



Marts 2003

Afgrænsning af grundvands- forurening ved trotylstøberiet

**Forureningsafgrænsning og risikovurde-
ring**

304 Ammunitionsarsenalet Elling

INDHOLDSFORTEGNELSE

1.	INDLEDNING	2
2.	GEOLOGI OG HYDROGEOLOGI.....	4
3.	UDFØRTE UNDERSØGELSER OG ANALYSERESULTATER.....	7
4.	FORURENINGSTILSTAND OG RISIKOVURDERING	11
5.	ANBEFALINGER.....	13
6.	REFERENCER.....	14

BILAGSFORTEGNELSE

- 1: Oversigtskort med placering af boringer
- 2: Vandprøvetagningsskemaer
- 3: Analyserapporter
- 4: Oversigtskort, enkeltindvindere
- 5: Oversigtskort, koncentrationer i grundvand

1. INDLEDNING

Denne rapport er udarbejdet af NIRAS for Forsvarets Bygningstjeneste (FBT) og omfatter en bestemmelse af grundvandsstrømningsretningen ved trotylstøberiet hos Ammunitionsarsenalet i Elling. Rapporten omfatter ligeledes en nedstrøms afgrænsning af den tidligere konstaterede TNT-forurening samt en risikovurdering overfor grundvandsressourcen i området.

Baggrund

Baggrunden for nærværende undersøgelse er, at der ved tidligere undersøgelser er konstateret en TNT-forurening af grundvandet ved trotylstøberiet /ref. 1, 2 og 3/.

I forbindelse med en undersøgelse i 1997 /ref. 1/ blev der konstateret forurening af grundvandet med TNT ved trotylstøberiet. Ud fra laboratoriets chromatogrammer, blev det endvidere sandsynliggjort, at der kunne være nedbrydningsprodukter af TNT og RDX. Der blev på baggrund heraf udarbejdet forslag til acceptkriterier for indhold af TNT og RDX i drikkevand. Resultaterne viste, at der var en overskridelse af det foreslåede acceptkriterium for drikkevand med en faktor 150 /ref. 1/.

Efterfølgende blev der udført en undersøgelse i 1997 der skulle fastlægge forureningsudbredelsen, samt retning og styrke af TNT- og RDX-forureningen /ref. 2/. Der blev ved undersøgelsen konstateret en kraftig forurening i grundvandet med TNT, RDX og to nedbrydningsprodukter af TNT. Forureningen af grundvandet blev kun delvist afgrænset. 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 i grundvandet /ref. 3/. Ved undersøgelsen blev den største koncentration af forureningskomponenter truffet omkring trotylstøberiet. RDX var det hyppigst fundne stof og med de højeste koncentrationer på op til 813 µg/l i M1 umiddelbart nord for trotylstøberiet, jf. bilag 1.

Ved den supplerende undersøgelse blev det vurderet, at forureningen var afgrænset i nordøstlig retning mod tre vandindvindingerne. Det blev konstateret, at forureningen strakte sig mindre end 50 m uden for etablisementet i denne retning og det blev på baggrund heraf vurderet, at forureningen ikke udgør en forureningstrussel overfor ovennævnte vandindvindinger.

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 og de ændrede strømningsforhold, blev det vurderet, at vandindvindinger øst og syd for trotylstøberiet ikke ville blive påvirket af forureningen.

Der er ved de forudgående undersøgelser ikke konstateret en entydig grundvandsstrømningsretning. Den konstaterede forurening omkring trotylstøberiet er derfor ikke afgrænset nedstrøms trotylstøberiet.

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 blev bestemt. Efterfølgende blev der etableret 5 nye monitoringsboringer nedstrøms trotylstøberiet til afgrænsning af den tidligere konstaterede TNT-forurening, jf. /ref. 4/. Hovedkonklusionerne fra den indledende undersøgelse er medtaget i denne rapport.

Formål

Formålet med undersøgelsen er:

- at bestemme grundvandets strømningsretning
- at afgrænse og kvantificere grundvandsforureningen på baggrund af analyse-resultater for TNT, RDX og nedbrydningsprodukter fra udvalgte boringer
- at opstille en risikovurdering overfor grundvandsressourcen i området

2. GEOLOGI OG HYDROGEOLOGI

Geologi

Landskabsgeologien i området ved lokaliteten består af marint forland dannet siden stenalderen. Der er dannet klitlandskab, der 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 potentialelinier fra Nordjyllands Amt er den overordnede grundvandsstrømningsretning i området omkring AMA østsydøst mod Elling Å, jf. /ref. 9/.

Resultaterne fra synkronpejlerunderne i undersøgelsen fra februar 2002 viser samstemmende, at grundvandsstrømningen i det terrænnære grundvandsmagasin er fra vestnordvest mod østsydøst, hvilket stemmer overens med den supplerende undersøgelse i 1997 /ref. 2/, men ikke med undersøgelsen i 1998 /ref. 3/.

Potentialeforholdene viser et varierende billede for de 5 pejlerunder. Der er en tendens til at potentialelinierne fra de første pejlerunder, specielt 2 og 3 centralt er meget buede. 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 en form for opstuvning af vandet. Ved de tidligere undersøgelser er der konstateret siltholdige lag i enkelte borer /ref. 2/.

Forholdet at grøfterne kan være styrende for variationerne underbygges af logdata. 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 ophobning af vand omkring grøften i forbindelse med nedbørshændelser. Det har ikke umiddelbart været muligt at fastslå grøftens videre afstrømningsforhold.

Ud fra logdataene 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, tyder det på, at der er en nedadrettet gradient fra det øvre til det nedre magasin. Trykniveauet er således højere i det øvre end det nedre 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 Forsyning, 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 enkeltindvindere beliggende Skolevangsvej 88, Lomannshaven 31 og Tuenvej 112, jf. oversigtskort i bilag 4 /ref. 8/.

Recipienten for området er Elling Å, der løber umiddelbart syd for området, jf. oversigtskort i bilag 4. Åen er målsat som gyde og yngelopvækstvand for laksefisk (B1) /ref. 6/.

3. UDFØRTE UNDERSØGELSER OG ANALYSERESULTATER

Fastlæggelse af grundvandets strømningsretning

Ved den forudgående undersøgelse i februar 2002 /ref. 4/, blev det ved fem synkronpejlerunder i perioden september 2001 til januar 2002 fundet, at den overordnede grundvandsstrømningsretning i det sekundære grundvandsmagasin er fra vestnordvest mod østsydøst, jf. oversigtskort i bilag 1.

Der blev ved fem synkronpejlerunder endvidere fundet, at der sker en form for opstuvning af vandet omkring grøft 1, der går parallelt med vejen ved bygning 6 og trotylstøberiet, jf. /ref. 4/.

Med henblik på at afgrænse forureningsfanen i grundvandet nedstrøms trotylstøberiet, blev der på baggrund af den konstaterede grundvandsstrømningsretning etableret 5 nye monitoringsboringer (B1-B5) i et tracé vinkelret på grundvandsstrømningsretningen fra sydvest mod nordøst, jf. bilag 1.

Vandprøvetagning

Til verificering af forureningsniveauet i hotspotområdet omkring trotylstøberiet, er der i forbindelse med denne undersøgelse udtaget vandprøver fra boringer, hvor der tidligere er konstateret høje koncentrationer af TNT, RDX og 4-amino-2,6-DNT (A1, MP1, G3, G4, G10 og G13), jf. /ref. 3/. Det har dog ikke været muligt at lokalisere boring A1 og MP1, hvorfor der ikke er udtaget vandprøver fra disse.

Vandprøverne er udtaget den 2. juli 2002 og analyseret for TNT, RDX samt nedbrydningsprodukterne 1,3,5-trinitrobenzen, 2,4-DNT, 2-amino-4,6-DNT og 4-amino-2,6-DNT (DNT=dinitrotoluen).

Til vurdering af forureningsfanens udbredelse er der udtaget vandprøver fra boringerne i traceet nedstrøms trotylstøberiet. Den 2. juli 2002 er der udtaget vandprøver fra boring B2-B5, G20 og G21. Der er efterfølgende den 8. oktober 2002 udtaget vandprøver fra boring B1, G23 og G24. Alle vandprøver er analyseret for TNT, RDX samt nedbrydningsprodukter.

Med henblik på at undersøge en evt. forekomst af xylen i grundvandet i området omkring "Fort West" (ved boring PB), er der ligeledes den 2. juli 2002 udtaget vandprøver fra PB, G3 og G10. Vandprøverne er analyseret for BTEX'er og som en ekstra sikkerhed er de ligeledes analyseret for chlorerede opløsningsmidler.

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

Forløbet af vandprøvetagningerne fremgår af vandprøvetagningsskemaerne i bilag 2.

Det skal bemærkes, at der er konstateret en svag lugt af svovlbrinte samt iltkoncentrationer på 0,1-1,4 mg/l i forbindelse med vandprøvetagningen hvilket indikerer, at der er anaerobe forhold i det sekundære grundvandsmagasin. Dele af grundvandsmagasinet tyder derfor på at have en reduceret vandtype, hvilket måske kan skyldes nedbrydning af organisk materiale i marine aflejringer.

Vandprøver analyseret for BTEX'er og chlorerede opløsningsmidler er sendt til akkrediteret analyse hos AnalyCen A/S, mens vandprøver analyseret for TNT, RDX og nedbrydningsprodukter er analyseret hos Eurofins A/S (ikke akkrediteret analyse). Det har ikke været muligt at finde et laboratorium, der kan foretage en akkrediteret analyse af TNT, RDX og nedbrydningsprodukter.

Analyseresultater

Samtlige analyseresultater af vandprøvetagningerne den 2. juli og 8. oktober 2002 fremgår af tabel 1 og 2 samt bilag 3.

Analyseresultaterne for TNT, RDX og nedbrydningsprodukter fremgår ligeledes af tre oversigtskort i bilag 5.1-5.3.

Analyseresultaterne for TNT og RDX er sammenholdt med de opstillede acceptkriterier i /ref. 1/ for TNT og RDX på hhv. 1 og 0,35.

Boringsnummer	Udtag- ningsdato	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				
G3	2/7-02	-	190	-	4,2	4,7	-
G4	2/7-02	14	82	-	62	63	0,51
G10	2/7-02	2,8	44	-	3,0	28	-
G13	2/7-02	960	130	3,6	80	200	1,8
B1	8/10-02	-	-	-	-	-	-
B2	2/7-02	-	16	-	-	-	-
B3	2/7-02	-	-	-	-	-	-
B4	2/7-02	0,93	350	-	5,0	5,6	-
B5	2/7-02	-	-	-	-	-	-
G20	2/7-02	-	-	-	-	-	-
G21	2/7-02	-	20	-	0,2	1,7	-
G23	8/10-02	-	-	-	-	-	-
G24	8/10-02	-	-	-	-	-	-

* Opstillet acceptkriterium for drikkevand /ref. 1/.

- Under detektionsgrænsen.

■ Overskridelse af opstillet drikkevandskriterium.

Tabel 1: Analyseresultater af vandprøver analyseret for TNT, RDX og nedbrydningsprodukter udtaget den 2. juli og 8. oktober 2002 fra udvalgte boringer.

Boringsnummer	PB*	G3*	G10	Detektionsgrænse	Drikkvandskriterium ¹⁾
Udtagningsdato	2/7-02	2/7-02	2/7-02		
BTEX'er, µg/l					
Benzen	<0,2	<0,2	<0,2	0,1	1
Toluen	<0,2	<0,2	<0,2	0,1	5
Ethylbenzen	<0,2	5,5	<0,2	0,1	
M+P-xylen	<0,2	1,8	<0,2	0,1	5 ²⁾
O-xylen	0,29	0,42	0,22	0,1	
Chl. opl. midler, µg/l					
Trichlormethan	<0,04	<0,04	<0,02	0,02	1 ³⁾
1,1,1-trichlorethan	<0,04	<0,04	<0,02	0,02	
Tetrachlormethan	<0,04	<0,04	<0,02	0,02	
Trichlorethylen	<0,04	<0,04	0,052	0,02	
Tetrachlorethylen	<0,04	<0,04	<0,02	0,02	

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

1) Kvalitetskriterium for grundvand /ref. 5/.

2) Sum af xylener /ref. 5/.

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

 Overskridelse af drikkevandskriterium.

Tabel 2: Analyseresultater af vandprøver analyseret for BTEX'er og chlorerede opløsningsmidler udtaget den 2. juli 2002 fra borerne PB, G3 og G10.

4. **FORURENINGSTILSTAND OG RISIKOVURDERING**

I forbindelse med den tidligere undersøgelse på Ammunitionsarsenalet /ref. 1/ er der beregnet og opstillet acceptkriterier for drikkevand for TNT og RDX på hhv. 1 og 0,35 µg/l. Der er ikke opstillet acceptkriterier for nedbrydningsprodukter i drikkevand, hvorfor disse i det efterfølgende ikke indgår i risikovurderingen overfor grundvandsressourcen.

De opstillede acceptkriterier for TNT og RDX benyttes i det efterfølgende til en 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 TNT, RDX og nedbrydningsprodukter er konstateret centralt omkring trotylstøberiet i borerne G3, G4, G10 og G13. Her er der konstateret TNT og RDX på op til hhv. 960 og 190 µg/l, hvilket er en overskridelse af de opstillede acceptkriterier på hhv. en faktor 1.000 og 500. Der er endvidere konstateret nedbrydningsprodukter på op til 200 µg/l.

Det kan således konkluderes, at der lokalt i området omkring trotylstøberiet er påvist TNT- og RDX-koncentrationer væsentligt over det opstillede acceptkriterium for drikkevand, som vurderes at udgøre et problem for grundvandsressourcen lokalt i området.

Som det fremgår af tabel 2, er der konstateret meget begrænsede indhold af BTEX'er og intet indhold af chlorerede opløsningsmidler i de tre centralt beliggende borer PB, G3 og G10 omkring det tidligere "Fort West". De konstaterede koncentrationer er alle under Miljøstyrelsens drikkevandskriterium, og vurderes derfor ikke at udgøre et problem for grundvandsressourcen i området.

Nedstrøms trotylstøberiet

Grundvandets strømningshastighed er i /ref. 3/ vurderet til at være mellem 15 og 50 m pr. år. Den overordnede grundvandsstrømningsretning i området omkring trotylstøberiet er fra vestnordvest mod østsydøst.

Nedbrydning af TNT og RDX i jord og grundvand kan forekomme, men RDX nedbrydes hovedsageligt 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. 3/.

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 der sker en naturlig nedbrydning af RDX /ref. 3/.

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

Der i to centralt beliggende boringer B4 og G21 i det nedstrøms boringstrace konstateret indhold af TNT og RDX på hhv. 0,93 og 350 µg/l, hvilket er en overskridelse af acceptkriteriet for RDX med en faktor 1.000. Den høje koncentration af RDX indikerer, at der ikke er sket en væsentlig nedbrydning 100 m nedstrøms trotylstøberiet. TNT overskrider ikke acceptkriteriet på 1 µg/l. Der er endvidere konstateret nedbrydningsprodukter på op til 5,6 µg/l.

I den sydligere beliggende boring B2 i boringstraceet er der konstateret et indhold af RDX på 16 µg/l, hvilket er en overskridelse af acceptkriteriet med en faktor 45.

Det kan konkluderes at den konstaterede forurening omkring trotylstøberiet ikke er afgrænset i et tracé ca. 100 m nedstrøms trotylstøberiet. Det kan endvidere ikke afvises, at den konstaterede forurening har spredt sig yderligere nedstrøms boringstraceet.

Det kan derfor ikke afvises, at forureningen på længere sigt kan spredes nedstrøms Ammunitionsarsenalets område og dermed udgøre en risiko for nedstrømsliggende enkeltindvinder, herunder specielt Tuenvej 112, jf. bilag 4.

5. ANBEFALINGER

Da den konstaterede forurening ved trotylstøberiet ikke er afgrænset ca. 100 m nedstrøms anbefales det, at der etableres et boringstracé yderligere vinkelret på strømningsretningen i større afstand fra trotylstøberiet. Herved kan forureningsfanen ved grænsen til AMA's område overvåges og der kan udarbejdes en risikovurdering overfor enkeltindvindere samt grundvandsressourcen i området.

Det anbefales således at udføre et boringstracé bestående af 4-6 boringer ca. 450 meter nedstrøms trotylstøberiet ved grænsen til AMA's område. Boringerne placeres inde på AMA's område ved det afgrænsende hegn på den østligste del af området.

Det anbefales inden etablering af boringstraceet, at supplere med en simpel prøvepumpning til bestemmelse af transmissiviteten i magasinet, for herved at kunne bestemme grundvandsstrømningshastigheden mere præcist, da den har betydning for både den horisontale og vertikale udbredelse af forureningsfanen. En boring centralt i forureningsfanen kan eventuelt overvejes filtersat i flere niveauer med henblik på dokumentation af den vertikale forureningsspredning.

På baggrund heraf kan den endelige placering samt antal og udformning af boringerne fastlægges.

Med henblik på opstilling af en risikovurdering for nedbrydningsprodukter fra TNT og RDX overfor grundvandsressourcen anbefales det, at der laves en supplerende litteraturgennemgang for nyere viden inden for området.

Det anbefales ligeledes, at undersøge muligheden for at opnå en acceptabel detektionsgrænse for RDX, der på nuværende tidspunkt er 5 µg/l til under det opstillede accepkriterium på 0,35 µg/l.

6. REFERENCER

- /ref. 1/ Trotylstøberi, Elling Frederikshavn kommune. Indledende forurningsundersøgelse. Forsvarets Bygningstjeneste. Nellemann, Nielsen & Rauschenberger A/S. Februar 1997.
- /ref. 2/ 304 AMA Elling. Supplerende undersøgelser af TNT-forurening i grundvandet ved trotylstøberiet. Forsvarets Bygningstjeneste. Hedeselskabet. September 1997.
- /ref. 3/ Supplerende undersøgelse af TNT-forurening i grundvandet. 304 AMA Elling. Forsvarets Bygningstjeneste. Hedeselskabet. Juli 1998.
- /ref. 4/ 304 Ammunitionsarsenalet Elling. Afgrænsning af grundvandsforurening ved trotylstøberiet. Fase 1, fastlæggelse af grundvandets strømningsretning. Forsvarets Bygningstjeneste. NIRAS. Februar 2002.
- /ref. 5/ Vejledning fra Miljøstyrelsen. Vejledning nr. 6, 1998. Oprydning på forurenede lokaliteter.
- /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.

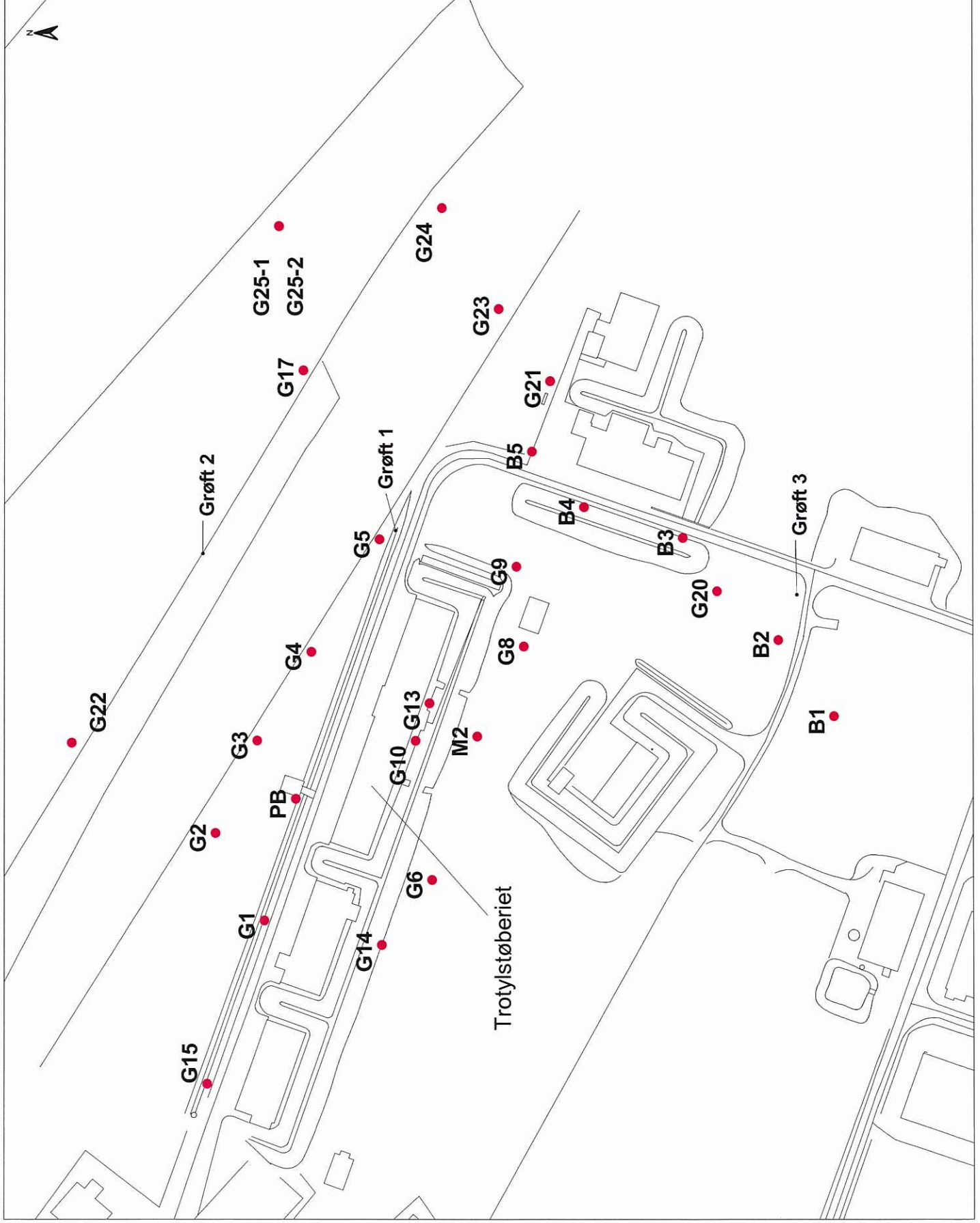
Bilag 1

Oversigtskort med placering af boringer

Boringer

Frederikshavn
Kommune med
markering af
undersøgelsesø

Dato: 4.3.03

Forsvarets
Bygningstjeneste

Bilag 2

Vandprøvetagningsskemaer

VANDPRØVETAGNING

NIRAS

SIDE 1 AF 2

Sagsnavn:	FBT: Verificering og afgrænsning, AMA	Sags nr.:	02.186.20
Sagsleder:	THa	Dato:	02-07-02
Rekvirentens navn:	NIRAS	Prøvetager:	THa
Rekvirentens adresse:	NIRAS		

UNDERSØGELSESMÅL

Undersøgelsesformål:		Pumpevalg:	Whole
Analyseparametre:	chl. opl. nll + TNT + ROX + 2 div 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.	
PB	3.15.22	—	—	N ₃	PE	N ₃	
G3		DB		N ₃	PE	N ₃	
G4		G3		PB		PB	
G10		G4		G4		G4	
G13		G10		G3		G3	

VANDPRØVE

Boring			Vandprøve			Bemærkninger (Klarhed/Udfældning, Farve/Lugt, Filtrering/Konservering)
V-boring-filter-a,b,...	Dimension (mm)	Rovandspejl (m u.MP)	Forpumpning (liter)	Tidspunkt	Provmængde (liter)	
PB	63	1,795	148	10:17	2	Gult, smalt bristeligt chl. + BTEX
G3	63	1,46	110	10:42	4	serøst gult, i lugt chl. + BTEX + TNT + div
G4	63	1,32	173	11:20	2	do, do chl. + BTEX
G10	63	2,055	150	12:00	4	do, do chl. + BTEX TNT + div
G13	63	2,19	180	12:15	2	gult, do TNT + div

ANALYSE

Laboratorium:	Miljøphemi + AnalyCen (chl. opl. nll + BTEX)	Rekvision udfyldt:	ja ☒
Kontaktperson:			nej ☐

VANDPRØVETAGNING

NIRAS

SIDE 2 AF 2

Sagsnavn:	FBT: Verificering og afgrænsning, AMA	Sags nr.:	02.186.20
Sagsleder:	THa	Dato:	02-07-02
Rekvirentens navn:	NIRAS	Prøvetager:	THa
Rekvirentens adresse:	NIRAS		

FELTMÅLING

Boring V-boring-filter-a,b...	Vand- spejl (m u.MP)	Tid (Start/min)	Flow (l/min.)	Lednings- evne (mS/m)	Tempe- ratur (°C)	Feltmåling			Bemærkninger
						Redox (mV)	pH	Ilt (mg/l)	
PB	1,795	9:40	4						
	2,25	10:00	4	0,421	10,6	-127	6,78	0,27	
	dc	10:07	4	0,411	10,6	-142	6,59	0,23	
	dc	10:17	4	0,393	10,4	-147	6,52	0,21	prøve udtaget.
G3	1,46	10:20	5						
	1,860	10:36	5	0,195	9,6	-29	5,25	0,52	
	dc	10:42	5	0,195	9,6	-46	5,03	0,51	prøve udtaget.
G4	1,32	10:25	3						
	1,60	10:47	3	0,121	10,0	73	5,72	0,16	
	dc	10:16	5	0,192	9,7	67	5,91	0,18	
	dc	11:20	5	0,193	9,7	68	5,85	0,13	prøve udtaget.
G10	2,55	11:30							
	2,51	11:49	5	0,182	12,8	75	6,27	0,34	
	dc	12:00	5	0,185	13,0	72	6,29	0,30	prøve udtaget.
G13	2,19	11:30	4						
	2,51	12:05	4	0,273	13,2	-25	6,67	0,35	
	dc	12:15	4	0,275	13,3	-51	6,74	0,41	prøve udtaget.

VANDPRØVETAGNING

NIRAS

SIDE 1 AF 2

Sagsnavn:	FBT: Verificering og afgrænsning, AMA	Sags nr.:	02.186.20
Sagsleder:	THa	Dato:	02-07-02
Rekvirentens navn:	NIRAS	Prøvetager:	THa
Rekvirentens adresse:	NIRAS		

UNDERSØGELSESMÅL

Undersøgelsesformål:	Pumpevalg: <i>Whole</i>
Analyseparametre: <i>Ca TANT + RbX + div</i>	Slangevalg: <i>PE</i>

UDSTYR

Boring	Pejl		Pumpe		Slange		Bemærkninger
	V-boring-filter-a,b,...	Udstyrsnummer	Sidst anvendt i boring nr.	Udstyrsnummer	Sidst anvendt i boring nr.	Materiale	
B5		31522	G13	—	G10	PE	
G21			B5		G13		
B4			G21		B5		
B3			B4		G21		
G20			B3		B4		
B2			G20		B3		

VANDPRØVE

Boring			Vandprøve			Bemærkninger
V-boring-filter-a,b,...	Dimension (mm)	Rovandspejl (m u.MP)	Forpumpning (liter)	Tidspunkt	Prøvemængde (liter)	(Klædet/Udfældning, Farve/Lugt, Filtrering/Konservering)
B5	63	1,805	140	13:00	2	smukt gult, 1. lugt
G21	63	1,60	228	13:13	2	do, do
B4	63	2,49	156	13:44	2	blødt, 1. lugt
B3	63	2,405	215	13:58	2	blødt, 1. lugt.
G20	63	0,95	132	14:28	2	smukt gult, 1. lugt.
B2	63	2,23	162	14:41	2	do, do

ANALYSE

Laboratorium: <i>Miljøkemi</i>	Rekvirition udfyldt: ja ☒
Kontaktperson:	nej ☐

VANDPRØVETAGNING



SIDE 2 AF 2

Sagsnavn:	FBT: Verificering og afgrænsning, AMA	Sags nr.:	02.186.20
Sagsleder:	THa	Dato:	02-07-02
Rekvirentens navn:	NIRAS	Prøvetager:	THa
Rekvirentens adresse:	NIRAS		

FELTMÅLING

Boring V-boring-filter-a,b...	Vand- spejl (m u.MP)	Tid (Start/min)	Flow (l/min.)	Lednings- evne (mS/m)	Tempe- ratur (°C)	Feltmåling			Bemærkninger
						Redox (mV)	pH	Ilt (mg/l)	
B5	1,85	12:20	3,5						
	2,30	12:50	3,5	0,707	13,4	108	5,68	0,42	
	do	13:00	do	0,708	13,3	111	5,65	0,41	prøve udtaget
G21	1,60	12:20	4						
	2,55	13:08	4	0,318	11,2	133	5,58	1,41	
	do	13:13	4	0,319	11,2	135	5,57	1,41	prøve udtaget
B4	2,49	13:05	4						
	3,16	13:38	4	0,148	11,9	173	5,07	0,37	
	do	13:44	do	0,148	11,8	183	5,05	0,28	prøve udtaget
B3	2,405	13:15	5						
	3,53	13:50	5	0,129	10,2	118	5,25	1,27	
	do	13:58	5	0,190	10,2	104	5,27	1,25	prøve udtaget
G20	0,95	13:55	4						
	1,49	14:15	4	0,181	9,6	7	4,32	0,93	
	do	14:21	4	0,180	9,4	-22	4,23	0,40	
	do	14:28	4	0,181	9,3	-34	4,22	0,34	prøve udtaget
B2	2,23	14:05	4,5						
	3,21	14:35	4,5	0,241	10,1	4	4,28	0,48	
	do	14:41	4,5	0,241	10,0	-13	4,34	0,46	prøve udtaget

VANDPRØVETAGNING



SIDE 1 AF 2

Sagsnavn:	FBT: Verificering og afgrænsning, AMA	Sags nr.:	02.186.20
Sagsleder:	THa	Dato:	08-10-02
Rekvirentens navn:	NIRAS	Prøvetager:	THa
Rekvirentens adresse:	NIRAS		

UNDERSØGELSESMÅL

Undersøgelsesformål:	Pumpevalg: <i>whole</i>
Analyseparametre: <i>TNT, RDX, + nedbrydningsprodukter</i>	Slangevalg: <i>PE</i>

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.	
<i>B1</i>	<i>3.15.22</i>	<i>—</i>	<i>—</i>	<i>Ny</i>	<i>PE</i>	<i>Ny</i>	
<i>G24</i>	<i>do</i>	<i>B1</i>	<i>—</i>	<i>B1</i>	<i>do</i>	<i>B1</i>	
<i>G23</i>	<i>do</i>	<i>G24</i>	<i>—</i>	<i>Ny</i>	<i>do</i>	<i>Ny</i>	

VANDPRØVE

Boring			Vandprøve			Bemærkninger
V-boring-filter-a,b,...	Dimension (mm)	Rovandspejl (m u.MP)	Forpumpning (liter)	Tidspunkt	Prøvemængde (liter)	
<i>B1</i>	<i>63</i>	<i>1,685</i>	<i>320</i>	<i>11:10</i>	<i>1</i>	<i>Gulvigt, sort bristet glas</i>
<i>G24</i>	<i>63</i>	<i>0,825</i>	<i>200</i>	<i>12:20</i>	<i>1</i>	<i>do, do.</i>
<i>G23</i>	<i>63</i>	<i>0,685</i>	<i>220</i>	<i>12:40</i>	<i>1</i>	<i>do, do.</i>

ANALYSE

Laboratorium:	Rekvission udfyldt: ja ☒
Kontaktperson:	nej ☐

NIRAS

Sagsnavn:	FBT: Verificering og afgrænsning, AMA	Sags nr.:	02.186.20
Sagsleder:	THa	Dato:	08-10-02
Rekvirentens navn:	NIRAS	Prøvetager:	THa
Rekvirentens adresse:	NIRAS		

Boring	Vand- spejl (m u.MP)	Tid (Start/min)	Flow (l/min.)	Feltmåling					Bemærkninger
				Lednings- evne (mS/cm)	Tempe- ratur (°C)	Redox (mV)	pH	ilt (mg/l)	
B1	1,675	9:50	4						
	2,41	10:45	4	0,490	10,8	56	4,77	0,30	
	2,35	11:00	4	0,500	10,8	34	4,64	0,24	
	do.	11:10	4	0,490	10,8	29	4,53	0,19	prøve udtaget.
G24	0,225	11:30	4						
	1,44	11:45	4						
	1,42	12:10	4	0,234	11,1	-109	6,09	0,19	
	1,42	12:20	4	0,235	11,2	-109	6,09	0,19	prøve udtaget.
G23	0,685	11:45	4						
	1,39	12:22	4	0,528	11,7	-90	6,54	0,22	
	do	12:30	4	0,519	11,8	-124	6,71	0,15	
	do.	12:40	4	0,510	11,8	-126	6,70	0,14	prøve udtaget

Bilag 3

Analysrapporter

Analysereport

Nitroaromater i vand

August 2002

Rekvirent: **Niras**
Torben Haudrup
Vestre Havnepromenade 9
9000 Aalborg

Dato: 7. august 2002

Udført af: Eurofins Danmark A/S
Holsbjergvej 42, DK-2620 Albertslund


Benny Køppen
lic.pharm.


Yvonne Simonsen
sektionsleder

Undersøgelsen er rekvireret af Niras ved Torben Haudrup.

Prøvemateriale

Laboratoriet har den 4. juli 2002 modtaget 10 vandprøver. Prøverne var emballeret i laboratoriets udglødede glasflasker.

Prøverne var mærket:

- B 2
- ✓ • B 3
- ✓ • B 4
- ✓ • B 5
- ✓ • G 20
- ✓ • G 21
- ✓ • G 3
- ✓ • G 4
- ✓ • G 10
- ✓ • G 13

Prøverne er opbevaret ved 4°C indtil analyse.

Analyserne er udført i perioden 15.07.2002 - 31.07.2002.

Analysemetoder

Nitroaromater i vand, MK-8260

Princip:

Vandprøven pH justeres og ekstraheres ved fast fase ekstraktion (SPE). Ekstraktet analyseres ved væskekromatografi med kombineret ultraviolet spektrofotometrisk og massespektrometrisk detektor (LC-UV/MS).

Analysemetoden omfatter komponenterne TNT (2,4,6-trinitrotoluen), 1,3,5-trinitrobenzen, 2,4-dinitrotoluen, 2-amino-4,6-dinitrotoluen og 4-amino-2,6-dinitrotoluen.

Andre nitroaromater, f.eks. RDX (hexahydro-1,3,5-trinitro-1,3,5-triazin), kan medtages i analysen, men identifikationssikkerheden er væsentligt mindre end for de øvrige komponenter, fordi identifikationen udelukkende er baseret på UV-detektion.

Analyseusikkerhed:

RSD 15 – 20 %, ved værdier mindre end 10 gange metodens detektionsgrænse dog op til 50%.

Resultater

Vandprøver

Enhed: µg/l	Prøvemærkningg		Detektions- grænse
	B 2	B 3	
LC-UV/MS metode:			
1,3,5-trinitrobenzen	-	-	0,5
2-amino-4,6-dinitrotoluen	-	-	0,2
4-amino-2,6-dinitrotoluen	-	-	0,2
2,4-dinitrotoluen	-	-	0,2
TNT	-	-	0,2
LC-UV metode:			
RDX*)	16	-	5

:- Mindre end den angivne detektionsgrænse.

*) Kun vejledende resultat. Ikke bekræftet ved MS-detektion

Vandprøver

Enhed: µg/l	Prøvemærkningg		Detektions- grænse
	B 4	B 5	
LC-UV/MS metode:			
1,3,5-trinitrobenzen	-	-	0,5
2-amino-4,6-dinitrotoluen	5,0	-	0,2
4-amino-2,6-dinitrotoluen	5,6	-	0,2
2,4-dinitrotoluen	-	-	0,2
TNT	0,93	-	0,2
LC-UV metode:			
RDX*)	350	-	5

:- Mindre end den angivne detektionsgrænse.

*) Kun vejledende resultat. Ikke bekræftet ved MS-detektion

Resultater (fortsat)

Vandprøver

Enhed: µg/l	Prøvemærkningg		Detektions- grænse
	G 20	G 21	
LC-UV/MS metode:			
1,3,5-trinitrobenzen	-	-	0,5
2-amino-4,6-dinitrotoluen	-	0,2	0,2
4-amino-2,6-dinitrotoluen	-	1,7	0,2
2,4-dinitrotoluen	-	-	0,2
TNT	-	-	0,2
LC-UV metode:			
RDX*)	-	20	5

-: Mindre end den angivne detektionsgrænse.

*) Kun vejledende resultat. Ikke bekræftet ved MS-detektion

Vandprøver

Enhed: µg/l	Prøvemærkningg		Detektions- grænse
	G 3	G 4	
LC-UV/MS metode:			
1,3,5-trinitrobenzen	-	-	0,5
2-amino-4,6-dinitrotoluen	4,2	62	0,2
4-amino-2,6-dinitrotoluen	4,7	63	0,2
2,4-dinitrotoluen	-	0,51	0,2
TNT	-	14	0,2
LC-UV metode:			
RDX*)	190	82	5

-: Mindre end den angivne detektionsgrænse.

*) Kun vejledende resultat. Ikke bekræftet ved MS-detektion

Resultater (fortsat)

Vandprøver

Enhed: µg/l	Prøvemærkningg		Detektions- grænse
	G10	G 13	
LC-UV/MS metode:			
1,3,5-trinitrobenzen	-	3,6	0,5
2-amino-4,6-dinitrotoluen	3,0	80	0,2
4-amino-2,6-dinitrotoluen	28	200	0,2
2,4-dinitrotoluen	-	1,8	0,2
TNT	2,8	960	0,2
LC-UV metode:			
RDX*)	44	130	5

:- Mindre end den angivne detektionsgrænse.

*) Kun vejledende resultat. Ikke bekræftet ved MS-detektion

Analysereport

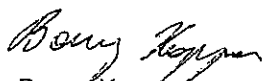
Nitroaromater i vand

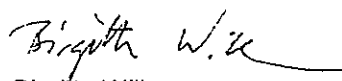
November 2002

Rekvirent: Niras
Torben Haudrup
Vestre Havnepromenade 9
9000 Aalborg

Dato: 6. november 2002

Udført af: Eurofins Danmark A/S
Holsbjergvej 42, DK-2620 Albertslund


Benny Køppen
lic.pharm.


Birgitte Willumsen
akademiingeniør, M.Sc.

Undersøgelsen er rekvireret af Niras ved Torben Haudrup.

Prøvemateriale

Laboratoriet har den 15. oktober 2002 modtaget 3 vandprøver. Prøverne var emballeret i laboratoriets udglødede glasflasker.

Prøverne var mærket:

- ✓ • B 1
- ✓ • G 23
- ✓ • G 24

Prøverne er opbevaret ved 4°C indtil analyse.

Analyserne er udført i perioden 15.10.2002 - 01.11.2002.

Analysemetoder

Nitroaromater i vand, MK-8260

Princip:

Vandprøven pH justeres og ekstraheres ved fast fase ekstraktion (SPE). Ekstraktet analyseres ved væskekromatografi med kombineret ultraviolet spektrofotometrisk og massespektrometrisk detektor (LC-UV/MS).

Analysemetoden omfatter komponenterne TNT (2,4,6-trinitrotoluen), 1,3,5-trinitrobenzen, 2,4-dinitrotoluen, 2-amino-4,6-dinitrotoluen og 4-amino-2,6-dinitrotoluen.

Andre nitroaromater, f.eks. RDX (hexahydro-1,3,5-trinitro-1,3,5-triazin), kan medtages i analysen, men identifikationssikkerheden er væsentligt mindre end for de øvrige komponenter, fordi identifikationen udelukkende er baseret på UV-detektion.

Analyseusikkerhed:

RSD 15 – 20 %, ved værdier mindre end 10 gange metodens detektionsgrænse dog op til 50%.

Resultater

Vandprøver

Enhed: µg/l	Prøvemærkning		Detektions- grænse
	B 1	G 23	
LC-UV/MS metode:			
1,3,5-trinitrobenzen	-	-	0,5
2-amino-4,6-dinitrotoluen	-	-	0,2
4-amino-2,6-dinitrotoluen	-	-	0,2
2,4-dinitrotoluen	-	-	0,2
TNT	-	-	0,2
LC-UV metode:			
RDX*)	-	-	5

-: Mindre end den angivne detektionsgrænse.

*) Kun vejledende resultat. Ikke bekræftet ved MS-detektion.

Vandprøver

Enhed: µg/l	Prøvemærkning		Detektions- grænse
	G 24		
LC-UV/MS metode:			
1,3,5-trinitrobenzen	-		0,5
2-amino-4,6-dinitrotoluen	-		0,2
4-amino-2,6-dinitrotoluen	-		0,2
2,4-dinitrotoluen	-		0,2
TNT	-		0,2
LC-UV metode:			
RDX*)	-		5

-: Mindre end den angivne detektionsgrænse.

*) Kun vejledende resultat. Ikke bekræftet ved MS-detektion.

NIRAS
Vestre Havnepromenade 9
Postboks 119
9100 Aalborg
Att: THa

Journal nr.:
G202-07742
Side 1 af 1
04.07.2002 KAH
Direkte telefon til laboratoriet: 79 24 72 06

Vesterballevej 4 . DK-7000 Fredericia
Tlf. (+45) 75 94 50 30, fax (+45) 75 94 50 37

www.analycen.dk

Undersøgelse af Vand

Kunde sagnr: 02.186.02
Kunde sagnavn: AMA, Elling
Prøve modtaget: 03.07.2002 08:14
Analyse påbegyndt: 03.07.2002
Analyse afsluttet: 04.07.2002

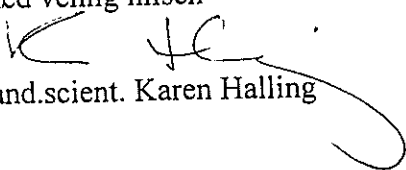
Løbenummer:
Prøve ID:

01 02 03
PB G3 G10

Undersøgelser	Metode	CV%	DL	Enhed	Resultater		
Benzen	KG.1A		0,1	µg/l	<0,2	<0,2	<0,2
Toluen	KG.1A		0,1	µg/l	<0,2	<0,2	<0,2
Ethylbenzen	KG.1A		0,1	µg/l	<0,2	5,5	<0,2
M+P-xylene	KG.1A		0,1	µg/l	<0,2	1,8	<0,2
O-xylene	KG.1A		0,1	µg/l	0,29	0,42	0,22
Trichlormethan	KG.3		0,02	µg/l	<0,04	<0,04	<0,02
1,1,1-Trichlorethan	KG.3		0,02	µg/l	<0,04	<0,04	<0,02
Tetrachlormethan	KG.3		0,02	µg/l	<0,04	<0,04	<0,02
Trichlorethylen	KG.3		0,02	µg/l	<0,04	<0,04	0,052
Tetrachlorethylen	KG.3		0,02	µg/l	<0,04	<0,04	<0,02

Detektionsgrænsen er forhøjet på grund af emulsion ved prøveforbehandling.
Analysen er udført på vandfasen over sedimenteret prøve.
Identiteten af enkeltkomponenter, bestemt ved GC-FID-analyse, er baseret på stoffernes retentionstid.

Med venlig hilsen

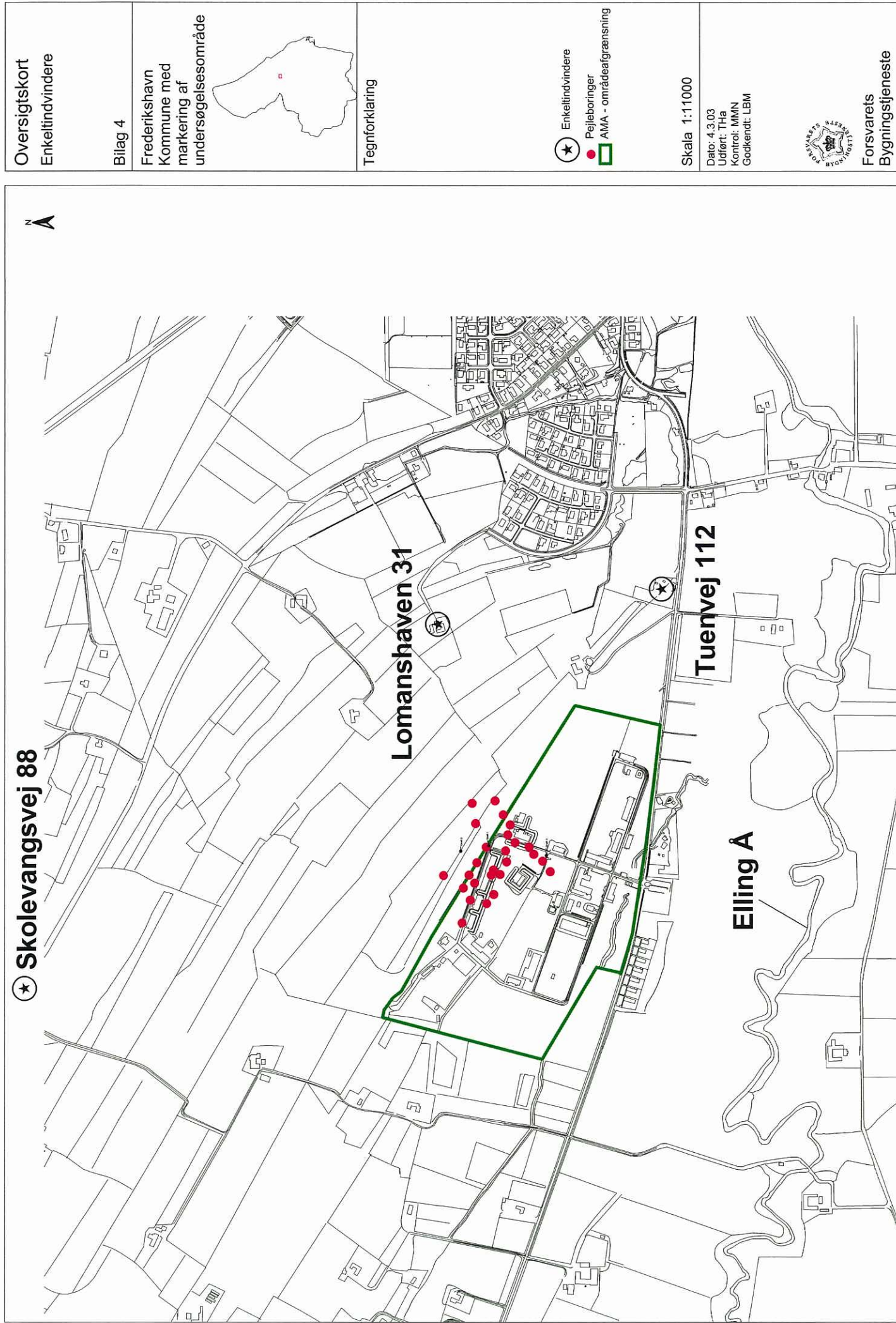

cand.scient. Karen Halling

CV%: Måleusikkerhed DL: Detektionsgrænse

Analysereporten vedrører kun det prøvede emne. Analyserapporten må ikke gengives undtagen i sin helhed.

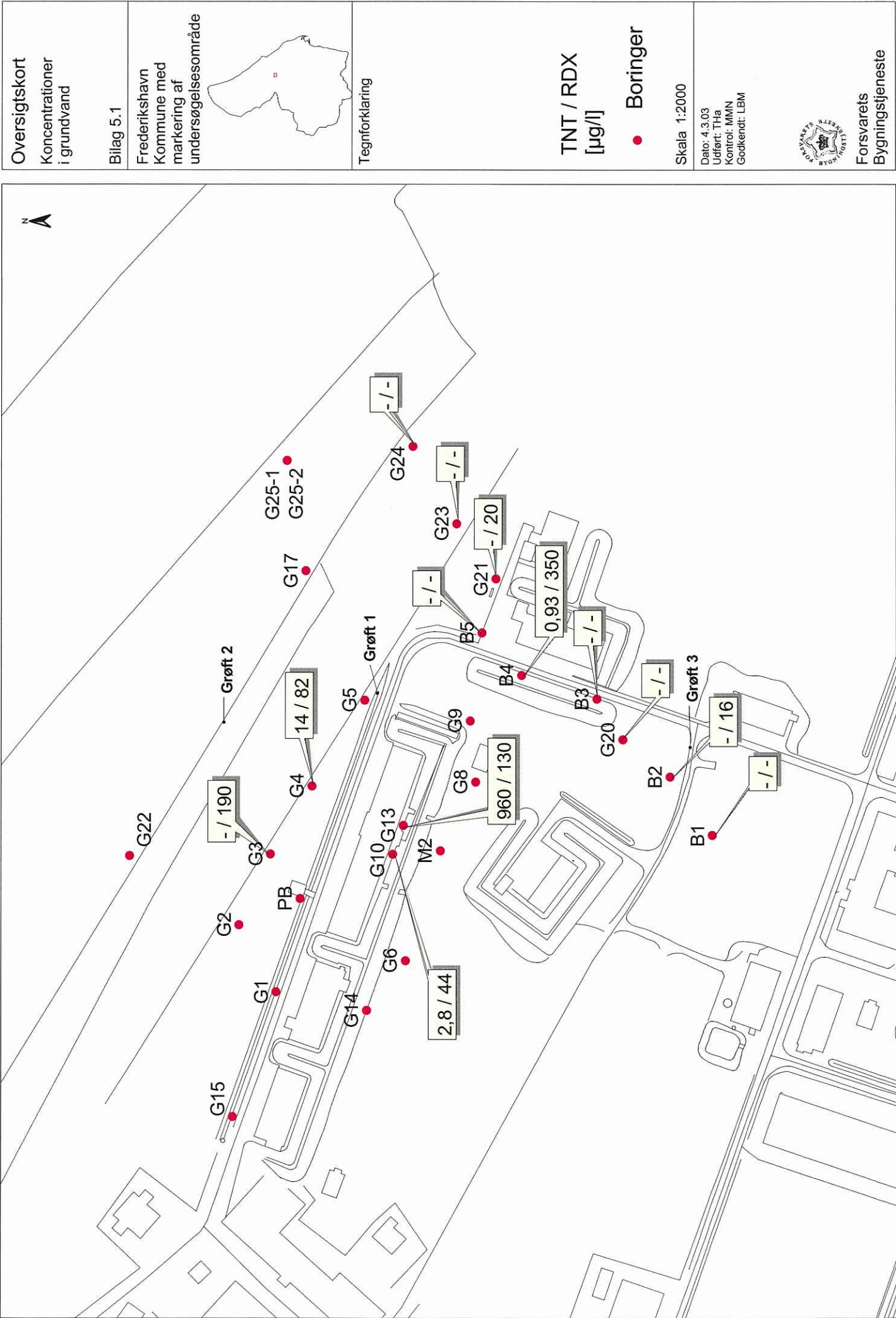
Bilag 4

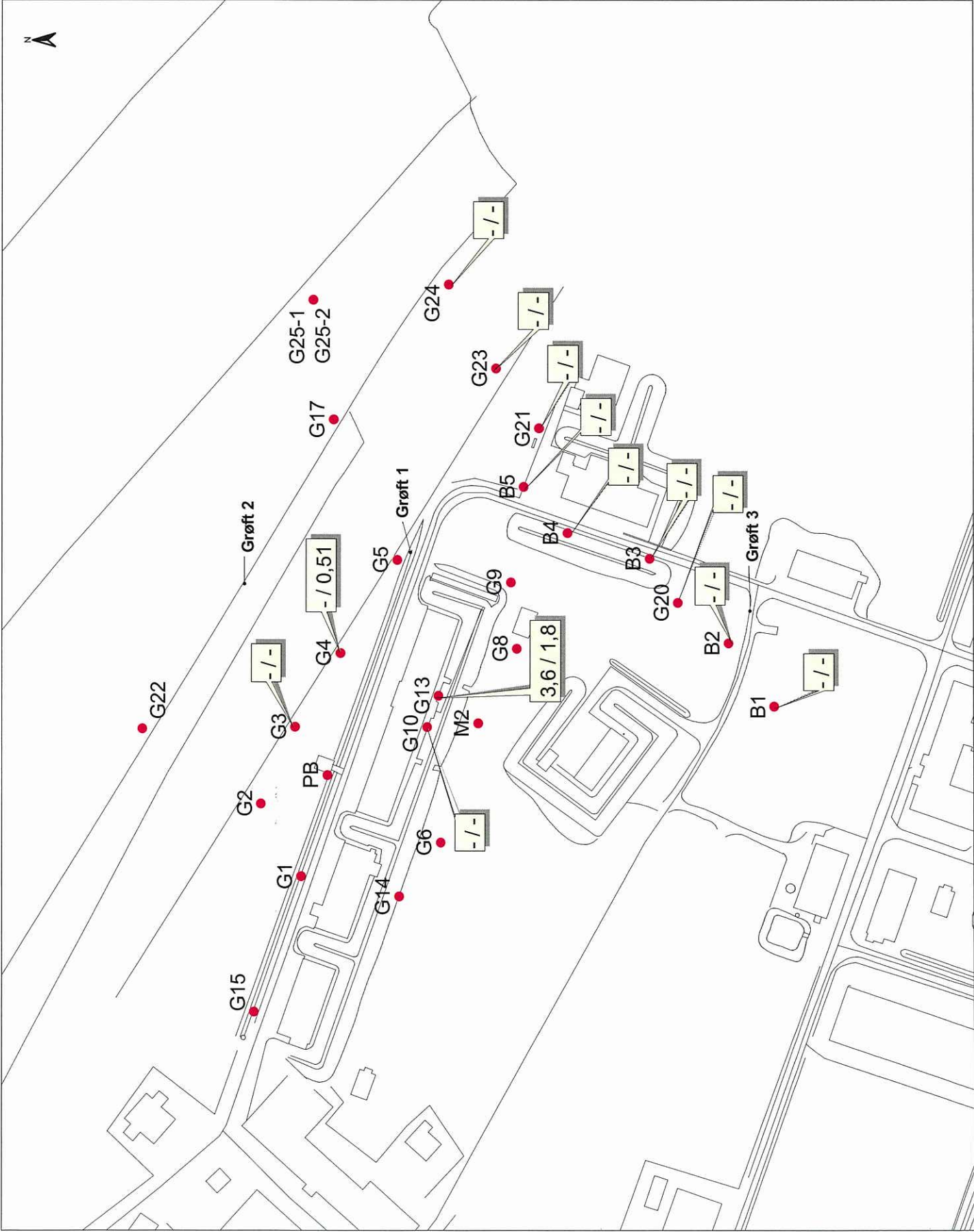
Oversigtskort, enkeltindvindere



Bilag 5

Oversigtskort, koncentrationer i grundvand





Oversigtskort
Koncentrationer
i grundvand

Bilag 5.2

Frederikshavn
Kommune med
markering af
undersøgelsesområde



Tegnforklaring

1,3,5-trinitrobenzen /
2,4-DNT
[µg/l]

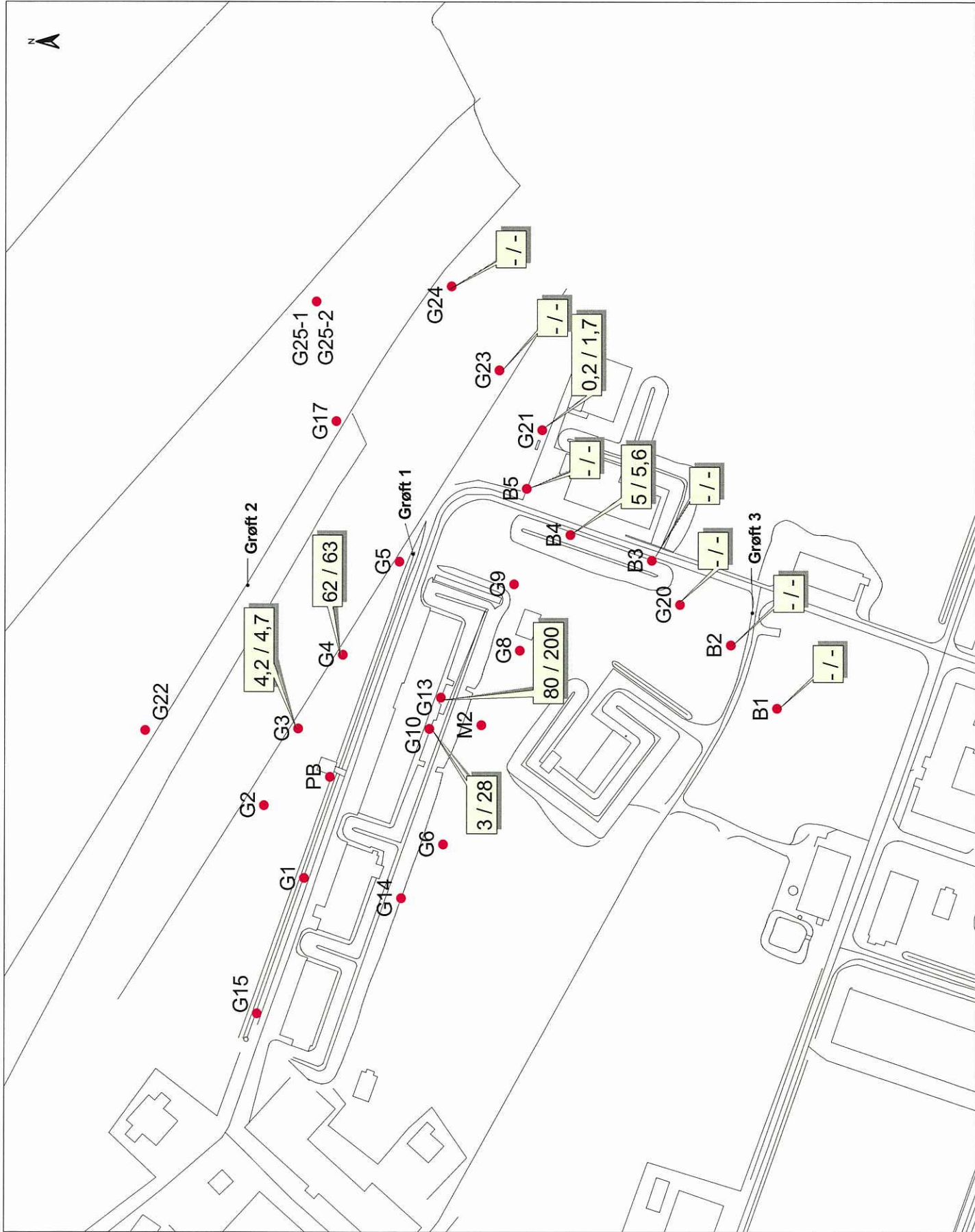
• Boringer

Skala 1:2000

Dato: 16.12.02
Udført: THa
Kontrol: MMN
Godkendt: LBM



Forsvarets
Bygningstjeneste



Oversigtskort
Koncentrationer
i grundvand

Bilag 5.3

Frederikshavn
Kommune med
markering af
undersøgelsesområde



Tegnforklaring

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

• Boringer

Skala 1:2000

Dato: 4.3.03
Udført: THa
Kontrol: MMN
Godkendt: LBM



Forsvarets
Bygningstjeneste