


NGU-rapport 88.205

Grunnundersøkelse ved Borregaard Ind. Ltd's
kloralkalifabrikk og Opsund deponi

Kvikksølvinnhold i grunnvann
ved kloralkalifabrikken

Prosjekt nr. 52.2487.03

Rapport nr. 88.205		ISSN 0800-3416		XXXX Fortrolig XX	
Tittel: Grunnundersøkelser ved Borregaard Ind. Ltd's kloralkalifabrikk og Opsund deponi. Kvikksølv-innhold i grunnvann ved kloralkalifabrikken.					
Forfatter: O.M. Sæther, A. Kuldvere, H. Skarphagen			Oppdragsgiver: Borregaard ind. Ltd.		
Fylke: Østfold			Kommune: Sarpsborg		
Kartbladnavn (M. 1:250 000)			Kartbladnr. og -navn (M. 1:50 000) 1913-1		
Forekomstens navn og koordinater:			Sidetall: 22		Pris:
Feltarbeid utført: mai -88 - nov.-88		Rapportdato: 01.03.1989		Prosjektnr.: 52.2487.03	
Signatur: 					
Sammendrag: Data om innhold av Hg i grunnvann på kloralkalifabrikken blir presentert.					
Emneord		Grunnvann		Kvikksølv	
				Fabrikkområde	

INNHold	side
INNHoldSFORTEGNELSE	3
INNLEDNING	4
MÅL	5
PRØVETAKING.....	6
- Kvikksølv	
- Instrumentering og måleteknikk	
- Andre analyser	
ANALYSEMETODER	7
- Kvikksølv	
- Instrumentering og måleteknikk	
- Andre analyser	
RESULTATER	9
KOMMENTARER	10
AVRENNING TIL GLOMMA	10
REFERANSER	11
TABELLER	12
FIGURER	19

INNLEDNING

Borregaard Ind. Ltd. sendte 10.12.1987 ut en pressemelding om bedriftens kvikksølvutslipp. Meldingen viste et kvikksølvutslipp på ca. 130 tonn siden kloralkalifabrikken ble satt i drift i 1949. Omtrent 70 tonn kvikksølv ansees tapt til vann og ca. 15 tonn er deponert som slamavfall på bedriftens avfallsplass på Opsund. Resterende del er sluppet ut til luft eller har fulgt produktene.

Statens Forurensningstilsyn (SFT) påla i brev av 16.12.1987 Borregaard Ind. Ltd. å utføre grunnundersøkelser ved bedriftens kloralkalifabrikk og på Opsund.

Den 23.12.1987 ble det avholdt et møte på NGU hvor adm. dir. Egil M. Ullebø ved Borregaard Ind. Ltd. muntlig ba NGU utarbeide et program for grunnundersøkelsen ved kloralkalifabrikken og på Opsund deponi. NGU påtok seg oppdraget.

En rammeplan for undersøkelsen ble levert Borregaard 14.01.1988. Planen ble oversendt til SFT den 15.01.1988 for godkjenning. SFT leverte sine kommentarer og krav til endringer av planen i brev av 07.03.1988.

En revidert rammeplan ble levert 17.03.1988 (NGU-rapport 88.063). 25. april 1988 fremmet NGU detaljerte planer for undersøkelsene (NGU-rapport 88.094).

Undersøkelsene er delt opp i 18 delprosjekter.

- 2487.00.42 Grunnundersøkelse ved Borregaard Ind. Ltd's kloralkalifabrik og Opsund deponi.
- 2487.01.32 Kartlegging av fjelltopografien under løsmassene ved kloralkalifabrikken.
- 2487.02.52 Løsmassestratigrafi og hydrogeologi (kloralkalifabrikken).
- 2487.03.52 Hg-innhold i grunnvann (kloralkalifabrikken).
- 2487.04.42 Hg-innhold i berggrunnen.

- 2487.05.42 Kartlegging av Hg-innholdet i grunnen rundt kloralkalifabrikken.
- 2487.06.42 Kartlegging av Hg-innholdet i grunnen under kloralkalifabrikken.
- 2487.07.42 Kartlegging av Hg-innhold i grunnen langs kloakk og utløpsledninger.
- 2487.08.42 Bestemme avdamping av Hg fra grunnen.
- 2487.09.42 Hg-innhold i bygningsmassen.
- 2487.10.42 Naturlig Hg-innhold i løsmasser fra Østfold.
- 2487.11.32 Kartlegging av fjelltopografien under løsmassene på Opsund.
- 2487.12.52 Løsmassestratigrafi av hydrogeologi (Opsund).
- 2487.13.52 Overvåking og prøvetaking av grunnvann (Opsund).
- 2487.14.42 Kartlegging av Hg-innhold i overflatevann.
- 2487.15.42 Kartlegging av Hg-innhold i industriavfall og sedimenter (Opsund).
- 2487.16.42 Hg-innhold i sedimentkjerner fra Glomma.
- 2487.17.41 Kjemiske analyser.

Denne rapporten inneholder resultatene fra delprosjekt nr. 2487.03.52 "Kartlegging av Hg-innholdet i grunnvann ved kloralkalifabrikken".

MÅL

Målet for undersøkelsen er å:

- kartlegge avrenning av kvikksølv i vann fra grunnen under kloralkalifabrikken.
- beregne mengden kvikksølv som renner ut i Glomma fra fabrikkområdet
- bestemme naturlig kvikksølvinnhold i grunnvann fra Østfold

PRØVETAKING

På kloralkalifabrikken er det satt ned tilsammen elleve 2" plastrør samt én ODEX 5" brønn (på lokalitet 6K). Plastrørene er satt ned med filter i intervallet 0-2 m og med sumprør på 2-4 m, totalt 4 m. Plasseringen av brønnene går fram av Figur 1 og 2. Dessuten er det satt ut 2" damprør på punktene 6, 23, 24, 25 og 28. Disse er avfettet med høytrykks-spyler før installasjon. Brønnene går ned til gruslag over fjell og varierer i lengde fra 7 til 13 meter.

For å kartlegge det naturlige kvikksølvinnhold i grunnvann er det boret åtte brønner på fire lokaliteter i Østfold - Visterflo, Rokke, Steinsvann og Mysen. På hver lokalitet ble det slått ned ett 2" jernrør og ett 2" plastrør.

Prøvene ble samlet inn med en 2 liters vannhenter med tilbakeslagsventil. Vannhenteren er framstilt av PVC-plast.

Prøvetakeren ble rengjort, skylt med destillert vann og gjennomskylt minst 3 ganger med vann fra prøvebrønnene. Gjennomskyllingsprosedyren måtte fravikes i de grunne plastrørene rundt klorfabrikken pga. små vannmengder og liten tilrenning. Temperatur ble målt i felt under prøvetaking, og pH ble målt i laboratoriet.

Vann for kvikksølvbestemmelse ble samlet i 1 liters diffusjonstette glassflasker. Flaskene var tilsatt 10 ml ultraren HNO_3 .

Vann for kationbestemmelse ble filtrert (0,45 millipore filter) ned i 100 ml polytylenflasker og tilsatt 0,5 ml ultraren HNO_3 . Vann for anionbestemmelse ble innsamlet i 100 ml polytylenflasker.

Vann for bestemmelse av pH, ledningsevne, alkalitet og TOC ble innsamlet på 500 ml polytylenflasker uten filtrering eller rengjøring.

Prøvene ble lagret i kjølelager ved NGU inntil kjemisk analyse ble utført.

ANALYSEMETODER

Kvikksølv

Før utpipettering hadde prøvene fått stå i ro i minst to døgn for å tillate utfelling av partikulært materiale. Ut-pipetteringen ble foretatt i de øverste lag som da var partikelfrie.

Analyse av kvikksølv i vann ble i prinsipp utført som beskrevet av Welz og andre. For sterkt forurenset vann (fargen brun til sort) ble metoden modifisert med at $K_2Cr_2O_7$ (0.2%) i Suprapur® HNO_3 (Merck) ble brukt som oksidasjonsreagens istedenfor $H_2SO_4/K_2S_2O_8$.

a) Framgangsmåte ved rent eller lite forurenset vann.

Femti milliliter av vannprøven ble overført til fluorinerte etylen propylen (FEP) flasker. Nøyaktig 0,5 ml kons. H_2SO_4 , Suprapur (95%, vekt per volum, Merck) og 0,5 ml $K_2S_2O_8$ - løsning (5%, vekt per volum) ble tilsatt. Flaskene ble da plassert i vannbad ($90-95^\circ$) ca. 2 timer. Blindprøver og standarder (vanligvis 1, 2 og 5 ng Hg per flaske) ble preparert på samme måte med dobbeltdestillert vann, som var surgjort med Suprapur HNO_3 til den samme surhetsgraden som prøver ved prøvetaking.

b) Framgangsmåte ved forurenset vann

For å kunne dekomponere det organiske materialet i slikt vann (brun til sort farge), ble det brukt 1 ml av en $K_2Cr_2O_7$ -løsning (1g $K_2Cr_2O_7$ per 500 ml Suprapur HNO_3) per 5-10 ml vann. Ellers ble Welz' metode i prinsippet fulgt.

Instrumentering og måleteknikk

Det ble brukt en Perkin-Elmer Modell 460 atom absorpsjon spektrofotometer med Perkin-Elmer MHS-20 kvikksølv-hydrid system og gullfelle (utstyr for å amalgamere Hg°). En Perkin-Elmer skriver, Modell R100A, registrerte absorpsjonssignaler fra spektrofotometeret. En elektrodsløs utladningslampe av kvikksølv (EDL) fungerte ved 5W styrke som primær strålingskilde. Det ble valgt 0.7 nm spektral spaltebredde og 253.6 nm Hg-linje. Kvartscellen (i strålingsbanen) ble opphetet til 200°C. På programmeringsenheten til MHS-20 ble det valgt AMALGAM og PURGE X 10. Tiden for REACT (tilsetning av 10-20% tin(II)klorid løsning) ble valgt 25 sekunder, 120 sek. for PURGE I (transport av Hg° til gullfelle) og 25 sek. for PURGE II (rensing av systemet fra Hg°).

Prøveløsningen ble overført til reaksjonskaret (fra 0.1 ml) til volumet av hele løsningen) og fortynnet med blank-løsningen (dobbeltdestillert vann surgjort med Suprapur HNO_3 til den samme surhetsgraden som prøver ved prøvetaking) til ca. 50 ml.

Reaksjonskaret ble plassert i MHS-systemet. Signaler (peak heights) av prøver og standarder ble sammenlignet og innholdet av Hg i prøver utregnet.

Andre analyser

Vannprøvene ble analysert på kvikksølv med hydridmetoden kombinert med gullfelle-kalddampeteknikk (Tab. 4 a); pH, ledningsevne, alkalitet og totalt organisk karbon (TOC) (Tab. 4 a); og 21 grunnstoffer (Tab. 4 b - 4 d) på ICP-AES (Induktivt koplet plasma med atomemisjonsspektrometri); 7 anioner med ionekromatografi (Tab. 4 e).

RESULTATER

Resultatene er vist i figurene 1-3 og tabellene 1-7.

Dataene viser:

- Grunnvann fra Østfold inneholder lite kvikksølv, <20 ng/l (Tabell 2).
- Gjennomsnittlig kvikksølvinnhold i grunnvann fra øvre magasin rundt kloralkalifabrikken er ca. 4,3 ug/l (Tabell 3).
- Gjennomsnittlig kvikksølvinnhold i grunnvann fra nedre magasin rundt kloralkalifabrikken er ca. 0.04 ug/l (Tabell 3).
- Gjennomsnittlig kvikksølvinnhold i spillvann og vann fra lekkasjer er 8300 ug/l (Tabell).
- Det er en klar sammenheng mellom mengden kvikksølv i grunnvannet og mengden kvikksølv i løsmassene (NGU-rapport 88.195). Høyeste målte verdi av kvikksølvinnhold er påvist i området vest for fabrikken.
- De høyeste kvikksølvkonsentrasjonene er målt i brønnene 24, 23 og 10 med over 10 ug Hg pr. liter vann. I borhullene 6 og 9 er kvikksølvkonsentrasjonen over 1.0 ug/liter. Under innsamling av grunnvannsprøve i borhull 24 ble det observert metallisk kvikksølv i prøven.
- Hydronium-ion konsentrasjonen er omkring nøytralitetspunktet for de fleste brønnene bortsett fra i brønnene 23 og 24 med pH på henholdsvis 2.4 og 1.2. Ledningsevnen varierer også mye med den høyeste verdien på 41 000 umho målt i brønn 24. Temperaturen er målt opptil 17.2°C i brønn 23.

KOMMENTARER

Kvikksølv opptrer som metallisk kvikksølv i løsmassene. Løseligheten av metallisk kvikksølv ved de betingelser som eksisterer i grunnen rundt kloralkalifabrikken er meget høy forutsatt at Eh er større enn + 0.4 volt.

Den høye ledningsevne på henholdsvis 6 000 og 41 000 umho/s, i borhull 23 og 24 og den uvanlig lave pH på henholdsvis 2.4 og 1.2 skyldes spill av syre, blant annet ved opplasting.

Saltsyren er ikke oksyderende, men gir mulighet for dannelse av kvikksølvklorid (Kalomel) eller kvikksølvdiklorid som er tungtløselige forbindelser (tabell 6).

AVRENNING TIL GLOMMA

Totalavrenningen i det lokale nedbørsfelt er beregnet til 1,32 l/s (NGU-rapport 88.203). Størstedelen av avrenningen fra avsetningen skjer i det øvre grunnvannsførende lag over leire (se NGU-rapport 88.203-04B). En liten del av avrenningen skjer også i gruslaget over fjell, men den er svært sakte.

Ved mengdeberegning er det derfor benyttet den gjennomsnittlige kvikksølvkonsentrasjon i det øvre magasin og antatt at all avrenning skjer i det øvre magasin. Dette gir en avrenning av kvikksølv fra det øvre grunnvannsmagasin til Glomma på ca. 0,2 kg pr. år.

Ved pumpeforsøket er det anslått en mengde spillvann og vann fra lekkasjer på ca. 90 m³/år. Dette er et usikkert anslag. Spillvann og vann fra lekkasje gir et bidrag på ca. 0,8 kg kvikksølv pr. år til Glomma.

REFERANSER

- Kuldvere, A., 1982: Apparent and real reducing ability of polypropylene in cold-vapour atomic-absorption spectrophotometric determinations of mercury. *The Analyst, The Analytical Journal of The Royal Society of Chemistry*, Feb. 1982, p. 179-184.
- Kuldvere, A. og Andreassen, B.Th., 1979: Determination of mercury in seaweed by atomic absorption spectrophotometry using the Perkin-Elmer MHS-1, *Atomic Absorption Newsletter*, Vol. 18 nr. 5, Sept./Oct. 1979, p. 106-110.
- Malme, B. og Klemetsrud, T., 1988: Løsmassestratigrafi og hydrogeologi, kloralkalifabrikken. NGU-rapport 88.205.
- Ottesen, R.T., Faye, G., Malme, B. og Rønning, J.S., 1988: Plan for grunnundersøkelser ved Borregaard Ind. Ltd's kloralkalifabrikk og Opsund deponi. NGU-rapport 88.063, 21 s.
- Ottesen, R.T., Faye, Malme, B. og Rønning, J.S., 1988: Grunnundersøkelser ved Borregaard Ind. Ltd.'s kloralkalifabrikk og Opsund deponi. Detaljplaner. NGU-rapport 88.094, 45 s.
- Ottesen, R.T., Volden, T. og Berge, F., 1988: Kartlegging av kvikksølvinnehald i grunnen under kloralkalifabrikken. NGU-rapport 88.195.
- Sæther, O.M., Kuldvere, A. og Skarphagen, H., 1988: Tungmetaller og PAH-forbindelser i grunnvann fra Opsund deponi, NGU-rapport nr. 88.206, 73 s.
- Welz, B., Melcher, M., Sinemus, H.W. og Mayer, D., 1984: *At. Spectrosc.*, vol. 5, 37.

TABELLER

- Tab. 1. Kvikksølvinnhold i grunnvann samlet inn fra grunnen rundt kloralkalifabrikken.
- Tab. 2. Kvikksølvinnhold i grunnvann i Østfold.
- Tab. 3. Variasjonsbredde og gjennomsnittlig kvikksølvinnhold i grunnvann samlet inn fra grunnen rundt kloralkalifabrikken og for bakgrunnsprøvene fra Østfold.
- Tab. 4 a. Målte verdier for kvikksølv (Hg ug/l), totalt organisk karbon (TOC) mg/l, ledningsevne (mikro Siemens) og pH i grunnvannsprøver fra området rundt kloralkalifabrikken.
- Tab. 4 b. Innholdet av Al, Ca, Fe, K, Mg, Mn og Na i ppm (mg/l) i grunnvannsprøver fra området rundt kloralkalifabrikken.
- Tab. 4 c. Innholdet av Si, Ti, Ba, Be, Cd, Co og Cu i ppm (mg/l) i grunnvannsprøver fra området rundt kloralkalifabrikken.
- Tab. 4 d. Innholdet av Li, Mo, Ni, Pb, Sv, V og Zu i ppm (mg/l) i grunnvannsprøver fra området rundt kloralkalifabrikken.
- Tab. 4 e. Innholdet av Br⁻, Cl⁻, F⁻, NO₂⁻, NO₃⁻, PO₄³⁻ og SO₄²⁻ i ppm (mg/l) i grunnvann.
- Tab. 5. Mengden kvikksølv som renner ut i Glomma fra fabrikkområdet.
- Tab. 6. Likevektskonstant for kvikksølv-klorid og diklorid. 1 atmosfæres trykk og 25°C.
- Tab. 7 a. Analyser av grunnvannsprøver samlet inn i plastrør på 2 meters dyp rundt kloralkalifabrikken.
- Tab. 7 b. Analyser av tre grunnvannsprøver samlet inn på lokalitet ODEX-6K sørøst for kloralkalifabrikken.

Tab. 1. Kvikksølvinnhold i grunnvann samlet inn fra grunnen rundt kloralkalifabrikken.

Grunnvannsbrønn														
Grunnvanns- magasin	1	2	3	5	6	6K	7	9	10	23	24	25	27	28
Øvre ng/l Hg	55	150	<20	200	1100	-	40	1030	11700	10700	25000	-	45	-
Nedre ng/l Hg	-	-	-	-	-	50 30 20	-	-	-	65	60	20	-	30

Tab. 2. Kvikksølvinnhold i grunnvann i Østfold.

	Visterflo	Rokke	Steinsvann	Mysen
ng/l Hg	< 20	< 20	< 20	160 *

* Forurenset av nedlagt lokal avfallsfylling.

Tab. 3. Variasjonsbredde og gjennomsnittlig (aritmetisk gjennomsnitt) kvikksølvinnhold i grunnvann samlet inn fra grunnen rundt kloralkalifabrikken og for bakgrunnsprøvene fra Østfold.

	Øvre magasin		Nedre magasin		Østfold	
	R	X (n=11)	R	X (n=7)	R	X (n=14)
ng/l Hg	<20-25000	4265	20-65	40	20-210	20

Tabell 4 a. Målte verdier for kvikksølv (Hg ug/l), totalt organisk karbon (TOC) mg/l, ledningsevne (mikro Siemens) og pH i grunnvannsprøver fra området rundt kloralkalifabrikken.

Prosj nr.	Feltnr	X-kord	Y-kord	Dag nr.	Brøn nr.	Dp m	Analy nr.	Hg ppb	TOC	lednev mikroS	pH	
2487	1351GV	955.00	470.00	196	0	1	2	13077	.055	22.2	442.0	6.9
2487	1352GV	1020.00	520.00	197	0	2	2	13010	.150	84.2	785.0	6.6
2487	1344GV	1150.00	537.00	196	0	3	2	13016	.020	30.7	475.0	7.0
2487	1347GV	1062.00	550.00	196	0	5	2	13024	.200	75.3	1115.0	6.9
2487	1349GV	1230.00	737.00	196	0	6	2	13098	1.100	11.2	152.0	6.8
2487	1348GV	1010.00	598.00	196	0	7	2	13008	.040	35.6	658.0	6.9
2487	1345GV	1225.00	575.00	196	0	9	2	13096	1.030	76.2	474.0	6.6
2487	1346GV	987.00	495.00	196	0	10	2	13085	11.700	109.0	7800.0	7.2
2487	1350GV	1050.00	1035.00	195	0	23	13	13041	10.700	22.7	6000.0	7.4
2487	1339GV	1050.00	1035.00	195	0	23	13	13041	.085	56.1	1305.0	7.4
2487	1353GV	1115.00	1035.00	197	0	24	2	13073	25.000	50.8	41000.0	1.2
2487	1342GV	1115.00	1035.00	196	0	24	10	13072	.060	54.7	3450.0	7.3
2487	1341GV	1100.00	590.00	195	0	25	8	13070	.020	37.2	351.0	7.5
2487	1354GV	990.00	1115.00	197	0	27	2	13093	.045	71.4	743.0	7.4
2487	1340GV	1153.00	880.00	195	0	28	13	13005	.030	112.7	995.0	7.7
2487	1343GV	1230.00	737.00	196	0	6K	23	13067	.050	74.4	690.0	7.5
2487	1369GV	001.00	000.00	211	1	6K	23	13091	.030	75.1	715.0	7.3
2487	1378GV	001.00	000.00	229	1	6K	23	13068	.020	72.6	675.0	7.4

Tabell 4 b. Innholdet av Al, Ca, Fe, K, Mg, Mn og Na i ppm (mg/l) i grunnvannsprøver fra området rundt kloralkalifabrikken.

Prosj nr.	Feltnr	X-kord	Y-kord	Dag nr.	Brøn nr.	Dp m	Analy nr.	Al ppm	Ca ppm	Fe ppm	K ppm	Mg ppm	Mn ppm	Na ppm	
2487	1351GV	955.00	470.00	196	0	1	2	13077	<.1000	17.1900	.0760	1.0210	2.9990	.1902	57.5000
2487	1352GV	1020.00	520.00	197	0	2	2	13010	<.1000	71.6600	5.7590	4.8520	6.7510	.3815	137.6000
2487	1344GV	1150.00	537.00	196	0	3	2	13016	<.1000	68.3700	.0510	8.2850	6.6410	.5623	29.0000
2487	1347GV	1062.00	550.00	196	0	5	2	13024	<.1000	61.0600	4.5090	2.4860	6.0740	1.1000	111.5000
2487	1349GV	1230.00	737.00	196	0	6	2	13098	<.1000	17.2800	.0700	.5804	.9910	.0500	4.3000
2487	1348GV	1010.00	598.00	196	0	7	2	13008	<.1000	58.8900	.0340	3.0630	19.1000	.1701	29.0000
2487	1345GV	1225.00	575.00	196	0	9	2	13096	<.1033	50.9700	2.3850	4.8370	13.5800	.6937	39.6000
2487	1346GV	987.00	495.00	196	0	10	2	13085	<.3342	70.7200	9.7960	8.9490	15.6800	.7043	418.9000
2487	1350GV	1050.00	1035.00	195	0	23	13	13041	<84.3800	378.7000	325.4000	23.7000	73.5500	6.4000	530.9990
2487	1339GV	1050.00	1035.00	195	0	23	13	13041	<.1000	52.9200	8.4330	12.6000	28.8800	1.1000	147.0000
2487	1353GV	1115.00	1035.00	197	0	24	2	13073	694.4999	1000.0000	1100.0000	35.6000	243.8000	22.3000	626.8999
2487	1342GV	1115.00	1035.00	196	0	24	10	13072	<.1028	145.2000	10.8200	11.1900	53.0500	1.9000	370.0000
2487	1341GV	1100.00	590.00	195	0	25	8	13070	<.1000	25.3200	1.6750	4.6770	12.9100	.2578	15.1000
2487	1354GV	990.00	1115.00	197	0	27	2	13093	<.1415	25.8300	.1770	2.4070	2.4780	.0500	115.4000
2487	1340GV	1153.00	880.00	195	0	28	13	13005	<.1000	11.3000	.0680	14.2400	7.6520	.0783	169.9000
2487	1343GV	1230.00	737.00	196	0	6K	23	13067	<.1000	30.6500	.3880	8.5060	16.7000	.2160	74.1000
2487	1369GV	001.00	000.00	211	1	6K	23	13091	<.1000	27.8200	.1990	9.8390	15.1000	.2122	60.3000
2487	1378GV	001.00	000.00	229	1	6K	23	13068	<.1000	30.6100	.2290	8.0040	15.9400	.1999	70.3000

Tabell 4 c. Innholdet av Si, Ti, Ba, Be, Cd, Co og Cu i ppm (mg/l) i grunnvannsprøver fra området rundt kloralkalifabrikken.

Prosj nr.	Feltnr	X-kord	Y-kord	Dag nr.	Brøn nr.	Dp m	Analy nr.	Si ppm	Ti ppm	Ba ppm	Be ppm	Cd ppm	Co ppm	Cu ppm	
2487	1351GV	955.00	470.00	196	0	1	2	13077	3.4410	<.0040	.0330	<.0010	<.0060	.0200	.0122
2487	1352GV	1020.00	520.00	197	0	2	2	13010	6.7520	.0064	.0590	.0017	<.0060	<.0200	.0020
2487	1344GV	1150.00	537.00	196	0	3	2	13016	3.4000	.0040	.0650	.0010	<.0060	<.0200	.0038
2487	1347GV	1062.00	550.00	196	0	5	2	13024	5.2000	.0040	.0490	.0021	<.0060	<.0200	.0117
2487	1349GV	1230.00	737.00	196	0	6	2	13098	1.2380	.0040	.0250	.0010	<.0060	<.0200	.0032
2487	1348GV	1010.00	598.00	196	0	7	2	13008	4.7040	.0040	.0280	.0010	<.0060	<.0200	.0067
2487	1345GV	1225.00	575.00	196	0	9	2	13096	2.8590	.0040	.0750	.0010	<.0060	<.0200	.0312
2487	1346GV	987.00	495.00	196	0	10	2	13085	7.5870	.0905	.0980	.0030	<.0060	<.0200	.2022
2487	1350GV	1050.00	1035.00	195	0	23	13	13041	22.4300	.0044	.1510	.1035	.0355	.1880	.0127
2487	1339GV	1050.00	1035.00	195	0	23	13	13041	1.9290	.0040	.0250	.0021	<.0060	<.0200	.0010
2487	1353GV	1115.00	1035.00	197	0	24	2	13073	184.1000	1.5880	4.4150	4.150	.1820	1.0840	14.8700
2487	1342GV	1115.00	1035.00	196	0	24	10	13072	1.1700	.0040	.0420	.0030	<.0060	<.0200	.0010
2487	1341GV	1100.00	590.00	195	0	25	8	13070	2.5170	.0040	.0250	.0010	<.0060	<.0200	.0010
2487	1354GV	990.00	1115.00	197	0	27	2	13093	3.4000	.0045	.0250	.0010	<.0060	<.0200	.0041
2487	1340GV	1153.00	880.00	195	0	28	13	13005	2.7820	.0040	.0250	.0010	<.0060	<.0200	.0010
2487	1343GV	1230.00	737.00	196	0	6K	23	13067	15.7200	.0040	.0250	.0010	<.0060	<.0200	.0010
2487	1369GV	001.00	000.00	211	1	6K	23	13091	13.7900	.0040	.0250	.0010	<.0060	<.0200	.0010
2487	1378GV	001.00	000.00	229	1	6K	23	13068	16.2100	.0040	.0250	.0010	<.0060	<.0200	.0010

Tabell 4 d. Innholdet av Li, Mo, Ni, Pb, Sr, V og Zn i ppm (mg/l) i grunnvannsprøver fra området rundt kloralkalifabrikken.

Prosj nr.	Feltnr	X-kord	Y-kord	Dag nr.	Brøn nr.	Dp m	Analy nr.	Li ppm	Mo ppm	Ni ppm	Pb ppm	Sr ppm	V ppm	Zn ppm	
2487	1351GV	955.00	470.00	196	0	1	2	13077	.0067	<.0100	.0400	.0900	.0610	.0070	.1314
2487	1352GV	1020.00	520.00	197	0	2	2	13010	.0144	<.0100	.0400	.0900	.1802	.0075	.0145
2487	1344GV	1150.00	537.00	196	0	3	2	13016	.0060	.0190	.0400	.0900	.2025	.0070	.0266
2487	1347GV	1062.00	550.00	196	0	5	2	13024	.0203	<.0100	.0400	.0900	.1830	.0070	.1330
2487	1349GV	1230.00	737.00	196	0	6	2	13098	.0050	.0100	.0400	.0900	.0361	.0070	.0060
2487	1348GV	1010.00	598.00	196	0	7	2	13008	.0149	.0130	.0400	.0900	.2533	.0070	.0351
2487	1345GV	1225.00	575.00	196	0	9	2	13096	.0144	.0120	.0420	.0900	.1447	.0070	.2507
2487	1346GV	987.00	495.00	196	0	10	2	13085	.0110	.0340	.0400	.0900	.2980	.0608	.0363
2487	1350GV	1050.00	1035.00	195	0	23	13	13041	.1536	.1730	.4840	.4767	1.1270	.1375	3.5770
2487	1339GV	1050.00	1035.00	195	0	23	13	13041	.0183	.0100	.0400	.0900	.2978	.0070	.0050
2487	1353GV	1115.00	1035.00	197	0	24	2	13073	1.0530	1.0290	2.5870	6.7000	4.2090	3.5910	20.5500
2487	1342GV	1115.00	1035.00	196	0	24	10	13072	.0294	.0110	.0400	.0900	.8494	.0105	.0060
2487	1341GV	1100.00	590.00	195	0	25	8	13070	.0108	.0100	.0400	.0900	.1605	.0070	.0060
2487	1354GV	990.00	1115.00	197	0	27	2	13093	.0050	.0150	.0400	.0900	.0747	.0070	.0060
2487	1340GV	1153.00	880.00	195	0	28	13	13005	.0106	.0260	.0400	.0900	.0786	.0070	.0060
2487	1343GV	1230.00	737.00	196	0	6K	23	13067	.0226	.0190	.0400	.0900	.2521	.0070	.0060
2487	1369GV	001.00	000.00	211	1	6K	23	13091	.0191	.0290	.0400	.0900	.2529	.0070	.0060
2487	1378GV	001.00	000.00	229	1	6K	23	13068	.0205	.0160	.0400	.0900	.2512	.0070	.0060

Tabell 4 e. Innholdet av Br⁻, Cl⁻, F⁻, NO₂⁻, NO₃⁻, PO₄³⁻ og SO₄²⁻ i ppm (mg/l) i grunnvann.

Prosj nr.	Fellnr	X-kord	Y-kord	Dag nr.	Brøn nr.	Dp m	Analy nr.	Br ppm	Cl ppm	F ppm	NO2 ppm	NO3 ppm	PO4 ppm	SO4 ppm		
2487	1351GV	955.00	470.00	196 0	1 2	13077	<	.1000	61.8173	.8018	<	.1000	1.5343	<	.1000	54.0744
2487	1352GV	1020.00	520.00	197 0	2 2	13010	<	.1000	124.3440	.5009	<	2.0000	5.7650	<	.1000	75.7127
2487	1344GV	1150.00	537.00	196 0	3 2	13016	<	.1000	26.2799	1.0683	<	.1000	10.2979	<	.1000	105.5590
2487	1347GV	1062.00	550.00	196 0	5 2	13024	<	.1000	208.0680	1.4555	<	2.0000	.1000	<	.1000	66.3698
2487	1349GV	1230.00	737.00	196 0	6 2	13098	<	.0116	8.1643	.4521	<	.0200	6.6714	<	.0690	16.1246
2487	1348GV	1010.00	598.00	196 0	7 2	13008	<	.0651	42.7997	.7584	<	.1000	51.8149	<	.1000	120.7650
2487	1345GV	1225.00	575.00	196 0	9 2	13096	<	.1000	30.5127	.3799	<	.1000	.1000	<	.1000	88.8257
2487	1346GV	987.00	495.00	196 0	10 2	13085	<	.1000	117.3840	1.9541	<	.2000	28.3720	<	.0910	506.6500
2487	1350GV	1050.00	1035.00	196 0	23 2	13003	<	.1000	1980.3999	8.0301	<	2.0000	.4294	<	.1000	161.2880
2487	1339GV	1050.00	1035.00	195 0	23 13	13041	<	.1000	233.3590	1.3958	<	1.0000	.1000	<	.1000	142.0990
2487	1353GV	1115.00	1035.00	197 0	24 2	13073	<	.3992	10460.9004	22.1026	<	20.0000	.2000	<	.2000	59.2471
2487	1342GV	1115.00	1035.00	196 0	24 10	13072	<	.1657	1117.2200	3.4151	<	2.0000	.1000	<	.1000	22.9711
2487	1341GV	1100.00	590.00	195 0	25 8	13070	<	.0792	9.6558	.7903	<	.1989	.0200	<	.0200	21.8466
2487	1354GV	990.00	1115.00	197 0	27 2	13093	<	.1000	56.8601	1.2495	<	.1000	6.6434	<	.5881	54.4523
2487	1340GV	1153.00	880.00	195 0	28 13	13005	<	.2228	51.7002	2.1142	<	.7419	6.2414	<	.0200	40.2363
2487	1343GV	1230.00	737.00	196 0	6K 23	13067	<	.0936	32.7558	1.8721	<	.1000	4.9120	<	.5548	44.3833
2487	1369GV	001.00	000.00	211 1	6K 23	13091	<	.1000	40.5601	1.0498	<	.1000	4.2904	<	.6149	33.3896
2487	1378GV	001.00	000.00	229 1	6K 23	13068	<	.1000	32.7895	1.5425	<	.2455	.1000	<	.8554	27.8755

Tab. 5. Mengden av kvikksølv som renner ut i Glomma fra fabrikkområdet.

Gjennomsnittlig kvikksølvinnhold i øvre magasin	4.200 ng/l
Total avrenning i nedbørsfeltet	1.32 l/s
Avrenning av kvikksølv til Glomma	ca. 0.2 kg

Tab. 6. Likevektskonstant for kvikksølv-klorid og diklorid. 1 atmosfæres trykk og 25°C.

HgCl ₂ (c)	1.0E-13.25
Hg ₂ Cl ₂ (c)	1.0E-17.96

Tabell 7 a. Analyser av grunnvannsprøver samlet inn i plastrør på kloralkalifabrikken.

Feltnr.	1351	1352	1344	1347	1349	1348	1345	1346	1350	1353	1354
Analysenr	13077	13010	13016	13024	13098	13008	13096	13085	13003	13073	13093
Brønn	1	2	3	5	6	7	9	10	23	24	27
Materiale	PLAST	PLAST	PLAST	PLAST	PLAST	PLAST	PLAST	PLAST	PLAST	PLAST	PLAST
Årsdøgn	196	197	196	196	196	196	196	196	196	197	197
Dyp	2m	2m	2m	2m	2m	2m	2m	2m	2m	2m	2m
Lednings- (us/cm)	442	785	475	1115	152	658	474	7800	6000	41000	743
pH	6.9	6.6	7.0	6.9	6.8	6.9	6.6	7.2	2.4	1.2	7.4
Alk	1.58	6.11	2.06	3.4	0.89	1.6	2.73	13.25	0.0	0.0	4.69
TOC(mg/l)	22.2	84.2	30.7	75.3	11.2	35.6	76.2	109	22.7	50.8	71.4
Al	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.103	<0.33	84.4	965	0.142
Na	57.5	138	29.0	112	4.3	29	40	419	530	627	115
Ca	260	72	68	61	17	59	51	71	379	10000	26
Mg	76	6.8	6.6	6.0	1.0	19	14	16	74	244	2.5
Fe	0.076	5.76	0.05	4.51	0.07	29.0	39.6	9.80	325.4	1100	0.177
Cl	62	124	26	208	8,2	43	31	118	1980	10461	57
SO ₄	54	76	106	66	16	121	89	507	161	59	54
Cu (ug/l)	30	2	3.8	12	3.4	6.7	31	202	15	14870	<6
Zn	278	15	27	133	<6	35	251	36	3580	20550	<6
Pb	<90	<90	<90	<90	<90	<90	<90	<90	477	6700	<90
Ni	<40	<40	<40	<40	<40	<40	42	<40	484	2590	<40
Co	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	<20	188	1080	<20
V	311	7.5	<7	<7	<7	<7	<7	61	138	3590	<7
Mo	47	<10	19	<10	<10	13	12	34	173	1030	16
Cd	8	<6	<6	<6	<6	<6	<6	<6	36	182	<6
Ba	68	59	65	49	<25	28	75	98	151	4410	<25
Be	5.5	1.7	<1.0	2.1	<1	<1	<1	3	104	415	<1
Li	28	14	6	20	<5	15	14	11	154	1050	<5
Br (ug/l)	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.02	0.065	<0.1	<0.1	<0.1	0.4	<0.1
NO ₃	1.53	5.8	10.3	<0.1	6.7	51.8	<0.1	28.4	0.4	<0.1	<0.1
PO ₄	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.07	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.2	0.6
NO ₂	<0.1	<2.0	<0.1	<2.0	<0.02	<0.1	<0.1	<0.2	<2.0	<0.02	<0.1
F	0.8	0.5	1.1	1.46	0.45	0.76	0.38	<0.2	2.0	<2.2	13
Na/Cl	0.93	1.11	1.12	0.54	0.52	0.67	1.29	3.55	0.27	0.060	2.02
Br/Cl	<0.0016	0.0002	0.0038	<0.00048	<0.0024	<0.0015	0.0032	0.0002	0.0005	0.000038	0.002
SO ₄ /Cl	0.87	0.61	4.1	0.32	1.95	2.8	2.9	4.3	0.08	0.056	0.95
Ca/Mg	3.4	10.6	10.3	10.2	17.0	3.1	3.6	4.4	5.1	41.0	10.4
Hg (ug/l)	0.055	0.150	<0.020	0.200	1.1	0.039	1.03	11.7	10.7	25.0	0.045

Tabell 7 b. Analyser av tre grunnvannsprøver samlet inn på lokalitet ODEX-6K.

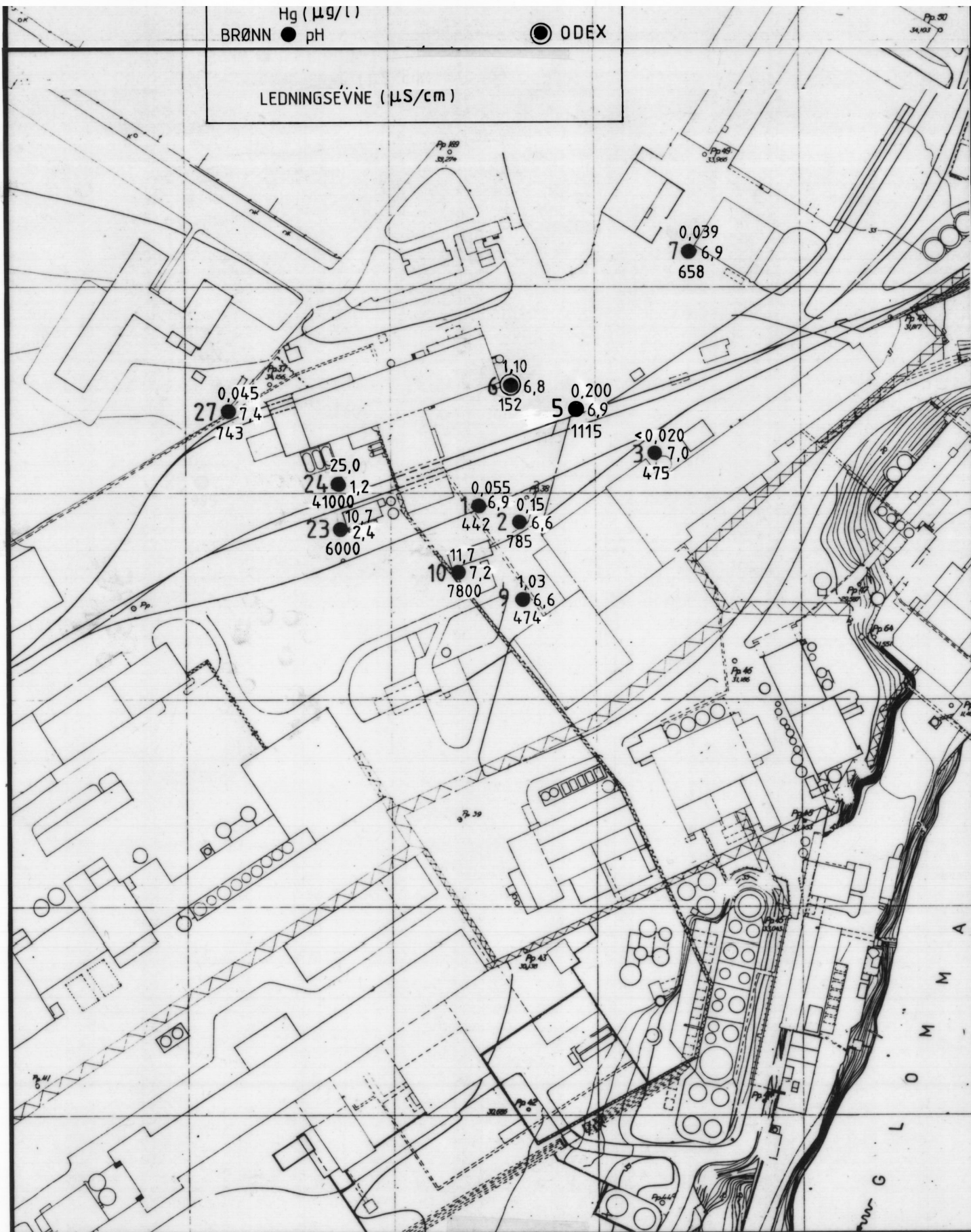
Feltnr. Analysenr. Type/Lok. Arsdøgn Dyp Ledningsevne (us/cm)	1343 13067 ODEX-6K 196 23m 690	1369 13091 ODEX-6K 211 23m 715	1369D 13012 ODEX-6K 211 23m 610	1378 13068 ODEX-6K 229 23m 675
pH	7.5	7.3	7.3	7.4
Alk	5.6	5.58	-	-
TOC	74.4	75.1	76	72.5
Na (mg/l)	74.1	60	70	70
Ca "	31	28	35	31
Mg "	17	15	18	16
Cl "	33	41	41	33
SO ₄ "	44.4	33	33	28
Cu (ug/l)	<1	<1	<1.0	<1
Zn "	<6	<6	<6.0	<6
Pb "	<90	<90	<90	<90
Ni "	<40	<40	<40	<40
Co "	<20	<20	<20	<20
V "	<7	<7	<7.0	<7
Mo "	<10	29	10	16
Cd "	<6	<6	<6.0	<6
Ba "	<25	<25	<25	<25
Be "	<1	<1	<1.0	<1
Li "	<5	19	21	21
Br (mg/l)	<0.100	<0.100	<0.100	<0.100
NO ₃ "	4.0	4.3	4.25	<0.1
PO ₄ "	0.56	0.6	0.53	0.9
NO ₂ "	<0.1	<0.1	<0.10	0.25
F "	1.9	1.1	1.4	1.5
Na/Cl	2.25	1.82	1.71	2.5
Br/Cl	2.73E-3	2.44E-3	>410	3.03E-3
SO ₄ /Cl	1.35	0.80	0.80	0.85
Ca/Mg	1.82	1.87	1.94	1.94
Hg (ug/l)	0.050	0.030	<0.020	<0.020

FIGURER

Fig. 1. Målte verdier av pH, ledningsevne og kvikksølv i dype brønner på kloralkalifabrikken på 13. og 15. juli 1988.

Fig. 2. Målte verdier av pH, ledningsevne og kvikksølv i grunne brønner på kloralkalifabrikken 13. og 15. juli 1988.

Fig. 3. Temperaturer målt i øvre og nedre grunnvannsmagasinet 13. - 15. juli 1988 rundt kloralkalifabrikken.



BORREGAARD IND. LTD
 HYDROGEOKJEMI
 GRUNN - DØGN 195/197
 KLORKALIFABRIKKEN
 SARPSBORG, ØSTFOLD

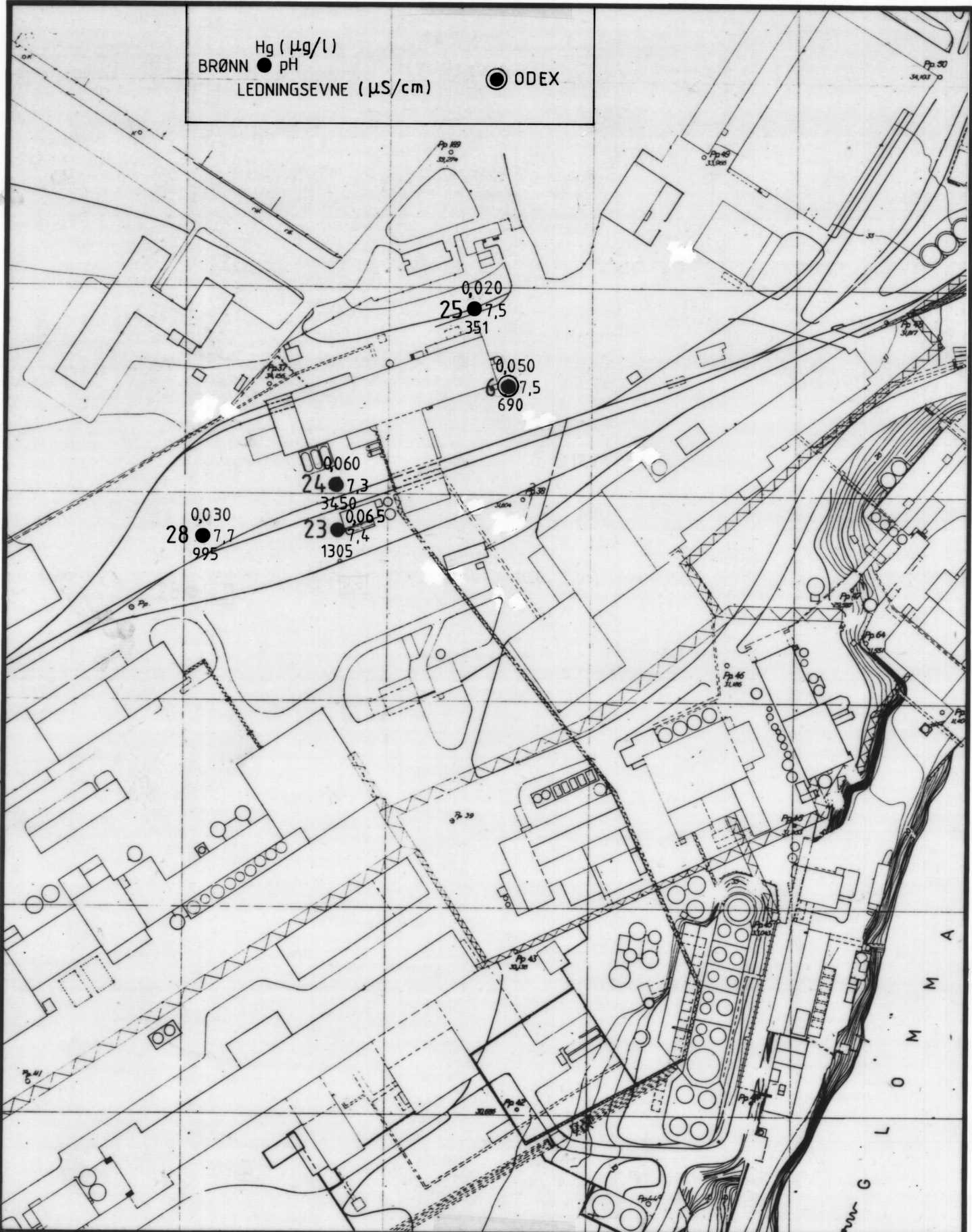
MÅLESTOKK
 1:2500

MÅLT	
TEGN	
TRAC	
KFR.	

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
 TRONDHEIM

TEGNING NR.
 88.205-01

KARTBLAD NR.
 1913 I



BORREGAARD IND. LTD
 HYDROGEOKJEMI
 DYP - DØGN 195/197
 KLORKALIFABRIKKEN
 SARPSBORG, ØSTFOLD

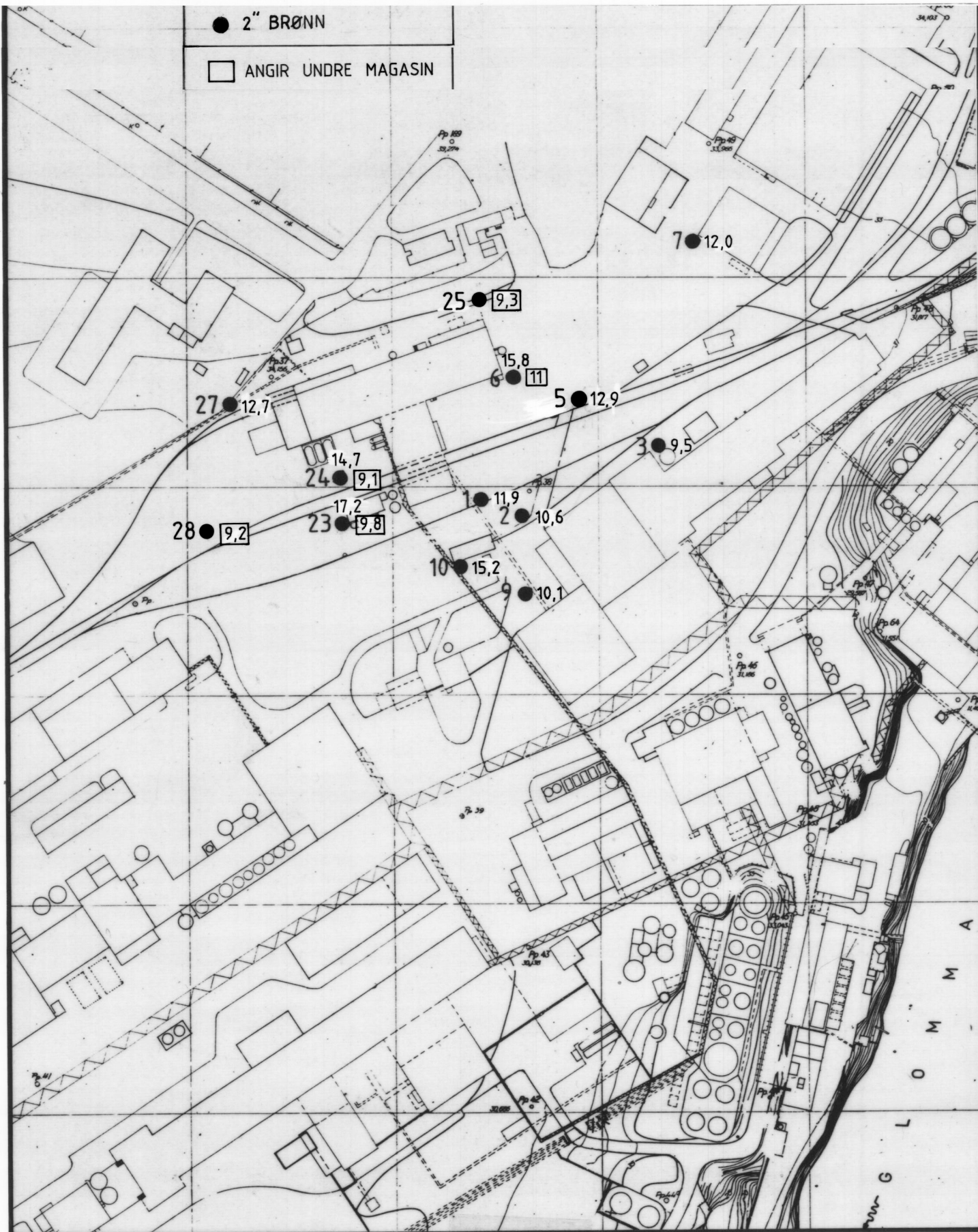
MÅLESTOKK
 1:2500

MÅLT	
TEGN	
TRAC	
KFR.	

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
 TRONDHEIM

TEGNING NR.
 88.205-02

KARTBLAD NR.
 1913 I



BORREGAARD IND. LTD
 HYDROGEOKJEMI
 TEMPERATURMÅLINGER I GRUNNVANNET 13.7 - 15.7.88 I C°
 KLORKALIFABRIKKEN
 SARPSBORG, ØSTFOLD

MÅLESTOKK

1:2500

MÅLT

TEGN

TRAC

KFR.

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
 TRONDHEIM

TEGNING NR.

88.205-03

KARTBLAD NR.

1913 I