

KEMIKALIESPRIDNING I MARK

Rapport januari 1990

Björn Gembert & Ulf Qvarfort

Kvartärgeologiska avd

Uppsala universitet

Box 555

751 22 UPPSALA

Kemikaliespridning i mark

De faktorer som bestämmer transporthastigheten för en vätska i marken är bl.a. vätskans egenskaper som densitet och viskositet och markens egenskaper som jordart, packningsgrad, förekomst av sprickor och rotkanaler i jorden samt hur mycket vatten som finns i marken.

Vid tidigare försök har konstaterats att vad gäller vätskans egenskaper beror hastigheten främst på dess viskositet (Stenström 1989). För jordarten är det dess hydrauliska konduktivitet som främst är bestämmande åtminstone vid inte allt för finkorniga jordarter (Ledskog o Lundgren 1989).

I denna rapport redovisas i bokstavsordning en förteckning på kemikalier. För varje kemikalie redovisas dess SBF nummer (kolumn B), kinematiska viskositet (kolumn C) samt transporthastighet i meter per dygn för en jordart med hydraulisk konduktivitet (K) på 10~9 m/s (kolumn D), 10~7 m/s (kolumn E), 10~3 m/s (kolumn F), 10~8 m/s (kolumn G) och 10~5 m/s (kolumn H). Hastigheten (V) är beräknad genom formeln $V=(K*100)/(50*visk)$ vilket innebär att porositeten satts till 50 % och flödet är helt vertikalt. Formeln gäller för ett mättat flöde vilket sällan är fallet. Skillnaden vid omättat flöde blir emellertid att hastigheten blir lägre vilket bara är positivt vid en eventuell olycka med ett kemikalieutsläpp. Andra faktorer som inte har tagits hänsyn till i formeln är bl.a. variationer i porositeten eller ämnenas eventuella löslighet i vatten. Eftersom viskositeten är temperaturberoende gäller värdena vid 20°C. Vid lägre temperatur blir viskositeten högre och därmed hastigheten långsammare.

Kolumn D motsvarar den nedre gränsen för hastigheten i en silt, kolumn E hastigheten vid kornstorleksgränsen mellan silt och sand och kolumn F hastigheten vid övergången mellan sand och grus. Teoretiskt innebär detta att lera har hastigheter mindre än kolumn D men i praktiken är det för finkorniga jordarter som lera, och till viss del även för silt, andra faktorer än den hydrauliska konduktiviteten som styr förloppet. Sådana faktorer är tex förekomst av sprickor och öppna rotkanaler i jordarten. Tabellen är därmed mest giltig för sand och grus och det är ju också här som de största skaderiskerna finns. Kolumnerna G och H

visar inom vilka gränser hastigheten varierar i olika typer av morän. Kolumn G anger övre gräns för hastigheten i de finkornigaste, lerigaste moränerna och kolumn H i de grövsta moränerna typ grusig-sandig morän. Kolumn E kan användas för gränshastigheten mellan sandig-siltig morän och grusig-sandig morän.

För att illustrera sambanden har även en del grafiska figurer tagits fram. I figur 1 visas transporthastighetens variation vid olika viskositet för lera, silt, sand och grus under samma förutsättning som i tabellen. Figur 2 visar motsvarande för olika moräntyper. Eftersom det är så stora variationer i transporten har det varit nödvändigt att avsätta hastigheten i m/dygn längs en logaritmisk skala för att överhuvudtaget kunna redovisa kurvorna i samma diagram. I figur 3 har hastigheten avsatts längs en vanlig linjär skala och en kurva, nämligen den för den hydrauliska konduktiviteten 10~3 m/s dvs den konduktivitet som gäller vid gränsen mellan sand och grus, har valts ut som åskådningsexempel för att man ska se hur kurvan förändras då man ritat med en logaritmisk skala. Här framträder tydligt att det är vid låga värden på viskositeten som de stora skillnaderna uppkommer.

Figur 4 slutligen visar fördelningen av de olika kemikaliernas viskositet. Här framgår att en stor majoritet av alla ämnen har en viskositet av samma storleksordning som vatten dvs 1 cSt eller strax under. En mindre andel av ämnena har en lägre viskositet, vilket innebär att de transporteras snabbare än vatten i marken, medan en något större andel har en högre viskositet och transporteras alltså långsammare, såvida de inte är vattenlösliga.

Referenser

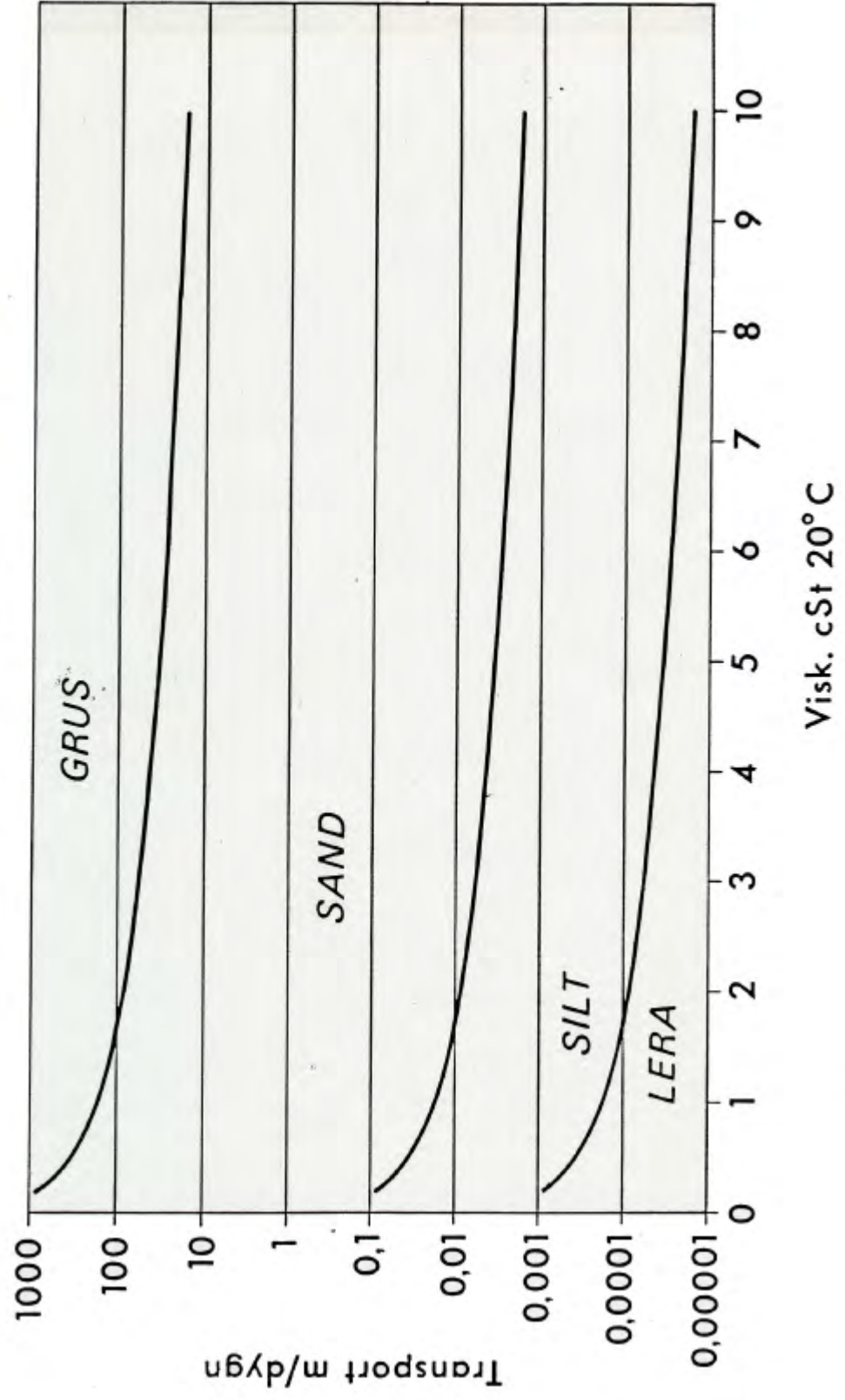
- Ledskog, L. o Lundgren, T. 1989: Olje- och kemikalieutsläpp i jord. Information 9. Statens Geotekniska Institut.
- Stenström, L. 1989: Infiltration och fronthastigheter, försök med förorenande vätskor. Rapport 144. Kvärtärgeologiska avd, Uppsala Universitet.

A		B	C	D	E	F	G	H
1	ÄMNE	SBF nr.	Visk. cst	Lera cm/dygn	Silt m/dygn	Sand m/dygn	Moran m/dygn	Moran m/dygn
2	Konduktivitet m/sek.			0,000000001	0,000000001	0,001	0,000000001	0,000001
3								
4	Acetaldehyd	54	0,40	0,043	0,043	432,0	0,432	4,32
5	Aceton	1	0,43	0,040	0,040	401,9	0,402	4,02
6	Allylkohol	69	1,60	0,011	0,011	108,0	0,108	1,08
7	Allylklorid	36	1,00	0,017	0,017	172,8	0,173	1,73
8	Ammoniak, kaustisk	3	1,30	0,013	0,013	132,9	0,133	1,33
9	Amylacetat	239	1,00	0,017	0,017	172,8	0,173	1,73
10	Anilin	90	4,30	0,004	0,004	40,2	0,040	0,40
11	Bensaldehyd	232	2,00	0,009	0,009	86,4	0,086	0,86
12	Bensoylklorid	233	1,00	0,017	0,017	172,8	0,173	1,73
13	Bensylklorid	59	1,20	0,014	0,014	144,0	0,144	1,44
14	Benzen	4	0,76	0,023	0,023	227,4	0,227	2,27
15	Brom	60	0,32	0,054	0,054	540,0	0,540	5,40
16	Butandien	169	0,30	0,058	0,058	576,0	0,576	5,76
17	n-Butanol	224	3,40	0,005	0,005	50,8	0,051	0,51
18	n-Butylacetat	137	0,85	0,020	0,020	203,3	0,203	2,03
19	iso-Butylacetat	138	1,00	0,017	0,017	172,8	0,173	1,73
20	n-Butylakrylat	133	1,30	0,013	0,013	132,9	0,133	1,33
21	Cyklhexan	61	1,30	0,013	0,013	132,9	0,133	1,33
22	Cyklhexanol	151	70,00	0,000	0,000	2,5	0,002	0,02
23	Cyklhexanon	149	5,00	0,003	0,003	34,6	0,035	0,35
24	Cykllopentan	178	0,60	0,029	0,029	288,0	0,288	2,88
25	Diacetonalkohol	259	3,00	0,006	0,006	57,6	0,058	0,58
26	Dietyamin	97	0,50	0,035	0,035	345,6	0,346	3,46
27	Dietylentetramin	210	7,00	0,002	0,002	24,7	0,025	0,25
28	Dietyleter	38	0,34	0,051	0,051	508,2	0,508	5,08
29	Dimetylsulfat	131	2,00	0,009	0,009	86,4	0,086	0,86
30	Dioxan	88	2,00	0,009	0,009	86,4	0,086	0,86
31	EO 1	6	3,00	0,006	0,006	57,6	0,058	0,58
32	EO 2	6	125,00	0,000	0,000	1,4	0,001	0,01
33	EO3	6	400,00	0,000	0,000	0,4	0,000	0,00
34	Epiklorhydrin	62	1,00	0,017	0,017	172,8	0,173	1,73
35	Etanol	7	5,00	0,003	0,003	34,6	0,035	0,35
36	Etylacetat	70	0,50	0,035	0,035	345,6	0,346	3,46
37	Etylakrylat	255	0,60	0,029	0,029	288,0	0,288	2,88
38	Etylamin	247	1,00	0,017	0,017	172,8	0,173	1,73
39	Etylendiamin	39	1,50	0,012	0,012	115,2	0,115	1,15
40	Etylenglykol	75	18,00	0,001	0,001	9,6	0,010	0,10
41	Etylklorid	100	0,90	0,019	0,019	192,0	0,192	1,92
42	Etylsilikat	135	0,99	0,017	0,017	174,5	0,175	1,75
43	Formamid	94	3,00	0,006	0,006	57,6	0,058	0,58

	A	B	C	D	E	F	G	H
44	Fosforsyra	11	3,00	0,006	0,006	57,6	0,058	0,58
45	Fosgen	63	0,99	0,017	0,017	174,5	0,175	1,75
46	Furfural	76	1,40	0,012	0,012	123,4	0,123	1,23
47	Glycerol	160	50,00	0,000	0,000	3,5	0,003	0,03
48	Hydrazin	64	0,97	0,018	0,018	178,1	0,178	1,78
49	Hydrazinhydrat	179	1,00	0,017	0,017	172,8	0,173	1,73
50	Isoforon	186	3,00	0,006	0,006	57,6	0,058	0,58
51	Isopropanol	12	3,00	0,006	0,006	57,6	0,058	0,58
52	Isopropylamin	199	0,50	0,035	0,035	345,6	0,346	3,46
53	Isopropylbenzen	189	1,00	0,017	0,017	172,8	0,173	1,73
54	Kaliumhydroxid	14	4,30	0,004	0,004	40,2	0,040	0,40
55	Kaliumhypoklorit	167	1,00	0,017	0,017	172,8	0,173	1,73
56	Kiseltraktlorid	161	0,30	0,058	0,058	576,0	0,576	5,76
57	Kloroform	67	0,40	0,043	0,043	432,0	0,432	4,32
58	Kloravelsyra	72	4,00	0,004	0,004	43,2	0,043	0,43
59	Koldisulfid	79	0,30	0,058	0,058	576,0	0,576	5,76
60	Koltetraktlorid	98	0,60	0,029	0,029	288,0	0,288	2,88
61	Kreosol	177	4,30	0,004	0,004	40,2	0,040	0,40
62	Krotonaldehyd	132	1,00	0,017	0,017	172,8	0,173	1,73
63	Lackmaffa	87	0,99	0,017	0,017	174,5	0,175	1,75
64	Linolja	188	125,00	0,000	0,000	1,4	0,001	0,01
65	Metanol	18	0,76	0,023	0,023	227,4	0,227	2,27
66	Metylenklorid	83	0,30	0,058	0,058	576,0	0,576	5,76
67	Metylenmerkaptan	256	0,20	0,086	0,086	864,0	0,864	8,64
68	Monoklorbenzen	240	1,00	0,017	0,017	172,8	0,173	1,73
69	Monoklorättiksyra	243	1,00	0,017	0,017	172,8	0,173	1,73
70	Motorbensin	5	1,50	0,012	0,012	115,2	0,115	1,15
71	Myrsyra	20	1,50	0,012	0,012	115,2	0,115	1,15
72	Natriumhypoklorit	42	1,00	0,017	0,017	172,8	0,173	1,73
73	Natriumklorid	244	1,00	0,017	0,017	172,8	0,173	1,73
74	Natriumvätesulfid	276	1,00	0,017	0,017	172,8	0,173	1,73
75	Natrumhydroxid	21	25,00	0,001	0,001	6,9	0,007	0,07
76	Nitrobenzen	102	2,00	0,009	0,009	86,4	0,086	0,86
77	Nonylfenol	129	1500,00	0,000	0,000	0,1	0,000	0,00
78	Paraldehyd	212	1,00	0,017	0,017	172,8	0,173	1,73
79	perklorsyra	89	0,99	0,017	0,017	174,5	0,175	1,75
80	1-Propanol	22	3,00	0,006	0,006	57,6	0,058	0,58
81	propionsyra	152	1,00	0,017	0,017	172,8	0,173	1,73
82	Propylenglykol		55,00	0,000	0,000	3,1	0,003	0,03
83	Pyridin	107	0,98	0,018	0,018	176,3	0,176	1,76
84	Salpetersyra	24	1,25	0,014	0,014	138,2	0,138	1,38
85	Saltsyra	25	1,25	0,014	0,014	138,2	0,138	1,38
86	sec-Butylacetat	139	1,00	0,017	0,017	172,8	0,173	1,73

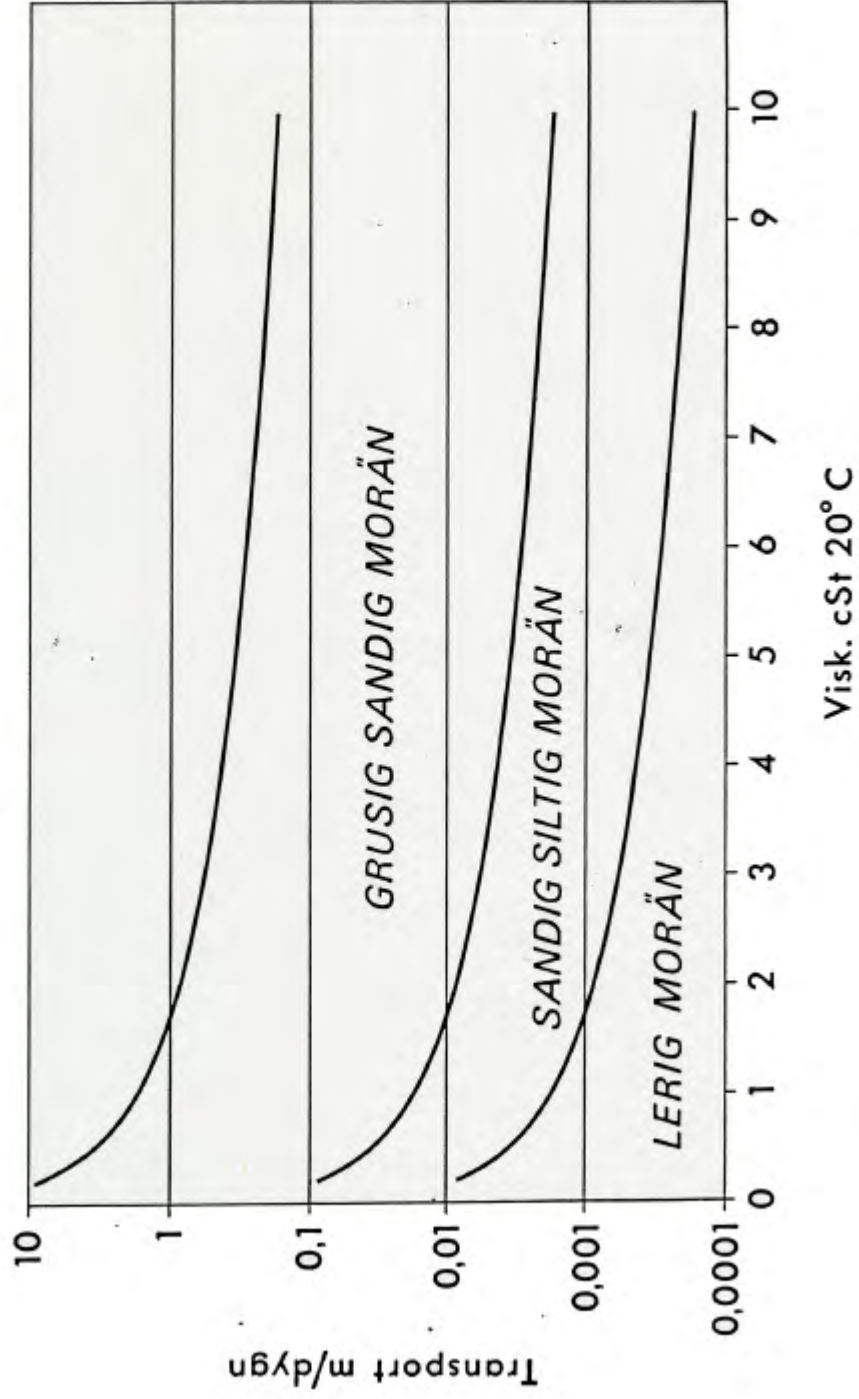
	A	B	C	D	E	F	G	H
87	Solfonylklorid	26	1,00	0,017	0,017	172,8	0,173	1,73
88	Styren	85	0,99	0,017	0,017	174,5	0,175	1,75
89	Svavelsyra	28	25,00	0,001	0,001	6,9	0,007	0,07
90	Tetrakloretylen	50	1,00	0,017	0,017	172,8	0,173	1,73
91	Toluen	30	0,66	0,026	0,026	261,8	0,262	2,62
92	2,4-Toluendiisocyanat	31	5,00	0,003	0,003	34,6	0,035	0,35
93	Frikloretylen	52	0,82	0,021	0,021	210,7	0,211	2,11
94	Triklorättiksyra	262	1,00	0,017	0,017	172,8	0,173	1,73
95	Tritylentetramin	274	7,00	0,002	0,002	24,7	0,025	0,25
96	VATTEN		1,00	0,017	0,017	172,8	0,173	1,73
97	Vinyltoluen	211	1,00	0,017	0,017	172,8	0,173	1,73
98	Vätecyanid	165	1,00	0,017	0,017	172,8	0,173	1,73
99	Kylen	33	0,80	0,022	0,022	216,0	0,216	2,16
100	Ättiksyra	34	1,20	0,014	0,014	144,0	0,144	1,44
101	Ättiksyreanhydrid	35	0,85	0,020	0,020	203,5	0,203	2,03

TRANSPORT/VISKOSITET



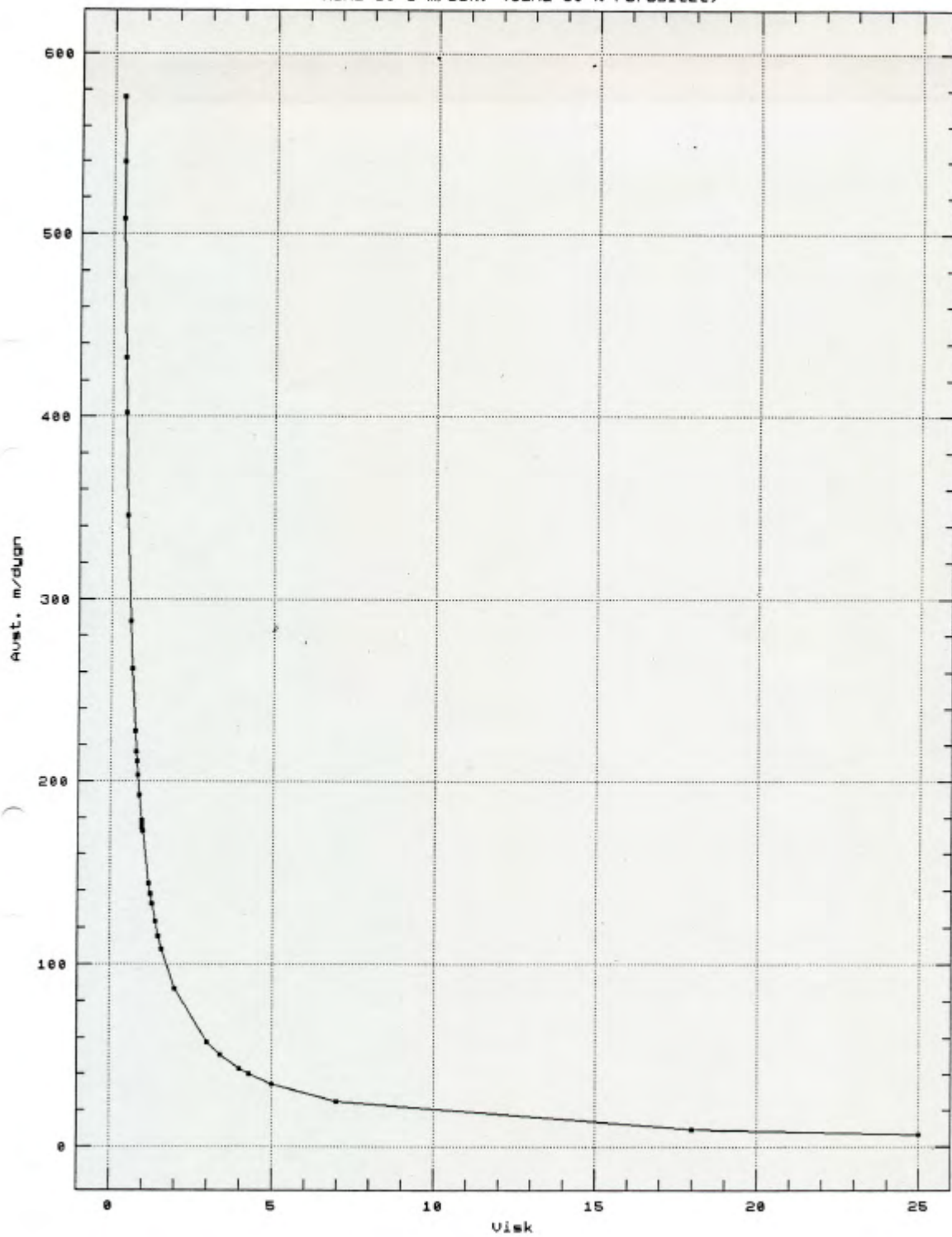
Figur 1

TRANSPORT/VISKOSITET



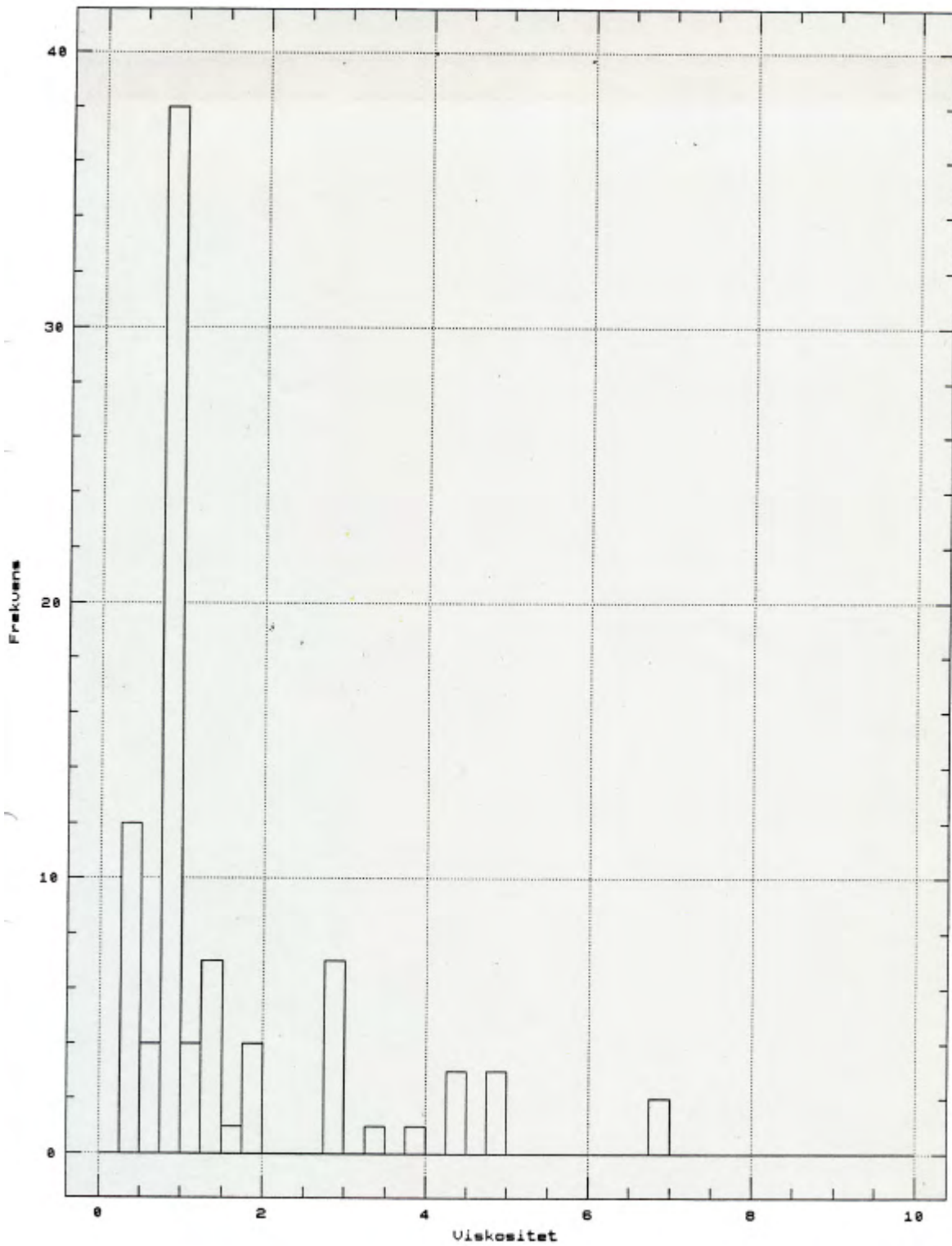
Figur 2

Aust. m/dygn - Uisk
Kond 10-3 m/sek. (Sand 50 % Porositet)



Figur 3

FREKUENS HISTOGRAM



Figur 4