



FFI-RAPPORT

17/16509

Utvikling og bruk av hund for søk etter eksplosiver

årsrapport for 2016

—

Tove Engen Karsrud
Vegar Falsten

Utvikling og bruk av hund for søk etter eksplosiver årsrapport for 2016

Tove Engen Karsrud
Vegar Falsten

Emneord

Dynamitt
Eksplosiver
Deteksjon
Tunneler
Hunder

FFI-rapport

FFI-RAPPORT 17/16509

Prosjektnummer

5220

ISBN

P: 978-82-464-2994-6

E: 978-82-464-2995-3

Godkjent av

Rune Lausund, *forskningsleder*

Janet Blatny, *avdelingssjef*

Sammen drag

Statens vegvesen utbedrer et stort antall veitunneler for å gjøre dem trafikksikre.

Som et prøveprosjekt har Statens vegvesen (SVV) og Forsvarets forskningsinstitutt (FFI) inngått en treårig avtale om å bruke og utvikle hunder for søk etter eksplosiver i veitunneler. Arbeidet er å anse som et strategisk samarbeid mellom offentlige etater for å utnytte spesiell kompetanse på tvers av sektorer, med sikte på økt kvalitet og reduserte kostnader. FFI benytter Forsvarets hundeskole (FHSK), som trener og leverer søkshundtjenester. Forsvaret (via FFI) har egennyttet i form av realistisk trening og metodeutvikling. Prosjektet inkluderer en egen FoU-del.

Søksaktiviteten vil være et supplement for Statens vegvesen i HMS-arbeidet for anleggsarbeidere ved prosjekter der det er fare for å treffe på sprengstoff fra tidligere entrepriser. Hundene brukes for å detektere sprengstoffet slik at områdene kan klareres for anleggsarbeid i samsvar med normale ansvars- og sikkerhetsprosedyrer i anleggssektoren.

Ved utgangen av 2016 er 16 tunneler gjennom søkt, og de fleste steder ble det detektert forsagere og rester av dynamitt.

Framgangsmåten som ble benyttet under søkene i Høgenheitunnelen har vært utgangspunkt for utvikling av en foreløpig søksprosedyre som kan benyttes ved søk i tunneler. For å gi gode markeringer på sprengstoff som ligger nær fjellet og langt under asfaltdekket i tunnelen, er det nødvendig å fjerne massene lagvis og foreta søk på overflatene som avdekkes og på masser som fjernes. Hundene detekterer forholdsvis ofte gjennom dreneringsvann og overflatevann.

Tunnelene som skal oppgraderes har forskjellig alder. Dynamitt er ikke et ensartet produkt, og type ingredienser er endret med tiden. Dynamittene som blir funnet kan derfor ha svært ulik sammensetning. De vanligste sprengstoffene i dynamittblandinger er nitroglyserin (NG), etylglykol dinitrat (EGDN), trinitrotoluen (TNT), dinitrotoluen (DNT) og ammoniumnitrat (AN). Tilstanden til restene vil dessuten være påvirket av lagringsforhold som temperatur, fuktighet og tilgang på luft og lys. Alle disse parameterne vil påvirke luktbildet for hundene. Følsomheten til sprengstoffrestene vil også endres med tiden ettersom sammensetningen endres. I prosjektets FoU-del undersøker FFI disse sammenhengene. Dette bidrar til å utvikle søkskapasiteten for denne typen søk og for Forsvarets eksplosivsøkshunder generelt. Resultatene vil også være viktige for risikovurderinger for anleggsbransjen.

I 2016 har det kun vært en begrenset testing av de innkomne restene. Termisk analyse med differential scanning calorimetry (DSC) indikerer at noen av restene kan inneholde AN eller et av de andre sprengstoffene, eller kombinasjoner av dem.

Summary

The Norwegian Public Roads Administration (NPRA) is renovating a large number of road tunnels in order to increase the traffic safety in the tunnels.

The NPRA and The Norwegian Defence Research Establishment (FFI) have agreed upon a three-year pilot project using dogs to search for explosive remnants in road tunnels. The work is considered as a strategic cooperation between governmental agencies to utilize skills across different sectors, with the aim to increase quality and reduce costs. FFI uses the Military Dog Training School (FHSK) for dog training and for the search operations. The Armed Forces (via FFI) have self-interest in the operational live dog training and in the method development. The project includes separate R&D activities.

The search operations will be a supplement in the health and safety work for the construction workers when there is a risk to encounter explosive remnants from earlier enterprises. The dogs will be used as a measure to detect the explosives so that the areas can be cleared for construction work.

16 tunnels have been searched through by the end of 2016. At most locations misfires and remnants of dynamite have been detected.

The procedures that were followed under the search operations in the Høgenhei tunnel have led to development of a temporary method that can be used for search operations in road tunnels. In order to detect explosives that are located deep below the road cover, it is necessary to remove the road cover in several turns and let the dogs search each surface as they are exposed. It is also necessary to search soil and conglomerates that are removed. The dogs relatively often detect through the drainage- and surface water

The tunnels have been constructed at different times. The dynamites used may differ in composition due to development of newer dynamites with time. The most common high explosives in dynamite compositions are nitroglycerine (NG), ethylene glycol dinitrate (EGDN), trinitro toluene (TNT), dinitro toluene (DNT) and ammonium nitrate (AN). The nature of the dynamite remnants will depend on the conditions under which the dynamites have been aged. Important factors are temperature, humidity and access to air and light. All these factors will influence the scents for the dogs and what they may detect. The sensitivity of the remnants is affected by the same factors. The project investigates the relations between composition, scent, aging and sensitivity in order to understand and develop the detection capacity of dogs for detecting dynamites, and also for the development of military explosive search dogs in general. The results are also important inputs in risk assessments for the construction business.

In 2016 the testing of the remnants has been limited to thermal analysis with differential scanning calorimetry (DSC). The results indicate that some samples may contain AN or one of the other possible explosive ingredients, or combinations of these.

Innhold

Sammendrag	3
Summary	4
1 Innledning	7
2 Deteksjon ved sniffing	8
2.1 Søkshunder	8
2.2 Damptrykk	9
3 Dynamitt	10
4 Gjennomførte søk med hund	11
4.1 Region Nord	12
4.2 Brynstunnelen	13
4.3 Fosskolltunnelen	14
4.4 Åndalsnes	14
4.5 Tåsentunnelen	15
4.6 Andre oppdrag	15
4.7 Høgenheitunnelen	16
5 Erfaringer fra hundesøkene	22
5.1 Kapasitet	22
5.2 Deteksjon	22
5.3 På anlegget	23
5.4 Grunnlag for søksprosedyre	24
5.5 Konklusjon hundefaglig	24
6 Analyse av eksplosivene	25
6.1 Innkomne prøver	25
6.2 Analysemetoder	27
6.3 Differential scanning calorimetry (DSC)	27
7 Konklusjon	32
Referanser	33



1 Innledning

Statens vegvesen (SVV) og Forsvarets forskningsinstitutt (FFI) har inngått en treårig samarbeidsavtale om å bruke og utvikle hunder for søk etter eksplosiver i veitunneler. Arbeidet er å anse som et strategisk samarbeid mellom offentlige etater for å utnytte spesiell kompetanse på tvers av sektorer, med sikte på økt kvalitet og reduserte kostnader. FFI benytter Forsvaret hundeskole (FHSK) for trening av hunder og leveranse av søkshundtjenester.

Det er en forutsetning at arbeidet gir gjensidig nytteverdi som følger:

- (a) Statens vegvesen får tilgang til søkshundkapasitet fra Forsvaret av en kvalitet som ikke er tilgjengelig i markedet.
- (b) Forsvaret (via FFI) har egennyttet i form av realistisk trening og metodeutvikling.

Bakgrunnen for samarbeidet er at Statens vegvesen skal oppgradere 200 tunneler med en lengde over 500 meter på riksvegnettet for å møte kravene i tunnelsikkerhetsforskriften og elektro-forskriften. Utbedringsarbeidet omfatter skifting av gammelt utstyr, samtidig som ny sikkerhet bygges inn. Arbeidet medfører graving, pigging og sprengning på steder der det tidligere har foregått sprengninger den gang tunnelene ble anlagt. Erfaringsvis ligger det igjen forsagere og rester av dynamitt der det er foretatt sprengninger. Dette utgjør et sikkerhetsproblem for arbeiderne når entreprenører på nytt skal grave og bore på slike steder. Statens vegvesen og FFI utvikler gjennom samarbeidet risikoreducerende tiltak i områder der det potensielt befinner seg rester av eksplosiver. For å søke og detektere rester og forsagere av dynamitt er det derfor tatt i bruk hunder. Hunder har god luktesans, og bruk av hund til dette formålet har vist seg å være en effektiv metode.

I tillegg til søksoperasjonene, inneholder oppdraget også en FoU-del der det blant annet skal gjennomføres karakterisering av dynamittrester. Det blir tatt prøver av utvalgte funn av dynamittrester. Sammensetningen av prøvene skal bestemmes, og følsomheten skal måles. Resultater fra karakteriseringen med hensyn på sammensetning og følsomhet blir viktige innspill til risikovurderinger og utvikling av risikoverktøy for bransjen. Resultatene er også viktige for utvikling av søkskapasiteten for Forsvarets hunder for å forstå bedre hvilke bestanddeler hundene lukter og hvilke stoffer de skal læres opp på.

Prosjektet startet våren 2016 og skal gå ut 2018. Denne rapporten oppsummerer hva som er gjennomført i løpet av det første året og dekker avtalens leveranse angående rapportering.

2 Deteksjon ved sniffing

2.1 Søkshunder

Hundenesen er en svært følsom sensor som kan detektere lave konsentrasjoner helt ned til 0,5 ppb av et lukkestoff. Når hunden snuser, puster den inn mye luft som går gjennom nesene og samler på denne måten inn mye lukst materiale. Inne i nesene deler luftstrømmen seg hvor den øverste delen av luftstrømmen går til sensorer for luktesansen og den nedre delen til respirasjon. Kombinering av egenskaper hos hunden, gjør hundenesen til et svært godt redskap til å detektere luktbilder (1).

For å identifisere et stoff, må hunden være kjent med stoffet fra før og kjenne luktbildet til stoffet. Prøver av stoffene som hunden skal finne blir brukt i opplæringen. Et materiale (eksempelvis en dynamitt) kan være sammensatt av flere kjemiske stoffer som hunden kan ha ulik evne til å detektere. Sammensetningen av et materiale vil kunne endres over tid avhengig av ulike påvirkninger det utsettes for. Hvilke stoffer en hund skal trenes opp på er derfor en utfordring. Dette er noe av problematikken en ønsker å undersøke og kartlegge i dette oppdraget vedrørende dynamitter som benyttes i anleggsbransjen.

Forsvarets hundeskole trener hunder til flere formål som vakthold og sikring, patruljetjeneste, samt kapasiteter på narkotika og søk etter eksplosiver. Hundene som benyttes i dette prosjektet er en nyere utviklet kapasitet som har fått navnet bakkesøkshund. Det er en mellomting mellom en minehund (Mine working dog – MWD) og en søkshund – høy trussel (High Assurance Search Dog – HASD).

Hundene er trent opp på Forsvarets hundeskole på Hauerseier. Prosjektgruppen står for opptrening og utvikling av hundene, og Forsvarets hundeskole gjennomfører sertifisering av sine hunder etter standard på tjenestehunder i Forsvaret og i NATO (2). Sertifiseringen er også i henhold til programmet fra International Mine Action Standards (IMAS).

Det er gjennomført et betydelig arbeid for å utvikle søkshundene i prosjektet. Hundene er trent og spesialisert inn mot to luktbilder: dette er stoffene trinitrotoluen (TNT) og dynamitt.

Dynamittforsagerne vil ha forskjellig kvalitet og sammensetning og er påvirket av dybden under overflaten, alder og vinkel på borehull og påvirkning fra ulike miljøfaktorer. I det videre arbeidet er det ønskelig å finne sammenhenger mellom disse faktorene og effekten de har på luktbildet, siden dette vil ha betydning for hvilke stoffer hundene skal trenes på.

Det bør nevnes at en hundeevipasje består av både hund og hundefører. Hundeføreren er en integrert del av deteksjonssystemet, gjennom å tolke oppførselen til hunden med tanke på interesser og markeringer som hunden gjør når den er i arbeid.

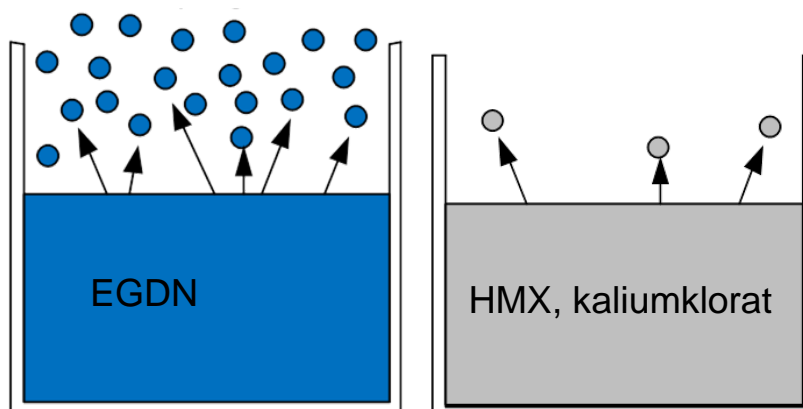
2.2 Damptrykk

Damptrykket til et stoff er av stor betydning om det skal kunne detekteres ved sniffing.

Damptrykket er det trykket som en gass av et stoff utøver når den er i termodynamisk likevekt med det samme stoffet i fast eller flytende form. Damptrykket er forskjellig for ulike stoffer ved samme temperatur, men øker også med temperaturen for samme stoff. For de aller fleste faste stoffer er damptrykket svært lavt og vanskelig å måle. Trykket er proporsjonalt med mengde stoff i gassfasen, og et lavt damptrykk betyr få gassmolekyler i lufta, Figur 3.1. Stoffer med lave damptrykk kan derfor være vanskeligere å detektere. Her er imidlertid hundenesen et godt redskap siden den kan inhalere og undersøke store luftmengder og kan detektere lave konsentrasjoner. (Et høyt damptrykk er allikevel ikke ensbetydende med at stoffet er detekterbart ved sniffing. Egenskaper til molekylene er også av betydning, men en undersøkelse av disse sammenhengene ligger utenfor rammene av dette prosjektet.)

Evnen til å detektere et stoff som ligger i bakken er også avhengig av hvor stoffet ligger og hvor lett stoffet kan vandre oppover i bakken og være tilgjengelig for sniffing ved overflaten. Her vil beskaffenheten på grunnen og dybden hvor stoffet ligger være viktige faktorer. Et stoff dekket med flere meter grus og tykk asfalt vil vanskelig kunne migrere til overflaten, mens et stoff som ligger nær overflaten i porøs jord eller sand, lettere vil kunne nå overflaten.

Når det gjelder dynamitt, vil kvaliteten på denne endres med tiden, avhengig av temperatur, fuktighet, lysforhold, eksponering mot luft etc. Hvor dynamitten har ligget vil derfor ha stor innvirkning på tilstanden. Et åpent borehull med gjenværende dynamitt vil kunne bli utsatt for gjentatte påvirkninger fra temperaturvariasjoner, vekslende nedbør og uttørking. Slike betingelser vil kunne påvirke kvaliteten til dynamitten betraktelig. Ligger dynamitten innesluttet i et borehull som er dekket med grus og asfalt eller i tunneler, vil dynamitten være mer skjernet for kontakt med vann og lys, og temperaturen vil variere lite. Under slike forhold vil egenskapene endre seg langsommere, og dynamitten vil være mer eller mindre intakt selv etter flere år i bakken.



Figur 2.1 Illustrasjon av hvordan høyt (til venstre) og lavt (til høyre) damptrykk vil gi ulike mengder molekyler i gassfasen. HMX og kaliumklorat er eksplosiver med lavere damptrykk enn EGDN.

Når det tas prøver av dynamittrester, bør informasjon om funnstedet derfor registreres, slik at kvaliteten på restene og resultatene fra de ulike testene kan knyttes og vurderes opp mot ytre påvirkninger som dynamittene har gjennomgått.

Dynamitt kan bestå av flere stoffer, og stoffene kan ha svært ulike damptrykk. Hva hundene detekterer når det er en blanding av stoffer er ikke fullt forstått. Det er uvisst om deteksjonen/identifikasjonen knyttes til ett eller flere av enkeltstoffene eller om det er blandingen av alle eller av noen av stoffene som gjør at hunden kjenner igjen luktbildet. Deteksjonen vil og være avhengig av hva hundene er trent på. Disse spørsmålene er helt sentrale i arbeidet med å forstå og utvikle søkshunder.

3 Dynamitt

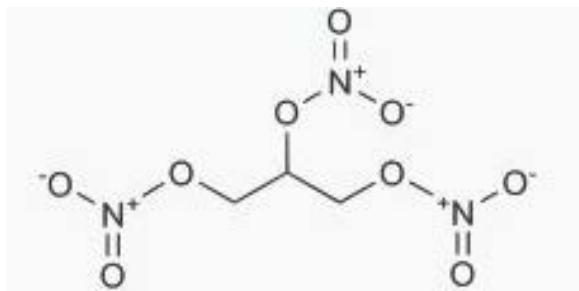
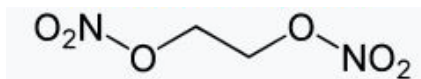
Sprengstoffene som benyttes til fjell- og tunnelsprengninger i Norge er ulike typer dynamitter. Disse har forskjellige sammensetninger som gir stor variasjon i styrke og bruksområder.

Opprinnelig var dynamitt betegnelsen på et sprengstoff som ble oppfunnet av Alfred Nobel i 1863 der han blandet nitroglyserin (NG) ($C_3H_5(NO_3)_3$) med kiselgur for å gjøre nitroglyserin mindre følsomt. Dette gav et anvendbart sprengstoff som ble benyttet til veibygging, tunnelarbeider og sprengninger under vann. Dynamitt ble testet ut i Norge allerede i 1868.

Frysepunktet til NG er relativt høyt (mellom 2 °C og 13 °C avhengig av krystalliseringsformen). Følsomheten til dynamitt er høyere når den er frossen. For å senke frysepunktet og forbedre følsomheten, ble noe av NG erstattet med etylenglykol (EGDN) ($C_2H_4(NO_3)_2$), se strukturer i Figur 3.1. EGDN har frysepunkt ved -22 °C og gjør dynamitten mer anvendelig for kalde forhold. Etter denne endringen er det ingen av dynamittene som bare inneholder nitroglyserin som det aktive stoffet, men blandinger av nitroglyserin og EGDN. Senere ble også ammoniumnitrat (AN) tilsatt dynamittene, og det er nå AN og EGDN som utgjør hovedstoffene i disse sprengstoffene. I dag er det kun noen typer dynamitt som inneholder nitroglyserin og da i mindre mengder. Tabell 3.1 viser oversikt over stoffer som kan være en del av blandingen i nyere dynamitter og i hvilke mengder de opptrer med.

Noen dynamitter kan også inneholde TNT for økt styrke, og tidligere ble også DNT benyttet. Fyllmaterialer og stabilisatorer i eldre dynamitter har vært ulike stoffer som kalk, kritt, kull, voks, tremel og rugmel.

I Norge ble dynamitter som inneholder EGDN tatt i bruk rundt ca 1970. Hvilke dynamitter som er benyttet i bygging av de tunnelene som skal oppgraderes er avhengig av når tunnelene ble bygd. I ettertid kan det også ha forekommet anleggsarbeid i tunnelene som har involvert bruk av sprengstoff. Dynamittrestene som finnes kan derfor stamme fra ulike tidsperioder, og restene kan variere i sammensetning. Det må påregnes å finne mange varianter.



Figur 3.1 Molekyler av EGDN (venstre) og NG (høyre)

EGDN har et høyere damptrykk enn NG (3), og vil muligens kunne detekteres lettere enn NG. AN og TNT har enda lavere damptrykk, og vil være kunne vanskeligere å detektere. Dette gjelder dersom det er damptrykkene som er avgjørende for deteksjonen av stoffene.

Tabell 3.1 Innhold av kjemikalier i dynamitt og angitte mengder dersom stoffet inngår i sammensetningen.

Kjemikalie	Innhold (%)
AN	5-85
EGDN	10-40
NG	18-22
TNT	3-5
NaNO ₃	7-10
Andre	< 3

4 Gjennomførte søk med hund

Prosjektet startet formelt opp i 2016, men det ble gjennomført noen søk allerede i 2015 og ett i 2014. Disse er inkludert i rapporten. Hittil er det gjennomført søk i tunneler hovedsakelig på lokasjoner i Sør-Norge, men også i noen tunneler i region Nord i Statens vegvesen. Oversikt over oppdragene er gitt i tabell Tabell 4.1.

Tabell 4.1 Gjennomførte søksoppdrag til og med 2016.

Tidspunkt	Oppdragssted	Markeringer	Prøve til FFI
November 2014, November 2015, Mars 2016, August 2016	Region Nord: Brattlietunnelen, Finneidfjorden og Nessettunnelen, Saksenvik, Kvænflågtunnelen, Setsåtunnelen, Illhøliatunnelen	10 talls funn	
August 2015	Trondheim: Være-, Hell- og Stavsjøtunnelene	Flere markeringer	
November 2015, juni og november 2016	Fosskolltunnelen	Flere markeringer og funn	2 prøver
Mai, juni og november 2016	Brynstunnelen	Flere markeringer og funn	
Juni 2016	RV15 Hokksund	Markering og funn av forsager	
Juni 2016	Rena	Ingen funn	
Juni 2016	Røldal	Markering og funn av sprengstoff	2 prøver
August 2016	Strynefjellet	Markering og funn av sprengstoff	
August og september 2016	Åndalsnes: Måndalstunnelen og Innfjordtunnelen	Flere markeringer	
September – November 2016	Høgenheitunnelen	Stort antall markeringer og funn, avdekket 38 forsagere	2 prøver
November 2016	Tåsentunnelen	Flere markeringer	
Desember 2016	Filefjell		

4.1 Region Nord

I Nord-Norge har det vært følgende aktivitet:

- Uke 48 2014 Brattlietunnelen i Kjøpsvik
- Uke 45 2015 Finneidfjorden og Nessettunnelen
- Uke 9 2016 Saksenvik, Kvænflågtunnelen og Setsåhøgtunnelen
- Uke 34 2016 Setsåhøgtunnelen og Illhølliatunnelen

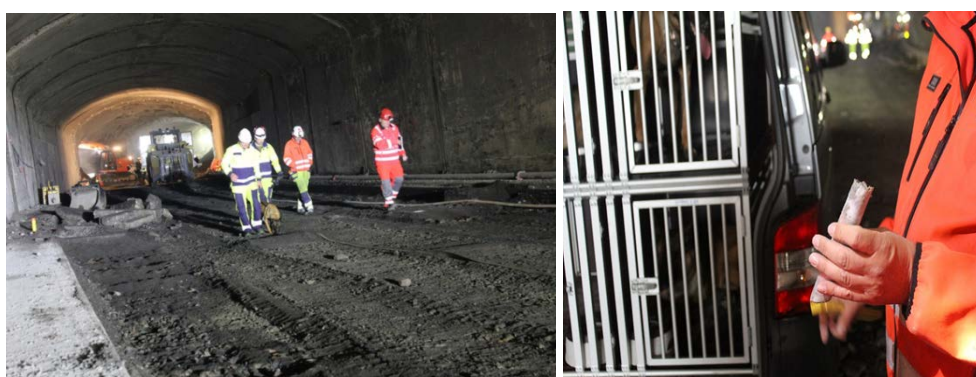
Aktiviteten i disse tunnelene har vært klarering og søk i tunnel før og etter tiltak i form av fjerning av asfaltdekket, Figur 4.1. Søk er forgått i grøfter ned mot fjell. Det er avdekket et 10 talls funn under disse oppdragene.



Figur 4.1 Oppdrag i Region Nord.

4.2 Brynstunnelen

Brynstunnelen i Oslo er gjennomført i flere omganger (Figur 4.2). Det nordlige løpet ble undersøkt i mai, juni og november 2016, og det ble startet søk i det sørlige løpet i desember 2016. Søk er foretatt etter at asfaltdekket er fjernet, og det er søkt i grøfter ned mot fjell. Det er gjort mange funn av rester etter (tidligere) sprengninger, og hundene har markert og vist interesse i flere steder. Her ble det også avdekket funn fra entreprenør på arbeider som foretas i forbindelse med oppgraderingen, men slike funn er ikke inkludert i oppdraget. Det skal kun søkes etter rester fra tidligere arbeider.



Figur 4.2 Brynstunnelen.

4.3 Fosskolltunnelen

Fosskolltunnelen i Lier er gjennomført tre ganger, første gang i november 2015 og deretter i juni og november 2016 (Figur 4.3). Her er det foretatt søk etter at dekket er fjernet, og det er søkt i grøfter ned mot fjell. Det er gjort flere funn av rester etter sprengninger på nåværende arbeider og av forsagere. Det er oppnådd gode resultater på deteksjon.



Figur 4.3 Fosskolltunnelen.

4.4 Åndalsnes

I Åndalsnes er det gjennomført søk i to tunneler, Måndalstunnelen og Innfjordtunnelen (Figur 4.4). Søkene ble foretatt i august og september 2016. Søk og klarering er foretatt før tiltak ved fjerning av dekket. Det er gjort noen funn av rester etter sprengninger på nåværende arbeider, og hundene har markert flere steder.



Figur 4.4 Åndalsnes.

4.5 Tåsentunnelen

Tåsentunnelen ble gjennomført i november 2016 (Figur 4.5). Søkene har foregått om natta. Det er søkt i områder som skal graves ut mellom tunnellopene. En detonasjon i tverrslag mellom tunnellopene ville medført et omfattende skadeomfang, og her ble hundene benyttet som ekstra kapasitet på HMS. Det ble markeringer i flere rom der dynamitten satt i veggene.



Figur 4.5 Tåsentunnelen.

4.6 Andre oppdrag

I uke 32 2015 ble Være-, Hell- og Stavsjøtunnelene ved Trondheim undersøkt. Det var overflatesøk før tiltak i tunnelen. Det ble markert flere steder for dynamitt.

I juni 2016 ble det foretatt søk over borehull i skjæring langs RV15 i Hokksund. Her ble det gjennomført søk rett på fjell (klink), Figur 4.6. Noen områder ble markert med fare for forsager. Sprengstoffet ble fjernet av entreprenør.



Figur 4.6 Hokksund.

I juni 2016 ble det søkt på Statnett sitt uteområde i Røldal. Her var det markeringer og funn.

I begynnelsen av juni 2016 var det et oppdrag på Rena der SVV, fylkesmannen i Hedmark, Forsvarets Operative Hovedkvarter (FOH) og grunneier var involvert i saken. Det var behov for søk som etter at det var funnet flylevert ammunisjon under graving. Hundesøkene resulterte ikke i flere funn.

I Grasdalen på Strynefjellet var det i august 2016 et oppdrag hvor det ble gjennomført søk etter sprengstoffrester som stammer fra sprengninger som foretas i rasutsatte områder, Figur 4.7. Der ble det funnet rester av RDX-ladninger fra Forsvaret.

I desember 2016 ble det også på Filefjell ved Tyin gjennomført søk i skredutsatt område.



Figur 4.7 Strynefjellet.

4.7 Høgenheitunnelen

I Høgenheitunnelen i Bamble er det gjennomført flere søk i perioden september til november 2016, Figur 4.8 - Figur 4.16. Det er gjennomført standard klarering av tunnel. Oppdraget i Høgenheitunnelen gav mye erfaring og læring og har gitt innspill til nye rutiner under søkene.

Arbeidet i denne tunnelen har resultert i utarbeidelse av prosedyrer for funn av udetonert sprengstoff, se kapittel 5.



Figur 4.8 Høgenheitunnelen i Bamble.

Ved oppstart i september ble søket gjennomført mellom veibane og vegg. Nivået var vesentlig høyere enn veibanen (Figur 4.9). Overflatesøk ble gjennomført på begge sider av bankett. Det ble notert interesser fra hund flere plasser, og det ble markert funn i skjæring på nordsiden (Figur 4.10). Det ble derfor anbefalt med søk på lavere nivå, dvs under asfaltdekket.

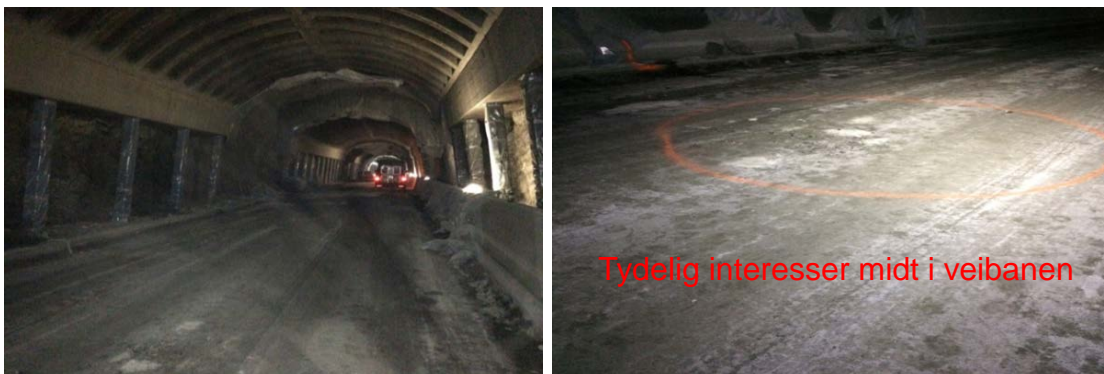


Figur 4.9 Første søk på høyt nivå i Høgenheitunnelen.



Figur 4.10 Funn i skjæring utenfor tunnelen.

I fase to ble det gjennomført søk på nivåer under asfaltdekket, på dybder om lag 80 cm over fjell (Figur 4.11). Her ble det observert meget svake interesser på enkelte områder. Erfaringer viser at det er vanskelig å få gode svar på kompakt jord 80-90 cm over fjell. Det ble også registrert at årstiden og den lave temperaturen i tunnelen i perioden ikke var helt optimal for overflatesøk. På bakgrunn av markeringer ble det anbefalt videre søk nedover i bakken.



Figur 4.11 Under asfaltdekke i Høgenheitunnelen

I fase tre ble det gjennomført søk på dybder om lag 40 cm over fjell, Figur 4.12. Hundene markerte på flere plasser. I løpet av oppdraget har det vært gode resultater på dette nivået med 85 % av funnene detektert på disse dybdene. De resterende 15 % er detektert på dypere nivå nærmere fjellet. I de tilfellene har forsagerne vært ødelagt og/eller stått under vann. Grunnet vann i enkelte områder var det behov for å drenere med sugebil.



Figur 4.12 Ved dybder ca. 40 cm over fjell i Høyenheitunnelen.

I fase fire helt nede på fjell ble det gjort funn av udetonerte eksplosiver, Figur 4.13. Dette førte til iverksetting av nye prosedyrer (Figur 4.14), og SVV bestemte at hundene skulle ha en større rolle: heretter skal hundene søke gjennom alt som graves ut fra denne tunnelen. Siste søk på “klink” skal merkes godt. Det må være dialog mellom entreprenør – hund – fjellsprenger. Forsagere skal fjernes ved spyling eller sprengning. Terminologien som benyttes av Statens vegvesen er at hundene heretter skal *produsere* klarerte områder for fjellsprenger.



Figur 4.13 Funn av eksplosiver i Høyenheitunnelen.



Figur 4.14 Eksempel på sanering i henhold til prosedyre.



Figur 4.15 Søk i Høgenheitunnelen.

I Høgenheitunnelen ble det avdekket 38 forsagere med og uten tenner, Figur 4.16. Det antas at sprengstoffene er fra 1960-tallet. Noen borehull var lett synlige, men i hovedsak var de godt skjult av jord og stein. Bruk av hund etter rensk medførte at arbeidet ble lettere med tanke på å lokalisere sprengstoffet og borehullene som var gjemt. Siste funn ble gjort i utgangen av tunnelen på nordsiden.



Figur 4.16 Funn av dynamitt i Høgenheitunnelen.

5 Erfaringer fra hundesøkene

5.1 Kapasitet

Følgende erfaringer er gjort der det er gjennomført søk i tunneler uten tiltak, dvs før veidekket og asfalt er fjernet:

- Når tunnelen er stengt og det ikke foregår graving, kan det per døgn foretas ca 1 km med søk og klarering på begge sider.
- Søkets bør foregå med minst 2 ulike hunder og 2 hundeførere.
- Dekningsgrad er bankett og vegg.

Når asfaltdekket er fjernet, er det erfart at følgende prosedyrer er fornuftige:

- Søkets foregår i et liner-søk. Søksbredde er ca 40 cm.
- Hele sålen blir søkt.
- Ved høy risiko kan sålen søkes flere ganger helt til man er på fjell (sanering).
- Hundene kan operere sammen med maskiner og fjernstyrt utstyr som gjør det enklere å finne eventuelle forsagere.

5.2 Deteksjon

Hundene ser ut til å detektere ofte på rester og lukt gjennom kondens og dreneringsvann. For eksempel synes det som at stoffer fra forsagere som befinner seg i taket, er blitt transportert med kondensvann ned langs veggen og ned på bakken og blitt detektert der, Figur 5.1. Tunneler ser dermed ut til å ha et miljø hvor lukt kan fanges opp via flere mekanismer, noe som gjør jobben enklere for hundene.

I tunneler er det ofte mørkt og små temperaturvariasjoner, og sprengstoffet er ofte tildekket. Disse forholdene sørger for god lagring av dynamittene og kan gi funn av intakte sprengstoff-ladninger.

I starten var entreprenørene opptatt av å spyle og vaske tunnelene før søk for å fjerne støv. Vask av tunnel er imidlertid ikke anbefalt da det kan føre til at kondensvann og luktbilder forsvinner.

Hundene ser ikke ut til å påvirkes eller forstyrres av annet arbeid som foregår samtidig i tunnelene. Unntak er arbeid med sprengstoff som avgir luktbilder.



Figur 5.1 Deteksjon på bakken fra stoffer som er transportert via kondensvann fra taket.

5.3 På anlegget

Samarbeid og kommunikasjon mellom aktørene er veldig viktig, og dette har fungert veldig bra i oppdraget. Statens vegvesen – Entreprenør - Fjellsprenger og FFI (hund) har hatt en løpende tett dialog. Det ble laget en ringeliste for direkte kontakt med hundeteamene i forbindelse med behov for hundesøk. Det er ikke meldt om misforståelser eller forsinkelser i forbindelse med hundesøkene.

Det har vært en meget tett dialog mellom fjellsprenger og hundeteam angående merking av områder. Det er gjennomført oppsummeringsmøter på hvert av de ferdigstilte områdene.

Når det gjelder kontakt mellom maskinkjører og hundeteam, kunne søksarbeidet gått mye raskere dersom masse hadde vært tatt ut tidligere. Dette har ikke vært mulig på grunn av omstendigheter og andre arbeider i tunnelen.

Hunder og førere ser ut til å kunne arbeide ved normal drift i tunnelen på en veldig god måte og forstyrres ikke av andre aktiviteter. Den eneste perioden man opplevde problemer var da sprøyting pågikk, og tunnelen var full av støv.

Hundeteamene føler seg godt ivaretatt, og de blir sett på som en viktig ressurs.

Vår erfaring er at kompetansen vår blir brukt på en fornuftig måte. Vi begynner å bli erfarne på hvilke prosedyrer som fungerer. Det er viktig å minne om at teamene bare er en kapasitet på å søke og finne eksplosivene. Det er byggherre og entreprenør som er ansvarlig for videre håndtering. Det vil fra tid til annen oppstå situasjoner der søksteamet bidrar med sin erfaring. Dette må håndteres med varsomhet, slik at det ikke oppstår tvil om formelle ansvarslinjer.

5.4 Grunnlag for søksprosedyre

I løpet av søkene i Høgenheitunnelen ble det erfart at framgangsmåten som ble benyttet der, var en god måte å gå fram på ved søk i veitunneler. Basert på disse søkene ble det satt opp forslag til en fast prosedyre.

Det startes med søk på overflaten av asfaltdekket i tunnelen. Videre er det nødvendig å fjerne dekket i flere nivåer til en kommer ned på fast fjell (klink). Forsagere og eventuelle rester i borehull vil i hovedsak befinne seg nede på fast fjell eller i massene rett over.

Søk på asfalt/veidekke: Søket skal gjennomføres som et standard overflatesøk. Ved søk etter eksplosiver som er eldre enn 40 år, ser det ut til være vanskelig å få gode resultater. Det kan virke som om dynamitt som inneholder nitroglyserin (fra før 70-tallet) gir mindre lukt enn dynamitt fra 70-tallet og oppover. I senere søksoppdrag der det ikke skal fokuseres på vegger i tunnelene, men på bakken, anbefales det å gjennomføre det første søket etter at asfalten er fjernet. Overflatesøket er imidlertid bra for å kunne kartlegge området.

Søk rett under asfalt/veidekke: Under oppdraget i Høgenheitunnelen var det få markeringer på dette nivået. Disse var ikke tilstrekkelig spesifikke til at man kunne si noe om hvor eksplosivene lå.

Søk på 30-40 cm over fjell/klink: På dette nivået ble det med sikkerhet merket av 85 % av forsagerne som ble funnet. De 15 % som ble avdekket lenger ned mot fjell, lå enten under vann eller var ødelagt. Dette viser at det er meget viktig å få avsøkt dette nivået før maskinkjører gjennomfører rensk. Det er viktig med god dialog angående hvor det er merket, slik at maskinfører er meget forsiktig.

Søk på klink/fjell: På dette nivået ble det avdekket lite, men det er viktig å søke her for å kunne merke forsagere og fortelle hvor fjellsprenger ikke skal borre. Hundene ble også brukt til å lokalisere hvor borehull var. Hundefører hadde ansvaret for merking med spray eller sette ut kjegler.

Med denne fremgangsmåten anser vi at den maksimalt oppnåelige sikkerhetsgevinsten er tatt ut, og at muligheten for å overse noe er liten. Erfaringsmessig detekterer hundene meget godt under disse forholdene. Det hundene ikke detekterer, har i våre tilfeller vist seg å være ødelagt og uten effekt.

Hund kan arbeide få meter fra både borerigg og maskiner. Dette gjør at kapasiteten ikke trenger særlige hensyn fra annen virksomhet på stedet.

5.5 Konklusjon hundefaglig

Støy og miljø: Hundene har fått erfaringer med å jobbe med maskiner og støy tett på. Robustheten på hundene blir bedre og bedre.

Type søk: Det er gjennomført klareringer med flere typer søk: langlinesøk, kortlinesøk med liner og frittsøk. Hundene har detektert sprengstoff i alle typer søk.

Feilmarkeringer: Det har ikke vært rapportert inn eller opplevelser på at hundene har markert feil. Det har vært noen markeringer på sprengstein som har hatt rester av dynamitt på seg.

Kompetanse: FFI har gjennom dette prosjektet muligheten til å gi hundene luktbilder som ikke kan gjenskapes i normal trening. Dette har gitt hunder som detekterer mange typer udetonert sprengstoff.

Utholdenhet og trening: Det er forskjellige nivåer på utholdenhet på hundene. Det varierer fra de som kan gå i time etter time uten funn og til dem som trenger forsterkninger etter 20-30 minutter. Gjennom oppdragene varierer utholdenheten veldig mye fra tunnel til tunnel og fra område til område. Denne variasjonen gjør hundene gode. Hundeførerne varierer utlegg (sprengstoff til trening) ut fra hva hundene trenger.

Oppstalling av hunder: Hundene har vært oppstallet i kjøretøyene. Dette fungerer bra. Alle hundene trives i bilen. Det er gjennomført hyppige lufteturer, fysisk trening og motivasjonstrening når hundene har vært ute på oppdrag. Antall hunder som tas med ut på oppdrag er vurdert ut ifra behov for søkskapasitet og hva hundeførerne rekker å gjennomføre. En viktig faktor er at hunden trenger oppfølging hele døgnet når vi er ute på oppdrag. I blant er hundeførerne misunnelig på maskinførere som bare kan parkere maskinene og dra hjem.

Hundeførere: Oppdragene er gjennomført med 2 ekvipasjer og 4 hunder. De få tilfellene det bare har vært 1 ekvipasje i tunnelen, så har den andre vært på beredskap (2,5 time) med mulighet for telefonkontakt og oppmøte innen 2,5 time.

6 Analyse av eksplosivene

6.1 Innkomne prøver

I Tabell 4.1 er det en oversikt over hvor de ulike prøvene er tatt. Fra Røldal er det tatt med to prøver, og det antas at begge er dynamitt som ble produsert på 60-tallet. Prøvene er ganske like i utseende og konsistens, Figur 6.1. Prøvene ser ut som en litt tørr marsipan med mørke prikker. Fra Høgenheitunnelen i Bamble er det tatt prøver på to forskjellige dager. Begge prøvene er mørk brun av farge, men den ene er tørrere i konsistensen enn den andre, Figur 6.2. Fra Fosskolltunnelen i Lier er det også tatt med to prøver, Figur 6.3. Disse prøvene er rustrøde/brune i fargen, og her er også den ene prøven tørr mens den andre er fuktig. Prøvene fra Høgenhei og Fosskoll er deigliknende i konsistensen, men de er ikke utflytende.



Figur 6.1 To dynamittprøver fra Røldal.



Figur 6.2 To dynamittprøver fra Høgenheitunnelen.



Figur 6.3 To dynamittprøver fra Fosskolltunnelen.

6.2 Analysemetoder

Analysemetoder som skal benyttes til å bestemme sammensetning og mengder av ingredienser i dynamittene er avhengig av hvilke stoffer som skal analyseres fordi innholdet i dynamittene kan variere. Sprengstoffene som benyttes i dynamitter vil i første omgang kunne analyseres med gaskromatografi/massespektrometer (GC/MS) og væskechromatografi/massespektrometer (LC/MS).

De mest vanlige følsomhetstestene som utføres på ulike typer eksplosiver er følsomhet for slag og friksjon. Påvirkningene som prøvene utsettes for i disse testene vil likne svært på det som dynamittrestene kan bli utsatt for når anleggsmaskiner skal grave og pigge under anleggsarbeidene. Resultater fra disse målingene vil gi viktig informasjon for å vurdere risikoen ved å drive anleggsvirksomhet der det finnes rester av dynamitt.

Termiske tester kan gjennomføres for å måle oppførsel som funksjon av temperatur. Termogravimetrisk analyse (TGA) måler vekt som funksjon av temperatur, og Differential Scanning Calorimetry (DSC) måler energiendringer ved faseendringer ved å måle varmeopptak og –avgivelse.

De første prøvene av dynamittrester kom til FFI i oktober 2016, og innen utgangen av 2016 har det kun blitt gjennomført en begrenset testing på DSC av disse prøvene. Kun DSC som en testmetode vil derfor bli omtalt i denne rapporten. Ved neste rapportering vil det være naturlig å beskrive de andre metodene etter hvert som de tas i bruk i karakteriseringen.

6.3 Differential scanning calorimetry (DSC)

DSC er en termisk test der en liten mengde av prøven (1-2 mg) varmes opp med ønsket oppvarmingshastighet. Instrumentet registrerer varmeopptak eller varmeavgivelse fra prøven som funksjon av den stigende temperaturen, og vil gi utslag i form av topper på en kurve. For eksempel vil endoterme reaksjoner som smelting og faseforandringer i et stoff kreve energi, og stoffet vil oppta varme. Når et stoff dekomponerer eller omsettes, vil det avgi varme i en eksoterm reaksjon.

Et stoff kan identifiseres ved at energiutslagene kommer ved temperaturer man vet er karakteristisk for stoffet. En slik sammenlikning er avhengig av at man vet ved hvilke temperaturer reaksjonene i stoffet inntreffer enten ved selv å ha kjørt DSC på stoffet eller man har funnet data i litteraturen. En blanding som inneholder flere stoffer, vil kunne dekomponere ved andre temperaturer enn det enkeltstoffene gjør fordi stoffene kan reagere med hverandre. Hvis et av stoffene starter å dekomponere ved en gitt temperatur, vil som regel hele blandingen bli antent og dekomponere. Et annet stoff i blandingen som alene dekomponerer ved en høyere temperatur, vil da kanskje også omsettes ved den lavere temperaturen, og det blir ikke noe nytt utslag ved den høyere temperaturen der stoffet ellers ville gitt utslag om det var analysert alene. Et slikt reaksjonsmønster kan vanskeliggjøre tyding av kurvene.

Tabell 6.1 Resultater fra DSC-kjøringer av dynamittprøver. De oppgitte temperaturene er toppen av energiutslagene.

Prøvenummer	Prøve	Endoterm (°C)	Eksoterm (°C)
H16-1	Røldal 1	53, 127	172, 198
H16-2	Røldal 2	54, 127	171, 194
H16-6	Høgenhei 28/10	101	203
H16-7	Høgenhei 14/11		201
H16-11	NG-paste		209
H16-12	AN	53, 127, 170, 254	
H16-17	Fosskoll tørr		200
H16-18	Fosskoll våt		198

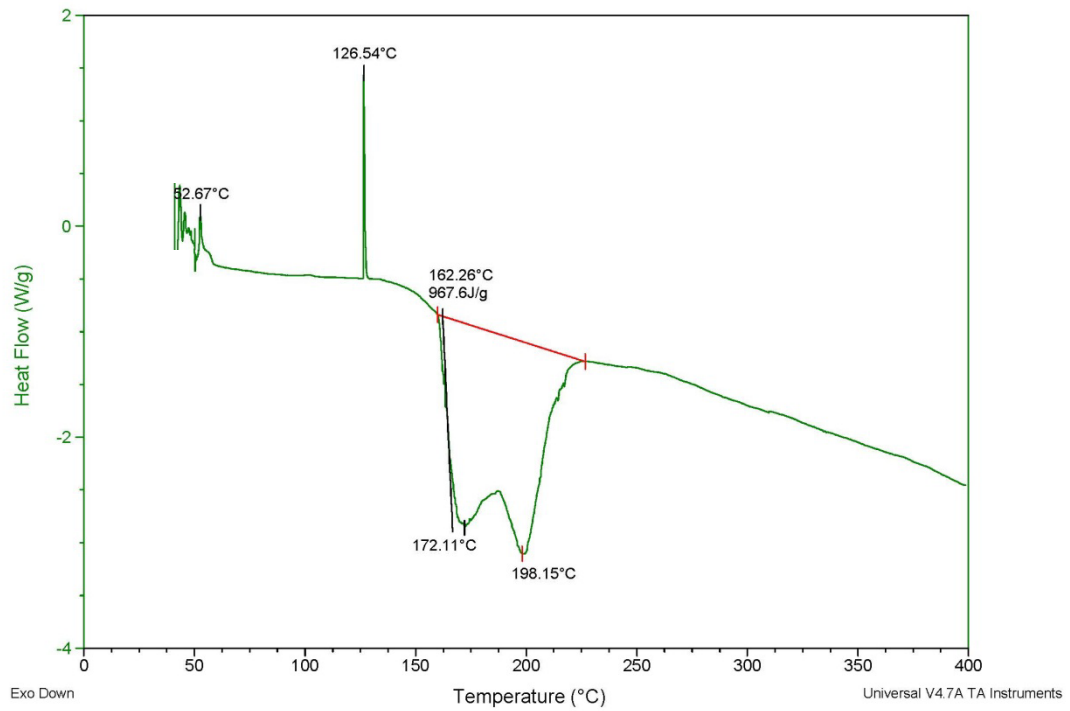
Tabell 6.1 gir en oversikt over dynamittprøver som er analysert på DSC i 2016 og ved hvilke temperaturer toppene på de ulike energiutslagene opptrer. I tillegg til funn fra tunneler er det også kjørt noen prøver av ren AN og en NC-paste som inneholder NG. Grafer fra DSC-kjøringer er gitt i Figur 6.4 - Figur 6.8.

Prøvene fra Røldal (Figur 6.4) har sammenfallende endoterme topper ved ca. 53 °C og 127 °C med kjøringen av ren AN (Figur 6.5), noe som indikerer at disse prøvene inneholder AN. Hvis prøven fra Røldal inneholder AN, er dette mest sannsynlig en nyere type dynamitt.

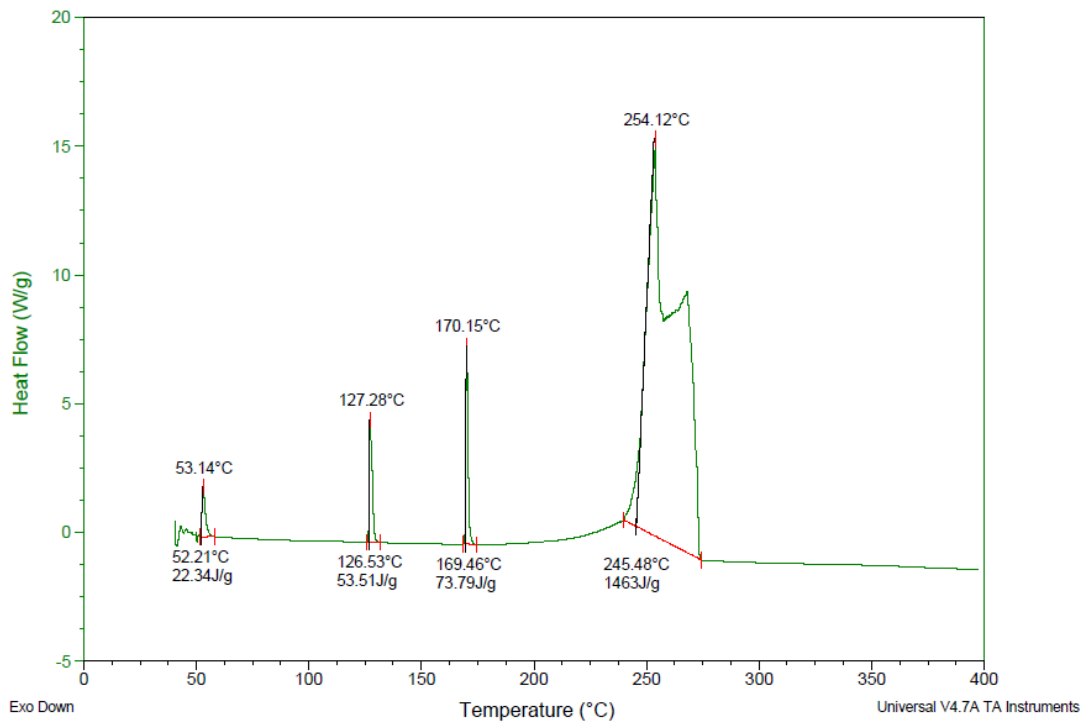
NG-pasten utviser ingen endoterme topper (Figur 6.6), men har en tydelig eksoterm topp ved ca. 209 °C som skyldes dekomponering. De andre dynamittprøvene har også eksoterme topper (Tabell 6.1), men de opptrer ved litt lavere temperaturer enn NG-pasten. Dekomponering kan variere for et stoff på grunn av interaksjon med andre ingredienser i materialet, så det er uvisst om toppene i de forskjellige prøvene stammer fra det samme stoffet. Det oppgis at EGDN har kokepunkt med dekomponering ved 198 °C, og at den eksploderer ved 215 °C under rask oppvarming (4). Prøvene fra Fosskolltunnelen og Røldal har eksotermer ved ca. 198 °C, så dette kan muligens skyldes EGDN.

Det er ønskelig å ha NG og EGDN tilgjengelig for analyse og sammenlikning av resultater. Så langt i prosjektet har det ikke vært mulig å anskaffe rene prøver av disse to stoffene.

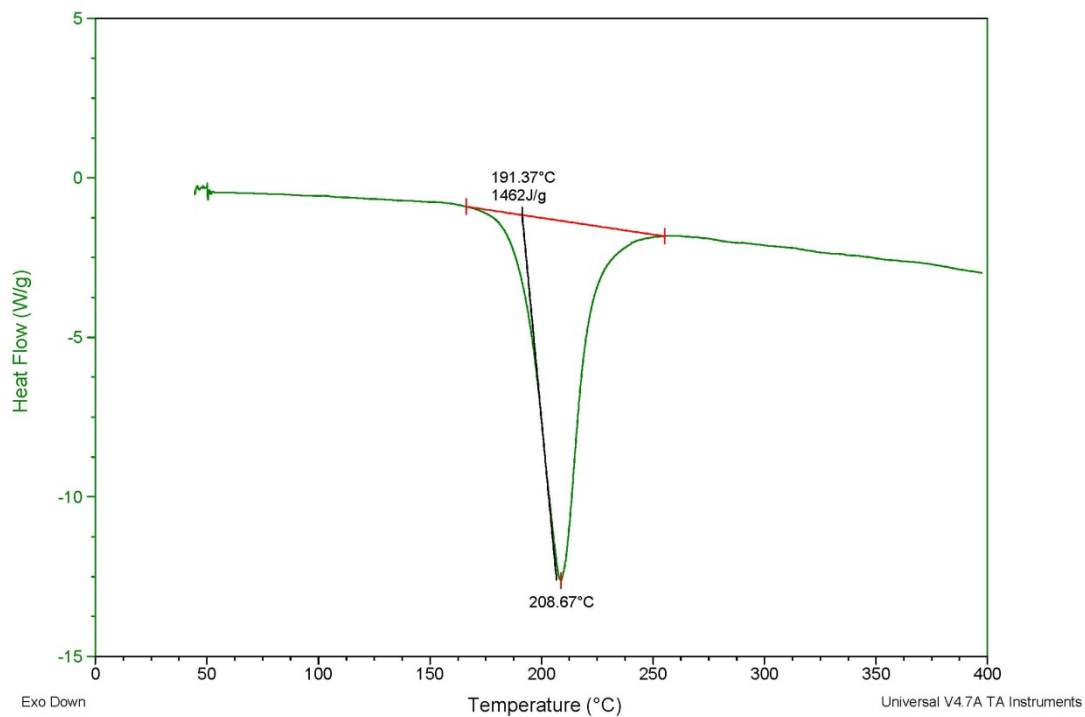
Den ene prøven fra Høgenheitunnelen har en endoterm ved 101 °C (Figur 6.7), som indikerer at prøven inneholder vann. Prøve H16-18 fra Fosskolltunnelen som virket fuktig (Figur 6.8), har ingen endoterm ved 100 °C, så væsken i denne prøven er ikke vann.



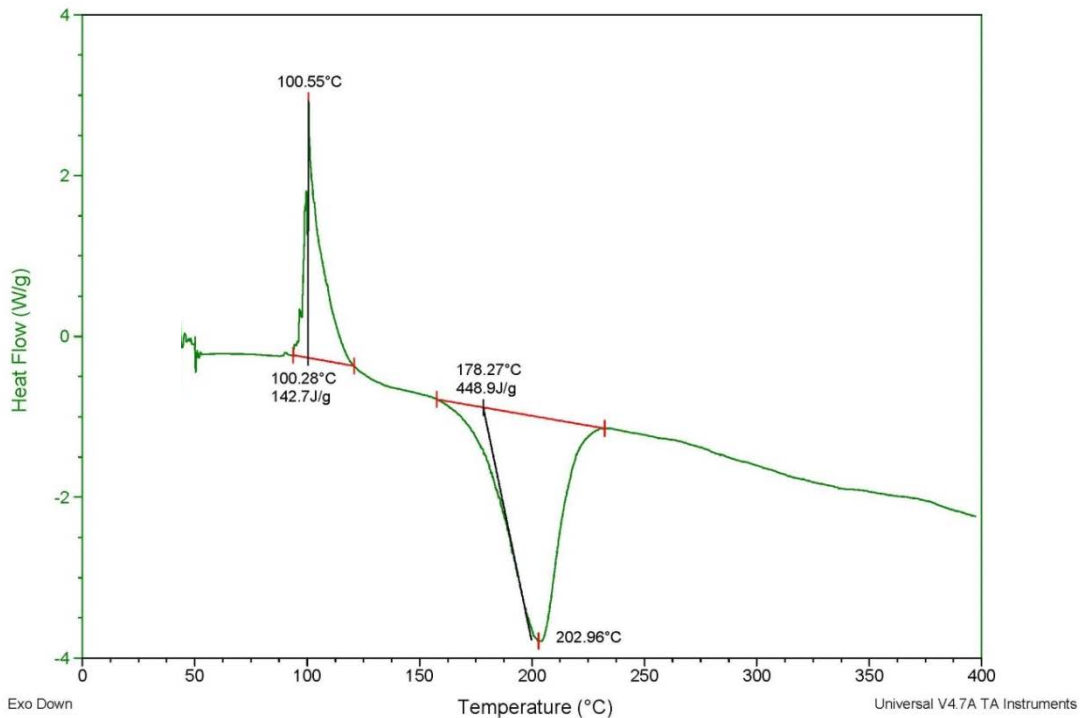
Figur 6.4 DSC-kurve av prøve H16-1 fra Røldal.



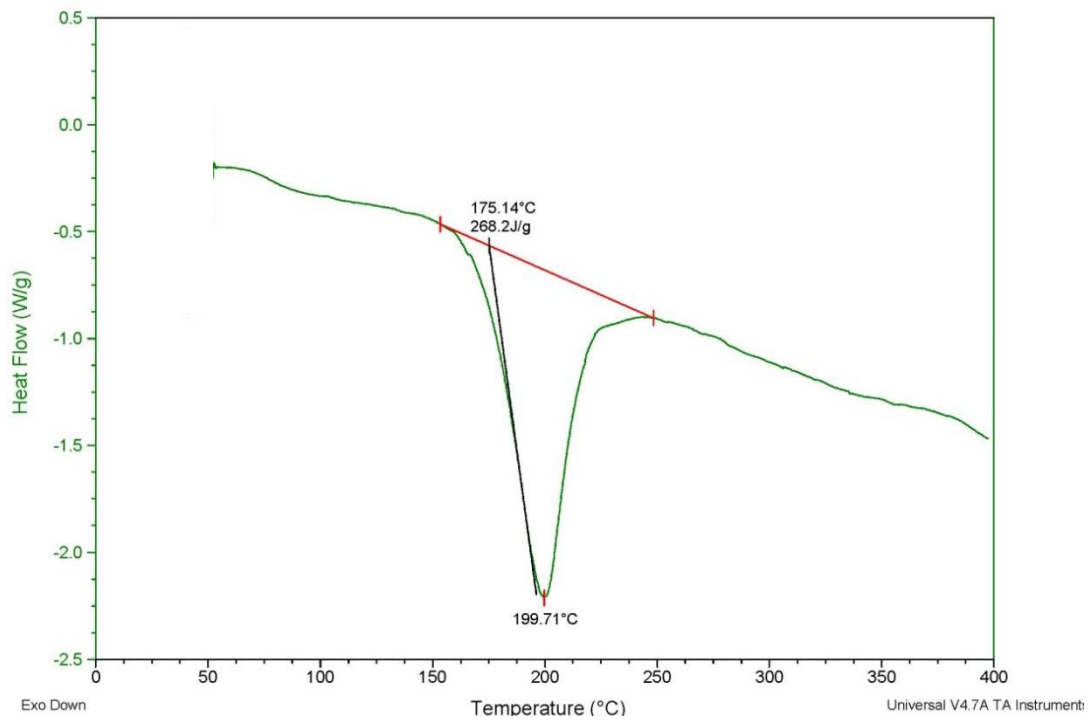
Figur 6.5 DSC-kurve av AN.



Figur 6.6 DSC-kurve av NC-deig med antatt innhold av NG.



Figur 6.7 DSC-kurve av fuktig fra Høgenheitunnelen H16-6.



Figur 6.8 DSC-kurve av prøve fra Fosskolltunnelen H16-18.

7 Konklusjon

I løpet av 2016 kan det dokumenteres et stort antall markeringer fra hundene og av disse er ca 220 bekreftet som funn. Tilbakemeldinger fra Statens vegvesen er at bruk av hund for søk etter eksplosiver er et virkningsfullt målretta HMS-tiltak som vil bidra til å redusere risikoen for alvorlige ulykker med sprengstoff. Det er også tilbakemeldinger om at nedetid eller stopp i anleggsarbeidene er blitt vesentlig lavere, og at arbeidet gjennomføres med en tryggere følelse. Det er imidlertid viktig at normale prosedyrer fortsatt blir godt ivaretatt selv om hundesøk er gjennomført.

Hundefaglig har prosjektet gitt god kompetanse på å finne reelle eksplosiver. Denne arenaen bidrar å gi hundene denne erfaringen. Gjennom disse oppdragene er det erfart at treffsikkerhet på deteksjon øker vesentlig ved stadig reelle funn. Det er en tilleggsverdi at hundene blir trent og får erfaring fra deteksjon av eksplosiver med en alder på opp mot 60 år.

Oppdragsmengden har økt i løpet av prosjektet og mot slutten av 2016 var de planlagte 60 døgnet doblet.

Termiske analyser med DSC viser variasjon i innhold i dynamittprøvene som er tatt. Alle prøvene dekomponerer mellom 190 °C og 210 °C, som viser at prøvene inneholder et sprengstoff, men ikke hvilket. En av prøvene viser også innhold av AN. Kjemisk analyse av prøvene og måling av prøvenes følsomhet vil bli gjennomført og rapportert senere.

Referanser

- [1] Craven, B.A., Paterson, E.G., Settles, G.S.: The fluid dynamics of canine olfaction: unique nasal airflow patterns as an explanation of macrosmia, *J.R.Soc. Interface* 7, 933-943 (2010).
- [2] Rammeplan felles fagutdanning hundetjenesten, FKL, 2016.
- [3] Ewing, R.G., Waltman, M.J., Atkinson, D.A., Grate, J.W., Hotchkiss, P.J.: The vapor pressure of explosives, *Trends in Analytical Chemistry*, Vol. 42, 35-48, 2013.
- [4] Wikipedia, https://en.wikipedia.org/wiki/ethylene_glycol_dinitrate.

About FFI

The Norwegian Defence Research Establishment (FFI) was founded 11th of April 1946. It is organised as an administrative agency subordinate to the Ministry of Defence.

FFI's MISSION

FFI is the prime institution responsible for defence related research in Norway. Its principal mission is to carry out research and development to meet the requirements of the Armed Forces. FFI has the role of chief adviser to the political and military leadership. In particular, the institute shall focus on aspects of the development in science and technology that can influence our security policy or defence planning.

FFI's VISION

FFI turns knowledge and ideas into an efficient defence.

FFI's CHARACTERISTICS

Creative, daring, broad-minded and responsible.

Om FFI

Forsvarets forskningsinstitutt ble etablert 11. april 1946. Instituttet er organisert som et forvaltningsorgan med særskilte fullmakter underlagt Forsvarsdepartementet.

FFI's FORMÅL

Forsvarets forskningsinstitutt er Forsvarets sentrale forskningsinstitusjon og har som formål å drive forskning og utvikling for Forsvarets behov. Videre er FFI rådgiver overfor Forsvarets strategiske ledelse. Spesielt skal instituttet følge opp trekk ved vitenskapelig og militærteknisk utvikling som kan påvirke forutsetningene for sikkerhetspolitikken eller forsvarsplanleggingen.

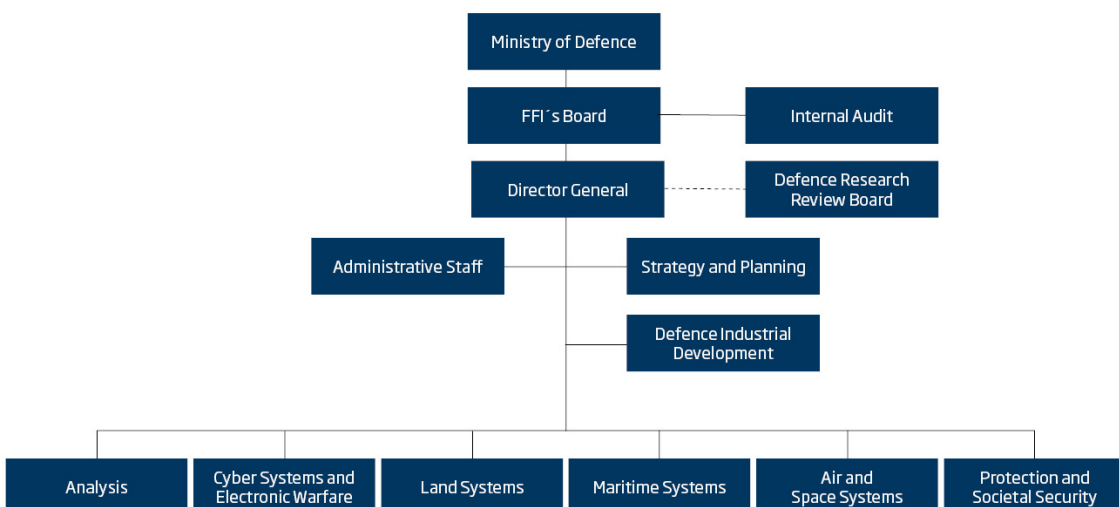
FFI's VISJON

FFI gjør kunnskap og ideer til et effektivt forsvar.

FFI's VERDIER

Skapende, drivende, vidsynt og ansvarlig.

FFI's organisation



Forsvarets forskningsinstitutt
Postboks 25
2027 Kjeller

Besøksadresse:
Instituttveien 20
2007 Kjeller

Telefon: 63 80 70 00
Telefaks: 63 80 71 15
Epost: ffi@ffi.no

Norwegian Defence Research Establishment (FFI)
P.O. Box 25
NO-2027 Kjeller

Office address:
Instituttveien 20
N-2007 Kjeller

Telephone: +47 63 80 70 00
Telefax: +47 63 80 71 15
Email: ffi@ffi.no