

Rapport nr. 87.168

Måling av magnetisk susceptibilitet
på borkjerneprøver av ilmenittmalm
fra Titania A/S



Norges geologiske undersøkelse

Leiv Eirikssons vei 39, Postboks 3006, 7001 Trondheim - Tlf. (07) 92 16 11
Oslokontor, Drammensveien 230, Oslo 2 - Tlf. (02) 50 25 00

Rapport nr. 87.168	ISSN 0800-3416	Åpen/ Fortrolig til XXXXXX	
Tittel: Måling av magnetisk susceptibilitet på borkjerneprøver av ilmenittmalm fra Titania A/S			
Forfatter: Trond Skyseth		Oppdragsgiver: Titania A/S	
Fylke:		Kommune:	
Kartbladnavn (M. 1:250 000)		Kartbladnr. og -navn (M. 1:50 000)	
Forekomstens navn og koordinater:		Sidetall: 13	Pris: kr. 40,-
		Kartbilag:	
Feltarbeid utført:	Rapportdato: 10.12.1987	Prosjektnr.:	Prosjektleder:
Sammendrag: Det er målt tetthet og magnetisk susceptibilitet på 43 borkjerneprøver av ilmenittmalm fra Titania A/S. En statistisk beregning av resultatene er gjort. Dette visualiseres ved frekvensdiagram og tokantdiagram. Resultatene viser liten spredning i susceptibilitet, men noe større spredning for tetthet. Middeltall for tetthet og susceptibilitet er henholdsvis; 3395 kg/m^3 og 0.03068 SI . Tokantdiagrammet viser tendens til økende susceptibilitet ved økende tetthet.			
Emneord			
Petrofysikk			
Titan			Fagrapport

INNHOLD

1.0 INNLEDNING.....	4
2.0 METODE FOR MÅLING AV MAGNETISK SUSCEPTIBILITET.....	4
2.1 Teori.....	4
2.2 Utstyr.....	5
3.0 UTFØRELSE.....	5
4.0 RESULTATER.....	5
5.0 DISKUSJON - MÅLEUSIKKERHET.....	10
6.0 REFERANSER.....	11

1.0 INNLEDNING

På oppdrag av Titania A/S ble NGU bedt om å måle magnetisk susceptibilitet på 43 borkjernerprøver av ilmenittmalm. Disse resultatene skulle brukes av bedriften i en undersøkelse av malmkvaliteten.

2.0 METODE FOR MÅLING AV MAGNETISK SUSCEPTIBILITET

2.1 Teori

Magnetisk susceptibilitet (eller evnen til å la seg magnetisere) er hovedsaklig bestemt av innholdet av mineralet magnetitt når dette er tilstede. Dette skyldes at magnetitt grovt sett har en tierpotens høyere susceptibilitet enn de to andre mineralene som kan gi et vesentlig bidrag, nemlig magnetkis og ilmenitt. I tillegg kontrolleres magnetittens magnetiserbarhet av blant annet kornstørrelse, tekstur og kjemi (Stacey & Banerjee 1974). For vanlige bergarter er det en tilnærmet lineær sammenheng mellom susceptibilitet og innhold av magnetitt. Grovt sett vil 1 % magnetitt tilsvare ca. 0.03 SI, og 2 % magnetitt ca. 0.06 SI (Aalstad & Aam 1972).

NGU bruker egenfrekvensmålinger for å bestemme susceptibilitet. Det benyttes da en spole som står i en svingekrets hvor frekvensen blant annet bestemmes av spolens selvinduksjon. Det er perioden "T" til svingekretsen som måles med og uten prøve i spolen. Susceptibiliteten (χ) finnes da som :

$$\chi = k \sqrt{\frac{T_1}{T_0}} \frac{T_1 - T_0}{V} \quad (\text{SI}) \quad (\text{Eidsvig 1984})$$

der k er kalibreringskonstant for spolen
 T_1 er perioden med prøve i spolen (μs)
 T_0 er perioden uten prøve i spolen (μs)
 V er prøvens volum

Prøvens volum finnes ved hjelp av forholdet mellom prøvens vekt i luft og nedsenket i vann. Ved bruk av gamle Arkimedes finnes volumet som :

$$V = 1/\rho_v (v_0 - v_1)$$

der ρ_v er egenvekten til vann
 v_0 er prøvens vekt i luft
 v_1 er prøvens vekt nedsenket i vann

Som et resultat av disse målingene er det mulig å finne hver enkelt prøves tetthet (ρ_p) ved hjelp av :

$$\rho_p = v_v / V$$

2.2 Utstyr

For bestemmelse av egenfrekvensen brukes frekvensteller "Data Precision 1980". For bestemmelse av vekt benyttes en "Mettler P2000N" som måler ned til og med 0.1 g.

3.0 UTFØRELSE

Først ble alle prøvene lagt i vann minst 12 timer for å oppnå full vannmetning. Deretter ble hver prøve veid nedsenket i vann. Etter at overflatevannet var tørket vekk ble vekten bestemt i luft. Senere ble frekvenstalleren avlest med og uten prøver i spolen. Middels spolestørrelse ble valgt på grunn av best tilpassing til størrelsen av borkjerneprøvene. De avleste verdiene ble så beregnet av programmet OAPET1 (Olesen 1985), og resultatene ble behandlet statistisk i NGUs databasesystem for petrofysiske målinger (Kleven & Leistad 1985). Detaljert beskrivelse av utførelse finnes i de to nevnte rapporter. Rådataene med de avleste verdier er gitt i bilag 1.

4.0 RESULTATER

Tabell 1 presenterer endelige resultater. Tetthet for hver enkelt prøve er også oppgitt da denne allikevel blir funnet i samme prosessen. Tabellen er sortert etter både prøvenummer, stigende tetthet og stigende susceptibilitet for bedre oversikt.

Tabell 2 har en statistisk beregning av resultatene med min/max-verdier og middeltall med standardavvik. For susceptibilitet er det logaritmisk middel som er brukt.

Figur 1 og figur 2 viser frekvensdiagram fra henholdsvis tetthets og susceptibilitetsmålingene.

Figur 3 viser et tokantdiagram hvor prøvenes tetthet er plottet mot den magnetiske susceptibiliteten.

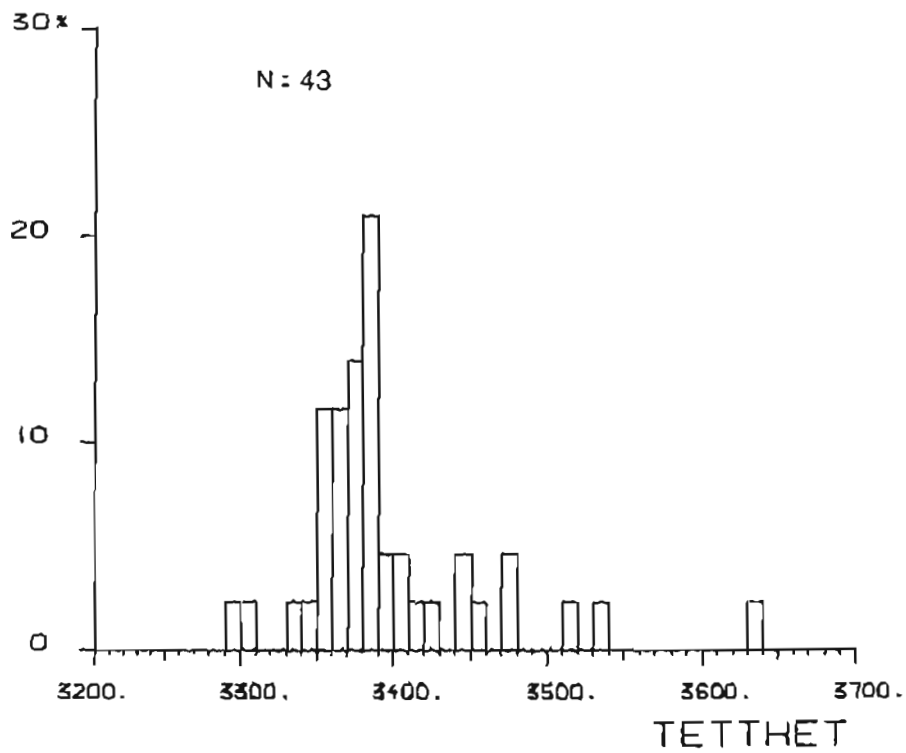
Tilsammen viser dette at tettheten har en noe større spredning enn susceptibiliteten. Dessuten viser tokantdiagrammet en klar tendens til at susceptibiliteten øker ved økende tetthet.

	PRNR	TETTH	SUSCEPT		PRNR	TETTH	SUSCEPT		PRNR	TETTH	SUSCEPT
1	M-1	3373	.02855	1	M-13	3293	.03098	1	M-34	3374	.02537
2	M-2	3363	.02880	2	M-12	3301	.02871	2	M-3	3400	.02623
3	M-3	3400	.02623	3	M-14	3336	.02755	3	M-4	3388	.02666
4	M-4	3388	.02666	4	M-11	3346	.02817	4	M-33	3423	.02726
5	M-5	3367	.02965	5	M-22	3352	.03125	5	M-40	3387	.02740
6	M-6	3375	.02973	6	M-31	3352	.02865	6	M-14	3336	.02755
7	M-7	3415	.03568	7	M-21	3353	.02847	7	M-27	3383	.02773
8	M-8	3474	.03279	8	M-26	3355	.02786	8	M-26	3355	.02786
9	M-9	3370	.03168	9	M-42	3357	.03107	9	M-11	3346	.02817
10	M-10	3391	.03392	10	M-28	3362	.02866	10	M-21	3353	.02847
11	M-11	3346	.02817	11	M-2	3363	.02880	11	M-1	3373	.02855
12	M-12	3301	.02871	12	M-32	3363	.03051	12	M-31	3352	.02865
13	M-13	3293	.03098	13	M-5	3367	.02965	13	M-28	3362	.02866
14	M-14	3336	.02755	14	M-29	3369	.03071	14	M-41	3402	.02869
15	M-15	3446	.03544	15	M-9	3370	.03168	15	M-12	3301	.02871
16	M-16	3514	.03271	16	M-1	3373	.02855	16	M-2	3363	.02880
17	M-17	3448	.03349	17	M-34	3374	.02537	17	M-38	3388	.02902
18	M-18	3475	.03632	18	M-6	3375	.02973	18	M-36	3391	.02905
19	M-19	3631	.04594	19	M-43	3378	.03203	19	M-5	3367	.02965
20	M-20	3453	.03468	20	M-23	3379	.03170	20	M-6	3375	.02973
21	M-21	3353	.02847	21	M-39	3381	.03039	21	M-24	3386	.02989
22	M-22	3352	.03125	22	M-27	3383	.02773	22	M-39	3381	.03039
23	M-23	3379	.03170	23	M-24	3386	.02989	23	M-32	3363	.03051
24	M-24	3386	.02989	24	M-25	3387	.03160	24	M-29	3369	.03071
25	M-25	3387	.03160	25	M-37	3387	.03191	25	M-13	3293	.03098
26	M-26	3355	.02786	26	M-40	3387	.02740	26	M-42	3357	.03107
27	M-27	3383	.02773	27	M-4	3388	.02666	27	M-22	3352	.03125
28	M-28	3362	.02866	28	M-30	3388	.03135	28	M-30	3388	.03135
29	M-29	3369	.03071	29	M-38	3388	.02902	29	M-25	3387	.03160
30	M-30	3388	.03135	30	M-10	3391	.03392	30	M-9	3370	.03168
31	M-31	3352	.02865	31	M-36	3391	.02905	31	M-23	3379	.03170
32	M-32	3363	.03051	32	M-3	3400	.02623	32	M-37	3387	.03191
33	M-33	3423	.02726	33	M-41	3402	.02869	33	M-43	3378	.03203
34	M-34	3374	.02537	34	M-7	3415	.03568	34	M-16	3514	.03271
35	M-35	3538	.03953	35	M-33	3423	.02726	35	M-8	3474	.03279
36	M-36	3391	.02905	36	M-15	3446	.03544	36	M-17	3448	.03349
37	M-37	3387	.03191	37	M-17	3448	.03349	37	M-10	3391	.03392
38	M-38	3388	.02902	38	M-20	3453	.03468	38	M-20	3453	.03468
39	M-39	3381	.03039	39	M-8	3474	.03279	39	M-15	3446	.03544
40	M-40	3387	.02740	40	M-18	3475	.03632	40	M-7	3415	.03568
41	M-41	3402	.02869	41	M-16	3514	.03271	41	M-18	3475	.03632
42	M-42	3357	.03107	42	M-35	3538	.03953	42	M-35	3538	.03953
43	M-43	3378	.03203	43	M-19	3631	.04594	43	M-19	3631	.04594

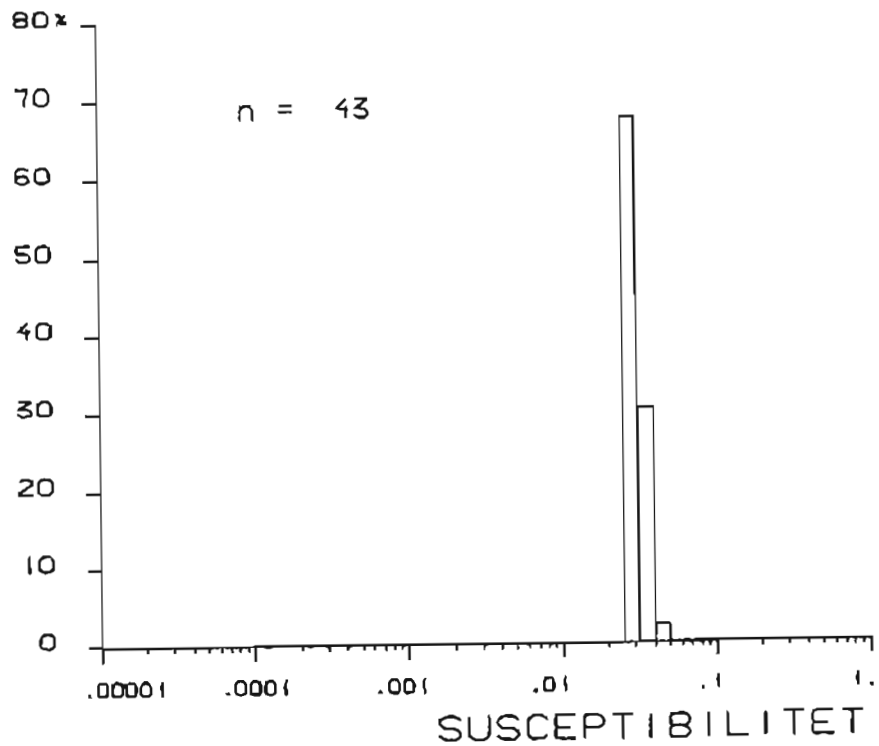
TABELL 1 : Resultater fra måling av tetthet og magnetisk susceptibilitet.
A - viser resultatene sortert etter stigende prøvenummer.
B - viser resultatene sortert etter stigende tetthet.
C - viser resultatene sortert etter stigende susceptibilitet.

BERGARTSENHET/-TYPE	ANTALL	TETTHET				SUSCEPTIBILITET			
		MIN	MAX	MIDDEL	STD	MIN	MAX	MIDDEL	STD
ILMENITTMALM	a 43	3293	3631	3395	59	.02537	.04594	.03068	.04847

TABELL 2 : Statistisk beregning av resultatene fra tetthets og susceptibilitetsmålingene.

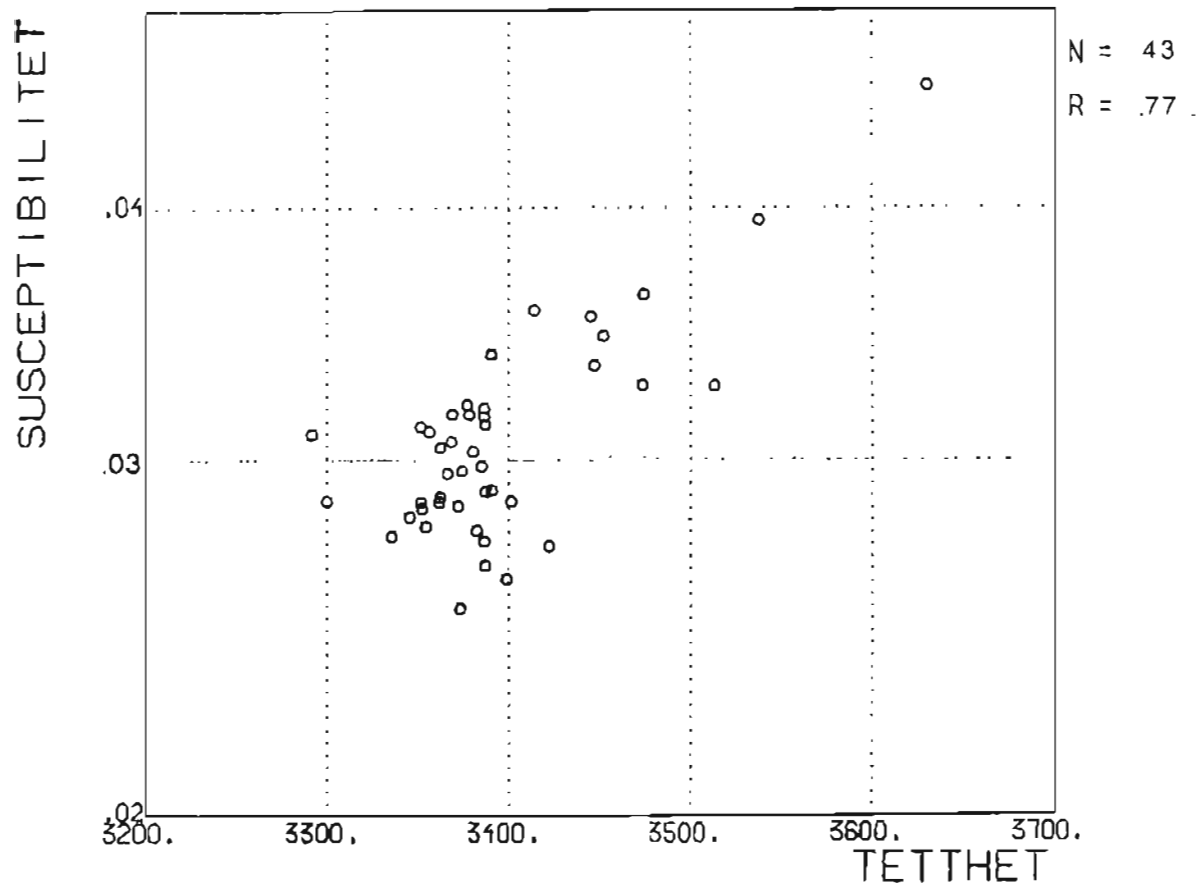


FIGUR 1 : Frekvensdiagram for tetthetsmålinger.



FIGUR 2 : Frekvensdiagram for susceptibilitetsmålinger.

MALM FRA TITANIA A/S



FIGUR 3 : Tokantdiagram med tetthets og susceptibilitetsmålinger.

5.0 DISKUSJON - MÅLEUSIKKERHET

Ved bestemmelse av volum/tetthet er nøyaktigheten til målingene slik at 4. siffer i den oppgitte verdien er signifikant og 3. siffer er 100 % sikkert (Skilbrei 1988, under arbeid). F.eks. prøve M-1 : tetthet = 3373 . 7-tallet er 100 % sikkert og siste 3-tall er signifikant.

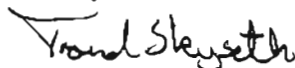
Andre faktorer enn instrumentnøyaktighet ved veiing er porøsitet, størrelse og vann på overflaten. Tester ved SGU (Henkel & Manneby) viser at effekten av åpne prøver er liten, og for tette dypbergarter maksimum 20 kg/m³. Små prøver gir mindre nøyaktighet. Effekten av vann på overflaten avhenger av overflatestrukturen, og kan nå opp i 20 kg/m³ (Henkel & Manneby).

Samtlige prøver ble målt på samme dag av samme person og dette skulle tilsi lik framgangsmåte og begrenset forskjell i måleusikkerheten innad i resultatene. Samtlige prøver var borkjerner med relativt glatt overflate, og dette reduserte mulig effekt av overflatevann. Prøvene besto av en tett dypbergart (ilmnitt i noritt). Bare en prøve hadde liten størrelse (M-22). Tilsammen vil dette bety at usikkerhetene ved volummålingene er ubetydelige.

Egenfrekvensmålingene for bestemmelse av susceptibilitet har god presisjon på NGUs petrofysiske laboratorium selv for lavere verdier. Undersøkelser viser at eventuelle målefeil er neglisjerbare i forhold til den naturlige variasjon i magnetisk susceptibilitet (Skilbrei 1988, under arbeid). Det er tilstrebet en så rask avlesning som mulig mellom "T₀" og "T₁" for å unngå at eventuell drift i frekvenstalleren skulle ha noen innvirkning. Valg av middels spolestørrelse medførte at prøvene fylte godt ut spolen, og dette gir igjen mindre usikkerhet.

På bakgrunn av det som er beskrevet ovenfor kan det konkluderes med at den forventede måleusikkerheten er meget lav.

Trondheim 15. Desember 1987
NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
Geofysisk avdeling


Trond Skyseth
forsker

6.0 REFERANSER

- Eidsvig, P. 1984 : Måling av susceptibilitet, spesifikk elektrisk motstand og IP-effekt på leirprøver fra Nordsjøen.
- Henkel. H. & Manneby, B. 1976 : Parametermetning, instruksjon og dokumentasjon, del II. Rutinemessig parametermetning i laboratoriet SGU. Upubl. rapport.
- Kleven, E. & Leistad, R. 1986 : Databasesystem for petrofysiske målinger, dokumentasjon. NGU rapport 85.166, 93s.
- Olesen, O. 1985 : Petrofysisk lab. Brukerbeskrivelse. NGU rapport 85.271, 46s.
- Skilbrei, J. R. 1988 : En undersøkelse av målesikkerheten ved petrofysisk lab., NGU. NGU rapport 88.001 (under arbeid)
- Stacey, F. D. & Banerjee, S. K. 1974 : 5. The physical principles of rock magnetism. In : Development in solid earth geophysics. Elsevier Scientific Publishing Company, 195s.
- Aalstad, I. & Aam, K. 1972 : Magnetometri. Forelesningskompendium, NGU, 71s.

	PRNR	LIT.KODE	VEKT:	TØRR / VÅT	SPOLEAVLESNING
1	M-1	M41		542.8 381.9	13273291334110M
2	M-2	M41		556.0 390.7	13273501334378M
3	M-3	M41		673.3 475.3	13273601335033M
4	M-4	M41		571.0 402.5	13273831334020M
5	M-5	M41		493.0 346.6	13276951334100M
6	M-6	M41		550.5 387.4	13276951334850M
7	M-7	M41		452.9 320.3	13276981334666M
8	M-8	M41		686.9 489.2	13277041337260M
9	M-9	M41		410.2 288.5	13277061333392M
10	M-10	M41		399.2 281.5	13277061333590M
11	M-11	M41		494.3 346.6	13277101333853M
12	M-12	M41		524.2 365.4	13277151334444M
13	M-13	M41		473.0 329.4	13277261334289M
14	M-14	M41		379.0 265.4	13277271332349M
15	M-15	M41		456.6 324.1	13277301334646M
16	M-16	M41		587.3 420.2	13277381335795M
17	M-17	M41		543.9 386.2	13277401335524M
18	M-18	M41		505.3 359.9	13277451335520M
19	M-19	M41		412.9 299.2	13277501335417M
20	M-20	M41		420.6 298.8	13277561333979M
21	M-21	M41		450.0 315.8	13277601333400M
22	M-22	M41		286.3 200.9	13277631331699M
23	M-23	M41		469.7 330.7	13277671334266M
24	M-24	M41		566.5 399.2	13277701335150M
25	M-25	M41		465.8 328.3	13277741334182M
26	M-26	M41		524.1 367.9	13280001334426M
27	M-27	M41		585.4 412.4	13280061335090M
28	M-28	M41		492.2 345.8	13280221334215M
29	M-29	M41		477.4 335.7	13280281334447M
30	M-30	M41		497.5 350.7	13280301334818M
31	M-31	M41		473.0 331.9	13280421334010M
32	M-32	M41		399.9 281.0	13280491333401M
33	M-33	M41		646.4 457.6	13280561335658M
34	M-34	M41		594.2 418.1	13280591334662M
35	M-35	M41		666.6 478.2	13280821339036M
36	M-36	M41		457.9 322.9	13281101333899M
37	M-37	M41		373.0 262.9	13281201333300M
38	M-38	M41		451.4 318.2	13281301333836M
39	M-39	M41		361.8 254.8	13281431332940M
40	M-40	M41		500.7 352.9	13281601334140M
41	M-41	M41		563.8 398.1	13281801335197M
42	M-42	M41		393.8 276.5	13282041333579M
43	M-43	M41		380.1 267.6	13282281333542M

BILAG 1 : Tabell som viser prøvenummer og litologisk kode med avleste verdier fra veiing i luft og vann og målinger av susceptibilitet med spole. Siste "M" angir at middels spoletørrelse er brukt.