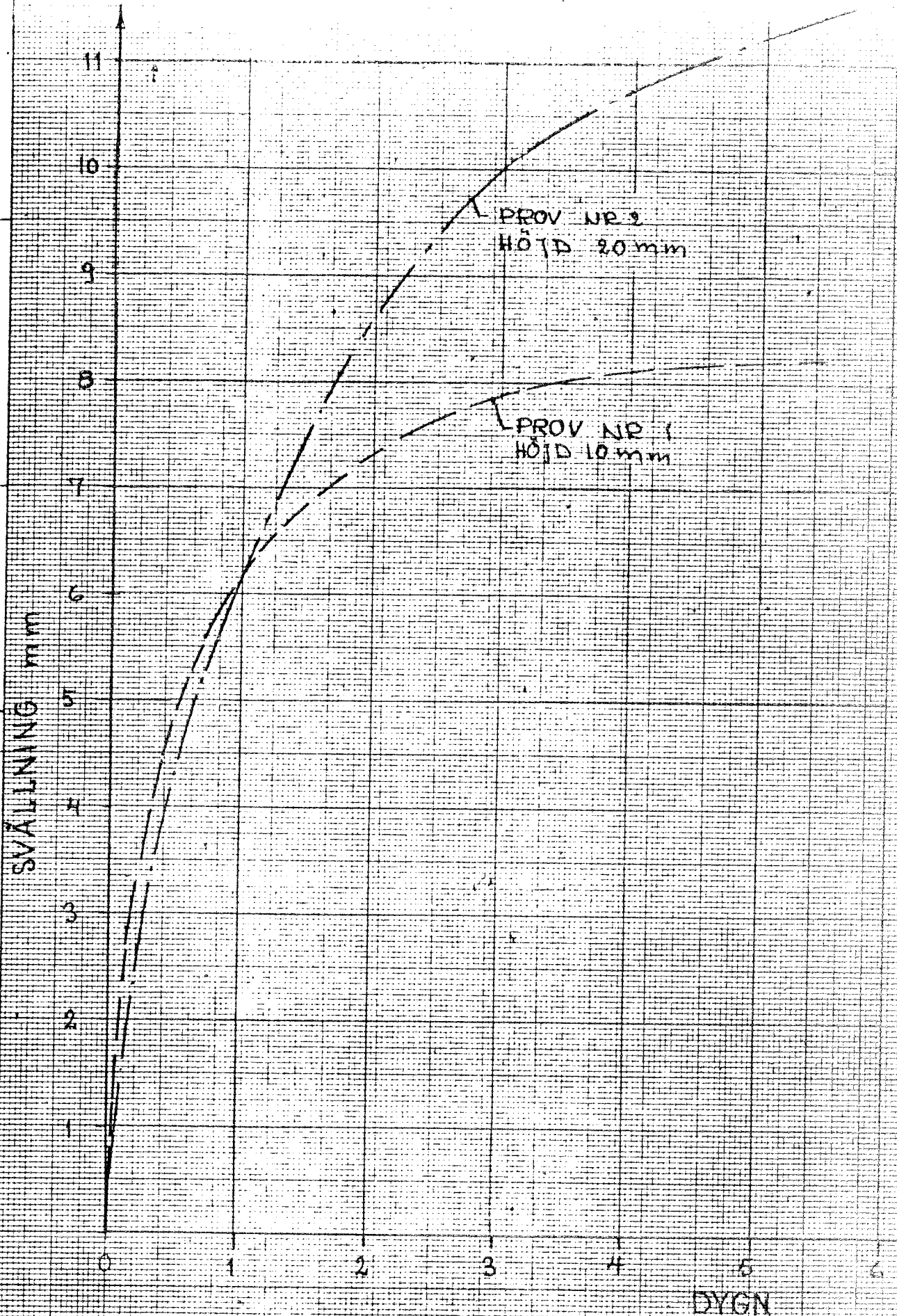
Pulvrets skrymdensitet uppmättes till 1,13 och 1,14 t/m³ och vattenkvoten bestämdes till 10,9 %. Torrdensiteten hos pulvret blev således ca 1,03 t/m³.

Stockholm 1978-04-03


VBB VATTENBYGGNADSBYRÅN


Hans Fagerström

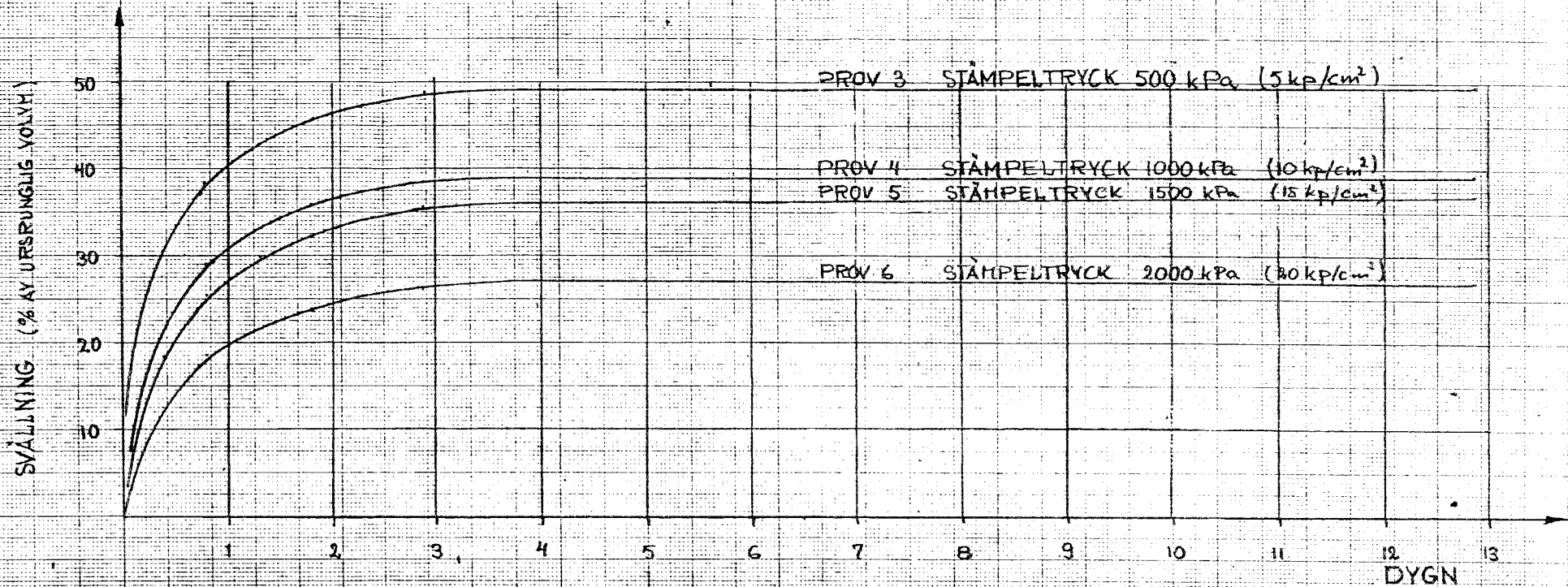

Ake Nilsson



KBS Slutförvar
 SVÄLLNING SOM FUNKTION AV TIDEN
 PROV Ø50 mm, HÖJD 10 och 20 mm
 ÖDOMETER TYP STOCKHOLMS GATUKONTOR

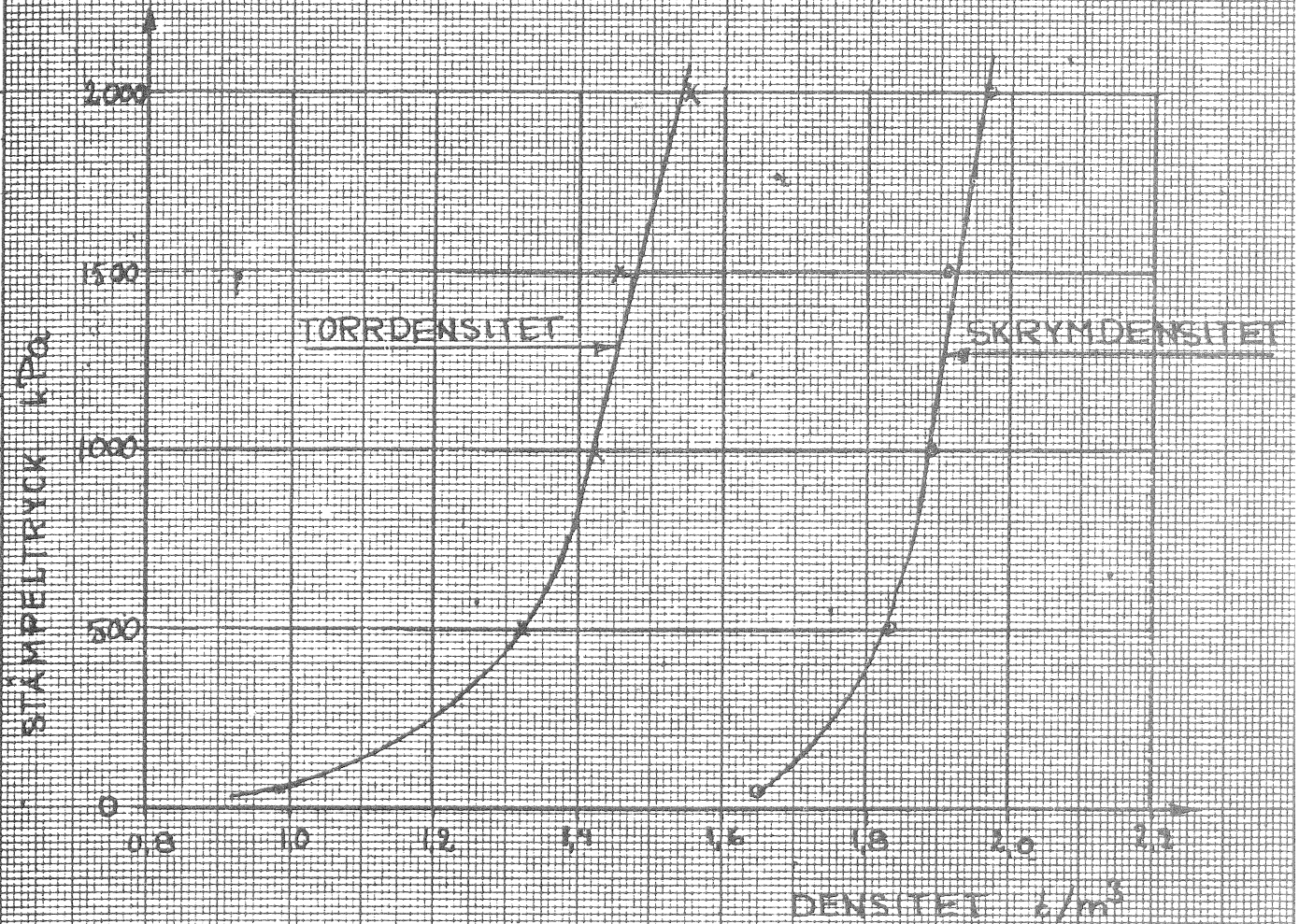
SPALT	REG. NUMMER	RITN. NUMMER
	58115-009	BILAGA 1
DATUM	SIGN.	 VATTENBYGGNADSBYRÅN
78-04-03	ÅN	

VBB 10A



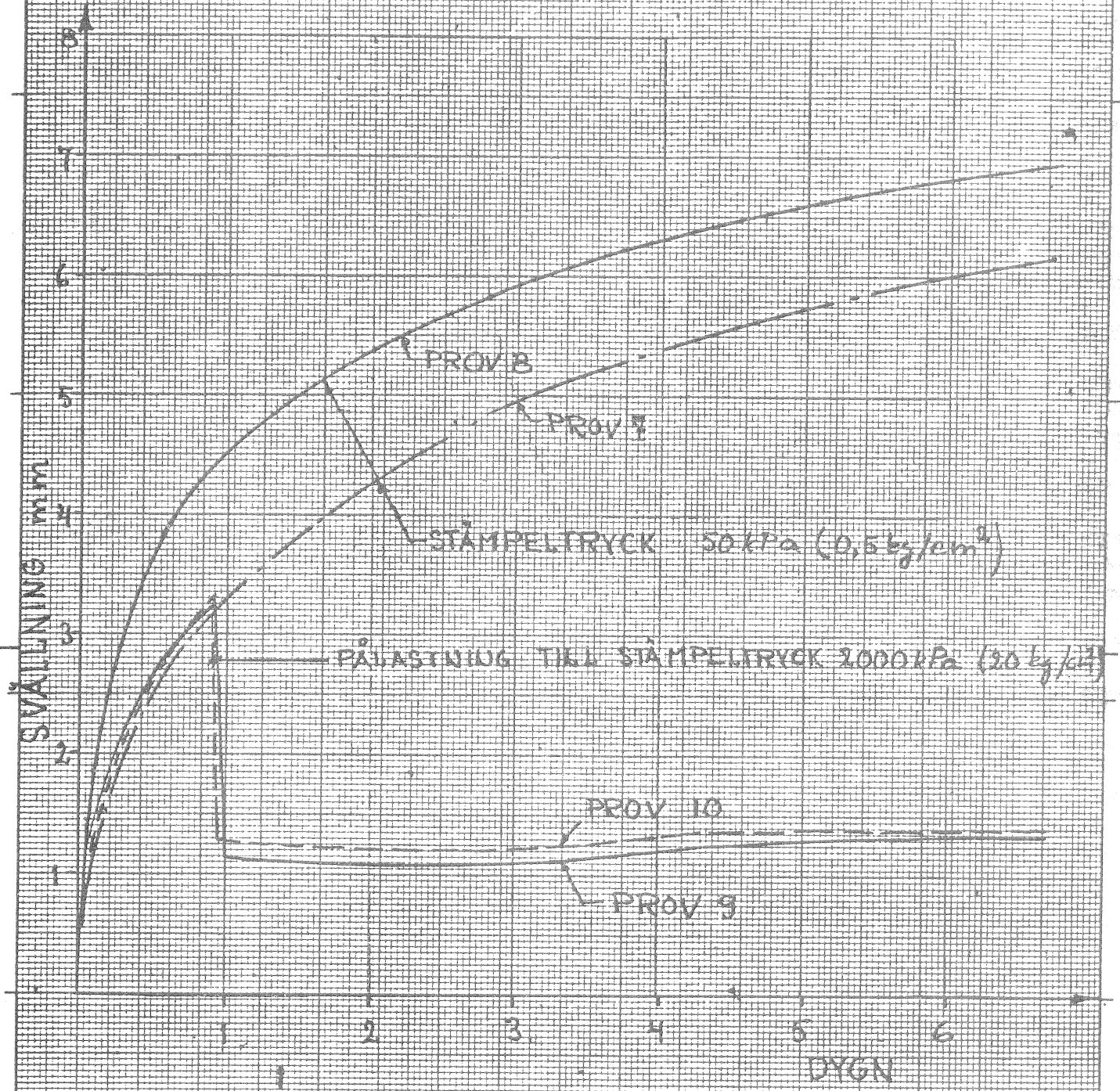
KBS SLUTFÖRVAR
 SVÄLLNING SOM FUNKTION AV TIDEN
 PROV Ø 50 MM, HÖJD CA 10 MM
 ÖDOMETER TYP STAHLTS GATUKONTOR

SKALA	REG. NUMMER	RITN. NUMMER
	58115-008	BILAGA 2
DATUM	S.W.	
78-04-03	VEB VATTENBYGGNADSBYRÅN	



KBS SLUTFÖRVAR
 DENSITET VID OLIKA STÄMPEL-
 TRYCK

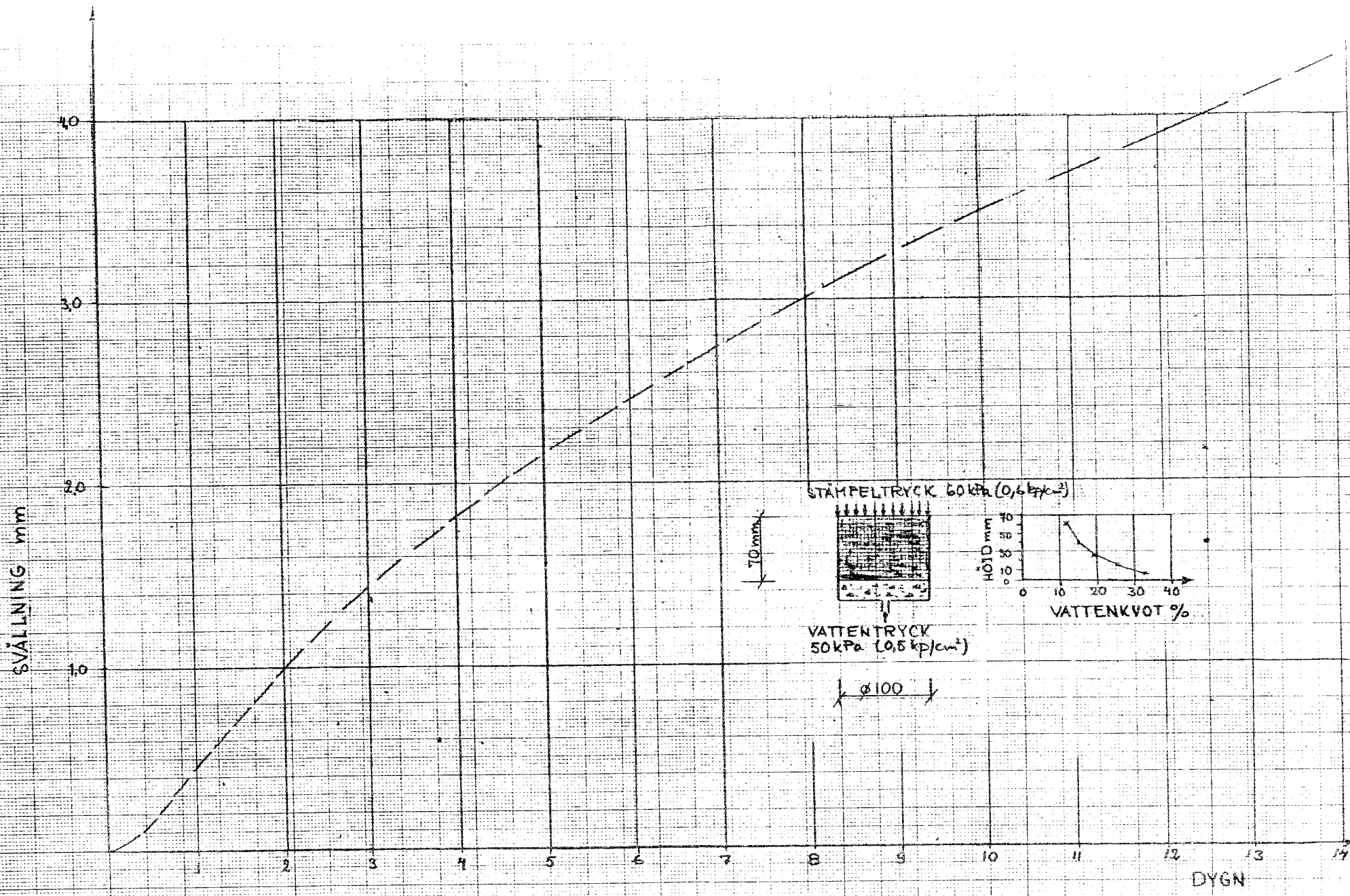
SKALA	REG. NUMMER	RITN. NUMMER
	58115-008	BILAGA 3
DATUM	SIGN.	
78-04-03	<i>P. O. I.</i>	



KBS Slutförvar
 SVÄLLNING SOM FUNKTION AV TIDEN
 PROV \varnothing 50 mm, HÖJD ca 10 mm
 ÖDOMETER TYP SGI

SKALA	REG. NUMMER 58115-008	RITN. NUMMER BILAGA 4
DATUM 78-04-03	SIGN. P.Ni	VBB VATTENBYGGNADSBYRÅN

VBB 10A



KBS SLUTFÖRVAR
 SVÄLLNING SOM FUNKTION AV TIDEN
 PROV ∅ 100 mm, HÖJD 70 mm

SKALA	REG. NUMMER	RITN. NUMMER
	5B115-008	BILAGA 5
DATUM	SKALA	
1978-04-03	6 FAD	

VBB
VATTENBYGGNADSEBYRÅN

V A R U D E K L A R A T I O N

Det från Lovö- och Horsborgsverket levererade vattnets genomsnittliga sammansättning redovisas nedan. Uppgifterna är baserade på förhållandena åren 1972 - 1976. Som jämförelse anges de av myndigheterna i Meddelande från Kungl. Medicinalstyrelsen Nr 112 och 122 angivna kraven på ett tjäniligt vatten utan anmärkning ur teknisk eller hygienisk synpunkt.

		Lovö- verket	Horsborgs- verket	Myndigheternas krav
Färg, Pt	mg/l	5	5	20
Grumlighet		ingen (0,1 FTU)	ingen (0,1 FTU)	ingen
Lukt		ingen	ingen	ingen
Bottensats		ingen	ingen	ingen
Konduktivitet, 25 °C	mS/m	27,2	23,3	
Torrsubstans	mg/l	184	165	
Glödgningsrest	mg/l	137	122	
pH		8,5	8,5	minst 7,0 högst 9,5
Pernanganatförbrukning	mg/l	10	9	<20
Ammonium, NH ₄	mg/l	<0,05	0,06	MAX 0,5
Totalhårdhet, Ca	mg/l	42	35	MAX 100
Totalhårdhet, tyska grader	°d	5,9	4,9	MAX 14
Aluminium, Al	mg/l	<0,05	<0,05	MAX 0,15
Järn, Fe	mg/l	<0,05	<0,05	<0,20
Mangan, Mn	mg/l	<0,05	<0,05	MAX 0,10
Kvicksilver, Hg	mg/l	<0,0001	<0,0001	
Fluorid, F	mg/l	0,25	0,26	MAX 1,5
Fosfat, PO ₄	mg/l	<0,01	<0,01	
Klorid, Cl	mg/l	13	13	<100
Nitrat, NO ₃	mg/l	1,5	1,5	MAX 30
Nitrit, NO ₂	mg/l	<0,01	<0,01	MAX 0,02
Sulfat, SO ₄	mg/l	60	54	<100
Alkalitet, HCO ₃	mg/l	60	48	
Marmoraggressiv kolsyra, CO ₂	mg/l	0	0	
Syre, O ₂	mg/l	11,9	9,8	
Kloröverskott, bundet Cl ₂	mg/l	0,30	0,31	
Totalantalet bakterier 22 °C per ml		<1	<1	<100
Totalantalet coliforma bakterier, 35 °C per 100 ml		<0,2	<0,2	<1

Tecknet < betyder mindre än

Teknisk rapport över MX-80
(Statens provningsanstalt, SP)

PROVNINGSANSTALT

27 APR 1978				
Beov.	/	19		

Uppdragsgivare: VBB, STOCKHOLM
 Föremål: Pressad lera
 Inkom den: 1978-04-11

Uppdrag Tryckhållfasthet, böjdraghållfasthet och draghållfasthet

Provföremål Det insända materialet utgjordes av 6 st kubiska provkroppar med ca 70 mm kantlängd samt 3 st prismatiska provkroppar med dimensionerna ca längd 250 mm, bredd 50 mm och höjd 30 mm. Enligt uppgift består materialet av pressad bentonitlera.

Provtagning Provningsanstalten saknar kännedom om sättet för provtagningen.

Provningsmetod

Tryckhållfasthet På 3 av de kubiska provkropparna bestämdes tryckhållfastheten enligt planlipning av tryckytorna.

Böjdraghållfasthet Undersökningen är i tillämpliga delar utförd enligt Statens Provningsanstalts meddelande 85. Provningsen utfördes på de prismatiska provkropparna.

Draghållfasthet På 3 av de kubiska provkropparna bestämdes draghållfastheten enligt det s k brasilianska spräckprovet, varvid kuberna belastades i symmetriplanet med två motriktade, jämnt fördelade linjelaster. mellanlägg mellan tryckpressens tryckplattor och kuberna användes ribbor av hård träfiberskiva. Ribborna hade en längd motsvarande minst kubens kantlängd, en bredd av 7 mm och en tjocklek av ca 3 mm. Den påförda lasten ökades kontinuerligt till brott (spräckning) ca 2,5 kN per minut. Draghållfastheten beräknades enligt formeln

$$\sigma_d = \frac{2 P}{\pi a^2}$$

där σ_d = draghållfasthet i MPa

P = brottlast i N

a = kubens kantlängd i mm

Provningsresultat

Tryckhållfasthet	Prov nr	Tryckhållfasthet MPa
	1	8,19
	2	9,00
	3	8,01
	<u>Medeltal</u>	<u>8,40</u>

Böjdraghållfasthet

Prov nr	Böjdraghållfasthet MPa
1	1,89
2	1,33
3	1,84
<u>Medeltal</u>	<u>1,69</u>

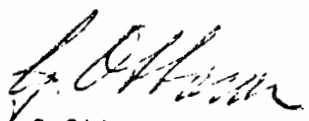
Spännvidden vid provningen var 150 mm.

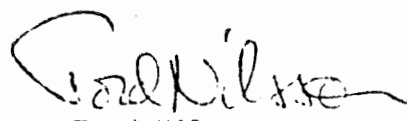
Draghållfasthet

Prov nr	Draghållfasthet MPa
1	0,85
2	0,79
3	0,64
<u>Medeltal</u>	<u>0,75</u>

Stockholm den 24 april 1978

STATENS PROVNINGSANSTALT
Byggnadslaboratoriet S 1


G Ottoson


Tord Nilsson

FÖRTECKNING ÖVER KBS TEKNISKA RAPPORTER

- 01 Källstyrkor i utbränt bränsle och högaktivt avfall från en PWR beräknade med ORIGEN
Nils Kjellbert
AB Atomenergi 77-04-05
- 02 PM angående värmeledningstal hos jordmaterial
Sven Knutsson
Roland Pusch
Högskolan i Luleå 77-04-15
- 03 Deponering av högaktivt avfall i borrhål med buffertsubstans
Arvid Jacobsson
Roland Pusch
Högskolan i Luleå 77-05-27
- 04 Deponering av högaktivt avfall i tunnlar med buffertsubstans
Arvid Jacobsson
Roland Pusch
Högskolan i Luleå 77-06-01
- 05 Orienterande temperaturberäkningar för slutförvaring i berg av radioaktivt avfall, Rapport 1
Roland Blomqvist
AB Atomenergi 77-03-17
- 06 Groundwater movements around a repository, Phase 1, State of the art and detailed study plan
Ulf Lindblom
Hagconsult AB 77-02-28
- 07 Resteffekt studier för KBS
Del 1 Litteraturgenomgång
Del 2 Beräkningar
Kim Ekberg
Nils Kjellbert
Göran Olsson
AB Atomenergi 77-04-19
- 08 Utlakning av franskt, engelskt och kanadensiskt glas med högaktivt avfall
Göran Blomqvist
AB Atomenergi 77-05-20

- 09 Diffusion of soluble materials in a fluid filling a porous medium
Hans Häggblom
AB Atomenergi 77-03-24
- 10 Translation and development of the BNWL-Geosphere Model
Bertil Grundfelt
Kemakta Konsult AB 77-02-05
- 11 Utredning rörande titans lämplighet som korrosionshärdig kapsling för kärnbränsleavfall
Sture Henriksson
AB Atomenergi 77-04-18
- 12 Bedömning av egenskaper och funktion hos betong i samband med slutlig förvaring av kärnbränsleavfall i berg
Sven G Bergström
Göran Fagerlund
Lars Rombén
Cement- och Betonginstitutet 77-06-22
- 13 Urlakning av använt kärnbränsle (bestrålad uranoxid) vid direktdeponering
Ragnar Gelin
AB Atomenergi 77-06-08
- 14 Influence of cementation on the deformation properties of bentonite/quartz buffer substance
Roland Pusch
Högskolan i Luleå 77-06-20
- 15 Orienterande temperaturberäkningar för slutförvaring i berg av radioaktivt avfall
Rapport 2
Roland Blomquist
AB Atomenergi 77-05-17
- 16 Översikt av utländska riskanalyser samt planer och projekt rörande slutförvaring
Åke Hultgren
AB Atomenergi augusti 1977
- 17 The gravity field in Fennoscandia and postglacial crustal movements
Arne Bjerhammar
Stockholm augusti 1977
- 18 Rörelser och instabilitet i den svenska berggrunden
Nils-Axel Mörner
Stockholms Universitet augusti 1977
- 19 Studier av neotektonisk aktivitet i mellersta och norra Sverige, flygbildsgenomgång och geofysisk tolkning av recenta förkastningar
Robert Lagerbäck
Herbert Henkel
Sveriges Geologiska Undersökning september 1977

- 20 Tektonisk analys av södra Sverige, Vättern - Norra Skåne
Kennert Röshoff
Erik Lagerlund
Lunds Universitet och Högskolan Luleå september 1977
- 21 Earthquakes of Sweden 1891 - 1957, 1963 - 1972
Ota Kulhánek
Rutger Wahlström
Uppsala Universitet september 1977
- 22 The influence of rock movement on the stress/strain
situation in tunnels or bore holes with radioactive con-
sistors embedded in a bentonite/quartz buffer mass
Roland Pusch
Högskolan i Luleå 1977-08-22
- 23 Water uptake in a bentonite buffer mass
A model study
Roland Pusch
Högskolan i Luleå 1977-08-22
- 24 Beräkning av utlakning av vissa fissionsprodukter och akti-
nider från en cylinder av fränskt glas
Göran Blomqvist
AB Atomenergi 1977-07-27
- 25 Blekinge kustgnejs, Geologi och hydrogeologi
Ingemar Larsson KTH
Tom Lundgren SGI
Ulf Wiklander SGU
Stockholm, augusti 1977
- 26 Bedömning av risken för fördröjt brott i titan
Kjell Pettersson
AB Atomenergi 1977-08-25
- 27 A short review of the formation, stability and cementing
properties of natural zeolites
Arvid Jacobsson
Högskolan i Luleå 1977-10-03
- 28 Värmeledningsförsök på buffertsubstans av bentonit/pitesilt
Sven Knutsson
Högskolan i Luleå 1977-09-20
- 29 Deformationer i sprickigt berg
Ove Stephansson
Högskolan i Luleå 1977-09-28
- 30 Retardation of escaping nuclides from a final depository
Ivars Neretnieks
Kungliga Tekniska Högskolan Stockholm 1977-09-14
- 31 Bedömning av korrosionsbeständigheten hos material avsedda
för kapsling av kärnbränsleavfall. Lägesrapport 1977-09-27
samt kompletterande yttranden.
Korrosionsinstitutet och dess referensgrupp

- 32 Egenskaper hos bentonitbaserat buffertmaterial
Arvid Jacobsson
Roland Pusch
Högskolan i Luleå 1978-06-10
- 33 Required physical and mechanical properties of buffer masses
Roland Pusch
Högskolan i Luleå 1977-10-19
- 34 Tillverkning av bly-titan kapsel
Folke Sandelin AB
VBB
ASEA-Kabel
Institutet för metallforskning
Stockholm november 1977
- 35 Project for the handling and storage of vitrified high-level waste
Saint Gobain Techniques Nouvelles October, 1977
- 36 Sammansättning av grundvatten på större djup i granitisk berggrund
Jan Rennerfelt
Orrje & Co, Stockholm 1977-11-07
- 37 Hantering av buffertmaterial av bentonit och kvarts
Hans Fagerström, VBB
Björn Lundahl, Stabilator
Stockholm oktober 1977
- 38 Utformning av bergrumsanläggningar
Alf Engelbrektson, VBB
Arne Finné, KBS
Stockholm december 1977
- 39 Konstruktionsstudier, direktdeponering
ASEA-ATOM
Västerås
- 40 Ekologisk transport och stråldoser från grundvattenburna radioaktiva ämnen
Ronny Bergman
Ulla Bergström
Sverker Evans
AB Atomenergi 1977-12-20
- 41 Säkerhet och strålskydd inom kärnkraftområdet.
Lagar, normer och bedömningsgrunder
Christina Gyllander
Siegfried F Johnson
Stig Rolandson
AB Atomenergi och ASEA-ATOM 1977-10-13