



---

# FFI-RAPPORT

---

19/01298

## Utvikling og bruk av hund for søk etter eksplosiver

— sluttrapport

Tove Engen Karsrud  
Vegar Falsten  
Kristine Flesjø<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Statens vegvesen



# **Utvikling og bruk av hund for søk etter eksplosiver – sluttrapport**

Tove Engen Karsrud  
Vegar Falsten  
Kristine Flesjø<sup>1</sup>

---

---

## **Emneord**

Hunder  
Dynamitt  
Eksplosiver  
Deteksjon

## **FFI-rapport**

19/01298

## **Prosjektnummer**

5220

## **ISBN**

978-82-464-3223-6

## **Godkjenner**

Øyvind Voie, *forskningsleder*  
Janet Blatny, *forskningsdirektør*

*Dokumentet er elektronisk godkjent og har derfor ikke håndskreven signatur.*

## **Opphavsrett**

© Forsvarets forskningsinstitutt (FFI). Publikasjonen kan siteres fritt med kildehenvisning.

---

---

## Sammenheng

I et samarbeidsprosjekt mellom Statens vegvesen (SVV) og Forsvarets forskningsinstitutt (FFI) er det blitt utviklet en tjeneste der hunder detekterer eksplosivresten. Hundene benyttes som et HMS-tiltak for å redusere risikoen for anleggsarbeidere der det er fare for å støte på eksplosivresten fra tidligere entrepriser. Tiltaket har blitt en suksess, og etterspørselen øker i takt med kjennskap til tjenesten. Prosjektet demonstrerer hvor ekstremt god en hunds luktesans er. Deteksjon av denne typen eksplosivresten kan vanskelig oppnås ved bruk av andre metoder. En hund kan trenes til å finne de fleste typer stoffer, den er effektiv og fleksibel, og man får raskt svar på om de aktuelle stoffene er på stedet.

Denne rapporten gir en oversikt over aktivitetene i prosjektet med en oppsummering av alle søksoppdragene, og den presenterer resultater fra karakterisering av dynamittprøver som er tatt under søk.

Søketjenesten er utviklet gjennom over 700 oppdragsdøgn på ulike anleggsarbeidere i tunneler og langs veger, i skredområder, på kraftstasjoner, på nedlagte skytefelt og på forskjellige tomter der det potensielt kan ligge igjen eksplosivresten fra tidligere byggearbeidere. FFI har benyttet hunder og hundeførere fra Forsvarets hundeskole (FHSK) i prosjektet. Etter opplæring og sertifisering i regi av Forsvarets program er hundene videreutviklet, og de er nå spesialtilpasset alle forskjellige søkstyper som kan benyttes på ulike typer anlegg. Denne søkskompetansen har ført til utvikling av en ny type søkshund kalt bakkesekshund, som Forsvaret har utarbeidet opplæring og sertifisering for. Etter prosjektets slutt er det ikke lenger mulig å benytte Forsvarets hunder, og sivile aktører må ta over. Prosjektet har bidratt til utvikling av en sivil tjeneste som kan levere tilsvarende søkskapasiteter. Bransjerådet for fjellsprengning har fått et grunnlag for et sivilt sertifiseringsløp for denne typen hunder og -førere.

I prosjektets FoU-del har det vært fokus på å karakterisere utvalgte dynamittprøver som er funnet under søkene for å undersøke luktbildet til dynamitter. Kjemisk analyse viser at de er veldig ulike i sammensetningen. Prøvene inneholder forskjellige konsentrasjoner av en eller flere av sprengstoffene ammoniumnitrat (AN), etylglykol dinitrat (EGDN), nitroglyserin (NG), trinitrotoluen (TNT) og ulike dinitrotoluen (DNT-er) samt en varierende mengde ukjente bestanddeler. Følsomhetstesting viser at mange av prøvene fortsatt er følsomme, og det ser ut til at det er mengden av eksplosiver i prøvene som bestemmer følsomheten, og ikke hvilke typer. Flere stoffer i prøvene må identifiseres, og dampfasen over dynamittprøvene bør analyseres for å kunne si noe mer om luktbildet fra prøvene og hva det er hundene detekterer.

Dynamittresten og forsagere som ligger godt skjermet under asfalten uten tilgang på luft og vann, antas å være i god stand og kan utgjøre den største risikoen for anleggsarbeidere. For å detektere disse restene bør det utføres søk med sanering. Dette betyr at massene må fjernes lagvis med søk på hver ny overflate inntil man når fast berg. Forsagere vil oftest befinne seg i nedre delen av massene. Dynamittresten som sitter i åpne borehull vil lettere eksponeres mot luft og vann, noe som kan føre til degradering. Fuktige grunnforhold, mye overflatevann og kalde værforhold kan påvirke luktbildet og gjøre deteksjonen vanskeligere.

---

---

## Summary

The Norwegian Public Roads Administration (NPRA) and the Norwegian Defence Research Establishment (FFI) have cooperated in a pilot project, developing an application where dogs detect explosive remnants. The dogs are used as a health and safety measure to reduce the risk for construction workers to encounter dynamite remnants from earlier enterprises. The measure has become a success, and the need for the application is increasing. The project demonstrates how extremely well dogs can detect scents. Dynamite remnants can hardly be detected by other methods. A dog can be trained to detect all kinds of substances, it is effective and flexible, and it will soon confirm whether the actual substance is present at the location.

This report gives an overview of the activities in the project and presents all the search operations that have been conducted. Results from the characterization of samples of dynamite remnants taken during search operations are presented.

The search application has been developed through more than 700 days of searching in tunnels and along roads, in avalanche areas, at closed down shooting ranges and at different sites where explosive remnants are likely to be present from earlier use of explosives. Dogs and dog handlers from the Military dog training school have participated in the project. After the military training and certification, the dogs have been further developed during the project. They are now especially fit for all kinds of search categories to be used at most construction works. The dogs will not be available after the end of the project, and there is a need for civilian companies to take over. The project has contributed to the development of a civilian application that can deliver comparable search capacities. The council "Bransjerådet for fjellsprengning" has been provided with a basis to set up requirements for a civilian certification of these kinds of dogs and dog handlers.

Dynamite samples found during search operations have been characterized in order to investigate what the dogs smell when they detect the dynamite remnants. Chemical analysis shows that the composition of the samples varies a lot. The samples contain various concentrations of one or several of the explosives ammonium nitrate (AN), ethylene glycol dinitrate (EGDN), nitroglycerine (NG), trinitro toluene (TNT) or dinitro toluenes (DNTs) in addition to unidentified components. Sensitivity measurements show that many of the remnants still are quite sensitive. This is probably governed by the amount of explosives in the samples and not necessarily which type of explosives. Identification of other components in the samples and analysis of the vapor phase above the remnants may give more information about what the dogs smell when they detect the remnants.

Dynamite remnants and duds that are well hidden under the road cover without being exposed to air and water may still be in good shape and thus pose a risk. In order to detect these remnants it is necessary to remove the road cover and the masses layer by layer with dogs searching every new surface as it is revealed. The remnants will most often be located in the lower part of the masses. Remnants located in open drill holes will more easily be exposed to air and water, which can degrade the dynamite composition. Humid conditions, water on surfaces and cold weather may influence the odors and the detection of the remnants.

---

---

# Innhold

<b>Sammendrag</b>	<b>3</b>
<b>Summary</b>	<b>4</b>
<b>Forord</b>	<b>7</b>
<b>1 Innledning</b>	<b>9</b>
<b>2 Bakgrunn</b>	<b>9</b>
<b>3 Søksoppdrag</b>	<b>10</b>
<b>4 Karakterisering av dynamittprøver</b>	<b>16</b>
4.1 Dynamitter	17
4.2 Prøver	18
4.3 Kjemisk analyse	21
4.4 Følsomhet	23
4.5 Termisk analyse	25
<b>5 Trening deteksjon</b>	<b>28</b>
5.1 Luktbilder	28
5.2 Opplæring hunder	29
<b>6 Søkstyper</b>	<b>30</b>
<b>7 Veileder for bruk av eksplosivsøkshund</b>	<b>31</b>
<b>8 Sertifisering</b>	<b>31</b>
<b>9 Innspill til risikovurdering</b>	<b>32</b>
9.1 Initiating	32
9.2 Hvor er det rester?	33
9.3 Prosedyrer ved søk	34
9.4 Brann	34
<b>10 Utbytte for Forsvaret</b>	<b>35</b>

---

<b>11 Nytte for anleggsbransjen</b>	<b>36</b>
<b>12 Delte erfaringer</b>	<b>37</b>
<b>13 Veien videre</b>	<b>37</b>
<b>14 Konklusjon</b>	<b>38</b>
<b>A DSC-analyser</b>	<b>39</b>
<b>B TGA-analyser</b>	<b>40</b>
<b>C Veileder</b>	<b>42</b>
<b>Referanser</b>	<b>54</b>



---

---

## Forord

Resultatet av samarbeidsprosjektet fremmer gjensidig kompetanseheving, kostnadsbesparelser og bedret sikkerhet. Vi har utviklet helse, miljø og sikkerhetsarbeidet ved utvikling og bruk av søkshunder for å finne eksplosivrester ved anleggsarbeider.

Prosjektet har gjennom egen aktivitet applisert og operasjonalisert tiltak for å implementere risikoreducerende tiltak for samfunnet. Oppdragets beskaffenhet bør derfor være av særlig interesse for aktører som søker å øke samfunnets sikkerhet. Prosjektet er i tråd med Stortingsmelding 10 (2016- 2017) betydningen av tverrsektorielt samarbeid innen beredskap, herunder håndtering av eksplosiver.

Kjeller, 11. september 2019.

Tove Engen Karsrud

Vegar Falsten

Kristine Flesjø



---

---

# 1 Innledning

Statens vegvesen (SVV) og Forsvarets forskningsinstitutt (FFI) har samarbeidet i et treårig (2016 – 2018) pilotprosjekt om å bruke militære eksplosivsøkshunder for å detektere forsagere og andre rester av dynamitter der det er fare for anleggsarbeidere å støte på sprengstoffer fra tidligere entrepriser. Prosjektet har vært en ubetinget suksess for HMS-arbeidet i anleggsbransjen og har vært et av de viktigste tiltakene for å hindre ulykker ved gravearbeider som foretas på steder der det er sprengt før.

Denne rapporten oppsummerer alt arbeid som er gjennomført i løpet av prosjektet. Fra før er det publisert årsrapporter for aktivitetene i årene 2016 (1) og 2017 (2,3). Det gis ikke ut en egen årsrapport for 2018 da arbeidet dette året vil bli inkludert i denne sluttrapporten.

Dersom en hund skal finne et stoff, må den være opplært i å gjenkjenne luktbildet fra det aktuelle stoffet. Dette kan i utgangspunktet høres enkelt ut, men her er det mange hensyn å ta. Viktige parametere i denne sammenheng er sammensetning av prøven og egenskaper til forbindelsene i prøven samt sammensetning og egenskaper til dampfasen over prøven. Det er derfor nødvendig med kjemisk analyse av stoffene og dampfasen over stoffene for å få denne informasjonen. Stoffet med lave damptrykk er det vanskelig å lukte fordi de vil ha få molekyler i lufta som hundene kan detektere. Ved blanding av flere stoffer er det en utfordring å vite hvor mange og hvilke av stoffene hundene skal trenes på. Kjennskap til innhold i blandingen og til dampen over blandingen gir ikke alltid svaret på hva hundene lukter og detekterer. I prosjektets FoU-del har det vært fokus på å undersøke prøver av utvalgte dynamitterester funnet under søkene for å kunne lære om hva hundene lukter når de detekterer dynamitter. Her har vi kommet langt på vei, men ikke helt i mål. Arbeidet har imidlertid gitt oss metodikken. Forståelse av hundenes luktsensorer og respons på de ulike kjemiske stoffene, ligger utenfor rammen av dette prosjektet.

## 2 Bakgrunn

Statens vegvesen var i gang med rehabilitering av over 200 tunneler i Norge da det ble behov for et tiltak som ytterligere kunne redusere risikoen for anleggsarbeidere som skulle inn og grave der det var risiko for å påtreffte gammelt sprengstoff. Hunder har en vel utviklet luktesans og var blitt benyttet tidligere på et par anleggsområder i samme øyemed med gode resultater. Våren 2016 inngikk Statens vegvesen og FFI en samarbeidsavtale om å benytte hunder for å søke etter og detektere ulike sprengstoffrester, først og fremst i tunneler. Etter hvert er tjenesten utvidet til å bli benyttet på andre typer anleggsområder som ved utvidelse av veier, bygging av gangveier og rensing av skjæringer. Det har også blitt gjennomført søk for Statnett og Bane Nor på deres anleggsområder med samme utfordringer og på et par anlegg for Bergen og Drammen kommune.

---

Arbeidet anses som et strategisk samarbeid mellom offentlige etater for å utnytte spesiell kompetanse på tvers av sektorer. Det var en forutsetning at arbeidet skulle gi gjensidig nytteverdi for begge parter. Statens vegvesen har fått tilgang til søkshundkapasitet av en kvalitet som ikke har vært tilgjengelig i markedet, og Forsvaret har fått egennytte i form av realistisk trening og metodeutvikling.

I prosjektet har FFI benyttet Forsvarets hundeskole (FHSK) for trening av hunder og leveranse av søkshundtjenester. Hundene er trent og sertifisert i henhold til militære treningsprogram for søkshunder. Gjennom prosjektet har det vært et mål å utvikle søkshundtjenesten til denne typen formål. Det har blitt utviklet treningsmetoder for ulike søksoppdrag tilpasset de ulike anleggsområdene, og hundene er trent opp på luktbilder for å detektere ulike typer dynamitter. Norge har også behov for å få på plass sertifisering for sivile eksplosivsøkshunder for å sikre kvaliteten på søkshunder av denne typen. Resultater fra prosjektet er viktige innspill til et norsk sertifiseringsløp.

Forsvaret har vedtatt at det ikke vil bli anledning til å bruke Forsvarets søkshunder i en videreføring av prosjektet. Årsaken er at Forsvaret ikke ønsker å være en aktør i markeder hvor sivile firmaer kan etablere og utføre oppgaven. Etter prosjektets slutt vil det derfor bli behov for sivile eksplosivsøkshunder som kan erstatte de militære hundene. Resultatene som er oppnådd i dette prosjektet danner et viktig grunnlag for de som ønsker å bygge opp en slik tjeneste.

Prosjektet har uten tvil vært lærerikt for Forsvaret hundetjeneste og har gitt innspill på metodikk for utvikling av søkshunder mot et bestemt luktbilde. Oppdragene har gitt hundene en unik arena for trening og utvikling. Hundene har vært konstant i arbeid og har blitt svært tilpasningsdyktige og anvendbare for alle typer søk og under krevende forhold med tanke på støy og forstyrrelser. De reelle scenarioene er dessuten en god treningsarena for unge hunder under opplæring.

### **3 Søksoppdrag**

En samlet oversikt over alle søksoppdragene som er gjennomført i prosjektet er gitt i Tabellene 3.1–3.3. Søkene for Statnett og Bane Nor og andre oppdragsgivere er inkludert i oversiktene. En mer detaljert beskrivelse av oppdragene er beskrevet i FFI-rapportene 17/16509 (1), 18/01312 (2) og 19/01297 (4).

Søkene er foretatt av et hundelag bestående av en operativ leder fra FFI og tre til fire hundeførere fra Forsvarets hundeskole. Til sammen har åtte hunder vært med på søkene. På alle aktuelle søksområder blir det benyttet minst to hunder. Dette for å kvalitetssikre markeringene. Er man i tvil om resultatet, benyttes en tredje hund. I løpet av prosjektet har det vært utført over 700 oppdragsdøgn, og det er markert for eksplosiver over 550 ganger.

---

---

Det er den aktuelle entreprenøren eller byggherren på anlegget som har ansvar for å grave opp eventuelle eksplosivrester og forsagere der hundene markerer. Vi har derfor ingen oversikt over hva som er funnet på de forskjellige stedene der det er markert for eksplosiver. Det er imidlertid viktig å gi tilbakemelding dersom det ikke skulle være noe der hundene har markert. Falske positive godtas ikke. Dersom en hund markerer feil, vil den bli tatt ut av operativ tjeneste og må gjennomgå et resertifiseringsløp. For å bli godkjent søkshund, må hunden foreta korrekte markeringer uten en eneste feilmarkering.

Oppdragene har vært svært forskjellige. Dette gjelder lokalitet, omfang, varighet, søkstype og antall funn og markeringer. Det er søkt på ulike tomter, ulike veganlegg, langs vegstrekninger, i og utenfor tunneler, i utsatte skredområder, på tomter som skal bygges ut, ved transformatorstasjoner og i nedlagte skytefelt. Enkelte ganger har det vært mulig å gjennomføre flere oppdrag på én dag. Andre ganger har et oppdrag gått over flere dager, og det har også vært nødvendig å komme tilbake flere ganger til samme sted med varighet i flere dager. Noen steder er det ingen interesser eller markeringer fra hundene, mens andre steder er det mye sprengstoffrester og funn av forsagere. Mange av søkene er foretatt på Østlandet med relativ kort reisevei fra der hundekvipasjene har tilhold. Andre oppdrag har medført mye reising over lange avstander og med overnattinger på oppdragsstedet.

Noen av oppdragene har vært spesielle og viktige for utviklingen av søkstyper og søksprosedyrer. Gjennomføringen av disse oppdragene har lagt mye av grunnlaget for hvordan søk på ulike anlegg skal utføres.

Søkene i Høgenheitunnelen i Bamble ble gjennomført høsten 2016. Søksarbeidet i denne tunnelen la grunnlag for prosedyre ved sanering. Denne prosedyren benyttes der det er stor sannsynlighet for at det ligger rester i massene under overflaten. Sprengstoff som ligger langt under bakken og under asfalt vil gi svakt luktbilde over bakken. Dette fordi lukstoffer fra sprengstoffet har lang vei å vandre opp mot overflaten og blir hindret av asfalten i å komme opp i dagen. Søk på overflaten vil i slike tilfeller resultere i få markeringer, men hundene kan vise interesser. Prosedyren som ble utviklet var å fjerne masser lagvis ca. 20–50 cm om gangen og la hundene søke på overflatene ettersom de avdekkes. I Høgenheitunnelen ble det funnet i alt 38 forsagere med og uten tenner. 85 % av funnene befant seg ca. 30–40 cm over berget, mens de resterende 15 % ble avdekket lenger ned mot berget. Søk under sanering krever god dialog mellom entreprenør, gravemaskinfører og hundekvipasjen for planlegging av søkene og under gjennomføringen. Ved sanering er det ofte behov for å komme tilbake til søksstedet i flere omganger for å følge progresjonen i anleggsarbeidene.

Søksoppdraget i Gudvangatunnelen i Aurland var spesielt på grunn av tunnelens lengde og det store antall funn av forsagere. Gudvangatunnelen er over 11 km lang. I 2017 ble hundene tilkalt ti ganger til tunnelen, og det ble søkt en total lengde på ca. 30 km. Dette året ble det avdekket 115 funn av udetonert sprengstoff hvor de fleste ble funnet i siste halvdel av tunnelen mot Gudvangen. I 2018 var hundene tilbake flere ganger for søk på krysninger over vegbanen og ved eventuelle gravinger ved krysningene. Det ble markert og funnet to forsagere 60–80 cm ned i bakken i 2018. Rehabiliteringen av tunnelen er ikke ferdig, og det kan bli behov for flere søk i denne tunnelen.

---

---

Langs E16 mellom Bagn og Bjørge i Valdres anlegges det ny veg ved siden av den gamle. Etter funn av forsager i overgangen mellom gammel og ny veg, ble det besluttet å benytte hund også på denne typen anleggsarbeider og på andre steder der det er fare for å støte på gammelt sprengstoff. På vegstrekningen Bagn–Bjørge har det blitt gjennomført mange søk både i 2017 og 2018. Det er benyttet flere typer søk som frittsøk, «high assurance search dog» (HASD)-søk og kortlinesøk. I 2017 ble det gjort 12 markeringer på sprengstoff og 6 markeringer i 2018.

Bakliholtantunnelen er en ny tunnel i Nordland på Fv 17. Her ble det benyttet elektroniske tennere, og det ble satt i gang søk for å undersøke om det er forsagere etter bruk av disse. Store mengder vann og leire enkelte steder gjorde søket utfordrende, men det ble likevel gjort fem markeringer. Disse funnene viser at hundesøk også bør tas i bruk på nåværende anleggsområder for å detektere eventuelle forsagere etter sprengninger på nye anlegg og der det benyttes elektroniske tennere. Da kan områdene klareres for sprengstoffrester, og det vil ikke foreligge noen fare for å finne rester dersom det skal foregå anleggsarbeider på senere tidspunkter.

I tidligere Høleheia skytefelt og i nedlagte Helgelandsmoen militærleir kunne det i tillegg til eksplosivrester være risiko for å treffe på blindgjengere fra ammunisjon som vil bestå av mye metalldele. For å detektere mulige blindgjengere og annet metallskrot ble det i Høleheia og på Helgelandsmoen derfor tatt i bruk metalldetektorer. Hundene søkte som normalt etter eksplosivrester. I Høleheia ble det funnet noe håndvåpenammunisjon, noen ufarlige panserverngranater, en utbrent lysgranat og diverse skrot og ammunisjonsrester. På Helgelandsmoen ble det ingen funn av hverken eksplosiver eller metallskrot.

Tabell 3.1 Søksoppdrag i 2016 og tidligere.

Tidspunkt	Oppdragssted	Resultat søk	Prøver
<b>November 2014, november 2015, mars 2016, august 2016</b>	Region Nord: Brattlietunnelen, Finneidfjorden og Nettetunnelen, Saksenvik, Kvænflågtunnelen, Setsåtunnelen, Illhøliatunnelen	10 talls funn	
<b>August 2015</b>	Trondheim: Være-, Hell- og Stavsjøtunnelene	Flere markeringer	
<b>November 2015, juni og november 2016</b>	Fosskolltunnelen	Flere markeringer og funn	2
<b>Mai, juni og november 2016</b>	Brynstunnelen	Flere markeringer og funn	
<b>Juni 2016</b>	RV15 Hokksund	Markering og funn av forsager	
<b>Juni 2016</b>	Rena	Ingen funn	
<b>Juni 2016</b>	Røldal	Markering og funn av sprengstoff	2
<b>August 2016</b>	Strynefjellet	Markering og funn av sprengstoff	
<b>August og september 2016</b>	Åndalsnes: Måndalstunnelen og Innfjordtunnelen	Flere markeringer	
<b>September– november 2016</b>	Høgenheitunnelen	Stort antall markeringer og funn, avdekket 38 forsagere	2
<b>November 2016</b>	Tåsentunnelen	Flere markeringer	
<b>Desember 2016</b>	Filefjell		

Tabell 3.2 Søksoppdrag i 2017.

Tidspunkt	Oppdragssted	Resultat søk	Prøver
November 2016–februar 2017	Tåsentunnelen, Oslo	4 markeringer	
Januar 2017	Røyrdalstunnelen	7 markeringer	
Mars 2017	Langhus, Ski, tomt ved veg	Ingen markeringer	
Januar–februar 2017	Vassmarka–Rongland, Nord-Trøndelag, langs veg	6 markeringer	
Februar–mai 2017	Slåttekås–Årnes, Rv 36, langs veg	6 markeringer	
Mars 2017	Lyderhorntunnelen, Bergen	2 markeringer	
Mars–august 2017	Bjørnegårdtunnelen, Sandvika	15 markeringer	2
Mars 2017	Fv 40, Rødberg sentrum, langs veg	Ingen markeringer	
April 2017	Norbytunnelen	2 markeringer	2
Mai 2017	Region Nord, Tømmerneset og Fagernestunnelen	8 markeringer	
Mai–august 2017	Bagn–Bjørgo, langs veg	12 markeringer	2
August 2017	Strynefjellet, skredområder	Ingen markeringer	
September 2017	Bjørgatunnelen, Fv 211	6 markeringer	
September 2017	Vågstunnelen, Rv 13	5 markeringer	
Mai–desember 2017	Gudvangatunnelen	115 markeringer	3
November–desember 2017	Valderøy-, Ellingshøy- og Godøytunnelene	Ingen markeringer	
Desember 2017	Sand, Odalen, langs veg	3 markeringer	1
Juni–desember 2017	Ekeberg- og Svartdalstunnelen, Oslo	6 markeringer	1



Tabell 3.3 Søksoppdrag i 2018.

Tidspunkt	Oppdragssted	Resultat søk	Prøver
<b>Januar–februar 2018</b>	Hagaåstunnelen og Liarostunnelen, Fv 7	15 markeringer, 3 interesser og funn av rester og rør med sprengstoff	
<b>Januar–februar 2018</b>	Hovdetunnelen, Høyanger	23 markeringer, flere interesser og funn av rør med sprengstoff	2
<b>Mars 2018</b>	Region Nord: Larsberg tunnelen, Isfjell tunnelen, Skarsdal tunnelen og Forsåtunnelen	4 markeringer og 4 interesser	
<b>April–mai 2018</b>	Tomt på Skullerud	2 markeringer	
<b>Mai, september–november 2018</b>	Transformatorstasjon, Sylling	3 interesser og noen markeringer	
<b>Mai 2018</b>	Eikelandstunnelen, FV 614, og Bakkatunnelen, FV 241	Ingen markeringer	
<b>Mai 2018</b>	Vestfold, 3 vegskjæringer	3 markeringer	
<b>Juni 2018</b>	Vegskjæring, E134 Kongsberg	Ingen markeringer	
<b>Juni 2018</b>	Langs E134, Gvammen– Århus	Ingen markeringer, tre interesser	
<b>Juni 2018</b>	Bakliholtantunnelen, Fv 17, Liafjell	5 markeringer	
<b>Juni 2018</b>	E6, Soknedal	3 markeringer	
<b>Juni 2018</b>	Lieråstunnelen, Drammensbanen	6 markeringer	
<b>Juni 2018</b>	Flenjatunnelen, Sogn og Fjordane	8 markeringer	
<b>August 2018</b>	Helgelandsmoen	Én markering	
<b>August 2018</b>	Langhelletunnelen, E16	Én markering, to interesser og funn av rør fra kontursprengning	

<b>August–september 2018</b>	E16 Bagn–Bjørgo	6 markeringer	
<b>September 2018</b>	Nordbytunnelen	2 rør med sprengstoff	
<b>September 2018</b>	Vegskjæringer, Fv 192 Krøderen	Noen interesser	
<b>September 2018</b>	Hålogalandsbrua, Narvik	Én interesse og 2 markeringer med funn av dynamitt og rør	
<b>Oktober 2018</b>	Tomt på Taraldrud	4 markeringer	
<b>Oktober– desember 2018</b>	Beitlatunnelen, E16	Én markering og én interesse	
<b>Oktober–november 2018</b>	Gudvangatunnelen	2 markeringer	
<b>Juli–november 2018</b>	Høleheia skytefelt	Mye skrot og ufarlige ammunisjonsobjekter	
<b>November 2018</b>	Gyltunnelen, Rv 70	Én interesse	
<b>Desember 2018</b>	Kjørbotunnelen, E16 Sandvika	Én markering og én interesse	
<b>Desember 2018</b>	Arnanipatunnelen, E16 Bergen	Fire interesser og markeringer	
<b>Desember 2018</b>	Spiralen, Drammen	Ingen markeringer	

## 4 Karakterisering av dynamittprøver

I prosjektets FoU-del har det vært fokus på å karakterisere prøver av dynamitter som er funnet under søksoppdragene. Kunnskap om kjemisk sammensetning av prøvene er viktig for å forstå hva det er hundene detekterer, for å utvikle treningsmetodikk og produsere luktprøver som brukes til opplæring av hunder.

Kartlegging av prøvenes følsomhet er nødvendig for å vite hvilken risiko restene utøver. Data om følsomhet blir viktig innspill til risikovurderinger knyttet til arbeid på steder der en kan påregne å treffe på dynamittrester fra tidligere entrepriser.

---

---

Sammensetningen til dynamittforsageren er resultat av hvilken type dynamitt som ble brukt i sprengningene og hva den har gjennomgått av aldring siden den ble benyttet. Sammensetningen er avgjørende for hvordan følsomheten er, og det er ønskelig å finne sammenhenger og knytte dette opp mot hvor de ulike restene blir funnet. Deteksjonen er påvirket av hvilke stoffer som er i forsagerne. Videre vil analyse av dampfasen over prøvene bli viktig, da sammensetningen av denne vil gi et mer riktig bilde av hva hundene detekterer. Her er det mange faktorer som styrer hva hundene lukter, og dette ønsker vi å lære mer om.

Problemstillinger man er opptatt av er:

1. Hvordan er dynamittforsageren sammensatt?
2. Hvilke luktstoffer/sammensetninger i forsageren får hunden til å markere?
3. Hva er følsomheten til forsageren med tanke på detonasjon?

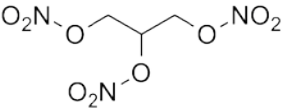
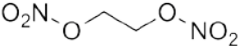
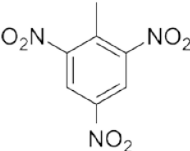
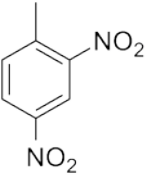
I denne rapporten blir alle resultatene i prosjektet oppsummert. For en nærmere beskrivelse av de ulike målingene og teknikkene henvises det til FFI-rapport18/01312 (2).

#### **4.1 Dynamitter**

Dynamitt er en samlebetegnelse på en type sivile sprengstoffer. Sammensetningen av dynamitter er endret opp gjennom tidene av hensyn til sikkerhet, miljø og bruksområde. I dag utgjør ammoniumnitrat (AN) og etylenglykol dinitrat (EGDN) hovedingrediensene til dynamittene. Fortsatt er nitroglyserin (NG) i enkelte blandinger, og det kan forekomme mindre mengder med trinitrotoluen (TNT). Dinitrotoluen (DNT) ble benyttet i eldre dynamitter, men benyttes ikke lenger på grunn av at forbindelsen er giftig og kreftfremkallende. Små mengder av ulike varianter av DNT kan forekomme i TNT fordi TNT kan brytes ned til DNT over tid, samt at det kan være rester av DNT fra framstillingsprosessen til TNT. Nitrocellulose (NC) har vært benyttet for å lage en gel av blandingen. I tillegg til sprengstoffene inneholder dynamittene også flere inerte forbindelser som fargestoffer, stabilisatorer og fyllstoffer som voks, tremel, rugmel og koksalt. De ulike eksplosivenes struktur og formel er listet i Tabell 4.1.

Tunneler og vegstrekninger som hundene skal søke i er blitt bygd til ulike tider. Avhengig av byggeår er det blitt benyttet forskjellige dynamitter under byggearbeidene. Ved søk i dag må en derfor påregne å finne mange forskjellige dynamittblandinger. Tilstanden og kvaliteten på restene vil videre være avhengig av hvor dynamittrestene ligger og hvilke påvirkninger de er blitt utsatt for i form av temperaturer, vann og luft siden de ble brukt.

Tabell 4.1 Eksplosivforbindelser i dynamitter.

Eksplosiv	Kjemisk formel	Molekylstruktur
NG	$C_3H_5(NO_3)_3$	
EGDN	$C_2H_4(NO_3)_2$	
TNT	$C_7H_5(NO_2)_3$	
DNT	$C_7H_6(NO_2)_2$	
AN	$NH_4 NO_3$	$[NH_4]^+ [NO_3]^-$

## 4.2 Prøver

Totalt er det i prosjektet tatt 20 prøver av ulike dynamitrester og forsagere som er funnet under søkene. De ulike prøvene representerer mangfoldet av hva slags type rester som forekommer. Beskrivelse og bilder av prøvene er gitt i Tabell 4.2 og Tabell 4.3.

Utseendet og tilstanden til prøvene varierer veldig. Noen prøver er helt tørre og alle flytende bestanddeler ser ut til å være fordampet. I den andre enden av skalaen er det prøver som inneholder mye væske, og enkelte prøver har skilt seg i to deler med væskefasen flytende på toppen av resten av prøven som er mer eller mindre viskøs. Mellom disse ytterpunktene er det varierende grad av hvor viskøse prøvene er og hvor mye væske det er i dem. Noen prøver er kornete og smuldrer opp når man trykker på dem. Noen prøver er myke og smørbare, mens andre har en fast struktur og er mer svamplignende. Flere av prøvene som er fuktige, tørker ut når de er i luft. Det tyder på at de inneholder lettflyktige forbindelser eller vann som er kommet fra kondens eller regnvann. Fargen varierer fra lys beige eller lys gul med innslag av røde eller brune prikker til intens rød eller mørkebrun. En av prøvene ser ut til å inneholde lange hvite krystaller omsluttet av en rød masse. De fleste av prøvene er funnet omsluttet av det papiret eller plastrøret som er originalinnpakningen til dynamitten ved bruk.

Tabell 4.2 Prøver tatt under søksoppdrag i 2016.

Prøve	Beskrivelse	Bilde
<b>H16-1 Røldal</b>	Lysebrun, pasteliknenede masse.	
<b>H16-2 Røldal</b>	Lysebrun tørr, fast masse.	
<b>H16-6 Høgenheitunnelen</b>	Mørkerød seig paste.	
<b>H16-7 Høgenheitunnelen</b>	Mørkerød, tørr masse.	
<b>H16-17 Fosskolltunnelen</b>	Mørkerød, tørr masse.	
<b>H16-18 Fosskolltunnelen</b>	Mørkerød, fast paste.	

Tabell 4.3 Prøver tatt under søksoppdrag i 2017 og 2018.

Prøve	Beskrivelse	Bilde
H17-1 Sandvika	Svart, brunaktig masse omsluttet av mulig opprinnelig hvitt papir. Antageligvis mye grus og småstein i prøven.	
H17-2 Sandvika	Orangebrun smørbar masse i gult plastrør.	
H17-3 Nordby-tunnelen	Rødt, tørt stoff, muligens iblandet svart grus, omsluttet av mulig hvitt papir.	
H17-4 Nordby-tunnelen	Gulhvitt stoff med oransjerød prikker i et gult plastrør. Stoffet er smørbart og ganske flytende.	
H17-5 Bagn-Bjørگو	Brunrød, smørbar masse pakket inn i hvitt papir.	
H17-6 Bagn-Bjørگو	Rødbrun, tørt stoff, festet i papir, mulig rødt.	
H17-7 Ekeberg	Orangebrun, halvflytende masse.	
H17-8 Gudvanga-tunnelen	Tørt, brunbeige pulver.	
H17-9 Gudvanga-tunnelen	Mørkebrun masse, mulig noe væske i den.	

<b>H17-10</b> <b>Gudvanga-</b> <b>tunnelen</b>	Rustrødt stoff med lange hvite fibre/tråder.	
<b>H17-11</b> <b>Odalen</b>	Mørkebrun smørebar masse som utsondrer væske.	
<b>H17-12</b> <b>Støleheia</b>	Mørkebrun smørebar masse i rødt oransje rør	
<b>H18-1</b> <b>Høyanger</b>	Mørkebrun masse som flyter i en væske.	
<b>H18-2</b> <b>Høyanger</b>	Rød masse pakket inn i hvitt papir, ikke utflytende.	

#### 4.3 Kjemisk analyse

Flere teknikker og analyseinstrumenter kan benyttes for å undersøke innholdet av kjemiske forbindelser i en prøve. De mest benyttede teknikkene for analyse av eksplosiver er gass- eller væskerkromatografi i kombinasjon med massespektrometri (MS). Kromatografi benyttes for å separere de ulike forbindelsene i prøven, mens MS benyttes til å bestemme hvilken type forbindelse det er snakk om, samt mengden av dem. Hvilken kromatografiteknikk som benyttes er avhengig av egenskapene til forbindelsen som skal bestemmes. Generelt er gasskromatografi (GC) best egnet til å analysere flyktige og halvflyktige organiske forbindelser, mens mer vannløselige forbindelser kan analyseres med væskerkromatografi (LC). Begge teknikkene forutsetter at forbindelsene som skal bestemmes er i en løsning. For analyse av faste prøver, må komponentene derfor på forhånd ekstraheres ut i egnede løsemidler.

Informasjon om sammensetninger av ulike dynamitter de siste 50–60 årene er benyttet som utgangspunkt for å analysere prøvene. De eksplosivforbindelsene som forventes å finnes i prøvene er AN, EGDN, NG, TNT og ulike DNT-er. NG og EGDN er organiske nitratester, og TNT og DNT-ene er nitroaromater. AN er et nitratsalt, som er løselig i vann og som kan analyseres med LC-MS. De andre stoffene er organiske og mindre løselige i vann og vil kunne analyseres med GC-MS. Detaljer om analysene er beskrevet i FFI-rapport 18/01312 (2).

Tabell 4.4 Innhold av ulike sprengstoffer i prøver av dynamittforsagere.

Prøve	Bestanddel (vektprosent)									Sum
	AN	EGDN	NG	TNT	2,6-DNT	2,4-DNT	3,4-DNT	2,3-DNT	2,5-DNT	Alle
H16-1	33	29								62
H16-2	61	0,20								61
H16-6		6,9	37	4,4	7,8	15	1,1	0,80		73
H16-7		0,20	21	0,60	10	17	2,3	2,0	2,0	55
H16-17			37	0,10	9,3	14	1,2	2,1	0,6	65
H16-18		13	9,9		1,1	3,0	3,2	3,0	1,5	35
H17-1					0,50	1,3				1,8
H17-2	0,10									0,10
H17-3		1,0	1,4	0,10	6,0	55	5,0			69
H17-4	36	6,6								43
H17-5		35	27	2,1	8,4	17	1,8	1,4		93
H17-6		0,60								0,60
H17-7	23	8,0								31
H17-8	0,12	0,005								0,13
H17-9	0,21	31			2,3	8,1	0,80	0,80		43
H17-10		5,0	0,30		3,8	19	1,7	1,5		32
H17-11	19	83	1,9							104
H17-12		16	0,80							17
H18-1	59	6,9	1,7							68
H18-2		36	12		3,7	0,50	1,8	1,6		56

Resultater fra analysene er gitt i Tabell 4.4. Resultatene bekrefter at sammensetningen til prøvene varierer stort med tanke på kombinasjon av type og mengde bestanddeler. Lave målte verdier av et stoff i en prøve, kan bety at stoffet er fordampet eller blitt vasket ut. Den opprinnelige sammensetningen av dynamittene kan derfor ha vært helt annerledes enn det som er målt i restene.

Bortsett fra tre prøver er det funnet EGDN i alle prøver. Mengden EGDN varierer fra 0,005 til 83 %. Det er mulig det også er små mengder av EGDN i de prøvene det ikke er målt EGDN, men at mengden er under deteksjonsgrensa til instrumentet.

NG er funnet i 11 prøver i mengder fra 0,80 til 37 %. AN er målt i ni prøver i mengder fra 0,12 til 61 %. Ulike DNT-er er målt i 10 prøver, og TNT er funnet i fire av de samme prøvene. De relativt høye konsentrasjonene av DNT-er tyder på at DNT-ene ikke kommer fra nedbrytning av TNT, men at DNT har vært en ingrediens. En kan da anta at disse restene kommer fra eldre



---

---

dynamitter. Ingen av prøvene inneholder både TNT og AN, mens AN er funnet i en av prøvene som inneholder DNT-er, prøve H17-9.

Summen av de analyserte sprengstoffene varierer fra 0,10 til 104 % av prøvene. Et beregnet innhold på over 100 % skyldes at målingene med LC-MS og GC-MS har en feilmargin på 5–10 % av den målte verdien. I ti av prøvene utgjør de målte eksplosivene mindre enn 50 % av sammensetningen. Dette viser at så å si alle prøvene inneholder uidentifiserte forbindelser, som kan være et av de mange fargestoffene eller fyllstoffer som kan være bestanddel i dynamitter. Siden flere av prøvene er fuktige og lavviskøse, kan det tyde på at de inneholder vann eller en annen væske. Flere av prøvene blir tørrere når de eksponeres for luft, noe som viser at de inneholder enten vann eller forbindelser med høye damptrykk.

#### 4.4 Følsomhet

For å undersøke et eksplosivs følsomhet blir det ofte gjennomført analyser som måler friksjon- og slagfølsomhet. Målingene er tidkrevende, men er enkle å utføre og krever små prøvemengder. Slagfølsomhet måles ved at et lodd med gitt vekt slippes ned på eksplosivet fra en gitt høyde. Energien i slaget varierer ved å benytte forskjellige vekter på loddet og ulike fallhøyder. I friksjonstesten ligger prøven på en ru poselensplate, og en porselensplugg dras over prøven én gang fram og tilbake. Friksjonskraften varierer ved å bruke lodd av ulik vekt som plasseres i ulike posisjoner på vektstanga. I begge testene gjentas målingene inntil man når 50 % punktet for omsetning av prøven (5,6). Lave verdier på følsomheten indikerer at det trengs mindre energi for å få omsetning, altså betyr lave verdier at prøvene er mer følsomme.

Resultater fra målingene er gitt i Tabell 4.5. Som oftest kreves det mange målinger for å få bestemt friksjon- og slagfølsomheten. Selv om det i hver måling kreves lite prøvemateriale, kan det noen ganger bli snaut med prøvemateriale for å gjennomføre testene fullstendig. Dette har vært tilfelle med prøvene H17-1, H17-8 og H17-9. Analysene har allikevel kunne gi en pekepinn på hvor på skalaen følsomheten til H17-8 og H17-9 er.

For å måle slagverdier større enn 50 J, må det benyttes et lodd som veier 10 kg. Bruk av dette loddet gir stor slitasje på instrumentet. For å hindre for stor belastning og slitasje på instrumentet, har det ikke blitt gjennomført målinger på sprengstoffer som har høyere slagfølsomhet enn 50 J. Slagfølsomheten for disse prøvene blir derfor angitt som > 50 J.

Prøvenes følsomhetsverdier er sprikende. Noen er svært følsomme, og andre mindre. Det er ikke alltid sammenheng mellom de to verdiene, en prøve kan være følsom for slag, men mindre følsom for friksjon og vice versa. Det er vanskelig å finne sammenheng mellom innhold av de forskjellige sprengstoffene og følsomhetsverdiene. Naturlig nok ser det ut som om prøver med totalt mye innhold av eksplosiver er de mest følsomme, og ikke nødvendigvis hvilke eksplosiver som er i prøven. Dette betyr at prøver som er veldig degraderte ved at eksplosivene enten er fordampet eller vasket, er de minst følsomme dynamittrestene. I disse prøvene vil det hovedsakelig være igjen inerte forbindelser.

Tabell 4.5 Prøvenes følsomhet overfor slag og friksjon.

Prøve	Slagfølsomhet (J)	Friksjonsfølsomhet (N)
H16-1	27 (B)	156 (B)
H16-2	18 (B)	156 (B)
H16-6	18 (2)	90 (B)
H16-7	> 50 (2)	104 (B)
H16-17	~ 1,5 (2)	84 (B)
H16-18	> 50 (2)	107 (B)
H17-1	**	**
H17-2	> 50 (2)	288 < x < 360
H17-3	14 (B)	156 (B)
H17-4	> 100	152 (B)
H17-5	24 (B)	91 (B)
H17-6	> 50 (2)	270 (B)
H17-7	> 50 (2)	108 (B)
H17-8	> 50 (2) *	> 240 *
H17-9	6 (B)	168 < x < 192*
H17-10	> 30 (2)	162 (B)
H17-11	17 (B)	98 (B)
H17-12	> 50 (2)	126 (B)
H18-1	> 50 (2)	169 (B)
H18-2	> 50 (2)	67 (B)

\* Lite prøve, tatt noen målinger, \*\* Ikke nok prøve til måling, (2) 6 målinger, maks en som går av, (B) Bruceton metode.

Den mest følsomme prøven er H16-17, med en slagfølsomhet på ca. 1,5 J. Dette er sammenliknbart med initialeksplosiver. Friksjonsfølsomheten til prøven er så vidt over verdien for det som er tillatt å transportere, der grensen er på 80 N i henhold til UN sitt transportreglement (7). Prøve H18-2 er enda mer friksjonsfølsom med en målt verdi på 67 N. Denne prøven er den mest friksjonsfølsomme, mens slagfølsomheten er lav, større enn 50 J. De minst følsomme prøvene er H17-2, H17-6 og H17-8, og det skyldes at disse prøvene har svært lave konsentrasjoner av eksplosiver.

---

---

## 4.5 Termisk analyse

I en termisk analyse kan man måle egenskaper som er avhengig av temperaturen og se ved hvilke temperaturer egenskapene inntreffer. Prøvene er analysert med to termiske analyser: Differential Scanning Calorimetry (DSC) og termogravimetrisk analyse (TGA). DSC registrerer varmeopptak og -avgivelse som oppstår i forbindelse med faseforandringer i et stoff slik som smelting, fordampning og dekomponering. TGA registrerer vekten som funksjon av temperatur. En prøve som inneholder vann vil f.eks. ha vekttap ved 100 °C. Dekomponering av en prøve vil gi vekttap ved dekomponeringstemperaturen.

Begge metodene krever små prøvemengder og kan raskt gi verdifull informasjon om prøvens egenskaper og innhold. Ved å sammenlikne med kjente data kan man identifisere ulike forbindelser. Dersom prøven består av flere forbindelser, kan det imidlertid bli vanskelig å tyde resultatene fordi forbindelsene kan påvirke hverandres reaksjonsforløp og spesielt hvis et av stoffene dekomponerer. Hvis mengden av et stoff er lite, kan størrelsen på energiutslaget fra dette stoffet bli lite eller bli overskygget av andre stoffers utslag.

Flere av prøvene har en drift i baselinjen på DSC-analysen, dvs. at signalet enten øker eller avtar jevnt med økende temperatur selv om det ikke inntreffer noen reaksjoner i prøven. Driften kan skyldes fordampning av stoffer med høyt damptrykk eller fra stoffer som har smeltet i løpet av temperaturøkningen. Den skjeve baselinjen kan hindre at en fanger opp små endoterme eller eksoterme utslag.

Resultater fra begge analysene er vist i Tabell 4.6. Fra DSC-analysen oppgis de registrerte toppene på DSC-kurvene, og fra TGA-målingene oppgis onsets-temperaturene for vekttap. Utskrift av DSC-kurvene for prøver tatt til og med 2017 er gitt i rapport 18/01312 (2). DSC-kurver til prøvene H18-1 og H18-2 er gitt i vedlegg A. TGA-kurver for alle prøvene er samlet i vedlegg B.

Som resultatene viser blir det mange utslag på enkelte av DSC-kurvene. Dette skyldes variasjon i sammensetning både med tanke på typer stoffer og mengder av dem. Prøvene inneholder dessuten stoffer som ikke er identifisert, og som kan være opphav til noen av utslagene.

Ren AN gjennomgår flere faseforandringer som gir endoterme utslag (tar opp energi). Noen av disse toppene finner vi igjen i prøver som inneholder AN, men ikke i alle. I prøvene H17-1, H17-2 og H17-8 ble det målt veldig lave konsentrasjoner av eksplosiver, og i disse prøvene ble det ingen eksoterme reaksjoner (avgivelse av varme). Prøve H17-6 inneholdt en lav konsentrasjon av eksplosiver, kun 0,60 % EGDN. Denne prøven er målt til å være ganske ufølsom, men den har en tydelig eksoterm reaksjon i overkant av 200 °C med et tydelig vekttap.

Tabell 4.6 Resultater fra DSC- og TGA analyse av dynamittprøver.

Prøve	DSC		TGA
	Endoterm (°C)	Eksoterm (°C)	Onset (°C)
H16-1	53, 127	172, 198	49*, 176
H16-2	54, 127	171, 194	176, 241
H16-6	101	203	165
H16-7		201	84*, 148
AN	53, 127, 170, 254		ia
H16-17		200	155, 307
H16-18		198	152, 317
H16-18 væske	ia	ia	76*
H17-1	58*		ia
H17-2	79, 98		57*, 307
H17-3	69, 153,	199, 274, 337	200
H17-4	58, 139, 155, 211	292	82*, 163, 230
H17-5	103, 112, 124, 163	204, 268*	159, 308
H17-6		209	88*, 197
H17-7	126, 149	191, 251, 314*, 332	163, 211, 305
H17-8	82		291
H17-9	68, 138	198, 314*, 360*	133
H17-10	62, 167, 181	201, 285, 347	176, 331
H17-10 krystaller	ia	ia	195
H17-11	126, 142	183	173
H17-12		107, 166	91*
H18-1	52*, 95, 123, 243*	141', 176, 228'	57*, 163, 193
H18-1 væske	ia	ia	62*, 231
H18-2	80, 102', 114, 134, 142	202, 281*', 337*'	73*, 162
H18-2 væske	ia	ia	71*
EGDN ren	ia	ia	103
TNT	ia	ia	221

\* resultater det er vanskelig å tolke, ' på én parallell, ia: ikke testet i prosjektet

---

---

Vann og andre flyktige væsker vil raskt fordampe fra dynamittprøvene ved stigende temperaturer, mens temperaturbestandige forbindelser fortsatt vil være i prøvene ved høye temperaturer. Vekttapet av lettflyktige forbindelser vil registreres før noen av de andre stoffene starter dekomponering. Dersom et av stoffene i en blanding dekomponerer, vil gjerne resten av blandingen også dekomponere. Men dette er avhengig av om den frigjorte energien er stor nok til å initiere dekomponering av stoffer som har en høyere dekomponeringstemperatur. Dersom prøvene inneholder temperaturbestandige stoffer, vil dette resultere i trinnvise vekttap.

Noen prøver er veldig fuktige. Fra H16-18 og H18-2 utsondres det gradvis litt og litt væske, mens H18-1 ser ut til å flyte i væske. TGA-analyser av væskene fra H16-18 og H18-1 viser at de mister vekt med én gang oppvarmingen starter, og at nesten hele væskeprøven er fordampet innen temperaturen når 100 °C. Dette tyder på at de flytende delene av disse prøvene hovedsakelig består av vann eller andre flyktig forbindelser. Dette observeres også når selve prøvene H16-18 og H18-1 analyseres og utviser mye vekttap opp til 100 °C.

Flere andre prøver mister også mye vekt når oppvarmingen starter, som tyder på at disse prøvene inneholder vann eller andre flyktige forbindelser. Dette gjelder H16-1, H16-7, H17-2, H17-7 og H17-12.

At noen prøver inneholder flyktige forbindelser ble også observert under følsomhetsmålingene. Da så vi at prøver som ble eksponert for luft ble merkbart tørrere i løpet av kort tid.

Analyse av ren EGDN viser at den holder seg ganske stabil i vekt opp mot ca. 90 °C, men taper deretter mye vekt og er borte før temperaturen blir ca. 125 °C. TNT smelter ved 80 °C og vil ved høyere temperaturer fordampe. Vekttapet for EGDN, som er en væske, og for TNT som har smeltet, illustrerer fordampningen og ikke nødvendigvis dekomponering av forbindelsene.

Noen av prøvene var helt tørre da de ble funnet. Dette var H16-2, H16-17, H17-3, H17-6, H17-8 og H17-10. For at disse prøvene skal tape vekt, må temperaturen økes noe.

Enkelte prøver har fortsatt noe masse igjen ved høyere temperaturer, noe som viser at disse prøvene inneholder temperaturbestandige eller inerte forbindelser. Eksempler på dette er prøvene H16-17, H17-6, H17-8 og H17-12. Sistnevnte er den prøven med mest masse igjen ved 400 °C. I denne prøven ble det målt til sammen bare ca. 17 % eksplosiver, og resten er ikke identifisert.

H17-3 og krystallene fra H17-10 har veldig like forløp på TGA, se Figur-B.2. Det er antatt at disse krystallene er DNT, en antagelse som kan støttes ved at H17-3 inneholder 66 % DNT-er.

---

---

## 5 Trening deteksjon

### 5.1 Luktbilder

For at en hund skal kunne gjenkjenne og detektere et stoff, må den være trent opp på luktbildet. Når et stoff kommer opp i nesa og til luktsensorene, vil dette trigge en reaksjon som gjør at hunden gjenkjenner stoffet. Hvor godt man lukter et stoff er avhengig av hva slags stoff det er og hvilke konsentrasjoner man blir eksponert for.

Sammensetningen av en dynamitt er ikke unik, og som vist i kapittel 4 har sammensetninger av dynamitter endret seg opp gjennom årene. Dette gjør det vanskelig å vite hvilken type dynamitt restene stammer fra. I prosjektet er det derfor vært behov for å analysere hvilke sprengstoffer som er i de prøvene som er tatt ute på søkene, Tabell 4.4. Målingene viser at prøvene er veldig ulike i sammensetning og at ingen prøver er «like». Kunnskap om sammensetning av prøvene viser allikevel ikke hvilke stoffer som er i luften over prøvene og som er de stoffene som hundene får i nesa. Damptrykket til et stoff sier hvor mye av stoffet som vil være i luften ved en gitt temperatur. Høyere damptrykk gir mer fordampet materiale. Eksplosiver generelt har lave damptrykk (8), og dette gjør det vanskelig å detektere dem da det vil være få gassmolekyler av stoffet i luften. Av de aktuelle sprengstoffene som er funnet i dynamittene er det EGDN og NG som har de høyeste damptrykkene. Alle prøvene bortsett fra tre har innhold av EGDN, og noen av dem i lave konsentrasjoner. Antageligvis har hunder en lavere deteksjonsgrense enn de måleinstrumentene som er benyttet. Det er derfor mulig at de prøvene hvor det ikke er målt EGDN, faktisk har hatt noe innhold av EGDN og som hundene har klart å detektere.

Måling av gassfasen over prøvene var noe som var ønskelig å gjøre i prosjektet, men som av ulike årsaker ikke lot seg gjennomføre. Videre arbeider med å undersøke luktbildet til hundene bør inkludere slike målinger. Mange av prøvene inneholder også en stor mengde stoff som ikke er målt og indentifisert. Det vil være ressurskrevende å kartlegge alle andre bestanddeler i prøvene og ikke minst utvikle analysemetoder for å måle konsentrasjoner av dem. Teoretisk kan noen av de uidentifiserte stoffene være med i det luktbildet som hundene detekterer.

Flere har målt sammensetning av gassfasen over stoffblandinger og har indentifisert enkeltstoffer med høye damptrykk, men analysene har allikevel ikke gitt svar på hvilke stoffer det er hunden detekterer i de aktuelle blandingene (9). Det er rapportert forsøk der hunder ikke har klart å indentifisere stoffblandinger selv om de kan være trent opp på enkeltstoffene i blandingene som har de høyeste damptrykkene (10).

Før prosjektet startet var hundene lært opp på den væsken som utsondrer fra enkelte dynamitter. Denne væsken vil kunne inneholde mange av stoffene som er i dynamitten, men det er ikke helt avklart hvilke stoffer det er. EGDN har frysepunkt på  $-22\text{ °C}$ , så en må anta at dette stoffet vil migrere fra blandingene. Dråper av denne væsken som er svettet ut fra dynamitter er fortynnet i vann, og denne vannblandingen er blitt benyttet som luktprøver.

Enkelte av hundene var også blitt opplært på ulike kvaliteter av TNT. TNT kan inneholde rester fra synteseprosessen og flere degraderingsprodukter som f.eks. DNT-er og som kan påvirke

---

---

luktbildet til TNT. For å kunne identifisere TNT, må en hund læres opp på ulike kvaliteter av TNT. Ellers vil hunden bare kunne finne den TNT-kvaliteten den er lært opp på.

Underveis i prosjektet har FFI syntetisert små mengder av EGDN som er blitt benyttet til trening av hunder. Da er det benyttet vannblandinger med ulike konsentrasjoner av EGDN: 0,04, 0,1, 0,2 og 0,4 %. Dråper fra vannblandningene er lagt ut for trening på treningsarenaer og ute på anlegg under oppdrag. Dråper fra vannblandningene er også blandet ut i sand som er lagt ut for trening. EGDN i lave konsentrasjoner i vann og sand muliggjør utlegg av stoff til trening når hundeevipasjene er ute på oppdrag. Dette gir hundene trening i reelle søksomgivelser. Den laveste konsentrasjonen på 0,04 % har vist seg lite egnet. Ved utlegg fordampes lukstoffet fort, og det blir vanskelig for hundene å detektere stoffet. Konsentrasjonen på 0,4 % er best egnet til utlegg for trening av hundene.

Når EGDN blandes ut i vann eller sand i de konsentrasjonene som er benyttet her, blir eksplosivet så fortennet at blandingen ikke klassifiseres som eksplosiv. Dette muliggjør transport og håndtering av luktprøver av dette eksplosivet.

Resultat av søkene er betegnet med enten interesse eller markering. Her er det hundeføreren som avgjør hvilken klassifisering deteksjonen får. Hundene vil ved enhver gjenkjenning av det aktuelle luktbildet den søker etter, sette seg ned og markere. Inntil det skjer, vil hundeføreren observere hunden og tolke hundens oppførsel. På steder der hundene viser interesse er det som oftest et sted der en rest har ligget, det er masser som kan ha vært i kontakt med rester eller steder der eksplosivrester er spylt vekk fra. Luktbildet på slike steder vil være svakt, og hunden vil oppføre seg annerledes enn om restene består av større mengder. Hundeføreren erfaring vil her være en viktig faktor. En markering der det ikke er noen rester, vil kunne gi en falsk positiv reaksjon der mengden av det detekterte «eksplosivet» ikke utgjør en reell fare.

## 5.2 Opplæring hunder

Hundene som er benyttet i prosjektet tilhører Forsvaret, og hundene har fått opplæring på Forsvarets hundeskole (FHSK). FHSK gjennomfører sertifiseringen etter standard for tjenestehunder i Forsvaret og i NATO (11,12). Hundene er videre trent inn mot Mine detection dog (MDD) kapasiteter med søksmønster på lang og kort line (MDD og HASD).

Alle hundene er trent fra de er 8 uker i eget treningssystem. Hundene har gjennomført funksjonsanalyse, anleggsprøve og sertifisering for bakkesøkshund.

Kategorien bakkesøkshund er en ny søkshundtype som er utviklet i løpet av dette prosjektet. Bakkesøkshund er en kombinasjon av de ferdigheter som hundene må beherske ved søksoppdrag på anlegg. Bakkesøkshundene skal kunne søke både fritt, i kort eller lang line. Hunden skal kunne påvise stofflukkt under bakken med en passiv markering «sitt». Markeringen skal være tydelig slik at hundefører kan merke og gjengi funnstedet. Forsvaret har utviklet kursopplegg og trening med tilhørende sertifiseringsløp for denne nye søkskategorien.

Opplæringsløpet for hundene er nærmere beskrevet i FFI-rapport (3).

---

---

## 6 Søkstyper

Under oppdragene har det vært det nødvendig å benytte flere typer søk. Søkstypene klassifiseres ut i fra hvordan hundene arbeider. Hvilken type søk som benyttes vil variere avhengig av oppdragsstedet. Hundene må være trent i alle søksdisipliner slik at hundefører kan bruke det som er best egnet for hvert oppdrag. Denne variasjonen gir hunder som behersker mange forskjellige søkstyper. Søkene som er benyttet i prosjektet er:

- Overflatesøk er det første søket som gjennomføres for å kartlegge et område. Søket foregår før entreprenør er inne på området og før graving.
- Områdesøk eller punktsøk er det søket som foretas i et avgrenset område. Det plukkes ut grunnpunkter hvor det er større sannsynlighet for funn, f.eks. skjæringer eller tunnelåpninger.
- Kortlinesøk er når hunden føres i en kort line langs en linje som er lagt ut.
- I frittsøk søker hunden uten line, men med styring og kommando fra hundefører.
- I langlinesøk deles området som skal gjennomføres i avgrensede arealer på 10 x 10 meter. Hunden går selvstendig ut 10 meter og foretar søk langs linen på tilbakeveien.
- High Assurance Search Dog (HASD) benyttes der det er stor sannsynlighet for funn og hvor det er stor risiko for hundefører. Hunden benyttes med lang line og kan søke ut mot 100 meter.
- Ved sanering søker hunden lagvis de overflatene som graves fram. Hunden starter med overflatesøk. Så graves det av ca. 20–40 cm med gravemaskin, og hunden søker deretter over ny overflate. Slik fortsetter man inntil forsager er funnet eller man kommer ned til berg. Slike søk benyttes der det er stor risiko for funn. Hundefører benytter splintvest og briller. Oppdraget krever god kommunikasjon mellom hundefører og gravemaskinfører.
- Ved bakkesøk skal hunden søke både fritt, i kort eller lang line. Linesøket utføres ved at hunden søker ca. 30 cm bredde. Bredden kan variere, og hundeføreren vurderer overlapp av gatene. Hundefører planlegger søket ut i fra terreng og vegetasjon. Søk av denne typen har utløst behov for en ny kategori søkshund kalt bakkesøkshund som Forsvaret har utviklet kursopplegg for, se kapittel 5.2.



---

---

## 7 Veileder for bruk av eksplosivsøkshund

I prosjektet er det utarbeidet en veileder for bruk av eksplosivsøkshund. Når søksekvipasjene er ute på søksoppdrag, er det ofte at byggherrer og entreprenører på stedet ikke er kjent med hvordan søk foregår og hvordan de skal forholde seg. Det er derfor blitt behov for å kunne orientere om hva denne søketjenesten består i. Veilederen foreligger på papir og digitalt på nett, link [vegvesen.no/ffi.no](http://vegvesen.no/ffi.no). Veilederen er gjengitt i sin helhet i vedlegg C til denne rapporten.

Det er også laget filmer som illustrerer de ulike søksoppdragene. Filmene kan også benyttes i opplæring, ved demonstrasjon og under foredrag og presentasjoner. Filmene kan lastes ned fra [vegvesen.no](http://vegvesen.no) eller se link i veilederen.

## 8 Sertifisering

Per i dag foreligger det ikke krav til godkjenning eller sertifisering av sivile eksplosivsøkshunder i Norge. Da prosjektet startet opp var det kun Forsvaret og Politiet som hadde hunder som kunne søke etter eksplosiver. Fram til da hadde det ikke vært noe stort marked for sivile eksplosivsøkshunder.

I prosjektet har hundene blitt brukt til søk over hele landet i flere tunneler og ved andre anleggsarbeider der det tidligere er sprengt. Tjenesten blir mer og mer kjent med gode HMS-resultater, og med det øker også etterspørselen. Flere entreprenører vurderer selv å starte opp med egne eksplosivsøkshunder. Dette vil tvinge fram et krav om sertifisering av denne typen hunder for å kvalitetssikre den tjenesten de skal utføre.

På møte i Bransjerådet for Fjellsprengning i mars 2019 ble prosjektet med resultater presentert. Bransjerådet er DSBs rådgivende organ på området. Bransjerådet vil se på erfaringer fra arbeidet og vurdere modeller for sertifisering og innspill, og vurdere hva bransjen bør ha fremover. Dette prosjektets anbefaling til Bransjerådet var å benytte seg av eksisterende sertifiseringsordning IMAS (internasjonal standard for minesøkshund) og vurdere hva som bør ligge til grunn i det sivile markedet framover.

Dette prosjektet har lagt grunnlaget for hvilken kompetanse en søkshundekvipasje skal ha. Det stilles krav til både hund og fører og til at hundeførerne sertifiseres opp mot hver hund. Den utarbeidde veilederen kan benyttes som innspill til sertifisering av hunder og – førere.

Det stilles mange krav til hundeførerne både når det gjelder det hundefaglige, det søksfaglige i forbindelse med søksoppdraget og innen HMS. Hundeførerne må ha generell søkshundkompetanse dokumentert. De må også ha kompetanse for å utføre søksoppdrag på ulike typer anlegg. Det kreves også god kompetanse innen helse, miljø og sikkerhet på anleggsplasser. I

---

---

noen tilfeller må hundefører ha spesielle kurs, eksempelvis inn mot arbeid under høyspentledninger. Hundefører skal ha god kompetanse på førstehjelp på hund. På enkelte steder kan det bli nødvendig å bruke metallsøker som hundeførerne må kunne håndtere.

Hundeførere skal bære godkjent vernetøy med refleksmerker (synlighetstøy), hjelm og vernesko. I visse tilfeller kan det være nødvendig med vernebriller og hansker. Der risikoen er stor for å påtreffe forsagere, kan hundeførere benytte splintvest.

Ved markeringer og funn av sprengstoffrester og forsagere skal disse håndteres av bergsprenger og/eller av personell med IMT-godkjenning (innsamling, mottak og tilintetgjøring av eksplosiver). Slik godkjenning foretas av DSB.

Hundene må være trent opp på de stoffene de skal detektere. Dette vil i hovedsak være luktbildet fra dynamitter som er benyttet fra ca. 1950 og fram til i dag og fra de lettflyktige stoffene EGDN og NG som benyttes i dynamitter.

Hundene må kunne gjennomføre forskjellige typer søk tilpasset til oppdraget. Hundene må kunne søke i lang og kort line, så vel som fritt uten line. Søkstypene benyttes til overflatesøk, punktsøk, søk av grøfter og skjæringer, og søk ved sanering. Hundene må takle å jobbe i et miljø med mye støy og forstyrrelser fra anleggsmaskiner og trafikk.

Ute på oppdrag er det krav til nødvendig oppstalling og ivaretagelse av hundene.

## 9 Innspill til risikovurdering

Prosjektet har gjennom alle søksoppdragene gitt verdifull informasjon om hvor de fleste dynamittrestene vil befinne seg på ulike anleggsarenaer, og de ulike analysene kan si noe om tilstanden på dynamittrestene. Denne informasjonen kan gi innspill knyttet til risiko og hvordan man skal gå fram ved søk på slike anleggsplasser.

### 9.1 Initiering

Generelt kan man si at så lenge sprengstoffrestene ligger i ro og de ikke utsettes for mekanisk påvirkning, vil restene ikke utgjøre noen risiko. Det er først når energi tilføres eksplosivet at en omsetning kan initieres. Energien kan tilføres ved mekanisk påvirkning i form av slag eller friksjon eller fra høy temperatur. En planlagt detonasjon i sprengstoffer initieres vanligvis av sjokkbølger fra en mindre ladning som settes av først.

Ved en detonasjon kan man få frigitt nært opptil den maksimale energien fra et materiale. Denne energien frigis i løpet av veldig kort tid. Sprengstoffet omdannes til ulike gasser med høyt trykk som igjen virker med et høyt trykk på omgivelsene og fører til deformasjon av materialer og

---

---

utkast av masser. Primære effekter av en sprengning er altså høye trykk, høye temperaturer og utkast av masser.

Hvorvidt sprengstoffrestene vil kunne omsettes, vil være avhengig av tilstanden til sprengstoffet. Analyse av dynamittrester viser at tilstanden, sammensetningen og følsomheten til restene varierer veldig. Tilstanden til restene vil være avhengig av hvilken type dynamitt som er benyttet, alder, aldringsprosess, hvor den ligger, og påvirkninger den er utsatt for siden dynamitten ble brukt.

Dersom dynamitten har ligget et sted uten påvirkning av temperatur og- temperatursvingninger, vann og fuktighet, kan dynamitten være ganske intakt. Gammel dynamitt kan dermed fortsatt være i god stand, og den kan utgjøre en risiko dersom den utsettes for uønsket stimuli.

Dersom dynamitten ligger på steder der den eksponeres for, kanskje gjentatte ganger med luft og vann, kan sammensetningen til dynamitten endres gjennom fordampning av ingredienser og utvasking av bestanddeler. Endring av følsomheten vil være påvirket av hvilke bestanddeler som forsvinner, men stort sett vil en kunne anta at restene blir mindre følsomme ettersom prøven degraderes.

## **9.2 Hvor er det rester?**

Det kan forekomme sprengstoffrester i tidligere sprengte flater, for eksempel i borehull i vegger og tak i tunneler. Kondens i tunnelen vil kunne forårsake utvasking av stoffer fra dynamittladningen. Eksponering mot luft kan føre til fordampning av stoffer fra ladningene. Dynamittrester i slike borehull vil kunne være ganske degraderte, men her kan alderen ha betydning. Dynamitter i gamle borehull vil mest sannsynlig være i dårligere stand, og dermed vanligvis mindre følsomme enn dynamitter som nylig er brukt.

På veganlegg og i tunneler er det ofte sprengt ned til fast berg. Udetonerte dynamittforsagere vil da kunne befinne seg i borehull helt nede i den faste grunnen. Over fast berg vil det være fylt på med masser i ulike lag, og øverst vil det ofte være asfalt. Sannsynligheten for å støte på forsagere vil oftest være størst når man nærmer seg det nederste laget av fyllmasser og når man nærmer seg fast berg. Forsagere som ligger langt under bakken vil kunne antas å være i god stand da de har unnslipt kontakt med luft, vann og kondens. Dersom veidekket ikke er tett, kan imidlertid vann i tunnelen ha blitt transportert til dynamitter i borehull langt under overflaten. Da vil også dynamitter i disse borehullene kunne være ganske degraderte.

I vegskjæringer vil forsagere oftest befinne seg på steder der en ser at deler av berget ikke har blitt sprengt bort, på såkalte knøler. Her vil det stå igjen en skulder i fjellveggen som ikke er i flukt med resten av fjellskjæringen. Knølen er et resultat av at sprengstoffet ikke har gått av. Sannsynligheten for å finne sprengstoffrester er derfor størst nede på berg eller ved tydelige knøler i fjellveggformasjoner. Tilstanden til forsagere på slike steder vil avhenge av hvor tildekket stedet er. Er dette i en skråning som ikke er tildekket, vil restene eller forsageren være mer degradert enn om knølen befinner seg under bakken.

---

---

Stein- og grusmasser som er hentet ut fra sprengte områder blir ofte benyttet som fyllmasser ved andre veganlegg. Slike masser kan inneholde sprengstoffrester, og det er uheldig. Det er f. eks. oppdaget sprengstoffrester i fyllmasser som er blitt benyttet til bygging av gangveger. Tilstanden på rester i slike masser vil være avhengig av tilgangen på vann og luft i massene.

### 9.3 Prosedyrer ved søk

For at hunder skal kunne detektere et stoff, må hunden få molekyler eller materiale fra det aktuelle stoffet i nesa, enten i form av damp eller støv med luktmolekyler på overflaten. Ved søk på asfaltoverflater er det liten sannsynlighet for markeringer på sprengstoff fordi lukstoffene fra sprengstoffene som ligger under bakken normalt ikke trenger gjennom asfalten. I tunneler vil det i første omgang derfor bare være nødvendig med et overflatesøk på asfalten.

Ute ved kantene der vegen møter veggen kan det være løsere masser og større muligheter for deteksjon. På kantene kan det også finnes rester av stoffer som er fraktet med kondensvann fra tak og vegger nedover veggen og ned på bakken. Det har forekommet deteksjon av borehull med sprengstoffrester som befinner seg i taket i tunneler, der markeringene har vært på vegkanten ut mot veggen.

Etter klarering av vegoverflaten, kan anleggsmaskiner fjerne det øverste laget med asfalt og masser. Etter å ha fjernet overflaten og 20–50 cm av massene, kan det foretas nye søk på den nye avdekkete overflaten. Når denne overflaten er klarert, kan det fjernes ytterligere 20–50 cm med masse før et nytt søk igjen foretas. Slik foretar man vekselvis fjerning av masser og søk på nye overflater inntil man kommer ned til fast grunn. Siste søk foretas på fast grunn. Som nevnt vil det her være størst sannsynlighet for å finne forsagere.

Det er viktig med god dialog mellom gravemaskinførere og hundeførere under denne prosessen.

I kaldt vær (minusgrader) vil det kunne være vanskeligere for hundene å detektere sprengstoffene. Dette fordi damptrykket til et stoff reduseres ved lavere temperaturer. Risikoen for å overse forsagere kan dermed være større dersom søk foretas på kalde dager. Under slike forhold bør hundefører bære beskyttelsesutstyr som splintvest dersom man vurderer at søk likevel skal gjennomføres. Overvann eller leirete masser kan også hindre luktmolekyler i å bli tilgjengelige for hunden og dermed vanskeliggjøre deteksjonen. Søk bør derfor foretas på tørre overflaten og ved plussgrader.

### 9.4 Brann

Brann i tunneler vil gi høye temperaturer. Forsagere i åpne borehull vil da bli eksponert for den høye temperaturen og vil kunne begynne å dekomponere ved brann. Hvorvidt restene vil detonere, vil være avhengig av faktorer som sammensetning, tilstand, størrelse på forsageren samt hvor innesluttet forsageren er.

---

---

Forsagere som ligger ned mot berget under asfalt og flere lag med masser, vil være skjermet mot temperaturøkningen. Det er lite sannsynlig at forsagere som sitter i berg langt under vegoverflaten vil kunne antennes ved brann i tunneler.

Dersom en brann initierer en omsetning i forsageren, vil effekten være avhengig av størrelsen på forsageren og om det er andre forsagere i nærheten.

## 10 Utbytte for Forsvaret

Overføringsverdien til Forsvaret ligger hovedsakelig på metodeutvikling og dokumentasjon. Prosjektet og dens innretning er toneangivende i Norge i utvikling av metodikk for opplæring av hunder for søk etter eksplosiver. Det er viktig å analysere de stoffene som hundene finner for å lære hva hundene detekterer og for å utvikle søketjenesten. I prosjektet blir også arbeidet dokumentert. Systematikken i arbeidet kan benyttes for andre luktbilder. Det nære samarbeidet og kontakten mellom FFI og hundeførerne og det hundefaglige miljøet er i så måte viktig for framdriften i prosjektet.

Hundene i prosjektet er jevnlig ute på arbeid, og de er på denne måten konstant operative. Luktene de er opplært i blir kontinuerlig bekreftet gjennom søksoppdragene. Hundene har også blitt svært fleksible med tanke på å arbeide på ulike søksområder med varierende grad av støy og forstyrrelser fra trafikk, anleggsarbeidere og anleggsmaskiner. Dette gir hundene en erfaring som Forsvarets hunder vanskelig kan få andre steder.

En hund som er trent på et luktbilde kan på relativ kort tid læres opp på nye stoffer. Innlæring av et stoff tar ca. to uker, deretter vil det ta en–fire uker for hunden å detektere stoffet i det miljøet den skal operere. De erfarne hundene i prosjektet kan derfor raskt læres opp på stoffer som Forsvaret har behov for å søke etter og settes inn i tjeneste for Forsvaret. En søkshund kan benyttes til den er seks-ti år. En begrensning i overføring kan ligge i hundens alder da nytteverdien for en eldre hund er mindre.

Hundeføreren er en viktig del av hundeekvipasjonen fordi han observerer og tolker hundens reaksjoner under søkene. Samspillet mellom hund og fører blir derfor en betydelig faktor. Jevnlige oppdrag gjør at hundeføreren blir bedre kjent med hunden og dens oppførsel og gir ekipasjonen god operativ erfaring. Bortsett fra de hundeførerne som har deltatt i prosjektet, har ingen andre av Forsvarets hundeførere vært med under søksoppdragene i dette prosjektet. Dette kunne ha gitt Forsvarets hundeførere god operativ trening med hunder ute på reelle oppdrag. Deltakelse i prosjektet kunne også gitt hundeførerne første hånds innsikt i den metodikken som prosjektet har jobbet under og utviklet.

I september 2018 ble prosjektet presentert på det 13. NATO Military Working Dog (MWD) Expert Panel Meeting i Lisboa. Arbeidet har fått stor anerkjennelse internasjonalt. Flere land var

---

---

overrasket over det store antall reelle funn som er gjort i prosjektet, og at dette i kombinasjon med fravær av feilmarkeringer var enestående. FHSK har i etterkant av møtet fått skriftlige og muntlige tilbakemeldinger på at hundetjenesten i Norge anses for å være toneangivende i NATO-sammenheng. Evne og vilje til utvikling på generelt grunnlag er helt sentrale i denne sammenheng.

## 11 Nytte for anleggsbransjen

I forbindelse med sprengningsarbeider utgjør påboring, graving og pigging av gjenstående sprengstoff fra tidligere entrepriser en alvorlig fare for skade. Fare kan også oppstå ved rensk og annet arbeid i slike områder. Situasjoner hvor slik fare kan oppstå er eksempelvis utvidelse av bergskjæringer eller der man senker veglinjen i eksisterende bergskjæringer og ved etablering av grøfter i tidligere utsprengte områder.

Det vil være en gevinst å kunne fastslå med en viss sannsynlighet omfanget av gjenværende sprengstoff hvor dette finnes. På den måten vil det være mulig å planlegge arbeidet bedre og legge inn realistiske mengder på prosesser for tiltak med å uskadeliggjøre sprengstoffet.

Hundene benyttes som et risikoreducerende tiltak der det utgjør en fare for anleggsarbeidere å støte på sprengstoffer fra tidligere entrepriser under arbeider. Bruk av hund til å lete opp dynamittrester har vist seg å være en god og effektiv metode for anleggsbransjen. Hundekvipasjene har gjennom samarbeidsprosjektet vist å være fleksible og tilpasser sine søk uti fra hva slags type arbeid som skal utføres på anleggene.

I løpet av prosjektet har hundene og førere opparbeidet god erfaring på søksprosedyrer og kan benyttes til mange typer søk og anlegg. Hund kan eksempelvis brukes for å kvalitetssjekke sprengningsarbeider og kartlegge områder eller være med å dokumentere at nye anlegg er frie for forsagere.

Statens vegvesen har mange prosjekter hvor hund er godt HMS- tiltak. Gjennom prosjektperioden har også Bransjerådet for fjellsprengning, Bane Nor, Statnett og flere andre byggherrer og DSB sett nytteverdien ved å bruke hund.

---

---

## 12 Delte erfaringer

En viktig del av aktiviteten har vært å informere anleggsbransjen om den tjenesten og kapasiteten som har vært under utvikling i prosjektet. Aktuelle fora i denne sammenhengen er regionsamlinger i regi av Statens vegvesen, møter og seminarer arrangert av bransjerådet for bergsprengning og konferansen Arctic Entrepreneur som arrangeres årlig av Maskinentreprenørenes forening. Hovedinnleggene har vært presentert av Statens vegvesen, og FFI har fortalt om søksoppdragene og analysearbeidet knyttet til prosjektets FoU-aktiviteter.

Siste presentasjon ble gjort på Arctic Entrepreneur 2019 på sprengningsdagen. Metodeutvikling av eksplosivhund, veiledningsmateriale, dokumentasjonen og grunnlaget som er lagt for hund som sivil leveranse ble tatt godt i mot av bransjen. DSB ser nødvendigheten av at det må komme krav til sertifisering av slike hunder, og de mener at her må bransjen selv være med og definere krav.

Gjennom FFIs og Forsvarets internasjonale samarbeid og deltakelse i NATO-grupper har prosjektet fått presentert arbeidet sitt bredt innenfor miljøer som arbeider med deteksjon av eksplosiver og ammunisjon, og innenfor de hundefaglige miljøene. Både sivilt og militært benyttes hunder for å detektere eksplosiver i kampen mot terrorister. I dette arbeidet er det svært viktig å utvikle metodikk for opptrening av hunder for å detektere de aktuelle eksplosivene som terrorister og fienden benytter. En tilbakemelding som går igjen fra de fleste miljøene er overraskelsen over den gode funn raten og fravær av falske positive (markeringer der det ikke er noen funn).

## 13 Veien videre

Siden Forsvaret ikke vil fortsette å jobbe mot det sivile markedet med hundesøk, er anleggsbransjen avhengig av å bygge opp sivile aktører. Per nå er det en håndfull aktører som kan bidra i utviklingen videre som innehar kompetanse fra prosjektet. Kvaliteten på søkshundleveranser må sikres, og under prosjektperioden er det utviklet kompetanse og kursmaterieell som er forelagt bransjen. En sivil aktør må overta søksoppdragene som i prosjektet er utført av Forsvarets hundeskole. Det er stort bruksområde for hund.

Dersom det er ønskelig å få mer kunnskaper om hvilke stoffer hundene detekterer når de finner dynamittrester, må det settes inn ressurser på kjemisk analyse. Det bør blant annet undersøkes nærmere hvilke stoffer som er bestanddeler i dynamitter og etablere analysemetoder for de av disse stoffene som kan være en del av luktbildet. Så må det foretas analyser av dampfasen over dynamittene både der de detekteres ute på anleggene og over restene når de er gravet fram.

---

---

Karakterisering av flere prøver vil kunne gi større grunnlag for å se sammenhenger mellom hvor man finner dynamittrester og hvilken tilstand de er i. Dette vil kunne si noe mer om risikoen ved å drive med anleggsvirksomhet i ulike områder.

## 14 Konklusjon

Prosjektarbeidet viser at hund er et godt HMS-tiltak for anleggsbransjen for å detektere rester etter sprengstoff. Risikoen for å påtreffes sprengstoff fra tidligere entrepriser er betydelig redusert etter at eksplosivhunder har kartlagt områdene der det skal foregå anleggsarbeider.

I løpet av prosjektet er det etablert metoder for hvordan hunder skal trenes og benyttes for å søke etter dynamittrester og – forsagere. Prosjektet har lagt grunnlag for hvilke krav som må stilles til en sivil leveranse av slike hundetjenester. Bransjen selv i samarbeid med fagmyndighetene må sette kravene for å sikre kvaliteten på søketjenesten.

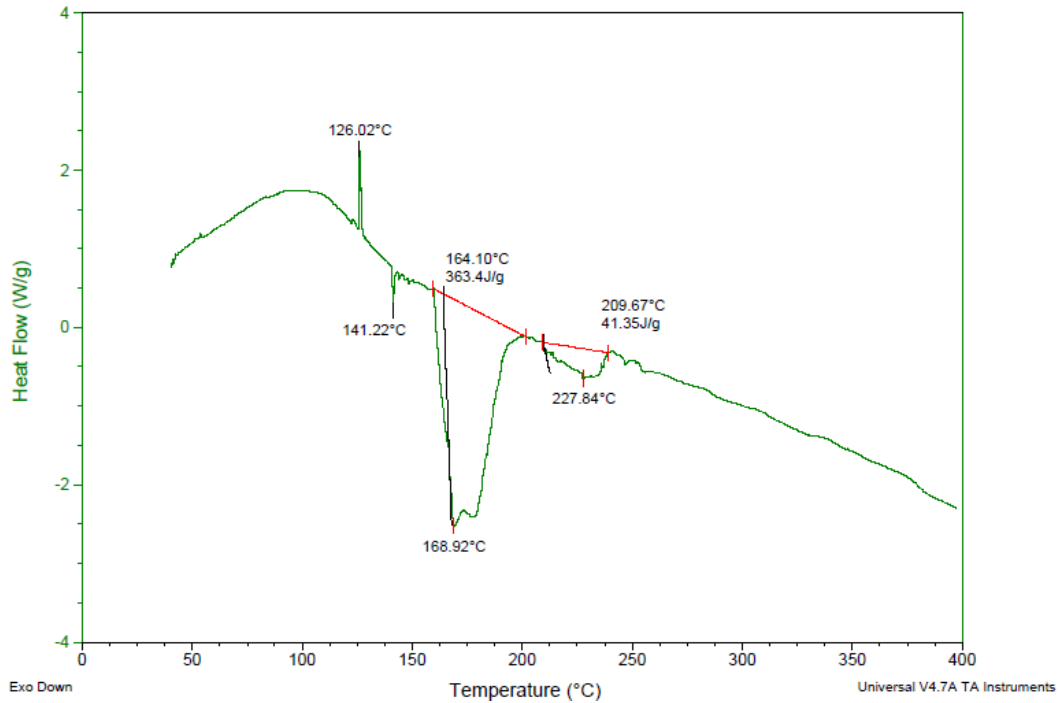
Analyser av forskjellige dynamittrester som er funnet har gitt viktige innspill til å forstå luktbildet som hundene detekterer. Innholdet av sprengstoffer i restene er målt, men det gjenstår arbeid med å analysere dampfasen over prøvene samt å identifisere andre bestanddeler i dynamitten som kan være en del av luktbildet.

Prosjektet viser den positive effekten av at hundene jevnlig er ute på reelle oppdrag og søker etter stoffer de er opplært i. Variasjonen i typer søksoppdrag gjør hundene svært fleksible. Søksoppdragene gir dermed hundene erfaringer som det er vanskelig å gjenskape i en treningsarena.

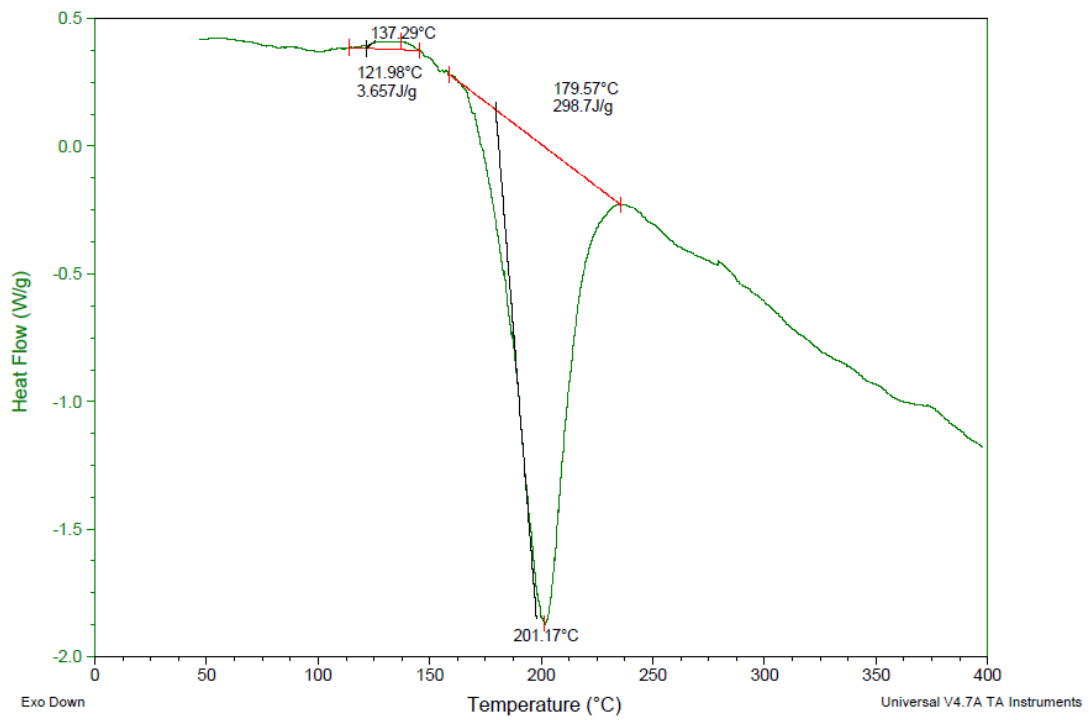
Prosjektet har vist at hunder er det beste verktøyet på markedet i dag til å finne og detektere eksplosiver i denne typen scenarier. Hundene kommer til på alle steder, de når over store arealer på kort tid, man får raskt svar på om det er noe der, og deteksjonsgrensen til hundenesen er veldig lav. Dette kan vanskelig oppnås ved bruk av analyseinstrumenter.



## A DSC-analyser

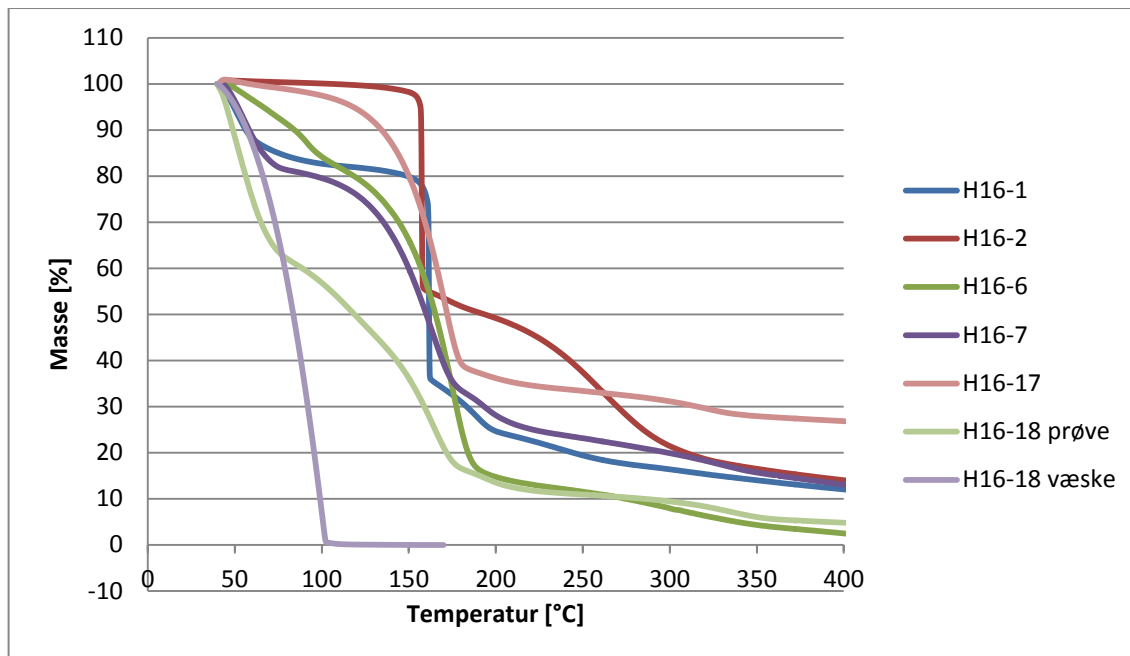


Figur A.1 DSC-kurve til prøve H18-1.

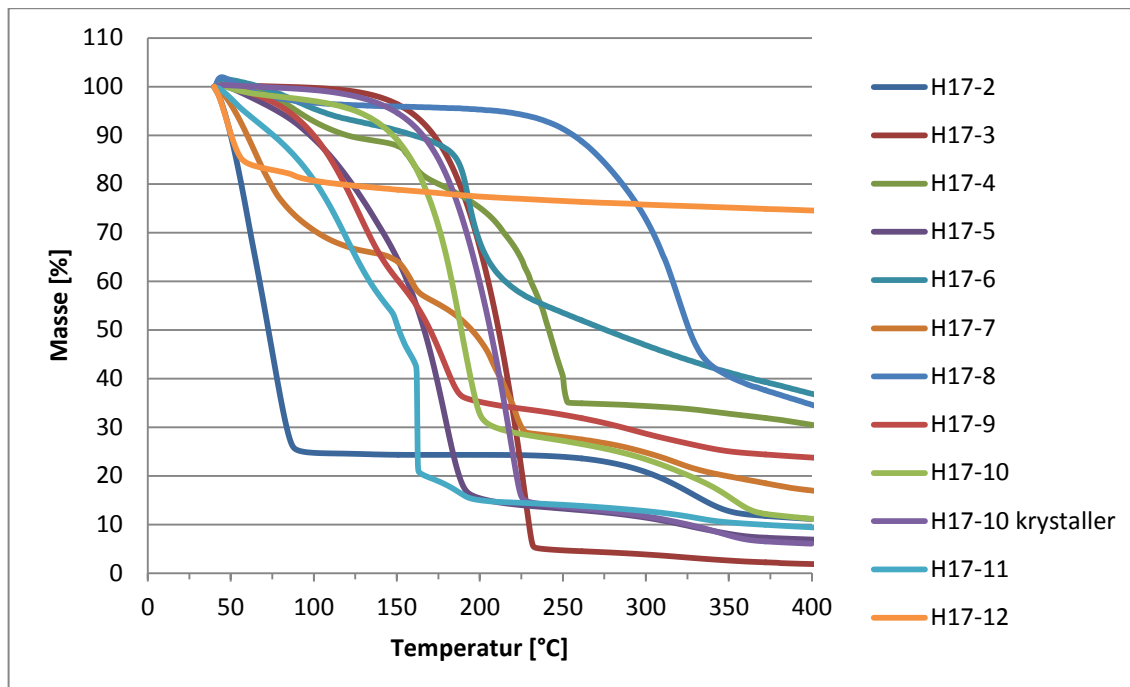


Figur A.2 DSC-kurve til prøve H18-2.

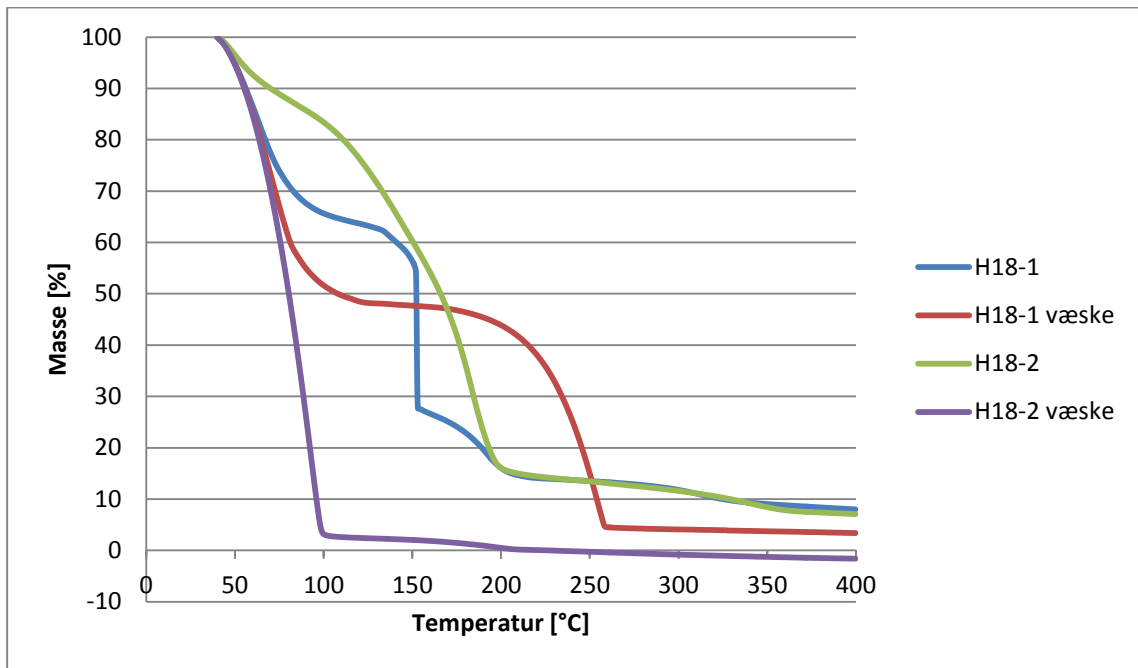
## B TGA-analyser



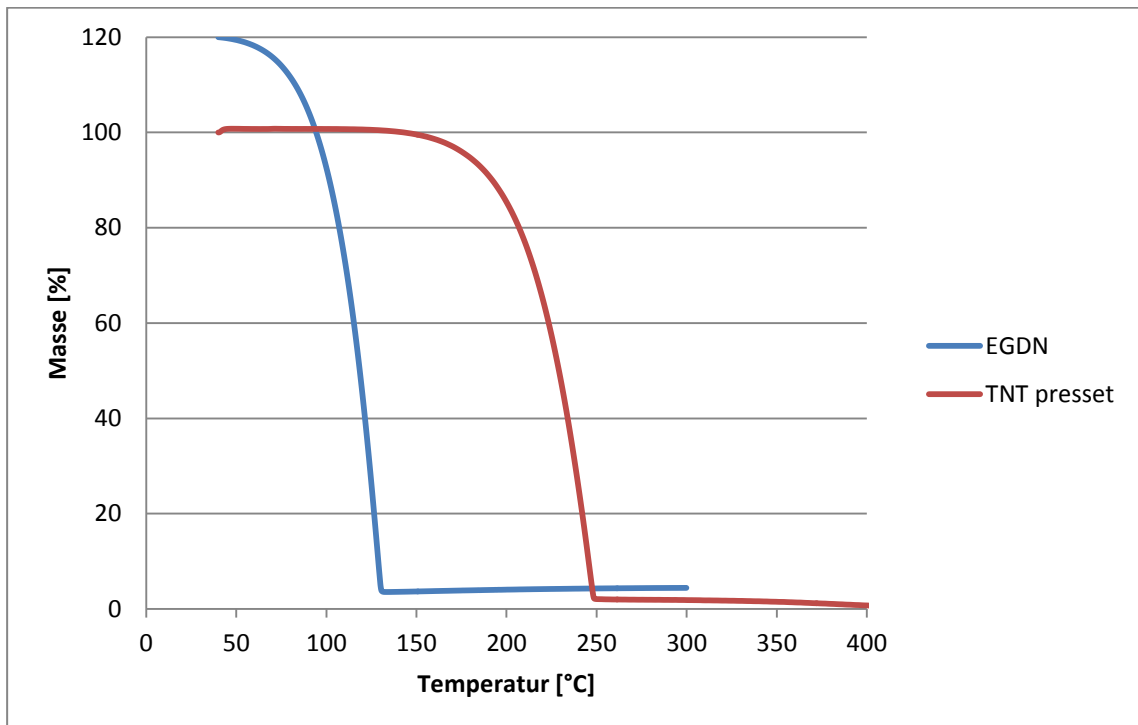
Figur B.1 TGA-kurver av prøver tatt i 2016.



Figur B.2 TGA-kurver av prøver tatt i 2017.



Figur B.3 TGA-kurver av prøver tatt i 2018.



Figur B.4 TGA-kurver av presset TNT og EGDN syntetisert på FFI.

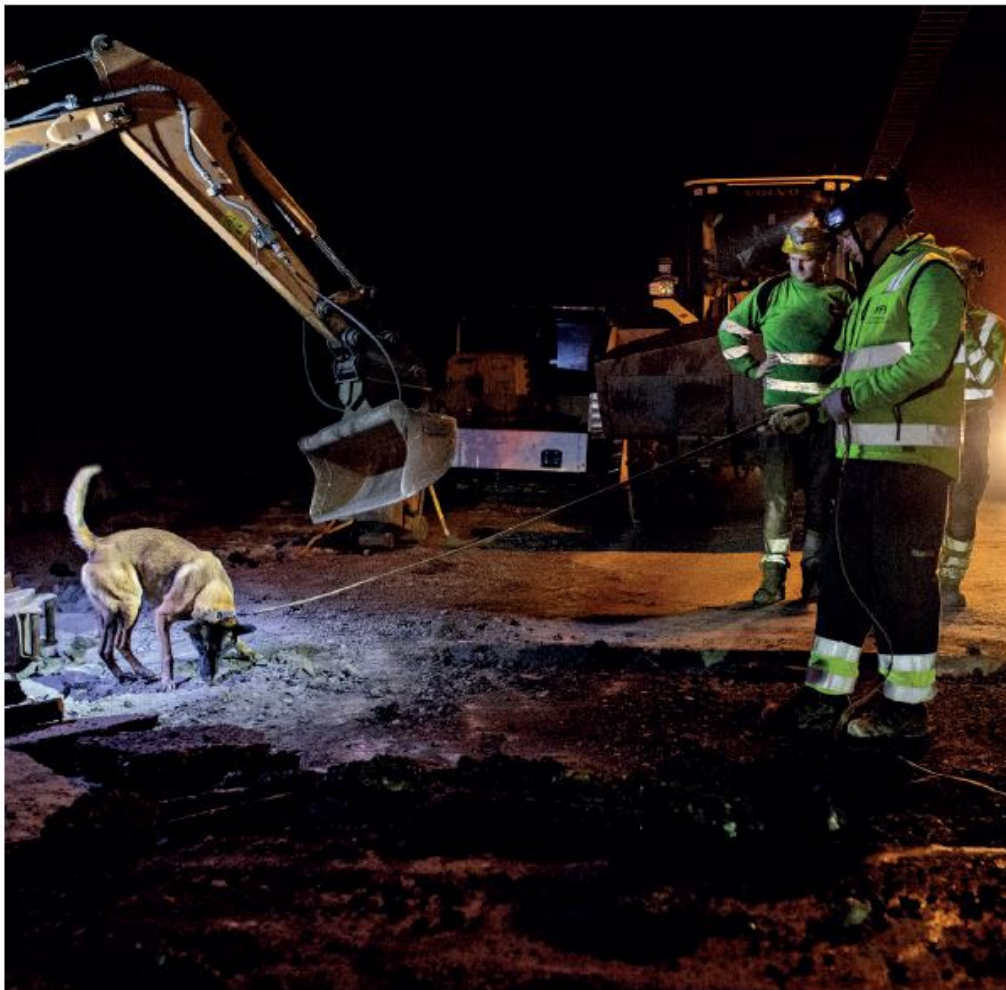
---

## C Veileder

**FFI** Forsvarets  
forskningsinstitutt



# Veileder for bruk av eksplosivsøkshund



---

---

Dette dokumentet beskriver hvordan byggherrer og entreprenører kan nyttiggjøre seg av søkshunder som benyttes på anleggsområder der det er fare for å påtreffe sprengstoffer fra tidligere entrepriser. Veilederen er basert på erfaringer opparbeidet i et pilotprosjekt mellom Statens vegvesen og Forsvarets forskningsinstitutt (FFI) der hunder benyttes som et HMS-tiltak for å detektere dynamittrester og – forsagere. Siden prosjektstart har etterspørselen etter søketjenesten økt, og det har blitt et behov for å informere og veilede byggherrer ved bruk av tjenesten.

Denne veilederen er et levende dokument, og innspill til endringer imøteses.

Filmer som illustrerer arbeidet:

Kartlegge område:	<a href="https://vimeo.com/312738141">https://vimeo.com/312738141</a>
Kartlegge tunell:	<a href="https://vimeo.com/312738217">https://vimeo.com/312738217</a>
Krav og prosedyrer:	<a href="https://vimeo.com/312738390">https://vimeo.com/312738390</a>
Sanering:	<a href="https://vimeo.com/312738513">https://vimeo.com/312738513</a>

---

---

## Innhold

Krav og prosedyrer ved bakkesøk	5
Stoffkunnskap på hundene som skal benyttes	5
Bruksområder	5
Kartlegging av en overflate	6
Kartlegging av et område	7
Bruk av hund ved sanering	8
Kartlegging av tunnel	10
Prosedyrer ved prøvetaking av eksplosiver for analyse	11
Dokumentasjon	11



---

## Krav og prosedyrer ved bakkesøk

Følgende krav og prosedyrer skal dekke alle typer søk og bruksområder der bakkesøkhundene opererer.

### Det stilles følgende krav til hundeekvipasjen:

1. Hundefører skal være godkjent i henhold til gjeldende krav
2. Hundene skal årlig sertifiseres i henhold til gjeldende godkjenningssystem
3. Ekvipasjen skal sertifiseres årlig
4. Hundene skal være jevnlig kalibrert på luktbildene som skal detekteres
5. Ved søk skal det alltid brukes 2 hunder til å bekrefte eller avkrefte resultatene
6. Hundefører må ha godkjent arbeidsvarslingskurs og HMS-kort

### Prosedyrer før søk:

- Det skal alltid gjennomføres «sikker jobb analyse» før søk iverksettes
- HMS kort skal alltid bæres synlig
- Synlighetstøy, hjelm m/belysning skal alltid brukes
- Briller og vernesko benyttes ved behov
- Operativ leder for søk skal kjenne til SHA-plan for anlegget

## Stoffkunnskap på hundene som skal brukes

Hundene som skal benyttes må være trent opp på de stoffene de skal detektere.

### For å detektere sprengstoffrester i anleggsbransjen stilles følgende krav om stoffkunnskap på hundene:

- Hundene skal inneha kunnskaper på dynamitter fra 1950 – 2017
- Hundene skal spesialiseres inn mot stoffer som EGDN og NG
- Hundene skal sertifiseres inn mot FFIs stoffkunnskap for Bakkesøk

## Bruksområder

### Hundene kan benyttes til flere typer søk avhengig av anleggsområdet. Dette er:

- Overflatesøk: Søk på overflaten for å kartlegge området, tunnelen eller skjæringen
- Punktsøk: Søk av enkelte punkter /begrensede områder som skal rehabiliteres
- Søk av grøfter (ofte etter et overflatesøk)
- Søk av område ved pågraving av sprengstoff
- Søk før lukking av nye anlegg (grøfter, skjæring og tunneler)



---

---

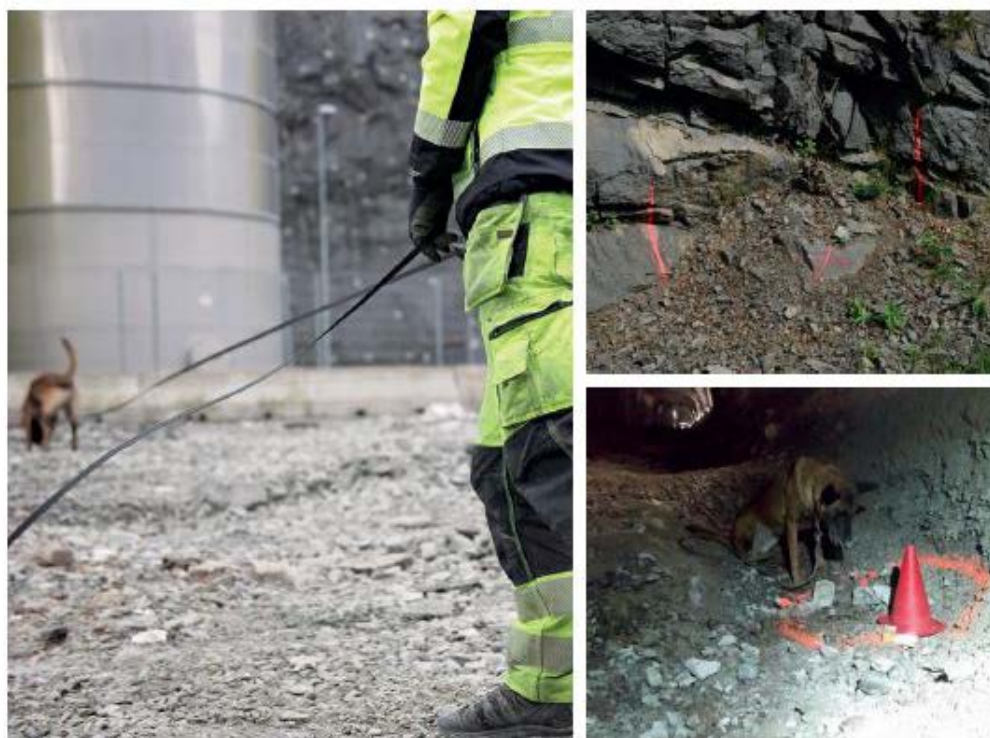
## Kartlegging av en overflate

Kartlegging av en overflate foregår på følgende bruksområder:  
Skjæringer, tunneler, anleggsplasser, tomter, steinbrudd, pallesprengning og nye sprengte områder.

Det er krav om at det alltid skal kartlegges med to hunder.

Når hundene har markert, skal markeringen merkes på følgende måter:

- Merkespray (farge avtalt på forhånd)
- Merking skal være minst 4 meter i bredde. (Dette for å kunne garantere med tanke på molekylvandring og dybde)
- Resultatene bør/skal alltid måles inn av landmåler



---

## Kartlegging av et område

Kartlegging av et bruksområde er aktuelt på følgende steder:

Anleggsplasser, skjæringer, tomter, steinbrudd, pallesprengning og nye sprengte områder.

Det avgrensede området (boksen) skal merkes med merketape eller kjepler.

Det er krav om at det alltid skal kartlegges med to hunder.

Når hundene har markert, skal markeringen merkes på følgende måter:

- Merkespray (farge avtalt på forhånd)
- Merking skal være minst 4 meter i bredde. (Dette for å kunne garantere med tanke på molekylvandring og dybde)
- Resultatene bør/skal alltid måles inn av landmåler



Veileder for bruk av eksplosivsøkshund 7

---

---

## Bruk av hund ved sanering

Denne prosedyren benyttes der det påtreffes sprengstoff ved graving, tiltak ved byggestopp, ved tunnelrehabilitering, i grøfter og skjæringer. Søket utløses ofte etter markeringer på overflatesøket, og brukes der det er stor sjanse for å treffe på mer sprengstoff.

### Anbefalte dybder det søkes på ved sanering:

1. Overflate
2. - 20-50 cm
3. - 20-50 cm (kommer an på reelle dybder)
4. Søk på fjell/klink. (Viktig at maskingraver ikke «gnager» på fjellet)  
Fjernstyrt graver bør brukes ved markeringer.

### Ved markering og funn må følgende gjennomføres:

- Bergsprenger overtar området og bruker sine prosedyrer
- Merkespray (farge avtalt på forhånd)
- Merking skal være minst 4 meter i bredde. (Dette for å kunne garantere med tanke på molekylvandring og dybde)
- Resultatene skal alltid måles inn av landmåler

**NB!** Ved arbeid tett opp til maskiner. Gå alltid inn i et område i front av maskinen. Hils eller vink til maskinfører før du går ned i området. Beveg deg aldri inn i et område hvis maskinen jobber i feltet.

### **VÆR SYNLIG!!**

Viktig med dialog med maskinarbeiderne på stedet.



---

---

## Kartlegging av tunnel

Denne prosedyren anvendes ved tunnelrehabilitering og ved nyetablering av tunneler.

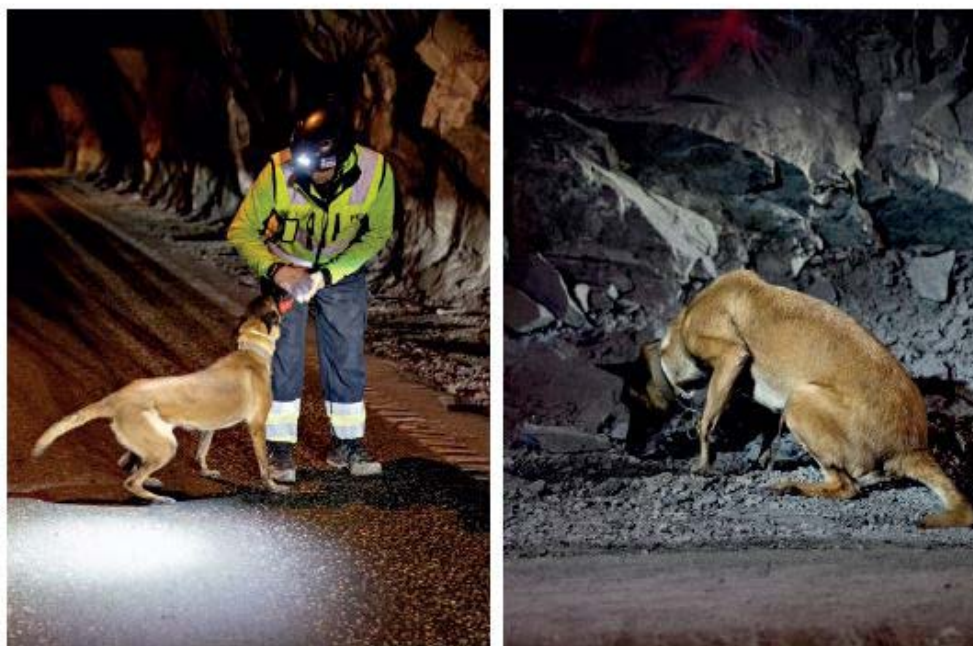
Det er krav om at det alltid skal kartlegges med to hunder.

Når hundene har markert, skal markeringen merkes på følgende måter:

- Merkespray (farge avtalt på forhånd)
- Merking skal være minst 4 meter i bredde. (Dette for å kunne garantere med tanke på molekylvandring og dybde)
- Resultatene skal alltid måles inn av landmåler

Ved trafikk på stedet må en ta hensyn til/være klar over:

- Vær våken med tanke på trafikk
- Gjennomfør SJA med personellet som har ansvar for trafikk
- Lag avtaler
- Bruk to kjøretøyer. En i front og en bak som buffer. Kjøretøy skal ha godkjent belysning. NB! Bruk parklys og varsellys



10 Veileder for bruk av eksplosivsøkehund

---

## Prosedyrer ved prøvetaking av eksplosiver for analyse

Uttak av eksplosivprøver skal alltid gjennomføres av bergsprenger eller personell med godkjent IMT av eksplosiver.

Glass for oppbevaring av prøve skal alltid medbringes på søksoppdrag.  
Glass med prøve skal merkes og transporteres til FFI med godkjent transport.

### Ved prøvetaking må en passe på følgende:

- Rester kan samles opp i glass av bergsprenger/operatør
- Ved forsager skal prøven tas ut av godkjent fjellsprenger
- Prøver som samles inn skal være 10- 40 gram
- Bilder av stedet hvor prøven er tatt ut skal medbringes og settes inn i innsamlingsrapporten
- Jordsmonn og funnstedet skal dokumenteres
- Tenner skal aldri følge prøven under transport og oppbevaring
- Rapport skal følge prøvene inn til FFI
- FFI varsles om når prøven ankommer



## Dokumentasjon

Etter endt søk skal leder for hundeekipasjen skrive en rapport fra søket som leveres oppdragsgiver/byggherre/entreprenør.

**KontaktInfo:**

Kristine Flesjø

[kristine.flesjo@vegvesen.no](mailto:kristine.flesjo@vegvesen.no)

**Forfattere:**

Vegar Falsten

Tove Engen Karsrud

[ffi.no](http://ffi.no)

[vegvesen.no](http://vegvesen.no)

---

---

## Referanser

- [1] Karsrud, T.E., Falsten, V.: Utvikling og bruk av hund for søk etter eksplosiver, årsrapport for 2016, FFI-rapport 17/16509.
- [2] Karsrud, T.E., Falsten, V., Opstad, A.M., Røen, B.T.: Karakterisering av eksplosiver detektert av hunder – årsrapport for 2017, FFI-rapport 18/01312.
- [3] Karsrud, T.E., Falsten, V., Flesjø, K., Opstad, A. M., Røen, B.; Utvikling og bruk av hund for søk etter eksplosiver – årsrapport for 2017, FFI-rapport 18/01315.
- [4] Karsrud, T.E., Falsten.: Eksplosivsøk med hund i 2018, FFI-rapport 19/01297.
- [5] Stanag 4487 “Explosives, Friction Sensitivity tests”.
- [6] Stanag 4489 “Explosives, Impact Sensitivity tests”.
- [7] UN Transportreglement for farlig gods.
- [8] Ewing, G.E., Waltman, M.J., Atkinson, D.A., Grate, J.W. and Hotchkiss, P.J.: The vapor pressures of explosives, Trends in Analytical Chemistry, Vol. 42, 35-48, 2013.
- [9] Oxley, J.C and Waggoner, L.P.: Detection of Explosives by Dogs, Kapittel 3 i Aspects of explosives Detection, Edited by Marshall, M. and Oxley, J.C., Elsevier, 2009.
- [10] Kranz, W.,Kitts, K., Strange, N., Cummins, J., Lotspeich, E. and Goodpaster, J.:On the smell of Composition C-4, Forensic Science International 236, 157-163, 2013.
- [11] Rammeplan felles fagutdanning hundetjenesten, FKL, 2016.
- [12] UD 2-1 “Sikkerhetsbestemmelser for hæren”, Kapittel 7.1, Bruk av militær tjenestehund.



## 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.

### FFIs 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.

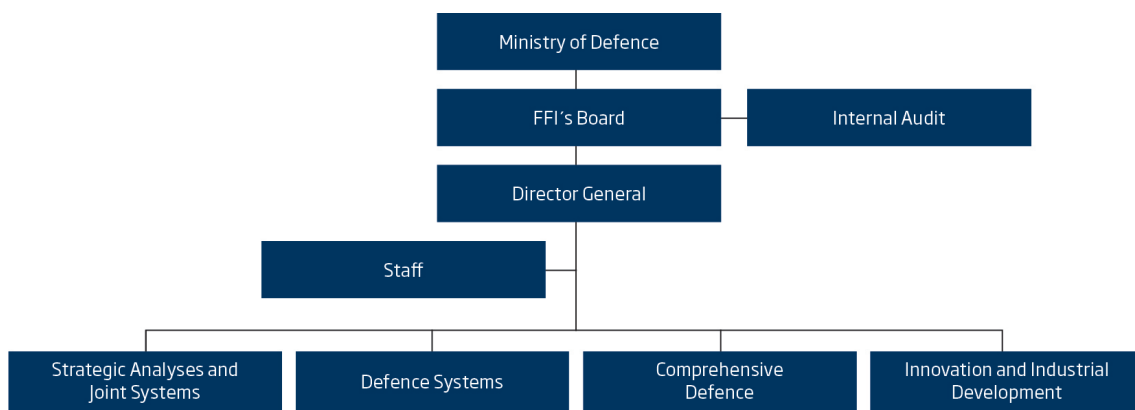
### FFIs VISJON

FFI gjør kunnskap og ideer til et effektivt forsvar.

### FFIs 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](mailto: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](mailto:ffi@ffi.no)