



Februar 2004

Grundvandsforurening ved tro- tylstøberiet

**Supplerende forureningsafgrænsning og
risikovurdering**

304 Ammunitionsarsenalet Elling

INDHOLDSFORTEGNELSE

1.	INDLEDNING	2
2.	GEOLOGI OG HYDROGEOLOGI.....	5
3.	UDFØRTE UNDERSØGELSER.....	8
3.1	Etablering af ny dyb monitoringsboring.....	8
3.2	Vandprøvetagning	8
3.3	Fastlæggelse af magasinets hydrauliske parametre.....	9
3.4	Supplerende litteraturgennemgang.....	13
4.	ANALYSERESULTATER.....	14
5.	FORURENINGSTILSTAND OG RISIKOVURDERING.....	17
6.	ANBEFALINGER.....	20
7.	REFERENCER.....	21

BILAGSFORTEGNELSE

- 1: Oversigtskort med placering af borer.
- 2: Borejournal for boring B6.
- 3: Vandprøvetagningsskemaer og pejleskemaer.
- 4: Loggerdata (A3).
- 5: AquiferTest, beregningsresultater.
- 6: Analyseblanket.
- 7: Oversigtskort, koncentrationer i grundvand.

1. INDLEDNING

Denne rapport er udarbejdet af NIRAS for Forsvarets Bygningstjeneste (FBT) og omfatter en bestemmelse af grundvandsmagasinet's hydrauliske egenskaber ved trotylstøberiet på Ammunitionsarsenalet i Elling. Rapporten omfatter ligeledes en vertikal afgrænsning af den tidligere konstaterede grundvandsforurening med RDX, TNT og TNT's nedbrydningsprodukter nedstrøms kilden ved trotylstøberiet.

Herudover er der foretaget en risikovurdering overfor grundvandsressourcen i området baseret på en supplerende litteraturgennemgang for nyere viden om forurening med TNT og RDX.

Baggrund

Baggrunden for nærværende undersøgelse er, at der ved tidligere undersøgelser er konstateret en forurening af grundvandet ved trotylstøberiet med RDX, TNT og TNT's nedbrydningsprodukter /ref. 1, 2, 3 og 10/.

I forbindelse med en undersøgelse i februar 1997 /ref. 1/ blev der konstateret forurening af grundvandet med TNT (150 µg/l) ved trotylstøberiet. Endvidere blev det sandsynliggjort, at der kunne være RDX og nedbrydningsprodukter af TNT i grundvandet. Da der af Miljøstyrelsen ikke er opstillet kriterier for hverken grundvand eller drikkevand, blev der udarbejdet forslag til acceptkriterier for både grundvand og drikkevand for henholdsvis TNT og RDX. Det blev vurderet, at koncentrationerne af disse stoffer bør være mindre end de opstillede forslag til drikkevandskriteriet ved skellet til AMA der for TNT og RDX er på henholdsvis 1 og 0,35 µg/l. Der blev ligeledes opstillet et acceptkriterie for grundvand på 50 µg/l for henholdsvis TNT og RDX. Resultaterne viste, at der var en overskridelse af det foreslåede drikkevandskriterie for TNT med en faktor 150 og det foreslåede acceptkriterie for grundvand med en faktor 3 /ref. 1/.

Efterfølgende blev der udført en undersøgelse i september 1997 der skulle fastlægge forureningsudbredelsen, samt retning og styrke af TNT- og RDX-forureningen i grundvandet /ref. 2/. Der blev ved undersøgelsen konstateret en kraftig forurening i grundvandet med TNT, RDX og to nedbrydningsprodukter

af TNT, 2-ADNT (2-amino-4,6 dinitrotoluen) og 4-ADNT (4-amino-2,6-dinitrotoluen). Forureningen af grundvandet blev kun delvist afgrænset og strømningsretningen blev vurderet at være østsydøst. Det blev endvidere vurderet, at det ikke kunne udelukkes at forureningen udgjorde en trussel mod indvindingsboringerne nedstrøms for trotylstøberiet /ref. 2/.

I 1998 blev der udført en supplerende undersøgelse af TNT og RDX i grundvandet /ref. 3/. Ved undersøgelsen blev den største koncentration af forureningskomponenter truffet omkring trotylstøberiet. RDX var den dominerende forureningskomponent og blev fundet med koncentrationer på op til 813 µg/l i boring M1 umiddelbart nord for trotylstøberiet.

Ved den supplerende undersøgelse /ref. 3/ blev det vurderet, at forureningen var afgrænset i nordøstlig retning til mindre end 50 m uden for skellet til AMA. Det blev på baggrund heraf vurderet, at forureningen ikke udgør en trussel overfor de daværende tre vandindvindinger i nordøstlig retning. Ved undersøgelsen blev der endvidere konstateret en mere sydlig strømningsretning af grundvandet i det terrænnære magasin end tidligere. På baggrund af moderate fund af forurening i boring G21 øst for trotylstøberiet og de ændrede strømningsforhold, blev det vurderet, at vandindvindinger øst og syd for trotylstøberiet ville kunne blive påvirket af forureningen.

Da de forudgående undersøgelser ikke har fastlagt grundvandsstrømningsretningen entydigt, er den konstaterede forurening omkring trotylstøberiet ikke afgrænset i nedstrøms retning.

FBT ønsker i denne forbindelse at kortlægge og monitorere den tidligere konstaterede grundvandsforurening, med henblik på udarbejdelse af en risikovurdering af forureningen overfor grundvandsressourcen i området.

Forud for denne undersøgelse er der i februar 2002 udført en indledende undersøgelse, hvor grundvandets strømningsretning er bestemt /ref. 4/. Efterfølgende er der etableret 5 nye monitoringsboringer (B1-B5) nedstrøms trotylstøberiet til afgrænsning af den tidligere konstaterede TNT-forurening, jf. /ref. 4/.

Efterfølgende er der i marts 2003 udført en forureningsundersøgelse til afgrænsning og kvantificering af grundvandsforureningen, jf. /ref. 10/. På baggrund af analyseresultater for RDX, TNT og TNT's nedbrydningsprodukter fra udvalgte boringer, er der opstillet en risikovurdering overfor grundvandsressourcen i området. Hovedkonklusionerne fra denne undersøgelse /ref. 10/ er medtaget i nærværende rapport.

Formål

Formålet med nærværende undersøgelse er:

- at afgrænse den tidligere konstaterede grundvandsforurening vertikalt ved etablering og efterfølgende vandprøvetagning fra en ny dyb monitoringsboring filtersat i tre intervaller centralt i forureningsfanen nedstrøms trotylstøberiet.
- at bestemme grundvandsmagasinet's hydrauliske egenskaber på baggrund af pumpeforsøg i den nye dybe monitoringsboring.
- at revidere den opstillede risikovurdering overfor grundvandsressourcen på baggrund af en supplerende litteratursøgning.

2. GEOLOGI OG HYDROGEOLOGI

Geologi

Geologien i området ved lokaliteten består af marint forland dannet siden stenalderen. Der er dannet klitlandskab, som består af smalle sandrygge af flyvesand kaldet rimmer. Mellem rimmerne er der bredere tørvefyldte lavninger kaldet dopper.

Geologien på lokaliteten består overvejende af fint sand. Der er i forbindelse med borearbejdet ved etablering af de 5 nye borer (B1-B5) truffet variationer i kornstørrelse og farveforskelle af sedimentet, hvor sandet typisk er lys brun i toppen til ca. 0,5 m.u.t. og herefter rødbrun i et par borer til 1 m.u.t. Afløses igen af lys gul til hvid sand ved top af grundvandspejl. Den nederste del af borerne ned til ca. 4 meter under terræn er typisk olivengrå til olivengrøn. Disse aflejringer er muligvis marine.

Ved de tidligere undersøgelser er der konstateret siltholdige lag i enkelte af borerne /ref. 3/.

Terræn i området er beliggende i ca. kote 9,5 DNN (Dansk Normal Nul), svagt faldende i nordøstlig og sydvestlig retning.

Hydrogeologi

Grundvandsspejlet i området ligger mellem 1 og 2,5 meter under terræn svarende til ca. kote 7-8,5 DNN.

Vurderet ud fra potentialekort fra Nordjyllands Amt er den overordnede grundvandsstrømningsretning i området omkring AMA østsydøst mod Elling Å /ref. 9/.

Det primære grundvandsmagasin består af saltvandssand og er beliggende fra ca. 15-23 m u.t. Det primære og sekundære grundvandsmagasin er adskilt af et 3-5 m tykt lag af yoldialer. Det sekundære grundvandsmagasin er beliggende fra ca. 2-9 m u.t. /ref. 3/.

Resultaterne fra de 5 synkronpejlerunder i september 2001-januar 2002 /ref. 4/ viser, at grundvandsstrømningen i det terrænnære grundvandsmagasin på lokaliteten ligeledes er østsydøst, hvilket stemmer overens med undersøgelsen i 1997 /ref. 2/, men ikke med undersøgelsen i 1998 hvor der blev observeret en mere sydlig strømningsretning /ref. 3/.

Potentialeforholdene under de 5 synkronpejlerunder viser dog et varierende billede /ref. 4/. Der er en tendens til at potentialelinierne fra de første pejlerunder, er meget buede centralt på området. Dette indikerer, at der sker en form for opstuvning af vandet omkring grøft 1, der går parallelt med vejen ved bygning 6 og Tårnet, jf. bilag 1.

En forklaring på dette kan være, at grøften ikke kan dræne området så effektivt som de parallelle grøfter 2 og 3, der er placeret henholdsvis ca. 60 m nord for og ca. 130 m syd for hegnet, jf. bilag 1. Alternativt kan der være variationer i geologien, såsom mere finsandede eller siltede aflejringer. Denne type aflejringer kan give en lavere hydraulisk ledningsevne og dermed resultere i opstuvning af vandet. Ved de tidligere undersøgelser er der konstateret siltholdige lag i enkelte boringer /ref. 3/.

Forholdet at grøfterne kan være styrende for variationerne underbygges af loggerdata /ref. 4/. Loggerne der har været placeret i boring G2 og G5 og dermed tættest på grøft 1 viser de største udsving i grundvandsstanden. Det kan indikere, at der sker en opstuvning af vand omkring grøften i forbindelse med nedbørshændelser. Det har ikke umiddelbart været muligt at fastslå grøftens videre afstrømningsforhold.

Ud fra loggerdataene er det observeret, at der er en stigende grundvandsstand gennem perioden fra september 2001 til januar 2002, hvilket hænger sammen med den øgede nedbørsmængde, der er betinget af årstiden.

Ud fra pejlinger foretaget i boring G25 der er filtersat i 2 niveauer (1-3 m u.t. og 16-19 m u.t.) tyder det på, at der er en nedadrettet gradient i det terrænnære magasin.

Vandindvindings- og recipientforhold

Ammunitionsarsenalet er beliggende i et område med begrænsede drikkevandsinteresser /ref. 6/.

Ammunitionsarsenalet samt området omkring AMA herunder Elling By er med undtagelser af enkelte enkeltindvindere, vandforsynet fra Frederikshavn Forsy-

ning, hvis nærmeste vandforsyningsboringer er beliggende ca. 5 kilometer vest for Ammunitionsarsenalet.

Der findes dog et nødvandværk på AMA ca. 150 m vest for trotylstøberiet /ref. 2/.

Nærmeste vandforsyningsboring tilhørende Ravnshøj Vandværk er beliggende ca. 1,7 km syd for AMA /ref. 7/.

I en radius af halvanden kilometer omkring AMA er der på nuværende tidspunkt registreret tre enkelttindvindere beliggende Skolevangsvej 88, Lomannshaven 31 og Tuenvej 112, hvor sidstnævnte er beliggende ca. 800 m nedstrøms trotylstøberiet /ref. 10/.

Recipienten for området er Elling Å, der løber umiddelbart syd for området. Åen er målsat som gyde og yngelopvækstvand for laksefisk (B1) /ref. 6/.

3. UDFØRTE UNDERSØGELSER

3.1 Etablering af ny dyb monitoringsboring

Baseret på de tidligere udførte undersøgelser er der med henblik på vertikal afgrænsning af forureningen nedstrøms trotylstøberiet etableret en ny dyb monitoringsboring centralt i forureningsfanen.

Boringen der er benævnt B6 er udført den 5. og 6. november 2003 og placeringen af boringen fremgår af oversigtskort i bilag 1.

Boringen er udført som en tørboring med sandspand og er ført til en dybde af ca. 15 m u.t. Da der fra 9 m u.t. er konstateret fed ler, er boringen opfyldt med bentonit fra 9 til 15 m u.t. Herefter er boringen filtersat i 2 intervaller henholdsvis 5-6 m u.t. og 8-9 m u.t. Der er tilsvarende udført en boring umiddelbart ved siden af til etablering af ét filter i toppen af grundvandsmagasinet fra 2-5 m u.t.

De to dybe filtre er filtersat med 1 m ø63 PEH-filter og udbygget med PEH-blindrør til terræn. Det øverste filter er med henblik på senere pumpeforsøg etableret med ø125 PEH-filter og udbygget med PEH-blindrør til terræn.

Boringerne er gruskastet til ca. ½ m over top af filterrør og herefter forseglet med bentonit til ca. 30 cm under terræn. Boringerne er afsluttet med cementbrøndrør med tilhørende låg.

Borearbejdet er udført af boreentreprenør K. Sørensen & Søn.

Borejournal for B6 fremgår af bilag 2. Der er ikke udtaget jordprøver til analyse.

Efter endt borearbejde er alle boringerne grovrenpumpet.

3.2 Vandprøvetagning

Til verificering af forureningsniveauet vertikalt i grundvandet nedstrøms trotylstøberiet, er der udtaget vandprøver fra boring B6.

Det har ikke været muligt at udtage en vandprøve fra det dybeste filter i boring B6, da grundvandstilstrømningen til filteret er meget begrænset.

Fra de to øvrige filtre (B6.2 og B6.3) er der udtaget vandprøver den 19. november 2003. Vandprøverne er analyseret for RDX, TNT samt fire udvalgte nedbrydningsprodukter af TNT 1,3,5-trinitrobenzen, 2,4-DNT, 2-amino-4,6-DNT og 4-amino-2,6-DNT (DNT=dinitrotoluen).

Med henblik på at undersøge en evt. forekomst af xylen, er vandprøverne ligeledes analyseret for BTEX'er.

Alle vandprøver er udtaget af NIRAS med løbende feltmåling af ilt, redox, pH, ledningsevne og temperatur under forpumpningen.

Forløbet af vandprøvetagningen fremgår af vandprøvetagningsskemaer i bilag 3.

Vandprøverne er analyseret for BTEX'er (akkrediteret) samt RDX, TNT og TNT's nedbrydningsprodukter (ikke akkrediteret) hos Eurofins A/S. Det har ikke været muligt at finde et laboratorium, der kan foretage en akkrediteret analyse for RDX, TNT og TNT's nedbrydningsprodukter.

3.3 **Fastlæggelse af magasinets hydrauliske parametre**

Pejlerunde

I forbindelse med vandprøvetagningen er der udført en supplerende pejlerunde i samtlige tilgængelige pejleboringer i området.

Pejleresultater fremgår af bilag 3.

Pejlerunden indikerer som i /ref. 3 og 10/ fortsat en østsydøstlig grundvandsstrømning.

Prøvepumpning

Efter etablering af den dybe monitoringsboring B6 er de tre filtre renpumpet og der er indledningsvis udført en trinvis prøvepumpning af de tre filtre til fastlæggelse af filtrenes ydelse.

Det er ved prøvepumpningen fundet, at det nederste filter (B6.1) har en meget lav ydelse (ikke målbar-renpumpet 2 gange), mens de to øvrige filtre (B6.2 og B6.3) yder op til 1,5-2 m³/h.

På grund af den meget lave ydelse i B6.1, er boringen blevet rensat med trykluft og vand, hvilket dog efterfølgende ikke har øget ydelsen.

Pumpeforsøg

Trods den forholdsvis lave ydelse der er fundet ved prøvepumpningen, er der udført et pumpeforsøg til bestemmelse af grundvandsmagasinet's hydrauliske parametre.

Der er i perioden fra den 27. november 2003 til 11. december 2003 placeret vandstandsloggere i alle tre filtre i pumpeboring B6 samt fire omkringliggende boringer B3, B4, B5 og G9. Endvidere er der etableret en ledningsevneloger i boring B4.

Alle vandstandsloggere har i perioden logget vandstand kontinuert hvert 5. minut. Der er ligeledes opsat en atmosfæreløgger med henblik på korrigerende vandstandsdata.

Forløbet af pumpeforsøget fremgår af tabel 3.1.

Dato	Kl.	B6.3 Flow (m ³ /t)	Bemærkninger
27-11-03	12.00	-	Loggere isat
27-11-03	12.20	0,8	Prøvepumpning startet
28-11-03	13.10	ca. 1,4-1,5	Udskiftning af pumpe
5-12-03	11.35	-	Pumpe stoppet og optaget
11-12-03	12.30	-	Loggere optaget

Tabel 3.1: Forløbet af pumpeforsøg i perioden fra den 27. november 2003 til 11. december 2003.

Da ydelsen i pumpeboringen er meget begrænset, er pumpen i B6.3 den 28. november 2003 udskiftet med en vakuumpumpe, for herved at kunne øge ydelsen fra boringen ved pumpning fra bunden af boring B6.3. Ydelsen er herefter øget fra 0,8 m³/h til ca. 1,4-1,5 m³/h.

Der er pumpet over ca. 7 døgn med efterfølgende tilbagepejling af retableringsforløbet over en tilsvarende periode i alt ca. 14 dage.

I bilag 4 ses den korrigerede loggede vandstand i boringerne afbildet i forhold til DNN (Dansk Normal Nul) som funktion af tiden for hele perioden. Start/stop af pumpning samt atmosfæretryk fremgår ligeledes af bilag 4.

Vandstandsdata fra pumpeboringen B6.3 er ikke afbildet under pumpeperioden, da pumpningen med vakuumpumpe har forårsaget en fuld afsænkning i boringen og det har således ikke været muligt at registrere vandsstanden i boringen.

Ved start af pumpeforsøget er der registreret et øjeblikkeligt fald i grundvandsstanden i de nærmestliggende borer og filtre (B6.1, B6.2 og B4).

I boring B3 blev der kun registreret en meget svag afsænkning hhv. stigning i grundvandsstanden som følge af pumpestart og pumpestop i boring B6.3. I de to øvrige borer B5 og G9 blev der ikke registreret afsænkning/stigning i grundvandsstanden som følge af pumpningen.

Det vurderes på baggrund af sænkingsdataene fra pumpeforsøget i boring B6, at der er god vertikal hydraulisk kontakt i boringen.

Bestemmelse af transmissivitet, hydraulisk ledningsevne og gradient

Til bestemmelse af grundvandsmagasinet's hydrauliske parametre benyttes de registrerede loggerdata fra det udførte pumpeforsøg.

På grund af den lave ydelse fra pumpeboringen har det ikke været muligt at observere entydige sænkings/stigningsdata i de omkringliggende borer B3, B5 og G9, hvilket havde været det mest ideelle.

De loggede sænkings- og stigningsdata fra boring B4, der er beliggende meget tæt på pumpeboring B6.3 (ca. 1,5 meter nordøst for), er derfor benyttet ved bestemmelse af de hydrauliske parametre i området.

Beregninger er udført med programmet AquiferTest, hvor analysemetoden Cooper & Jacob er benyttet. Det er ved beregningerne forudsat, at grundvandsmagasinet er frit, homogent og isotropt samt at grundvandsmagasinet har en umættet zone på 7 meter, hvilket er fundet ved boring B6 (afgrænset nedefter ca. 9 m u.t. af ler).

De beregnede transmissiviteter og hydrauliske ledningsevner fremgår af tabel 3.2. Beregningerne fremgår ligeledes af bilag 5.

Boring	Datatype	Transmissivitet [m ² /s]	Hydraulisk ledningsevne [m/s]
B4	Sænkning	$3,53 \cdot 10^{-5}$	$5,04 \cdot 10^{-6}$
B4	Stigning	$3,37 \cdot 10^{-5}$	$4,82 \cdot 10^{-6}$
B6.1	Stigning	$2,60 \cdot 10^{-5}$	$3,72 \cdot 10^{-6}$
Gennemsnit		$3,17 \cdot 10^{-5}$	$4,53 \cdot 10^{-6}$

Tabel 3.2: Beregnet transmissivitet og hydraulisk ledningsevne.

Som det fremgår af tabel 3.2, er der fundet en gennemsnitlig transmissivitet og hydraulisk ledningsevne på hhv. $3,17 \cdot 10^{-5}$ m²/s og $4,53 \cdot 10^{-6}$ m/s.

Med en formodet grundvandsstrømningsretning østsydøst er der ud fra pejleserier fra december 2001-november 2003 fundet en gennemsnitlig vandspejlshældning på ca. 1,3‰.

Ud fra Darcys lov hvor hastigheden er lig den hydrauliske ledningsevne ganget med vandspejlshældningen findes hastigheden til at være 0,18 m/år, hvilket med en porøsitet på 0,35 svarer til en reel grundvandsstrømningshastighed på 0,52 m/år.

Den beregnede grundvandsstrømningshastighed er således meget lav, hvilket skyldes den lave vandspejlshældning samt jordbundsforholdene (finsandede og siltede aflejringer). Hastigheden er dog et realistisk bud ud fra de bestemte hydrauliske parametre.

Den lave beregnede grundvandstrømningshastighed kan dog skyldes den lave pumpeydelse ved pumpeforsøget samt benyttelse af loggerdata fra den meget nærtliggende monitoringsboring B4.

Trotylstøberiet har været i funktion siden midten af 1950'erne /ref. 1/, hvilket giver en maksimal transporttid på 50 år. Da forureningsfanen på nuværende tidspunkt er fundet i boringstraceet ca. 100 m nedstrøms trotylstøberiet, kan det konkluderes, at grundvandsstrømningshastigheden som minimum må være 2 m/år.

Forskellen mellem den observerede og beregnede grundvandsstrømningshastigheden skyldes formentlig lokale forskelle i geologien i området.

3.4 Supplerende litteraturgennemgang

Med henblik på opstilling af en risikovurdering for RDX, TNT og TNT's nedbrydningsprodukter er der udført en supplerende litteraturgennemgang for nyere viden indenfor området.

Den tidligere udførte farlighedsvurdering for TNT og RDX der fremgår af /ref. 1/ er i forbindelse med nærværende undersøgelse revideret.

Den reviderede farlighedsvurdering for TNT og RDX fremgår af /ref. 11/.

På grundlag af de foreliggende informationer har NIRAS beregnet jordkvalitets- og drikkevandskriterier i henhold til normal praksis i Danmark, og følgende kvalitetskriterier er foreslået ved følsom arealanvendelse /ref. 11/:

Jordkvalitetskriterium

TNT	=	25 mg/kg
RDX	=	10 mg/kg

Drikkevandskriterier

TNT	=	1 µg/l
DNT	=	0,05 µg/l
2A-DNT / 4A-DNT	=	1 µg/l
RDX	=	0,35 µg/l

4. **ANALYSERESULTATER**

Samtlige analyseresultater af vandprøvetagningerne den 2. juli og 8. oktober 2002 /ref. 10/ samt 19. november 2003 fremgår af tabel 4.1 og 4.2.

Originale analyseblanketter af vandprøver udtaget 19. november 2003 fremgår af bilag 6.

Analyseresultaterne for RDX og TNT samt TNT's nedbrydningsprodukter fremgår ligeledes af tre oversigtskort i bilag 7.1-7.3.

Analyseresultaterne for RDX, TNT og TNT's nedbrydningsprodukter er sammenholdt med de opstillede acceptkriterier i den reviderede farlighedsvurdering /ref. 11/.

Boringsnummer	Filter-interval m u.t.	Udtag-nings-dato	TNT µg/l	RDX µg/l	1,3,5-trinitro-benzen µg/l	2-amino-4,6-DNT µg/l	4-amino-2,6-DNT µg/l	2,4-DNT µg/l
Detektionsgrænse			0,5	5	0,2	0,2	0,2	0,2
Drikkevandskriterium*			1	0,35	1	1	1	0,05
Ved trotylstøberiet								
G3	1-5	2/7-02	-	190	-	4,2	4,7	-
G4	1-5	2/7-02	14	82	-	62	63	0,51
G10	1-5	2/7-02	2,8	44	-	3,0	28	-
G13	1-5	2/7-02	960	130	3,6	80	200	1,8
Nedstrøms trotylstøberiet								
B1	1-3	8/10-02	-	-	-	-	-	-
B2	1-3	2/7-02	-	16	-	-	-	-
B3	1,7-3,7	2/7-02	-	-	-	-	-	-
B4	1,7-3,7	2/7-02	0,93	350	-	5,0	5,6	-
B5	1,4-3,4	2/7-02	-	-	-	-	-	-
G20	1-3	2/7-02	-	-	-	-	-	-
G21	1-3	2/7-02	-	20	-	0,2	1,7	-
G23	1-3	8/10-02	-	-	-	-	-	-
G24	1-3	8/10-02	-	-	-	-	-	-
B6.2 (mellemste filter)	5-6	19/11-03	-	-	-	-	-	-
B6.3 (øverste filter)	2-5	19/11-03	-	420	-	4,1	3,5	-

* Opstillet acceptkriterium for drikkevand, jf. bilag 6.

- Under detektionsgrænsen.

■ Overskridelse af beregnet drikkevandskriterium.

Tabel 4.1: Analyseresultater af vandprøver analyseret for RDX, TNT og TNT's nedbrydningsprodukter fra udvalgte boringer ved og nedstrøms trotylstøberiet.

Boringsnummer	PB*	G3*	G10	B6.2 (mellemste filter)	B6.3 (øverste filter)	Detektions- grænse	Drikkevands- kriterium ¹⁾
Filterinterval, m u.t.	2-6	1-5	1-5	5-6	2-5		
Udtagningsdato	2/7-02	2/7-02	2/7-02	19/11-03	19/11-03		
BTEX'er, µg/l							
Benzen	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	0,1	1
Toluen	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	0,1	5
Ethylbenzen	<0,2	5,5	<0,2	<0,2	<0,2	0,1	5 ²⁾
M+P-xilen	<0,2	1,8	<0,2	<0,2	<0,2	0,1	
O-xilen	0,29	0,42	0,22	<0,2	<0,2	0,1	
Chl. opl. midler, µg/l							
Trichlormethan	<0,04	<0,04	<0,02	i.a.	i.a.	0,02	1 ³⁾
1,1,1-trichlorethan	<0,04	<0,04	<0,02	i.a.	i.a.	0,02	
Tetrachlormethan	<0,04	<0,04	<0,02	i.a.	i.a.	0,02	
Trichlorethylen	<0,04	<0,04	0,052	i.a.	i.a.	0,02	
Tetrachlorethylen	<0,04	<0,04	<0,02	i.a.	i.a.	0,02	

* Detektionsgrænsen for chlorerede opløsningsmidler er forhøjet på grund af emulsion ved prøveforbehandling.

1) Kvalitetskriterium for grundvand /ref. 5/.

2) Sum af xylener + ethylbenzen /ref. 5/.

3) Sum af chlorerede opløsningsmidler /ref. 5/.

4) Boring PB har DGU nr. 7.1503.

 Overskridelse af drikkevandskriterium.

Tabel 4.2: Analyseresultater af vandprøver analyseret for BTEX'er og chlorerede opløsningsmidler.

5. FORURENINGSTILSTAND OG RISIKOVURDERING

I forbindelse med udarbejdelsen af den reviderede farlighedsvurdering for TNT og RDX samt TNT's nedbrydningsprodukter, er der beregnet og opstillet acceptkriterier for drikkevand for RDX, TNT og TNT's nedbrydningsprodukter /ref. 11/.

De opstillede acceptkriterier benyttes i det efterfølgende til risikovurdering overfor grundvandsressourcen i området.

Det skal bemærkes, at analyselaboratoriets detektionsgrænse for RDX er 5 µg/l, mens det opstillede acceptkriterium for drikkevand er 0,35 µg/l. Det kan derfor ikke afvises, at analyseresultater under detektionsgrænsen overskrider det opstillede acceptkriterium for RDX i drikkevand.

Ved trotylstøberiet

De højeste koncentrationer af RDX, TNT og TNT's nedbrydningsprodukter er konstateret centralt omkring trotylstøberiet i borerne G3, G4, G10 og G13. De højeste koncentrationer er konstateret i G13 lige ved trotylstøberiet med koncentrationer af TNT og RDX på henholdsvis 960 og 130 µg/l, hvilket er en overskridelse af de opstillede drikkevandskriterier på henholdsvis en faktor 1.000 og 370, jf. side 13.

Der er endvidere konstateret nedbrydningsprodukter af TNT (2-amino-4,6-DNT og 4-amino-2,6-DNT) på op til henholdsvis 80 µg/l (8% af TNT) og 200 µg/l (21% af TNT). Ved en tidligere undersøgelse ved trotylstøberiet er der i M1 fundet 150 og 831 µg/l af henholdsvis TNT og RDX /ref. 1/.

Imidlertid er der i G3 fundet 190 µg/l RDX, men ingen TNT og kun lave indhold af TNT's nedbrydningsprodukter (ca. 5 µg/l). G3 ligger opstrøms for trotylstøberiet, men i området hvor der er observeret opstuvning af grundvandet omkring grøft 1, jf. kapitel 2.

Som det fremgår af tabel 4.2, er der konstateret meget begrænsede indhold af xylener i de tre centralt beliggende borer PB, G3 og G10 omkring det tidligere "Fort West", jf. oversigtskort i bilag 1. Ligeledes er der fundet spor af trichlo-

rethylene i G10. De konstaterede koncentrationer er alle under Miljøstyrelsens drikkevandskriterium, og vurderes derfor ikke at udgøre et problem for grundvandsressourcen i området.

Nedstrøms trotylstøberiet

Den overordnede grundvandsstrømningsretning i området omkring trotylstøberiet er østsydøst og grundvandsforureningen er konstateret minimum 100 m nedstrøms trotylstøberiet.

Nedbrydning af TNT og RDX i jord og grundvand kan forekomme, men RDX nedbrydes hovedsageligt kun under anaerobe forhold, hvilket kan betyde, at RDX er mere eller mindre persistent i iltede grundvandsmagasiner. Da RDX forventes at have en moderat til høj mobilitet, kan RDX spredes over betydelige afstande i et aerobt magasin /ref. 11/.

Der er under vandprøvetagningen konstateret svovlbrintelugt samt iltkoncentrationer på 0,1-1,4 mg/l hvilket indikerer, at der er anaerobe forhold i det sekundære grundvandsmagasin. Anaerobe forhold i magasinet kan betyde, at betingelse for naturlig nedbrydning af RDX er til stede, men nedbrydningshastigheden er vurderet som meget langsom /ref. 11/.

Nedbrydningen af TNT og RDX er sjældent fuldstændig og nedbrydningsprodukterne er i flere tilfælde vurderet som værende mere giftige end det oprindelige stof /ref. 11/.

I den centrale del af det nedstrøms boringstracé er der i boring B4 konstateret indhold af TNT og RDX på henholdsvis 0,93 og 350 µg/l, hvilket er en overskridelse af det opstillede drikkevandskriterie for RDX med en faktor 1.000. Den høje koncentration af RDX indikerer, at der ikke er sket en væsentlig nedbrydning af RDX indenfor 100 m fra trotylstøberiet. TNT overskrider her ikke det opstillede drikkevandskriterie på 1 µg/l. Der er fundet et indhold af nedbrydningsprodukter på omkring 5,6 µg/l. Grundet de markant aftagende koncentrationer med afstanden fra trotylstøberiet er der i modsætning til RDX klare indikationer på nedbrydning af TNT.

Ligeledes ses ingen indhold af TNT i G21 og B2 som repræsenterer henholdsvis de nordlige og sydlige grænser for forureningsfanen i det nedstrøms boringstracé, men der er fundet et indhold af RDX på henholdsvis 20 og 16 µg/l samt nogle få µg af TNT's nedbrydningsprodukter i G21, jf. tabel 4.1.

I den dybe boring B6 som ligger tæt på B4 er indholdet af RDX og TNT's nedbrydningsprodukter i det øverste filter på samme niveau som i boring B4.

Selvom der er målt en rimelig hydraulisk kontakt mellem filtrene i B6 er der ikke konstateret indhold af RDX i den mellemste filter i boring B6 fra 5-6 m u.t. Det vurderes derfor, at den vertikale forureningsudbredelse er begrænset og at grundvandsforureningen 100 m nedstrøms for trotylstøberiet er begrænset til det øvre terrænnære grundvandsmagasin.

Forureningsfanen med RDX er derimod ikke afgrænset i nedstrøms retning. Det kan således ikke afvises, at forurening med RDX har spredt sig yderligere nedstrøms boringstraceet. Forureningsfanen med TNT og TNT's nedbrydningsprodukter er derimod stærk aftagende i boringstraceet 100 m nedstrøms for trotylstøberiet.

Det kan på denne baggrund ikke afvises, at RDX-forureningen på grund af den minimale nedbrydning på længere sigt kan spredes nedstrøms Ammunitionsarsenalets område og dermed udgøre en risiko for nedstrømsliggende enkeltdrikkevandsindvindinger, herunder specielt Tuenvej 112, der er beliggende ca. 800 m nedstrøms trotylstøberiet /ref. 10/.

6. ANBEFALINGER

Da den konstaterede grundvandsforurening med RDX ikke er afgrænset ca. 100 m nedstrøms for trotylstøberiet anbefales det, at der etableres en række boringer i flere boringstraceer vinkelret på strømningsretningen i større afstand fra trotylstøberiet. Herved kan forureningsfronten lokaliseres og der kan udarbejdes en risikovurdering overfor enkeltindvindere samt grundvandsressourcen i området.

Det anbefales endvidere, at udtage og analysere en vandprøve fra det dybeste filter i B6 selvom tilstrømningen er meget begrænset. Det anbefales derfor at renpumpe filteret minimum 5 gange hvorefter der udtages en vandprøve til analyse for RDX, TNT og TNT's nedbrydningsprodukter samt BTEX'er til verificering af den vertikale forureningsudbredelse.

Det anbefales fortsat, at undersøge muligheden for at opnå en acceptabel detektionsgrænse for RDX, til under det opstillede akcepkriterium på 0,35 µg/l.

Det anbefales ligeledes at undersøge indvindingsdybden fra enkeltindvinderes indvindingsboringer i området.

7. REFERENCER

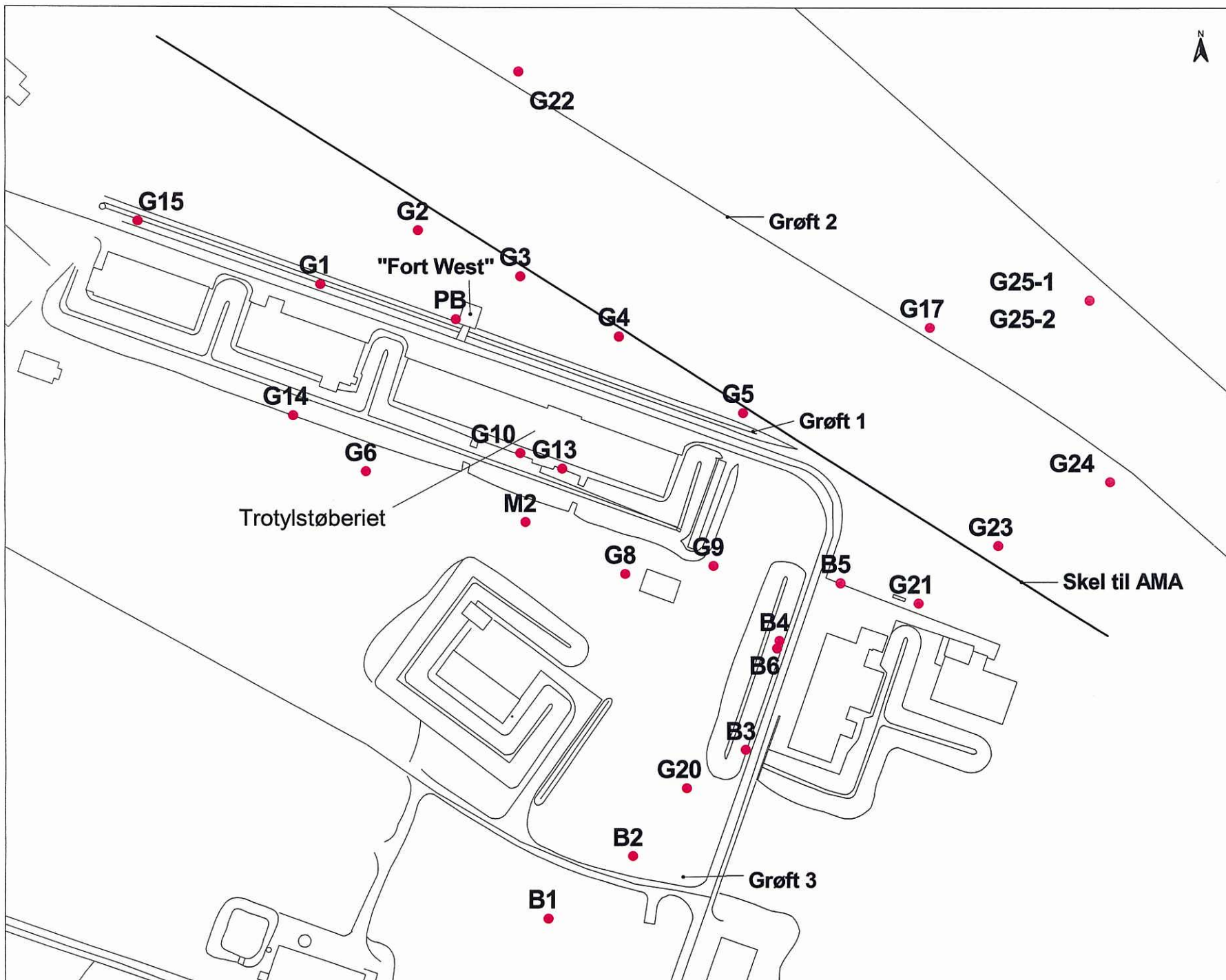
- /ref. 1/ Trotylstøberi, Elling Frederikshavn kommune. Indledende forureningssundersøgelse (rapport). Forsvarets Bygningstjeneste. Nellemann, Nielsen & Rauschenberger A/S. Februar 1997.
- /ref. 2/ 304 AMA Elling. Supplerende undersøgelser af TNT-forurening i grundvandet ved trotylstøberiet (rapport). Forsvarets Bygningstjeneste. Hedeselskabet. September 1997.
- /ref. 3/ Supplerende undersøgelse af TNT-forurening i grundvandet (rapport). 304 AMA Elling. Forsvarets Bygningstjeneste. Hedeselskabet. Juli 1998.
- /ref. 4/ 304 Ammunitionsarsenalet Elling. Afgrænsning af grundvandsforurening ved trotylstøberiet. Fase 1, fastlæggelse af grundvandets strømningsretning (rapport). Forsvarets Bygningstjeneste. NIRAS. Februar 2002.
- /ref. 5/ Liste over kvalitetskriterier i relation til forurennet jord (www.mst.dk). Maj 2003.
- /ref. 6/ Nordjyllands Amt, <http://www.gis.nja.dk>. December 2002.
- /ref. 7/ Nordjyllands Amt, GeoServer. <http://212.88.77.80/geoserver/>. December 2002.
- /ref. 8/ Frederikshavn Kommune, Teknisk Forvaltning. Mail fra Kirsten Haumann. December 2002.
- /ref. 9/ Nordjyllands Amt. 1 meters potentialelinier. November 2002.
- /ref. 10/ Afgrænsning af grundvandsforurening ved trotylstøberiet. Forureningsafgrænsning og risikovurdering (rapport). Forsvarets Bygningstjeneste. NIRAS. Marts 2003.

/ref. 11/ 304 AMA Elling. Revideret farlighedsvurdering for TNT og RDX (rapport). Forsvarets Bygningstjeneste. NIRAS. December 2003.

G:\SAG\03\183.14\Rap\rap-AMA-risikovurdering08.tha.doc

Bilag 1

Oversigtskort med placering af boringer



Oversigtskort Boringer

Bilag 1

Frederikshavn
Kommune med
markering af
undersøgelsesområde



Tegnforklaring

• Boringer

Skala 1:1500

Dato: 22.12.03
Udført: THa
Kontrol: LBM
Godkendt: LBM
G:\sag\03\183.14\
arcview\elling_new.apr



Forsvarets
Bygningstjeneste

Bilag 2

Borejournal for boring B6

SAG : FBT: AMA, Afgrænsning af TNT-forurenset GV

Sagsleder: THa

Sagsnr.: 03.183.14

Lokalitet: 304 AMA, Elling

Side: 1 af 3

Filtersætning	Pejlerør	Profil	Dybde (m)	Prøvenr.	Jordartsbeskrivelse	Farve	PID	Ingen	Svag	Middel	Stærk
			0		Græs						
					Muld, sand	Mørk brun					
			1		Sand, fint-mellem	lysebrun					
			2	GRS	do	do					
			3		do	do					
			4		do	do					
			5		do	do					
			6		do	do					
			7		do	do					
			8		do	do					
			9		Let, fed	Brunt					
			10								

Boringsnr.:	B6
Tilsyn/init.:	THa
Dato:	5-11-03
PID apparat:	Photovac (Lampe 10,6 eV)
Boremethode:	Uforøret energiboring Torboring
Borehulsdiameter:	350 mm
Pejlerørsdiameter:	63/125 mm
Boreentreprenør:	K. Sørensen

Bemærkninger:

Efter boring til 15 m. ut. er boringen
tilbagefyldt med bentonit.

NIRAS

Rådgivende Ingeniører
og planlæggere A/S
Tilsluttet F.R.I.

NIRAS
Vestre Havnepromenade 9
DK-9000 Aalborg

Telefon 9630 6400
Telefax 9630 6474
E-mail niras@niras.dk

BOREJOURNAL

SAG : FBT: AMA, Afgrænsning af TNT-forurenet GV
 Sagsnr.: 03.183.14
 Lokalitet: 304 AMA, Elling

Sagsleder: THa

Side: 2 af 3

Filtersætning	Pejlerør	Profil	Dybde (m)	Prøvenr.	B6.1+B6.2 (nederste og mellemste fillet.)		PID	Ingen	Svag	Middel	Stærk
					Jordartsbeskrivelse	Farve					
			10		Ler, fed	Brun					
			11		do	do					
			12		do	do					
			13		do	do					
			14		do	do					
			15								
			16								
			17								
			18								
			19								
			20								

Boringsnr.: B6
 Tilsyn/init.: THa
 Dato: 5-11-03
 PID apparat: Photovac (Lampe 10,6 eV)
 Boremethode: Uforet snegleboring *Torboring*
 Borehulsdiameter: 350 mm
 Pejlerørsdiameter: 63/125 mm
 Boreentreprenør: K. Sørensen

Bemærkninger:

NIRAS

Rådgivende Ingeniører
 og planlæggere A/S
 Tilsluttet F.R.I.

NIRAS
 Vestre Havnepromenade 9
 DK-9000 Aalborg

Telefon 9630 6400
 Telefax 9630 6474
 E-mail niras@niras.dk

BOREJOURNAL

SAG : FBT: AMA, Afgrænsning af TNT-forurenset GV

Sagsleder: THa

Sagsnr.: 03.183.14

Lokalitet: 304 AMA, Elling

Side: 3 af 3

Filtersætning	Pejlerør	Profil	Dybde (m)	Prøvenr.	Jordartsbeskrivelse	Farve	PID	Ingen	Svag	Middel	Stærk
			0		B6.3 (øverste filter)						
					Græs						
					Muld, sand	Mørkebrun					
			1		Sand, fint-mellem	lysebrun					
			2	GV5	do	do					
			3		do	do					
			4		do	do					
			5		~	~					
			6								
			7								
			8								
			9								
			10								

Boringsnr.: B6
 Tilsyn/init.: THa
 Dato: 05-11-03
 PID apparat: Photovac (Lampe 10,6 eV)
 Boremethode: ~~Uforstyrret snegleboring~~ Idræboring
 Borehulsdiameter: 350 mm
 Pejlerørsdiameter: 125 mm
 Boreentreprenør: K. Sørensen

Bemærkninger:

B6.3 (øverste filter) er etableret
 umiddelbart ved siden af
 B6.1+B6.2.

NIRAS

Rådgivende Ingeniører
 og planlæggere A/S
 Tilsluttet F.R.I.

NIRAS
 Vestre Havnepromenade 9
 DK-9000 Aalborg

Telefon 9630 6400
 Telefax 9630 6474
 E-mail niras@niras.dk

Bilag 3

Vandprøvetagningsskemaer og pejleskemaer

VANDPRØVETAGNING

NIRAS

SIDE 1 AF 2

Sagsnavn:	FBT: Afgrænsning af TNT-forurenet GV	Sags nr.:	03.183.14
Sagsleder:	MMM	Dato:	19-11-03
Rekvirentens navn:	NIRAS	Prøvetager:	THa
Rekvirentens adresse:	NIRAS		

UNDERSØGELSESMÅL

Undersøgelsesformål:	Monitering	Pumpevalg:	MPT + Whale
Analyseparametre:	TNT, RDX + nedb. prod + totalhulbrinte incl. BTEX	Slangevalg:	PE

UDSTYR

Boring V-boring-filter-a,b,...	Pejl		Pumpe		Slange		Bemærkninger
	Udstyrsnummer	Sidst anvendt i boring nr.	Udstyrsnummer	Sidst anvendt i boring nr.	Materiale	Sidst anvendt i boring nr.	
V-B6-3-a	3.15.21	—	4.05.02	—	PE	—	
V-B6-2-a	do	—	Whale	—	PE	—	Whalepumpe + Slange i siddestand
V-B6-1-a	do	—	Whale	—	PE	—	do

VANDPRØVE

Boring			Vandprøve			Bemærkninger
V-boring-filter-a,b,...	Dimension (mm)	Rovandspejl (m u.MP)	Forpumpning (liter)	Tidspunkt	Prøvemængde (liter)	
V-B6-3-a	125	2,33	1.056	14:43	4	klart, smaltbuntet, gult
V-B6-2-a	63	2,37	480	15:25	4	klart, smaltbuntet,
V-B6-1-a	63	2,36	%	%	%	%

ANALYSE

Laboratorium:	Europas	Rekvitation udfyldt:	ja ☒
Kontaktperson:	Helle O. Jensen		nej ☐

NIRAS

Sagsnavn:	FBT: Afgrænsning af TNT-forurenede GV	Sags nr.:	03.183.14
Sagsleder:	MMM	Dato:	19-11-03
Rekvirentens navn:	NIRAS	Prøvetager:	THa
Rekvirentens adresse:	NIRAS		

Boring V-boring-filter-a,b...	Vand- spejl (m u.MP)	Tid (Start/min)	Flow (l/min.)	Lednings- evne (mS/cm)	Tempe- ratur (°C)	Feltmåling			Bemærkninger
						Redox (mV)	pH	lit (mg/l)	
V-B6-3-a	2,33	13:15	12						
	3,73	13:45	12	0,146	12,2	-48	5,00	0,60	
	do	14:25	12	0,142	12,1	-51	4,88	0,64	
	do	14:33	12	0,140	12,1	-60	4,80	1,64	
	do	14:43	12	0,140	12,1	-63	4,75	2,11	prøve udtaget
V-B6-2-a	2,37	13:40	3						
	3,52	14:30	6						
	3,45	14:55	6	0,237	11,4	-126	5,39	3,13	
	3,45	15:05	6	0,240	11,4	-130	5,35	4,63	
	3,48	15:20	6		10,1	57	5,41	3,35	prøve udtaget
	3,48	15:25	6	0,240	11,4	-104	5,24	1,80	prøve udtaget
V-B6-1-a									boring tem- perat. lille tilgængel. % prøver.

PEJLESKEMA FOR BORINGER

SAG : FBT: Afgrænsning af TNT-forurenede GV					Pejledato: 19-11-03
LOKALITET: 304 AMA, Elling					Pejl nr.: 3.15.21
UDFØRT AF: THa					Sagsnr. : 03.183.14
BORING	Kl.	A Pejlekote (m)	B Vandstand u. pejlepunkt (m)	C Korrigeret tryk-niveau (A-B) (m)	Bemærkninger
G25.1			1,285		b=18,5 m
G25.2			1,135		b=2,7 m
G22			0,420		
G24			0,860		
G23			0,740		
B6.2			2,370		b=6 m
B6.1			2,355		b=9 m
B6.3			2,332		b=5 m
G21			1,640		
B5			1,875		
G5			1,085		
G4			1,320		
G3			1,460		
G2			1,550		
G15			1,355		
G1			1,565		
PB			1,845		
G13			2,310		
G10			2,170		
G14			2,400		
G6			1,670		
NIRAS - KOMMENTARER/VURDEINGER/ANBEFALINGER					
Side 1-2					
Pejlepunkt = højeste/markeret punkt på pejlerør					

G:\SAG\03\183.14\Tilsyn\Alle skemaer.tha.xls\VPT-bagside



Rådgivende Ingeniører
og planlæggere A/S
Tilsluttet F.R.I.

NIRAS
Vestre Havnepromenade 9
DK-9000 Aalborg

Telefon 9630 6400
Telefax 9630 6474
E-mail niras@niras.dk

SAG : FBT: Afgrænsning af TNT-forurenset GV

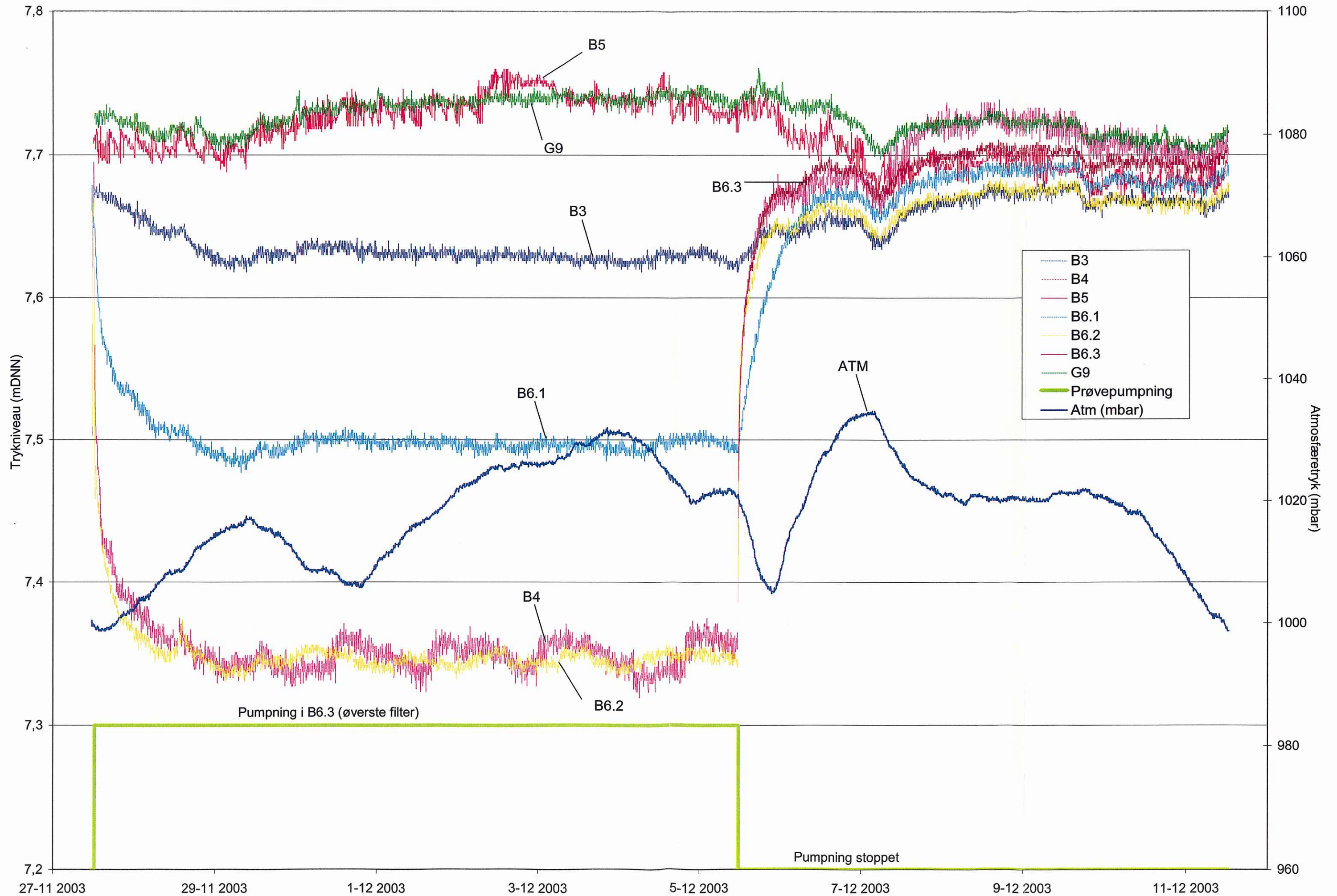
LOKALITET: 304 AMA, Elling

UDFØRT AF: THa

Sagsnr. : 03.183.14

Bilag 4

Loggerdata (A3)



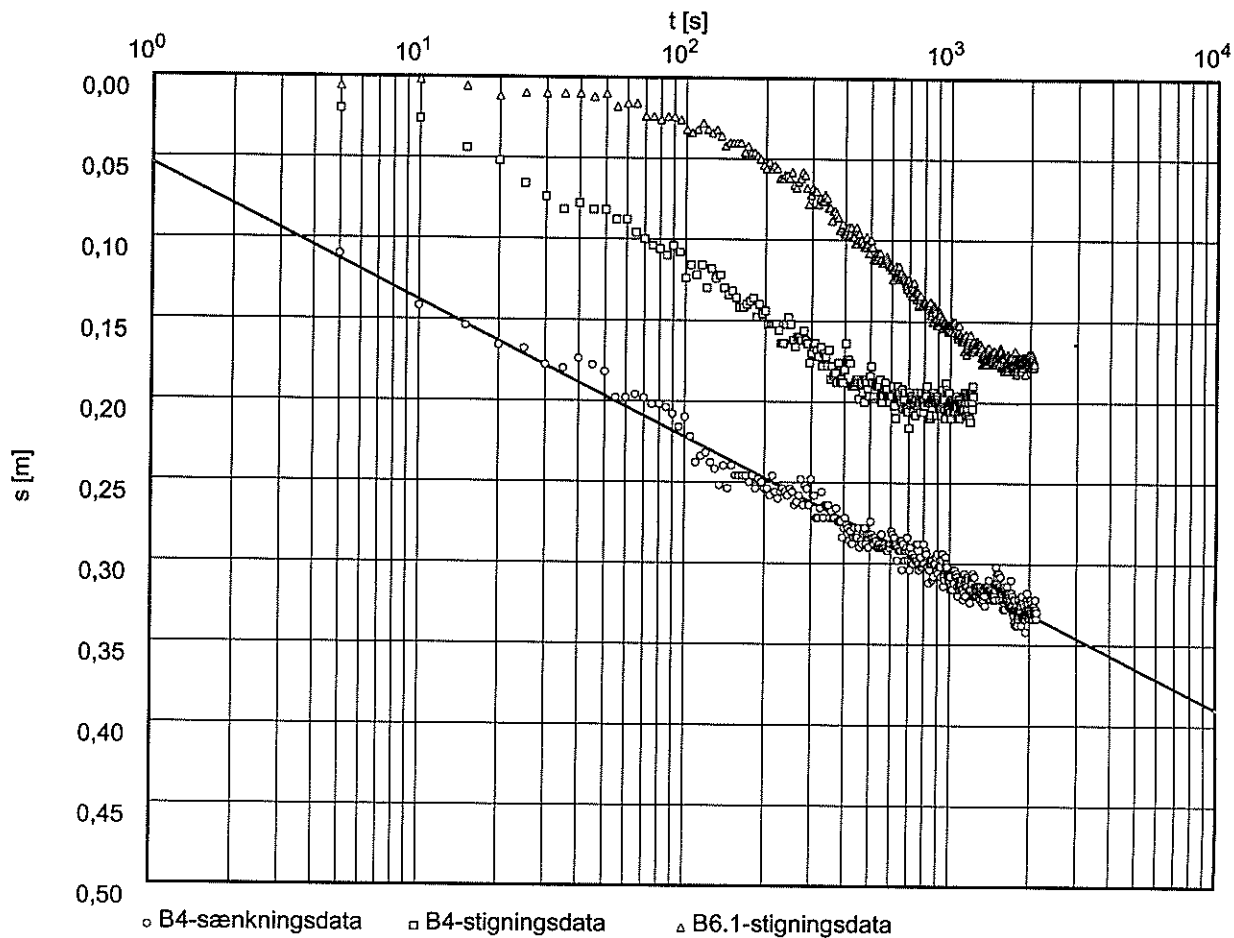
Bilag 5

AquiferTest, beregningsresultater

Pumping Test No. 1

Test conducted on: november-december 2003

B4-sænkingsdata

 Discharge 1,40 m³/d

 Transmissivity [m²/s]: $3,53 \times 10^{-5}$

 Hydraulic conductivity [m/s]: $5,04 \times 10^{-6}$

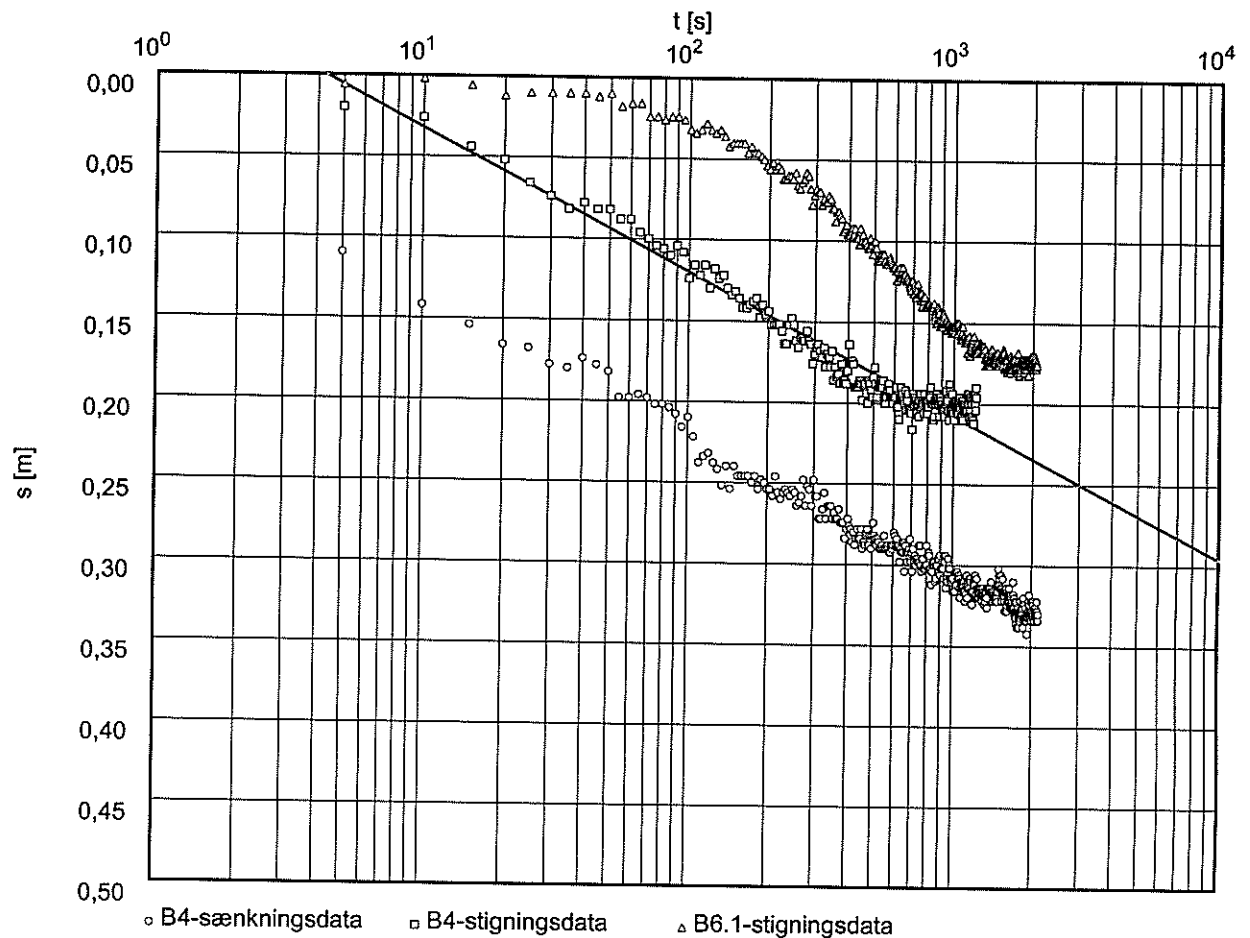
Aquifer thickness [m]: 7,000

 Storativity: $7,98 \times 10^{-6}$

Pumping Test No. 1

Test conducted on: november-december 2003

Discharge 1,40 m³/d

B4-stigningsdata

 Transmissivity [m²/s]: $3,37 \times 10^{-5}$

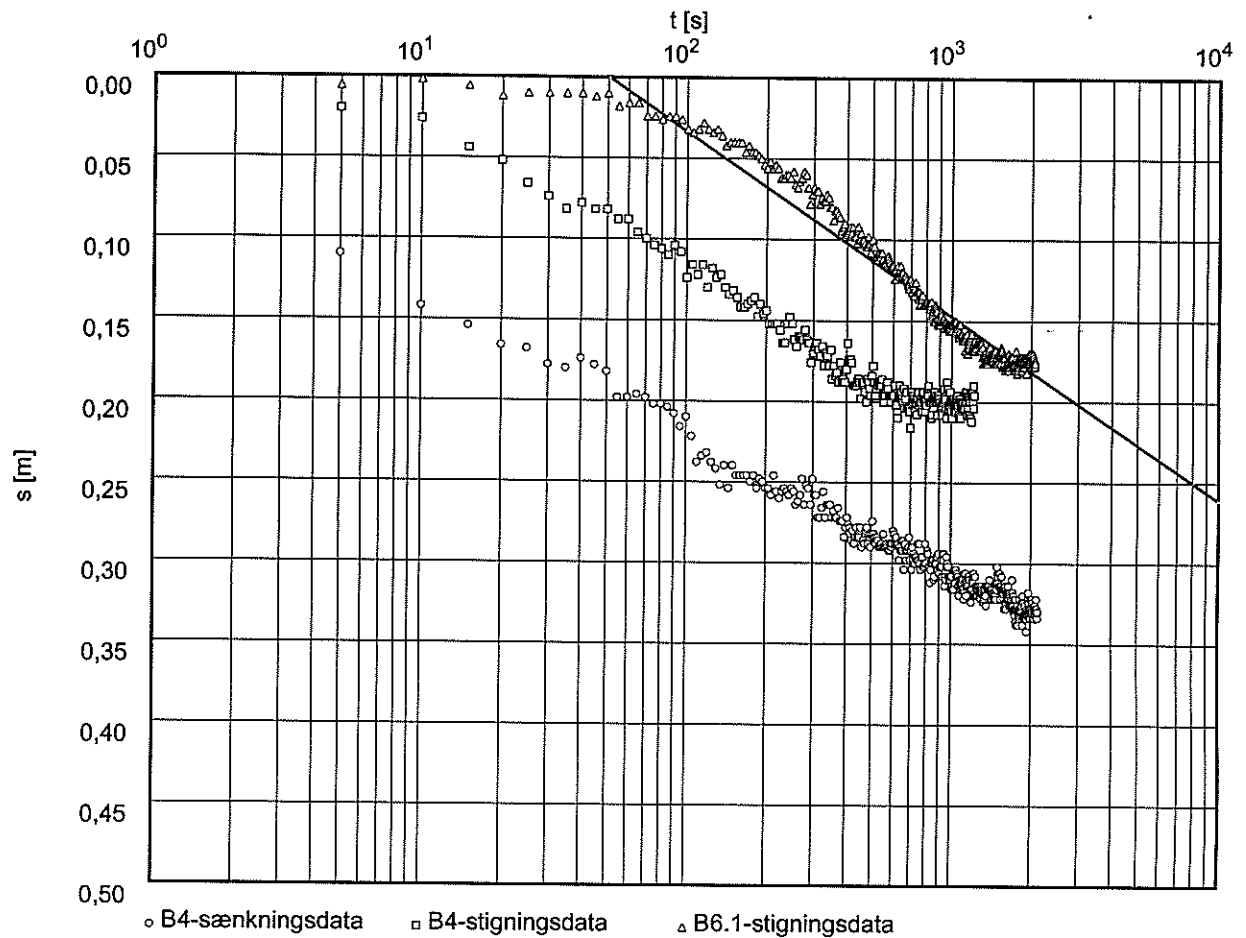
 Hydraulic conductivity [m/s]: $4,82 \times 10^{-6}$

Aquifer thickness [m]: 7,000

 Storativity: $1,44 \times 10^{-4}$

Pumping Test No. 1

Test conducted on: november-december 2003

*B6.1-stigningsdata*Discharge 1,40 m³/dTransmissivity [m²/s]: $2,60 \times 10^{-5}$ Hydraulic conductivity [m/s]: $3,72 \times 10^{-6}$

Aquifer thickness [m]: 7,000

Storativity: $1,84 \times 10^{-2}$

Bilag 6

Analyseblanket

NIRAS

Vestre Havnepromenade 9
9100 Aalborg (postboks)
att.: Torben Haudrup

Registrernr.: 528381
Kundenr.: 81273
Ordrenr.: 425286

Sagsnr.: 03.183.14
Modt. dato.: 2003.11.20
Sidenr.: 1 af 1

ANALYSERAPPORT

Rekvirent.....: NIRAS
Vestre Havnepromenade 9, 9100 Aalborg (postboks)
Prøvested.....: **AMA, Frederikshavn**
Prøvetype.....: Grundvand, 2 prøver
Prøveudtagning...: 2003.11.19
Prøvetager.....: Rekvirenten (THA)
Kundeoplysninger:
Analyseperiode...: 2003.11.20 - 2003.12.12

Prøveforberedelse: Analysen er udført direkte i prøveemballagen.

Prøvemærke: V-B6-2-a V-B6-3-a	Enheder	Detekt. grænse	Metoder	RSD (%)
Aromatiske kulbrinter				
Benzen	<0.20 <0.20 µg/l	0.20	MK2201-GC/FID	10
Toluen	<0.20 <0.20 µg/l	0.20	MK2201-GC/FID	10
Ethylbenzen	<0.20 <0.20 µg/l	0.20	MK2201-GC/FID	10
O-xylen	<0.20 <0.20 µg/l	0.20	MK2201-GC/FID	10
M+P-xylen	<0.20 <0.20 µg/l	0.20	MK2201-GC/FID	10
Kulbrinteblandinger	i.p. i.p. µg/l		MK2201-GC/FID	12
Nitroaromater				
2-amino-4,6-dinitrotoluen	<0.1 4.1 µg/l	0.10	*MK8260-LC/MS	15
4-amino-2,6-dinitrotoluen	<0.1 3.5 µg/l	0.10	*MK8260-LC/MS	15
2,4-dinitrotoluen	<0.2 <0.2 µg/l	0.10	*MK8260-LC/MS	15
1,3,5-trinitrobenzen	<0.5 <0.5 µg/l	0.20	*MK8260-LC/MS	15
2,4,6-trinitrotoluen (TNT)	<0.2 <0.2 µg/l	0.10	*MK8260-LC/MS	15

*Analysekommentarer:

Detektionsgrænsen for kulbrinteblandinger er 5-20 µg/l

Ved analyse for nitroaromater er desuden analyseret for RDX. Identifikations-sikkerheden ved analyse for RDX er væsentligt lavere end for analyse for de øvrige komponenter, fordi den alene er baseret på UV-detektion.

Indhold af RDX:

Prøven mærket V-B6-2-a = < 5 ug/l og prøven mærket V-B6-3-a = 420 ug/l.

*) Ikke omfattet af akkrediteringen.

Tegnforklaring:

< : mindre end. i.p. : ikke påvist.
> : større end. i.m. : ikke målelig.

RSD : Relativ Analyseusikkerhed.

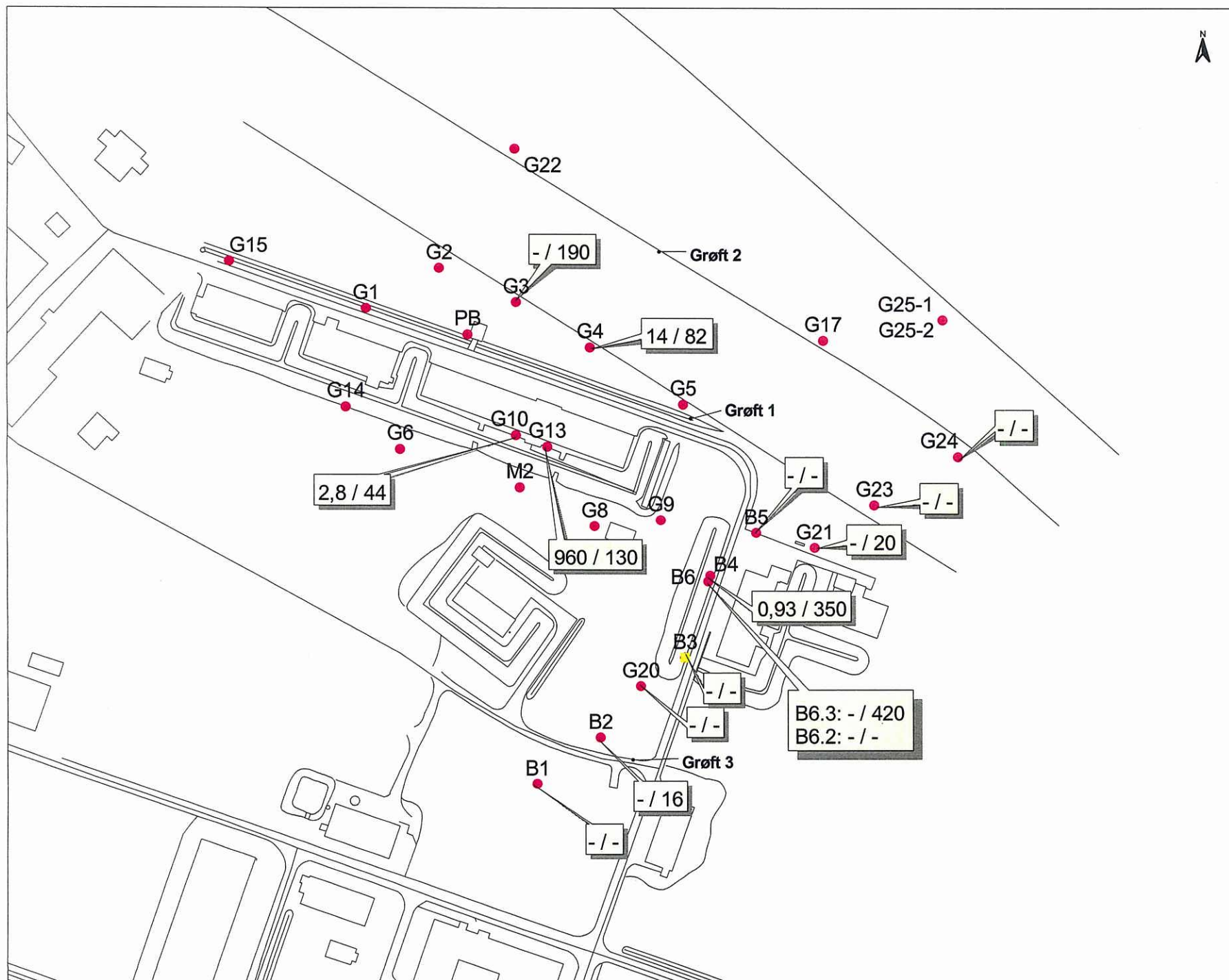
Niran Saleh

den 12. december 2003

Helle Orloff Jensen

Bilag 7

Oversigtskort, koncentrationer i grundvand



Oversigtskort

Koncentrationer
i grundvand

Bilag 7.1

Frederikshavn
Kommune med
markering af
undersøgelsesområde



Tegnforklaring

TNT / RDX
[µg/l]

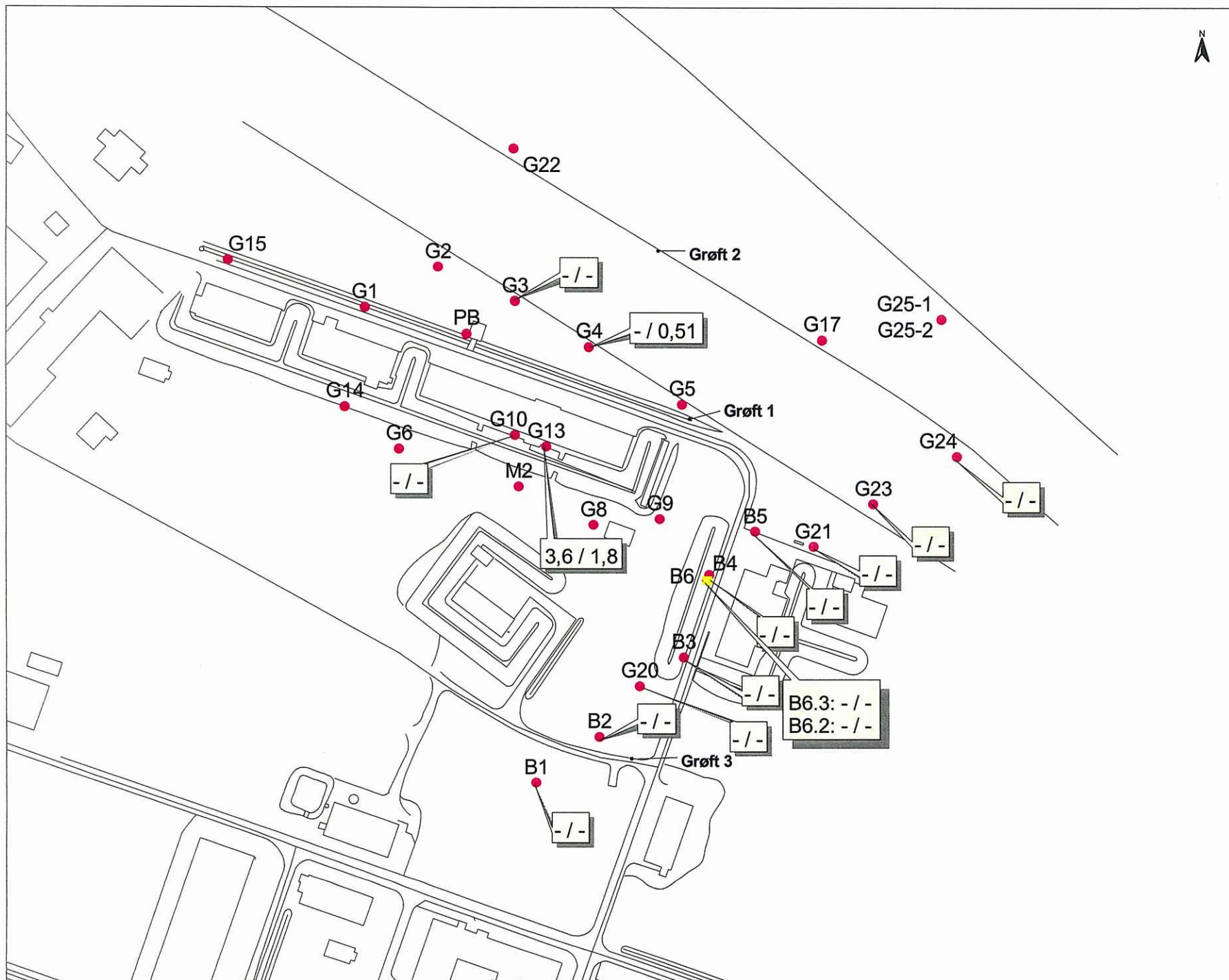
● Boringer

Skala 1:2000

Dato: 18.12.03
Udført: THa
Kontrol: LBM
Godkendt: LBM
G:\sag\03\183.14\
arcview\elling_new.apr



Forsvarets
Bygningstjeneste



Oversigtskort Koncentrationer i grundvand

Bilag 7.2

Frederikshavn
Kommune med
markering af
undersøgelsesområde



Tegnforklaring

1,3,5-trinitrobenzen /
2,4-DNT
[$\mu\text{g/l}$]

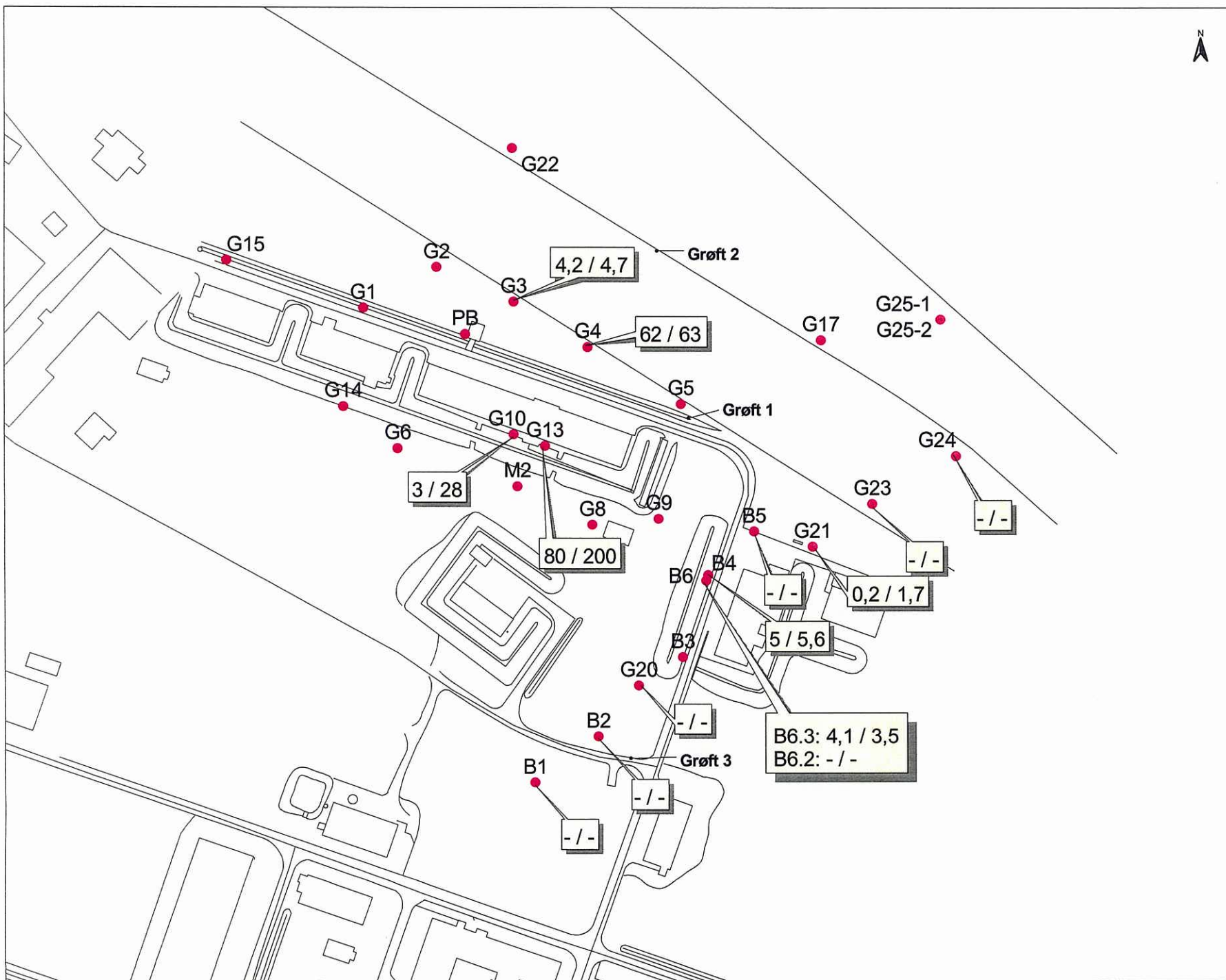
● Boringer

Skala 1:2000

Dato: 18.12.03
Udført: THa
Kontrol: LBM
Godkendt: LBM
G:\sag\03\183.14\
arcviewelling_new.apr



Forsvarets
Bygningstjeneste



Oversigtskort

Koncentrationer
i grundvand

Bilag 7.3

Frederikshavn
Kommune med
markering af
undersøgelsesområde



Tegnforklaring

2-amino-4,6-DNT /
4-amino-2,6-DNT
[µg/l]

● Boringer

Skala 1:2000

Dato: 18.12.03
Udført: THa
Kontrol: LBM
Godkendt: LBM
G:\sagl03\183.14\
arcview\elling_new.apr



Forsvarets
Bygningstjeneste