



Det frivillige Skyttervesen

*RPR.no*  
Rieber Prosjekt AS

# RAPPORT

Miljøriktige kulefang - Kunnskapsinnhenting

Dag Rieber

Oslo, 07.12.2021

## Forord

Økende oppmerksomhet omkring blyforurensning fra skytebaner har vist et behov for å vite mer om alternativer til tradisjonelle kulefang av jord og sand. Blyforurensning fra kulefang bindes raskt i jord og fortynnes raskt i bekker og elver. Tidligere undersøkelser har indikert at problemet generelt er lite, men at det kan være problem lokalt, og også lokale problemer bør begrenses eller unngås om mulig.

Det Europeiske kjemikaliebyrået ECHA gjennomfører for tiden en vurdering av forbud mot bly i ammunisjon. For sports-skytebaner er det aktuelt å ha et unntak fra et eventuelt blyforbud fordi eksisterende typer blyfri ammunisjon ikke har god nok presisjon. Det har kommet sterke signaler om at unntaket bare skal gjelde for skytebaner med mulighet for oppsamling og resirkulering av bly, men det er fortsatt ikke klart hvilke krav som vil bli stilt.

I Norge benyttes i dag nesten utelukkende tradisjonelle kulefang av jord og sand. Disse er enkle og fungerer godt sikkerhetsmessig. I en del andre land er det mer utbredt med mekaniske kulefang av stål og kulefang med granulater. Bakgrunnen er ønske om å resirkulere metallet i kulene. I hvilken grad dette faktisk gir vesentlig mindre forurensning til omgivelsene er uklart. Problemstillingen er svært kompleks, og det er ikke gitt at en bestemt løsning er bedre enn andre løsninger i andre situasjoner.

Rapporten som nå er utarbeidet redegjør for innhentet kunnskap om ulike typer kulefang, den forsøker å belyse kompleksiteten i problemstillingene og gir forslag til veien videre. Utarbeidelse av rapporten utgjør første fase i DFS sitt Miljøkulefang-prosjekt, der neste fase er testing av konkrete løsninger og siste fase er utarbeidelse av veiledningsmaterieell for utforming av kulefang.

Prosjektet er initiert av Det frivillige Skyttervesen (DFS) og er finansiert med midler fra Forsvarsdepartementet.

Rapporten er utarbeidet av Dag Rieber i Rieber Prosjekt AS med bidrag fra DFS. Det rettes en spesiell takk til Thomas Getz i Forsvarsbygg for velvillig deling av erfaringer med tester av kulefang utført av Forsvarsbygg.

Desember 2021

Jarle Tvinnereim  
Generalsekretær DFS

# Innhold

Forord .....	2
Sammendrag .....	5
<b>1 Innledning.....</b>	<b>7</b>
1.1 Bakgrunn .....	7
1.2 Tidligere forskning .....	8
1.3 Sikkerhetskrav til kulefang.....	9
1.4 Kulefang og miljø.....	11
1.5 Formål og prosjektfaser .....	12
<b>2 Metode.....</b>	<b>13</b>
2.1 Kunnskapsinnhenting .....	13
2.2 Kategorisering av kulefang.....	13
2.3 Vurderingspunkter for ulike løsninger .....	14
<b>3 Egenskaper til ulike typer kulefang.....</b>	<b>15</b>
3.1 Jord-/sand-kulefang .....	15
3.1.1 Konsept.....	15
3.1.2 Sikkerhet.....	19
3.1.3 Vedlikeholdsbehov .....	19
3.1.4 Miljømessige forhold .....	20
3.1.5 Kostnader .....	23
3.2 Granulat-/kunststoffkulefang.....	24
3.2.1 Konsept.....	24
3.2.2 Sikkerhet.....	30
3.2.3 Vedlikeholdsbehov .....	31
3.2.4 Miljømessige forhold .....	32
3.2.5 Kostnader .....	33
3.3 Stålkulefang .....	35
3.3.1 Konsept.....	35
3.3.2 Sikkerhet.....	44
3.3.3 Vedlikeholdsbehov .....	44
3.3.4 Miljømessige forhold .....	45
3.3.5 Kostnader .....	46
<b>4 Sammenstilling og vurdering av kulefangløsninger .....</b>	<b>48</b>
4.1 Generelt .....	48
4.2 Ekskludering av kulefangvarianter.....	49
4.3 Vurdering av løsninger .....	50

4.3.1	Sikkerhet.....	50
4.3.2	Vedlikehold .....	53
4.3.3	Miljø.....	54
4.3.4	Kostnader .....	57
4.3.5	Totalvurdering.....	59
4.4	Videreutvikling.....	61
4.4.1	Forbedring av kulefang av jord/sand.....	61
4.4.2	Nye kulefang .....	64
4.4.3	Feltkulefang.....	64
5	Konklusjon .....	65
5.1	Foretrukne løsninger? .....	65
5.2	Neste fase - Videreutvikling.....	66
5.3	Siste fase - Kulefangveileder.....	66
6	Referanser.....	67

## Sammendrag

Denne rapporten er sluttproduktet fra første fase av Det frivillige Skyttervesen (DFS) sitt prosjekt som tar for seg miljøriktige kulefang. I denne fasen er det utført en kunnskapsinnhenting som grunnlag for arbeidet med å finne foretrukne løsninger.

I rapporten er det gjort vurderinger av ulike typer kulefang. Selv om miljø står sentralt i dette prosjektet er det også andre forhold som er avgjørende for evalueringen av kulefangene. Følgende vurderingspunkter er undersøkt og beskrevet for de ulike kulefangene:

- Sikkerhet
- Vedlikehold
- Miljø
- Kostnader.

De ulike typene kulefang er delt inn etter type energidempende materiale i kulefanget. Som hovedgrupper er følgende undersøkt:

- Jord-/sandkulefang
- Granulat-/kunststoffkulefang
- Stålkulefang

Ved sammenstilling og vurdering av kulefangløsningene er det tatt utgangspunkt i de spesielle særtrekkene til skytterlag tilknyttet DFS. Dette handler om stor grad av frivillig arbeid, mye god kompetanse på bygg og anlegg, stort fokus på sikkerhet og det faktum at lagene har begrensede inntektsmuligheter. Disse særtrekkene gjør at en del typer miljømessig gunstige kulefang blir vurdert til å være lite aktuelle på grunn av komplisert drift og vedlikehold, høy investeringskostnad og/eller høye vedlikeholdskostnader.

Totalvurderingene som er gjort tilsier at det på eksisterende skytebaner med eksisterende jord-/sandkulefang er mest aktuelt å jobbe med miljømessige forbedringer av eksisterende kulefang fremfor sanering av gamle og etablering av nye kulefang.

På nye skytebaner kan det bli aktuelt å benytte andre typer kulefang enn de tradisjonelle av jord/sand:

- Skrått granulatkulefang med gjennomskytingssikkert overbygg kan være en miljømessig svært god løsning på steder der nullutslipp er påkrevd
- Dekk-klippkulefang kan særlig være aktuelt der det er viktig med rikosjettfritt kulefang året rundt
- Stålkasser med innvendige stålplater kan egne seg spesielt godt på midlertidige skytebaner
- Vertikal stålplatekulefang kan egne seg svært godt på steder med kompliserte terrengformasjoner

I rapporten pekes det på mulige forbedringspunkter for eksisterende kulefang og forslag til videre arbeid med vertikal stålplate-kulefang og frontplatematerialer i neste fase av prosjektet.

## Summary

This report is the product of the first phase of a project called “Environmentally friendly bullet traps”. The project is initiated by Det frivillige Skyttervesen (abbreviated DFS, in English: The Norwegian Civilian Marksmanship Association). In this phase available relevant information has been collected to serve as a basis for the further work to find preferred bullet trap solutions.

In the report, assessments have been made of different types of bullet traps. Although the environment is central to this project, there are also other aspects that are crucial for the evaluation of the bullet traps. The following aspects have been investigated and described:

- Safety
- Maintenance
- Environment
- Costs

The various types of bullet traps have been divided into subgroups according to the type of energy reducing material used. The main groups of bullet traps are the following:

- Sand/soil
- Rubber granule/synthetic material
- Steel

When comparing and assessing the various bullet trap solutions, we have had in mind the particular aspects relating to DFS’ member shooting clubs: The clubs are run by volunteers; the clubs generally possess a lot of skill in building matters; a significant focus on safety; the clubs have limited sources of income. Due to these aspects, some types of environmentally friendly bullet traps have been considered to be of little practical relevance due to complicated maintenance, high investment cost and/or high maintenance cost.

The overall assessments indicates that on existing shooting ranges with existing sand/soil bullet traps, it will be most expedient to consider various environmental improvements of the existing bullet traps rather than remediation of the soil/sand bullet traps and establishing new types of bullet traps.

On new shooting ranges other types of bullet traps than the traditional sand/soil bullet traps are feasible:

- Inclined rubber granule bullet traps with a bullet proof superstructure seems to be an environmentally friendly solution in places where zero-emission is required
- Bullet traps made of rubber chips from clipped tires are feasible where the bullet trap needs to be ricochet-free during winter
- Steel boxes with steel plates on the inside seems to be suitable for temporary shooting ranges
- Vertical bullet traps with steel plates can be especially suitable in places with complicated terrain formations

In the report we point to possible areas of improvement for existing bullet traps, and we make suggestions for further work in the next phase of the project as far as vertical steel plate bullet traps and front plate materials are concerned.

# 1 Innledning

## 1.1 Bakgrunn

På riflebaner i Norge benyttes det kulefang bak skivene. Kulefangets opprinnelige oppgave var å fange kulene slik at det ikke oppsto sprut eller rikosjetter som kunne være farlig for anvisere, og for å begrense fareområdets utbredelse ved såkalt nærliggende bakgrunnshøyde. Kravet til kulefang finnes i Sikkerhetsbestemmelser for sivil skyting som ble gitt som vedlegg til skytebaneforskriften fra 1988. Forskriften er nå erstattet med kapittel 8 i våpenforskriften, men sikkerhetsbestemmelsene er foreløpig ikke revidert. Sikkerhetsbestemmelsene åpner for baner uten kulefang dersom disse har såkalt fjerntliggende bakgrunn. Slike baner får imidlertid så store fareområder at det er få sivile baner der dette er aktuelt. Det frivillige Skyttervesen (DFS) har derfor lagt til grunn at alle skytebaner tilknyttet DFS skal ha kulefang.

Riflekuler inneholder i hovedsak metallene bly, kobber, antimon og sink. Alle disse metallene er i store nok konsentrasjoner giftige for organismer, men bly anses å være hovedproblemet. I denne rapporten fokuseres det derfor på blyforurensning. Kulefang som hindrer blyforurensning til omgivelsene vil i praksis også hindre at nivået av forurensning av de andre metallene blir problematisk. Forenklingen det innebærer ved å fokusere på blyforurensning anses dermed å være akseptabel. At bly er giftig har vært kjent siden oldtiden, men i Norge fikk blyforgiftning for alvor stor oppmerksomhet på 1930-tallet etter at det over en treårsperiode ble meldt om 46 tilfeller av forgiftning ved Marinens hovedverft i Horten (Ongre, 2005). Siden da har blyets giftighet fått stadig økende oppmerksomhet, noe som ledet frem til forbud mot blybensin på 1990-tallet og forbud mot blyhagl i 2002.

I tidligere tider ble skytebaner anlagt uten at det var nødvendig med noen tillatelse fra myndighetene. I 1983 trådte forurensningsloven i kraft, og utgangspunktet ble da at det var nødvendig med tillatelse til all virksomhet som kunne medføre forurensning, herunder støy. I 1993 ble det innført retningslinjer for støy fra skytebaner som medførte at bare baner med støy over visse grenseverdier krevde tillatelse. Det ble ikke gitt tilsvarende retningslinjer når det gjaldt blyforurensning. I 1989 ble det gjort endringer i plan- og bygningsloven som medførte at nye skytebaner ikke kunne anlegges uten reguleringsplan. Fra da av har det vært vanlig å lage reguleringsbestemmelser om støy og skytetider. Prosessene og dokumentasjonskravene knyttet til etablering av skytebaner har økt betydelig frem til i dag, noe som resulterte i et behov for en veileder for planlegging av skytebaner, utgitt av Kulturdepartementet i 2019 (Rieber, 2019).

Det er fra forurensningsmyndighetenes side et stadig økende ønske om å kunne regulere blyforurensning fra skytebaner. På grunn av svært varierende forhold på skytebanene, manglende regelverk og begrenset kunnskap om effekten av ulike tiltak, praktiseres regulering av blyforurensning svært ulikt. En del av problematikken omkring blyforurensning handler om betydningen av kulefanget, og det er denne delen DFS nå har startet å jobbe med, hvor denne rapporten er første skritt på veien.

I 2021 gjennomfører EUs kjemikaliebyrå ECHA en prosess som kan føre frem mot et helt eller delvis forbud mot bly i ammunisjon. Det er foreslått unntak fra forbudet for sportsskyting på bane fordi presisjonen er for dårlig med blyfrie alternativer, men det vil bli stilt krav til oppsamling av bly med kulefang og eventuelt også mulighet for resirkulering av bly. Foreløpig har ECHA fokus på stålkulefang og grad av oppsamling. Grad av oppsamling sier imidlertid ikke noe om hva som skjer med det blyet som ikke blir samlet opp. Hensikten med ECHA sitt arbeid er å begrense utlekking/avrenning av bly til omgivelsene, og med det

som bakgrunn er DFS sin holdning at en ikke bør låse seg til en bestemt type kulefang, men i stedet se på flere alternative kulefangløsninger.

Utgangspunktet for denne rapporten er å samle inn og beskrive kunnskap om ulike typer kulefang, og se på kjente fordeler og ulemper ut fra et miljøperspektiv. Det vil bli vurdert hvilke tiltak som kan forbedre kjente løsninger. Neste fase vil innebære å lage prototyper som testes ut med siktemål å finne noen foretrukne løsninger som vi med sikkerhet kan kalle Miljøkulefang. Alle vurderingene som er gjort i denne rapporten tar utgangspunkt i hvordan skytterlag tilknyttet DFS driver sin virksomhet. Andre brukere av skytebaner kan tenkes å komme til andre konklusjoner.

I denne rapporten benyttes begrepet «kuler» som stammer fra at man i tidligere tider skjøt med runde kuler. Presisjonsskyting med rifler skjer i dag med prosjektiler som har større lengde enn diameter og som roterer rundt sin egen akse som følge av riflingen inne i løpet. Strengt tatt ville derfor «prosjektiler» vært en riktigere betegnelse, men «kuler» er så godt innarbeidet at vi har valgt å bruke denne betegnelsen i dette dokumentet, noe som også rimer med at innretninger som fanger kulene konsekvent benevnes som kulefang i regelverket for sikkerhet.

Begrepene kulefang og kulefanger brukes ofte om hverandre. I denne rapporten er det brukt «kulefang» om hele innretningen bak skivene som er nødvendig for å tilfredsstille sikkerhetsbestemmelsenes krav til kulefang. Vi har brukt «kulefanger» om en avgrenset installasjon bak en skive som fanger kulene som treffer skiva, men som alene ikke tilfredsstiller kravet til kulefang.

## 1.2 Tidligere forskning

Kulefang på utendørs riflebaner har frem til for få år siden først og fremst hatt en sikkerhetsmessig funksjon. Med økende oppmerksomhet rundt tungmetallforurensning, og spesielt bly, har også miljøperspektivet blitt viktig. Det er utført mange undersøkelser knyttet til tungmetallforurensning på og omkring skytebaner gjennom de siste tiårene. I Norge har spesielt Forsvarsbygg utført et omfattende arbeid knyttet til opprydning på skytebaner som saneres. DFS gjennomførte i årene 2006-2009 et arbeid i samarbeid med Miljødirektoratet (tidligere Statens Forurensningstilsyn) og Norsk institutt for vannforskning (NIVA). Det ble undersøkt konsentrasjon av metaller i avrenning fra 50 norske skytebaner (Rognerud & Rustadbakken, 2007) og det ble gjort en detaljert analyse av mengden tungmetaller som lekker ut fra tre utvalgte skytebaner (Rognerud, 2009). Tre store utfordringer ved måling av avrenning fra kulefang på eksisterende baner er: Ukjent oppbygning av kulefangene, ulike grunnforhold og ukjent tidligere bruk. For eksempel vil skyting på feltskiver uten kulefang, og skyting på selvanvisere av stål, medføre at kuler knuser og restene spres over et større område. Knuste kulefragmenter på overflaten av bakken har stor total eksponert overflate i forhold til en intakt kule, korroderer raskt, og kan stå for en betydelig del av den totale avrenningen fra en skytebane.

Gjennom dette prosjektet har vi funnet mange rapporter fra hele verden relatert til kulefang og miljø. Graden av vitenskapelighet varierer mye, og det er ofte vanskelig å vite hvor godt begrunnet de ulike konklusjonene er. Til og med United States Environmental Protection Agency (USEPA) sin rapport om beste praksis (Best management practices for lead at outdoor shooting ranges, 2005), som ofte henvises til, kan ut fra referansene virke å være basert mer på antagelser enn vitenskapelig dokumentasjon. Rapporten kom i 2005 og har blant annet anbefalinger om regelmessig rensing av jord på skytebaner.



Hvordan skytebaner brukes varierer mye. Både skuddtall, forventet spredning på skuddene og ammunisjonstyper er faktorer som har stor påvirkning på hva slags løsninger som er gunstige. Klimatiske forhold har også stor betydning for hvor godt ulike typer kulefang kan fungere. Ulik oppbygning av skytebaner, ulik bruk og svært ulike klimatiske forhold ulike steder i verden, gjør at mye av det som er gjort av undersøkelser i andre land har begrenset overføringsverdi.

I Norden har vi mye av de samme klimatiske forholdene og liknende tradisjoner knyttet til riflebaner, jakt og sports-skyting. Det er derfor naturlig å ta utgangspunkt i det som er utført av forskning og undersøkelser i landene i Norden og supplere med forskning og undersøkelser fra andre land. Spesielt er det verdt å nevne den finske rapporten fra 2014 med navn «Best Available Techniques (BAT) - Management of the Environmental Impact of Shooting Ranges» (Kajander & Parri, 2014)

### 1.3 Sikkerhetskrav til kulefang

Våpenforskriftens kapittel 8 omhandler blant annet tekniske krav til skytebaner. §8.2 lyder:

**§ 8-2. Tekniske krav til skytebane og kontroll**

*Skytebaner skal oppfylle krava til tryggleik som er fastsett av Politidirektoratet, samt andre offentlege krav.*

*Politiet fører kontroll med sivile skytebaner, og kan gje forbod mot bruk av skytebaner som ikkje oppfyller dei tekniske krava etter første ledd eller ved brot på baneinstruksen.*

Kravene til sikkerhet finnes i «Sikkerhetsbestemmelser for sivil skyting» som fulgte den tidligere skytebaneforskriften fra 1988. Kravene til kulefang gjelder i utgangspunktet ikke for alle skytebaner, kun for baner med såkalt nærliggende bakgrunnshøyde. I praksis vil de aller fleste skytebaner falle inn under dette kravet og det er en vanlig tolkning at det derfor er krav om kulefang på alle sivile skytebaner i Norge. Kravene til kulefang finnes i sikkerhetsbestemmelsenes punkt 2.7:

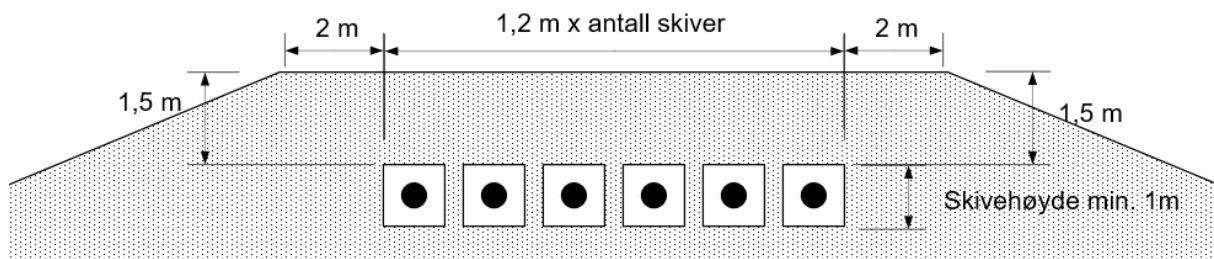
**2.7. Kulefang.**

*Kulefang er nødvendig ved nærliggende bakgrunnshøyde og ved oppbygget bakgrunn.*

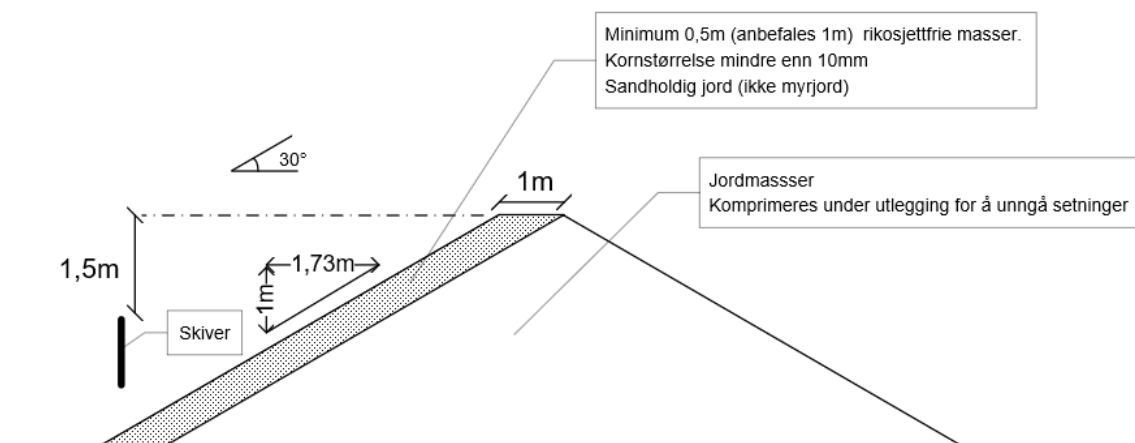
**2.7.1. Kulefang som nyttes sammen med bakgrunnshøyde for geværbane, Kulefanget skal være bygget etter følgende retningslinjer:**

- *det skal nå minimum 1,5 m. over skivene i øvre stilling sett fra enhver skytestilling.*
- *de øverste 50 cm kan utgjøres av skjerm bestående av 30 cm armert betong.*
- *anvendes skjerm kan denne festes til forstøtningsmuren.*
- *det skal nå minimum 2 m. til hver side for fløyskivene sett fra standplassens høyre (venstre) fløy.*
- *toppen skal i påbudt høyde ha minimum tykkelse på 1 m.*
- *kulefanget skal ha stigning på minimum 30°.*
- *det skal dekkes av et 50 cm lag masse med kornstørrelse mindre enn 10 mm., f.eks. steinfri jord, torv, sand eller bark.*
- *kulefanget skal holdes fritt for stein.*

I 1988 var det en selvfølge at kulefang skulle være av jord eller liknende, og frem til i dag har tilnærmet alle kulefang på sivile skytebaner blitt bygget på denne måten. Figurene nedenfor illustrerer kravene:



Figur 1 Krav til kulefangets utbredelse i høyde og side sett fra enhver skytestilling



Figur 2 Krav til kulefangets oppbygning (snitt gjennom kulefanget)

Hensikten med kulefang slik de er beskrevet i sikkerhetsbestemmelsene fra 1988 er å fange kuler og unngå tilbakekast, sprut og rikosjetter. Dette er rent sikkerhetsmessig begrunnet. Kulene har stor kinetisk energi, og kulefanget må dempe denne energien samtidig som kulene ikke unnslipper kulefanget. Den kinetiske energien blir i hovedsak omdannet til varme når kulefanget stopper kulene. Det er dermed en klar fordel med ubrennbare materialer i kulefang. Jord og sand fungerer godt. Normalt vil også bark, flis og liknende fungere godt, men i svært tørre sommermåned er det vært episoder med selvantening av tørre kulefang. Bruk av sporlyssammunisjon øker brannfaren betraktelig, og de fleste kjente branner i kulefang antas å være forårsaket av sporlyssammunisjon.

Selv om sikkerhetsbestemmelsene for sivil skyting er svært spesifikke når det kommer til oppbygning av kulefang, må det kunne aksepteres at kulefang bygges med en helt annen utforming. Forutsetningen må være at dekingen i høyde og side er tilfredsstillende og kulefanget fanger kuler og hindrer tilbakekast, sprut og rikosjetter.

## 1.4 Kulefang og miljø

Denne rapporten har som hensikt å belyse miljømessige sider knyttet til ulike kulefang-løsninger. For å avgrense problemstillingen er hovedfokus på hvor mye av kulene man klarer å samle opp, og hva som skjer med blyet som ikke blir fanget opp eller kommer ut igjen fra kulefangene.

I dag består kulefang på sivile skytebaner nesten utelukkende av jord, sand og grus. Ved tilgang på vann og oksygen vil blyet i kulene korrodere og kan bli vasket ut ved vanngjennomstrømning. Dette kan forurense lokalt, særlig i myr og åpent vann like ved banen. Lengre ut i bekker og elver fortynnes alltid konsentrasjonen til etter hvert å bli ubetydelig. Lokalt kan imidlertid forurensningen bli et problem, for eksempel for beitende dyr, fisk og andre organismer. Forurensning av drikkevann kan også være skadelig for mennesker.

For å redusere mulighetene for utlekking av bly til omgivelsene kan forbedring av eksisterende kulefang eller bygging av helt andre typer kulefang være aktuelt, men slike forbedringer eller bruk av andre typer kulefang kan tenkes å medføre andre utfordringer. Denne rapporten vil forsøke å belyse hvordan ulike løsninger fungerer i forhold til den aktuelle bruken, og i hvor stor grad de ulike typene kulefang hindrer spredning av tungmetaller til naturen.

Hvordan transporten av metaller skjer videre i naturen holdes utenfor. Det er gjort en rekke studier i mange land omkring korrosjon, utlekking og transport av metaller i forskjellige situasjoner og med ulike grunnforhold. De kjemiske forholdene i jord og vann på og rundt skytebaner varierer mye, og dette påvirker både korrosjonshastighet og utlekking av metaller (Bolstad, 2015). Vi nøyer oss i denne sammenhengen med å konstatere følgende:

- Regn og overflatevann kan frakte med seg korrodert metall fra skytebaner
- Sivevann kan frakte med seg korrodert metall. Kobber, sink og antimon er mer mobile enn bly og vaskes ut i større grad. Utlekking og transport varierer mye med jordens kjemi.
- Transport av bly skjer i hovedsak bundet til partikler i overflatevann
- Blyforurensning kan transporteres med vann gjennom sand (Strømseng & Ljønes, 2000)
- Bly transporteres i liten grad med vann gjennom jord, og blyforurensning fra skytebaner finnes derfor svært sjelden i grunnvann

Spørsmålet som ønskes belyst i denne rapporten er:

***Er det mulig å finne noen klart foretrukne utforminger av kulefang for utendørs rifleskyting som både ivaretar sikkerhetsmessige krav og representerer en miljømessig forbedring i forhold til de kulefangene som i dag er vanlige i bruk?***

## **1.5 Formål og prosjektfaser**

Hensikten med prosjektet er å få oversikt over ulike kulefang-løsninger med formål å finne kulefang som ivaretar sikkerhet og miljø på en god måte innenfor fornuftige rammer for kostnader knyttet til etablering og vedlikehold.

Prosjekt Miljøkulefang er delt inn i tre faser.

Denne rapporten er resultat av fase 1 som består av følgende:

- Kunnskapsinnhenting ved litteratursøk og kontakt med organisasjoner og produsenter
- Vurdering av kjente løsninger med hensyn på egnethet for aktuell bruk, sikkerhet, vedlikeholdsbehov, miljø og kostnader
- Vurdering av mulig gunstige kulefang-løsninger

I prosjektets fase 2 skal nye løsninger eller forbedringer konkretiseres. Prosjektet starter med evaluering av høringsinnspill knyttet til rapport fra prosjektets fase 1. Videre består fase 2 av:

- Prosjektering av noen konkrete løsninger
- Lage prototyper
- Teste prototypene i praksis på kort sikt og over minst ett års drift med intensiv bruk
- Rapportering

I prosjektfase 3 planlegges det å lage en veileder om miljøriktig utforming av kulefang basert på undersøkelser og erfaringer fra prosjektets to første faser.

## 2 Metode

### 2.1 Kunnskapsinnhenting

DFS har hatt en egen anleggsavdeling i flere tiår. De siste 15 årene har Rieber Prosjekt vært engasjert av DFS som teknisk konsulent tilknyttet anleggsavdelingen. Utgangspunktet for arbeidet med denne rapporten er kunnskap og erfaring ervervet gjennom disse årene. I tillegg er ny kunnskap innhentet gjennom følgende aktiviteter:

1. Litteratursøk/-studier. Litteratursøket viste at det er skrevet mye om skytebaner, kulefang og miljø, men at kun en svært begrenset del av det som skrives om kulefang er basert på vitenskapelig metode og dermed kan karakteriseres som forskning. Det er imidlertid en del forskning på spesifikke emner som kan være med på å underbygge de vurderingene som er gjort i denne rapporten. Kun de mest aktuelle av disse er referert.
2. ECHA-prosessen. EUs kjemikaliebyrå gjennomfører en prosess som trolig leder frem til forbud mot blyammunisjon med unntak for sportsskyting med kulefang med høy grad av oppsamling og eventuelt resirkuleringsmulighet.
3. Kontakt med
  - DFS og de nordiske søsterorganisasjonene
  - Forsvarsbygg
  - Norges skytterforbund
  - Norges Jeger- og Fiskerforbund
  - OBSIMA Technology AS (leverandør av materiell)
4. Befaringer på skytebaner for å se på løsninger og aktuelle problemstillinger

### 2.2 Kategorisering av kulefang

Kulefang kan utformes på mange måter. I denne rapporten er det valgt å dele kulefang inn i tre hovedkategorier, basert på det materialet som demper kulenes energi og dermed stopper og fanger kulene. De tre kategoriene er:

- Jord / sand
- Granulat / kunststoff
- Stålblater

Kulefang kan også bruke kombinasjoner av disse materialene for å stoppe kulene, og det kan lagets uendelig mange ulike varianter. Hensikten med inndeling i hovedkategorier er imidlertid å belyse fordeler og ulemper ved de ulike materialene, som grunnlag for å videreutvikle gode løsninger.

## 2.3 Vurderingspunkter for ulike løsninger

Denne rapporten handler om miljøriktige kulefang. Selv om miljø står i fokus, så er det liten hjelp i å finne det miljømessige optimale kulefanget hvis det ikke kan ivareta sikkerhet, krever urealistisk mye vedlikehold eller medfører svært høye kostnader. Det vurderes derfor også andre forhold enn det som utelukkende har med miljø å gjøre. Følgende vurderingspunkter beskrives:

### Sikkerhet

- Rikosjettsikkerhet
- Fare for sprut og tilbakekast
- Mulighet for gjennomskyting
- Egnethet for ulike typer skyteaktivitet og ammunisjon

### Vedlikehold

- Vedlikeholdsbehov / slitestyrke ved bruk av ulike våpen / ammunisjon (skarpskytterammunisjon, kaliber .22 LR, jegerammunisjon og stålkjerneammunisjon)
- Konsekvenser av manglende vedlikehold
- Vedlikeholdsintervaller og -omfang

### Miljø

- Mulighet for avrenning fra kulefanget
- Grad av oppsamling
- Grad av resirkulering
- Hva skjer med den andelen man ikke får samlet opp
- Renseløsning

### Kostnader (grove overslag)

- Etablering
- Drift

Vurderingene av punktene ovenfor er basert på informasjon fra en rekke ulike kilder. Disse kildene har svært ulik karakter og det er derfor utfordrende å balansere vurderingene på en slik måte at de blir sammenliknbare. Det er tatt utgangspunkt i kulefang relevant for en typisk norsk riflebane der det foregår «DFS-skyting» med grovkalibret og finkalibret rifle, jeger trening med rifle og hvor Forsvaret/Heimevernet skyter med militære våpen.

Dette er en rapport som fokuserer på de mekaniske funksjonene til et kulefang og hva som skjer med kulene når de treffer kulefanget. Hva som skjer videre med bly som ikke fanges av kulefanget blir ikke behandlet. Kjemien knyttet til korrosjonsprosesser, avrenning, binding av metall i jordsmonn og liknende er derfor ikke en del av rapporten

## 3 Egenskaper til ulike typer kulefang

### 3.1 Jord-/sand-kulefang

#### 3.1.1 Konsept

Det tradisjonelle kulefanget er en bratt jordvoll plassert bak skivene. Kravet i sikkerhetsbestemmelsene er en stigning på minimum 30°. Med så bratt stigning forhindres det ved bruk av vanlig blyholdig ammunisjon at rikosjetter som oppstår i kulefanget kan komme ut av kulefanget. 30° grader stigning er bratt. Det er mulig å legge opp jord og sand brattere enn dette, men ved nedbør vil selv de aller mest stabile typer jord eller sand slite med å beholde en stigning på 35°. Kulefang med 30° stigning er derfor nær grensen for hva som er praktisk oppnåelig med jord/sand.

Jord, sand eller en blanding av jord og sand er svært effektivt til å bremse kuler, og kulene stopper normalt etter mindre enn 50 cm inntrenging i komprimert jord/sand.

Vanlige masser i topplaget på jord-/sandkulefang

- Lokal vekstjord er mest vanlig å bruke i kulefang. Slik jord er ofte relativt stabil, og vegetasjon begynner raskt å gro slik at kulefanget beholder sin form.
- Myrjord har i mange år blitt frarådet brukt fordi myrjord er sur og kan øke korrosjon og utlekking av tungmetaller. Allikevel er myrjord brukt mange steder der skytebaner er anlagt på myr, rett og slett fordi denne jorden ofte er steinfri og lett tilgjengelig.
- Sand alene er ikke særlig stabil, og ren sand egner seg dårlig til å bygge kulefang. Det er imidlertid vanlig å blande inn sand i jord eller bruke sandholdig jord i kulefang. Så lenge andelen sand ikke blir for høy kan sandholdig jord fungere godt.
- Grus som toppdekke på kulefang er relativt vanlig. Grus er mer stabilt enn sand, men ren grus har også utfordringer med at den har begrenset stabilitet. Grus er lettere å få tak i enn steinfri jord, og grus er lett å håndtere. Derfor er grus mye brukt, spesielt til vedlikehold av kulefang.
- Bark er rikosjettfri masse og er en del brukt som toppdekke på kulefang. Barken ligger relativt stabilt, men vil råtne over tid, og krever jevnlig påfylling. Bark kan også være brannfarlig når det er svært tørt. (Finney, Maynard, McAllister, & Grob, 2013).
- Flis har noe av de samme egenskapene som bark, men er mindre stabil, råtner raskere og pakker seg fortere ved bruk.
- Gamle bildekk er mye brukt som «jordarmering» for å få kulefang til å beholde bratt nok stigning. Gamle bildekk er definert som avfall, og er derfor i utgangspunktet ikke tillatt å bruke i kulefang på denne måten.

Nedenfor vises bilder av noen kulefang som er ganske typiske for norske riflebaner.





Figur 3 Kulefang som frittliggende voll, her for Stang- og felthurtigskiver



Figur 4 Kulefang på 200 m bane som del av bakgrunnen





*Figur 5 Eksempel på bildekk i kulefang som forsøk på å stabilisere massene*



*Figur 6 Eksempel på gropdannelser i del av kulefang med grus (nærmest) og mindre grad av gropdannelse i del av kulefang med jord (lengst bort)*



På en del skytebaner er terrenget slik at det er vanskelig eller umulig å legge opp en høy nok jordvoll som kulefang rett bak skivene. Dette kan skyldes at terrenget skråner sterkt, at man ikke disponerer tilstrekkelig areal, at grunnen ikke tåler belastningen av en stor nok voll eller liknende. Bildene nedenfor viser et eksempel på en slik situasjon, der det er bygget en kraftig kasse av impregnerte stolper og bjelker, og deretter fylt i med jord/grus/sand. Skytingen komprimerer og knuser ned massene. I et kulefang som her, hvor man ikke har noe ekstra tykkelse på massene å gå på, medfører raskt slik slitasje at kulefanget ikke lenger tilfredsstillende sikkerhetsmessige kravene. På bildene ser man at det er forsøkt å stabilisere massene med bildekk, og det er fylt på med bark fordi dette er lettere å håndtere enn jord.



Figur 7 Kulefang bygget opp med kasse av tre-stolper og tre-bjelker



Figur 8 Nærbilde av kulefang med kasse av tre-stolper og tre-bjelker for å holde på jord/sand i kulefanget

### 3.1.2 Sikkerhet

Funksjonen til et kulefang av jord/sand er enkel å forstå. Denne typen kulefang krever derfor ikke noen spesiell kompetanse for å ivareta sikkerhet. Dette representerer i seg selv en sikkerhet.

For blyholdig ammunisjon som brukes til rifleskyting sivilt, beregnes en rikosjettvinkel på inntil 22° (Sikkerhetsbestemmelser for sivil skyting, 1988) pkt. 1.6. Det kan oppstå rikosjetter med større vinkel enn dette, men da vil mye av den kinetiske energien gå over til varme når kulene deformeres. I slike tilfeller vil rikosjettene ha liten gjenværende kinetisk energi og vil dermed ikke ha lang rekkevidde. Forsvarets blyfrie ammunisjon har stålkjerne, noe som medfører at kulene i mindre grad deformeres når de treffer harde gjenstander. Dette medfører at langt mer av den kinetiske energien kan bevares når kulene rikosjetter. Forsvaret opererer derfor med en rikosjettvinkel på 45° (Forsvarsbygg, Håndbok for skyte- og øvingsfelt 2020 - 2022, 2020) pkt. 7.3.5. Også denne ammunisjonen kan få større rikosjettvinkler enn angitt, men da med begrenset gjenværende kinetisk energi.

Sivil ammunisjon har en rikosjettvinkel som er mindre enn stigningen på kulefanget. Rikosjetter som eventuelt måtte oppstå i kulefanget vil derfor ikke unngå kulefanget. Den militære stålkjerneammunisjonen har en rikosjettvinkel som er større enn kulefangets stigning, og rikosjetter som oppstår i kulefanget kan dermed unngå dette. Ved bruk av militær ammunisjon på sivile skytebaner er det derfor ekstra viktig at kulefanget er godt vedlikeholdt for å unngå at rikosjetter oppstår i kulefanget. Det er grunn til å anta at også massive kobberkuler kan ha større rikosjettvinkel enn blyholdige kuler. Bruken av massive kobberkuler er økende, og dette kan påvirke behovet for forsterket vedlikehold av kulefang av jord/sand fremover.

Tilbakekast av kuler eller splinter av kuler fra kulefang av jord/sand kan forekomme. Ved skyting på 100 m og 200 m avstand er tilbakekast til standplass svært sjelden. I Forsvaret har det imidlertid vært en del hendelser med tilbakekast av kuler med stålkjerne, særlig ved skyting på 50 meters hold eller kortere, og særlig om vinteren med frost i kulefanget.

Ved skyting med sivil blyholdig ammunisjon på kulefang av sand/jord er sikkerheten generelt godt ivaretatt forutsatt et minimum av vedlikehold. Utfordringer oppstår raskere ved bruk av annen type ammunisjon. Steiner som vandrer mot overflaten i kulefanget, gropdannelser i kuleinnslaget, bildekk, sammensig og frost i kulefanget er forhold som kan gi sikkerhetsmessige utfordringer med alle typer ammunisjon, men aller mest med ammunisjon med hardt kjernemateriale.

### 3.1.3 Vedlikeholdsbehov

Et kulefang av jord/sand bør minimum kontrolleres om våren og en gang til i løpet av sesongen, og vedlikehold utføres ved behov. På skytebaner der det skytes med blyfri ammunisjon bør det være hyppigere kontroller.

Behov for vedlikehold oppstår som regel som følge av disse forholdene:

- Kulefanget siger sammen som følge av at jorda pakker seg ved skyting. Dårlig komprimering av masser ved etablering av kulefanget, eller svak grunn der kulefanget er lagt opp, kan forsterke denne virkningen. Nye kulefang bør alltid ha en viss overhøyde for å ha noe å gå på i høyden. God fundamentering og komprimering av

masser under opparbeidelse av kulefanget er viktig for å unngå behov for omfattende vedlikehold senere

- Gropdannelser i det rikosjettfrie topplaget der kulene treffer
- Ved for liten overdekning over stein ved etablering av kulefanget kan stein «vandre» oppover i massene og dukke opp i den rikosjettfrie massen.

Konsekvenser av dårlig vedlikehold er primært økt rikosjettfare, men dårlig vedlikehold kan også medføre økt mulighet for utlekking av bly fra kulefanget.

Den vanligste formen for vedlikehold består i å fylle på rikosjettfrie masser på fremsiden av kulefanget, spesielt i gropene. Grus er ofte benyttet til vedlikehold fordi det er mulig å håndtere ved manuelt dugnadsarbeid og har større stabilitet enn sand. I en del tilfeller må det også legges på masser bak og på toppen av kulefanget for å opprettholde nødvendig høyde. Disse formene for vedlikehold er generelt enkelt og rimelig å utføre, men større vedlikeholdsarbeid krever tilgang til anleggsmaskiner.

I Norge har vi ingen tradisjon for å rense kulefang for tungmetaller, men dette gjøres i en del andre land. Mer om dette i neste punkt.

### 3.1.4 Miljømessige forhold

Manglende kulefang, og kulefang med for liten stigning, vil forårsake rikosjetter og dermed også spredning av kuler utover i terrenget. Dette medfører spredning av forurensning over et stort område (Bolstad, 2015). Ved bruk av gode kulefang av jord/sand vil kulene bli liggende konsentrert i et lite område. Et kulefang som fungerer etter hensikten med hensyn på sikkerhet vil dermed også være et viktig skritt for å ivareta miljøet.

Ved tilgang på fuktighet kan metall korrodere og lekke ut til omgivelsene. I hvilken grad dette skjer er avhengig av forhold knyttet både til etablering og drift av skytebanen.

#### 3.1.4.1 Etablering av kulefang av jord/sand

Miljødirektoratet (tidligere Statens forurensningstilsyn), DFS og NIVA har gjennomført kartlegginger av tungmetallavrenning fra skytebaner i Norge. Resultatene er samlet i to NIVA-rapporter (Rognerud & Rustadbakken, 2007) (Rognerud, 2009). Første rapport angir viktige forhold for å begrense tungmetallavrenning fra skytebaner. Nedenfor gjengis de tre viktigste punktene som er relevante i denne sammenheng:

##### 1. Målområdet bør ha masser som ikke fragmenterer kuler nevneverdig

Kulene bør ikke fragmenteres fordi fragmentering øker den eksponerte blyflaten, og øker korrosjonshastigheten. I henhold til sikkerhetsbestemmelsene skytes det mot et kulefang med figngraderte løsmasser som fanger opp kulene. Kulefanget er oppbygd og har en stigning mot skyteretningen på minimum 30 grader. Disse kravene sikrer at kulene trenger inn i kulefanget, og alt blyholdig materiale blir liggende godt inne i kulefanget. Jevnlig vedlikehold sikrer at kulefanget ikke eroderer.

## 2. Kulefang bør ikke ha jord med lav pH og/eller høyt innhold av organisk materiale

Sur jord (lav pH) og mye organisk materiale (TOC) medfører at korrosjonshastigheten og utlekking av tungmetaller øker. Myrjord er gjerne både sur og har høy grad av TOC i form av humus, og bør derfor ikke bli benyttet i kulefang.

## 3. Vanngjennomstrømning gjennom kulefang bør begrenses

Ved å begrense vanngjennomstrømning gjennom kulefang reduseres korrosjonshastigheten og muligheten for utlekking reduseres betydelig. Et riktig oppbygget og vedlikeholdt kulefang vil kun ha vanninntrenging fra nedbøren. Det meste av nedbøren renner av fra kulefanget eller fordamper, slik at forholdsvis lite av dette vannet når inn til kulene. Dermed er det lite vann tilgjengelig for utvasking av korrodert bly. Korrodert bly bindes raskt i jordsmonnet i kulefanget.

Konklusjonen fra de to rapportene er at med et korrekt oppbygget kulefang av jord/sand, som ikke inneholder myrjord, vil skytebanene ikke representere noe forurensningsproblem av betydning. Den mengden bly som lekker ut blir raskt fortynnet.

### **3.1.4.2 Rensing av kulefang**

Utsortering av kuler fra kulefang blir gjerne fremhevet som et aktuelt tiltak for å begrense forurensning til omgivelsene. Slik utsortering vil redusere den totale mengden metaller i jorden i kulefanget betraktelig. USEPA ga i 2005 ut en veiledning om håndtering av bly på utendørs skytebaner (Best management practices for lead at outdoor shooting ranges, 2005). I denne veiledningen anbefales jevnlig utsortering av kuler fra jordkulefang. Ved slik utsortering vil en få ut de store kulefragmentene, mens små fragmenter og blystøv kan bli igjen i jorden. På grunn av stor overflate vil små fragmenter og støv korrodere langt raskere enn hele kuler. Det er derfor tvilsomt om slik utsortering som USEPA anbefaler gir noen vesentlig reduksjon av utlekking av bly. Overføringsverdien til norske forhold er også usikker. Vår henvendelse til USEPA med forespørsel om det foreligger erfaringsdata som påviser at rensing har en miljøeffekt, er ikke besvart.

Svenska Skyttesportförbundet har gjennom åtte år foretatt årlige målinger av tungmetaller i grunnvannsbrønn med tilsig av vann fra et jord-kulefang på en skytebane i Kronobergshed nordvest for Växjö. Med unntak av to år har målingene vist resultater for bly, kobber og sink som er innenfor drikkevannsforskriftens krav. De to årene det ble målt overskridelser var det nettopp foretatt gravearbeider i kulefanget. I Norge har Forsvarsbygg også registrert at utlekking av tungmetaller kan øke markant i forbindelse med graving i jord forurenset med riflekuler (Bolstad, 2015).

På grunn av den økte faren for utlekking av bly fra kulefang når jord blir omrørt, er det usikkert om jevnlig rensing av kulefang har noen positiv påvirkning på forurensning til omgivelsene. Det er grunn til å tro at økt utlekking i en periode etter rensingen kan medføre mer utlekking totalt enn om kulefanget blir liggende og vedlikehold skjer ved påfylling av masse ved behov. Skal en kunne trekke klare konklusjoner må det gjennomføres omfattende tester med kontrollerbare parametere som er relevant for norske forhold. Før det foreligger klare bevis på at rensing av kulefang gir en vesentlig miljøgevinst er det neppe riktig å anbefale å igangsette omfattende rensing av jord i kulefang på skytebaner i aktiv bruk.



### 3.1.4.3 Mulige miljømessige forbedringspunkter

For å hindre korrosjon og utlekking kan man begrense vanninntrengningen i kulefanget. Mulige tiltak er:

- Tak som hindrer regnvann i å nå kulefanget. Dette kan også medføre tørrere masse og mulig støvdannelse som ikke er ønskelig. Tak bør derfor utformes slik at noe slagregn når inn i kulefanget.
- Duk som legges over kulefanget kan hindre regnvann i å komme inn i kulefanget. Kulene perforerer duken der de slår inn. Ved gropdannelse bak duken kan duken synke noe ned der perforeringen er, og det er dermed mulighet for at vann kan renne inn i kulefanget akkurat i kuleinnslaget hvis ikke vedlikeholdet er godt.
- Grøfting og drenering av sigevann mot kulefanget er utvilsomt fornuftig på steder der kulefanget ligger inntil bakgrunnshøyden.

Forsvarsbygg har på bane 13B på Sessvollmoen et kulefang bygget med en treramme med sand oppi, dekket med 6 mm tykk duk. Duken får mye hull ved skyting om vinteren, trolig fordi den da blir stivere. Første duk som ble testet løste seg opp av sola selv om den skulle vært UV-bestendig. Så lenge duken er i god stand vil den hindre vanngjennomstrømning gjennom kulefanget. Det vannet som eventuelt strømmer gjennom kulefanget blir fanget av et dreneringsrør og blir ført til en kum for prøvetaking og mulighet for rensing. Duken som er benyttet er relativt tung, og det er ikke lett å løfte av duken for å kontrollere tilstanden til kulefanget under duken.



Figur 9 Bane 13B på Sessvollmoen som er sandkulefang med duk over.

### 3.1.5 Kostnader

Etablering av jord-/sandkulefang er mange steder svært enkelt og rimelig. I sin enkleste form er et slikt kulefang en voll av blandede masser, der den ytterste halvmeteren mot skivene består av steinfri jord og sand. Dersom en har fri tilgang på slike masser, er det kun kostnader knyttet til maskinarbeid. Etablering av et typisk kulefang for en liten bane kan gjøres med gravemaskin på et par dager, noe som kan innebære en kostnad på så lite som rundt kr. 50 000,- inkl. mva. Må en kjøpe steinfri jord, så kan kostnaden øke betydelig fordi det behøves mye masser og fordi transportkostnader også kan utgjøre betydelige beløp. Jord kan eventuelt såldes på stedet for å unngå transportkostnader, men også dette krever en del maskintimer. Myrjord er i mange tilfeller brukt fordi den kan være lett tilgjengelig, men slik bruk er altså ikke å anbefale av miljøhensyn.

På skytebaner med sterkt skrånende terreng på tvers av banen kan det å etablere et jord-/sandkulefang medføre behov for svært store mengder masser. En jordvoll ligger ikke stabilt om skråningen har større helling enn 30-35°, og vollfoten kan ved sterkt skrånende terreng havne langt unna toppen av kulefanget. Slike forhold kan være sterkt kostnadsdrivende.

Dersom det er behov for å gjøre spesielle tiltak for å hindre vanngjennomstrømming i kulefang, kan også dette medføre at kostnadene stiger betydelig. Dette kan være tiltak som etablering av membraner mot bakgrunnen, dreneringsgrøfter og rør, duk på toppen av kulefanget og liknende.

Vanlig vedlikehold av jord-/sandkulefang kan typisk bestå av at ett lass med grus leveres på banen og at dette legges på kulefanget som dugnadsarbeid. Slikt vedlikehold kan koste mindre enn kr. 10 000,- inkl. mva. pr. år.

## 3.2 Granulat-/kunststoffkulefang

### 3.2.1 Konsept

Granulat-/kunststoffkulefang finnes i mange former, men har som fellestrekk at energien i kulene bremses av en form for gummigranulat eller et kunststoff. Gummigranulat brukes gjerne som betegnelse på granulat laget av bildekk, selv om innholdet av naturgummi kan være beskjedent. Nedenfor presenteres noen ulike varianter av slike kulefang.

#### Skrå granulatkudefang med duk over

Forsvaret har på Sessvollmoen et testkulefang med gummigranulat dekket med duk. Granulatet er relativt finkornet og likner det som benyttes på kunstgressbaner. Duken er 2 mm tykk og det synes i liten grad at den blir perforert av skuddene. Granulatet siger noe ved bruk og må etter en tids bruk løftes opp på plass. Kulene blir i liten grad knust når kulefanget vedlikeholdes hyppig, men ved lite vedlikehold klumper kulene seg sammen og kan medføre rikosjetter. Særlig er dette en utfordring med blyfri ammunisjon som Forsvaret benytter, fordi disse kulene ikke er så mye tyngre enn granulatet og dermed i mindre grad synker nedover i granulatet.

Testkulefanget har et dreneringsrør under kulefanget, som fører til en kum hvor det er mulig å foreta avrenningsmålinger.



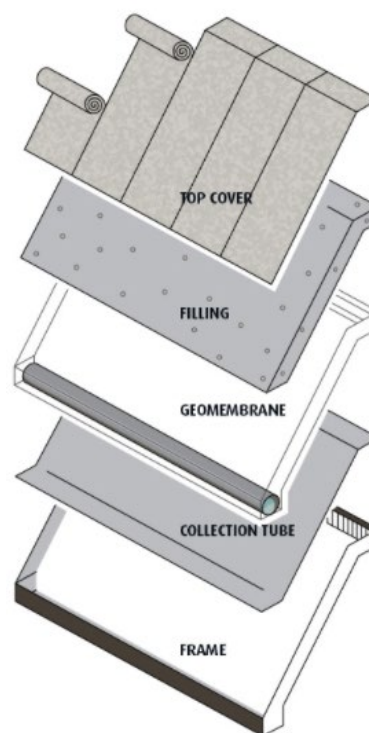
Figur 10 Granulatkudefang på bane 13A på Sessvollmoen

Stapp-kulefanget er et patentert system som består av en ramme, oppsamlingsrør, geomembran, granulatfyll og toppduk. Produsenten opplyser at gummimembranene trenger reparasjon etter om lag 3-4 år ved normal bruk og at kulefanget kan tåle opp til 30 000 skudd pr. skive før det må vedlikeholdes. Kulefanget skal tåle både sterk varme og mange minusgrader.





Figur 11 Bilder fra produsentens hjemmeside.  
<https://www.stapp.se/products/outdoor-bullet-traps/>



I Tyskland er det bygget kulefang med Plastmateriale RUTEC R5000 som energidempende materiale. Her er det lagt duk over, og i tillegg er det tak over som begrenser inntrengning av regn. Dette plastmaterialet skal ikke danne støv, og skal være lett å separere fra kulene fordi materialet har lav egenvekt og kulene derfor synker til bunnen av kulefanget.



Figur 12 Plastgranulat-kulefang med duk over. Hentet fra <https://www.obsima.no/produkter/skyte-og-ovingsanlegg/rikosjettsikring/sgp-rutec-r5000-granulat>

Ringerike skytesenter ved Buttentjern har et kulefang med gummigranulat med duk over, som også har tak av betong over. Kulefanget ble i sin tid bygget og bekostet av Forsvaret. Det er skutt i årevis på dette kulefanget og vedlikeholdsbehovet har vært svært begrenset.

Gummiduken er lappet på flere ganger, men det er ikke klart om kulefanget noen gang har vært tømt for kuler. Med tykt nok lag av gummigranulat kan man samle kuler i mange år med et slikt kulefang. Takoverbygget gjør at avrenning er eliminert. Kulefanget viser tegn til at granulatet siger noe nedover, men dette er etter mange års bruk.

Kuler som bommer på skivene, vil med dette kulefanget bli knust og restene vil sprute utenfor kulefanget. Med forbedrede løsninger kan også dette elimineres.



Figur 13 Skrått granulatkulefang med duk og tak over, på Ringerike Skytesenter

### Kulefang av dekk-klipp

Dekk-klipp består av gamle bildekk som er klippet opp. Det finnes flere fraksjoner. Til kulefang er relativt grovklippede dekk antatt å være best egnet fordi dette dekk-klippet blir liggende stødig selv ved stor bruk. Dekk-klipp kan legges med betydelig større stigning enn jord/sand og vanlig gummigranulat. Det er gunstig med tanke på å unngå rikosjettfare.

Bildene nedenfor viser riflebane med kulefang av dekk-klipp på Politiets nasjonale beredskapssenter. Her er det lagt inn drenering av kulefanget som leder vann til et filtersystem som skal fange opp en stor prosentandel av metallene som korroderer fra kulene.

Dekk-klipp har lang levetid i kulefang, men avhengig av bruksfrekvensen kan det etter noen år være behov for utskiftning eller påfylling av dekk-klipp. Det danner seg etter hvert en del finpartikler/mikroplast som det ikke er ønskelig at renner av og spres i naturen.

Bruk av sporlys har ført til brann i kulefang av dekk-klipp med tak over. Undersøkelser tyder på at det er tekstilene i dekkene som tar fyr og at tekstilene og finstøvet sammen gir så stor varmeutvikling at hele kulefanget tar fyr. Brann i et slikt kulefang er nesten umulig å slukke,



og løsningen blir å la det brenne ut og hindre spredning. I et kulefang av dekk-klipp uten takoverbygg vaskes finstøvet ut, og brannfaren anses å være nærmest fraværende også ved bruk av sporlysammunisjon (Østeraas, 2014).



Figur 14 Skivevoll og kulefang av dekk-klipp sett fra standplass



Figur 15 Skivevoll og kulefang av dekk-klipp sett fra siden



### Gummigranulat i kasse med vertikal front

Kulefangere bestående av en kasse fylt med gummigranulat er brukt en del på innendørs skytebaner, men kan også brukes utendørs så lenge man har en løsning som hindrer at vann kan trenge inn i kassen. Varianter av slike kulefangere er mye brukt på baner for skyting med kaliber .22. Løsningen er også brukt noen steder med grovkalibret rifle. Den største utfordringen er kanskje at fronten må være relativt stiv for å unngå at trykket fra granulatet får fronten til å bule ut. Det er derfor blitt brukt plater av 50-80 mm High density polytehylene (HDPE) som front på kulefangere for grovkaliber-skyting. HDPE-plater er tilnærmet selvlukkende, men etter lengre bruk vil perforeringen også få disse til å bule. Det er usikkert om det er mulig å finne et frontplatemateriale som egner seg for alle typer våpen som er aktuelle å bruke på DFS-baner.

Vedlikeholdet av granulatkulefang som dette består i utskifting av fronten, tømning av kassen for kuler og tilbakefylling / påfylling av gummigranulat.



Figur 16 Stålkasse med gummigranulat og frontplate av HDPE. Brünig Indoor i Sveits

## Hengende lameller

Kulefangere med mange lag med hengende lameller etter hverandre er prøvd ut noen steder. Lamellene kan for eksempel bestå av kasserte transportbånd som kappes til passende størrelse. Antall lameller må tilpasses lamelltypen og den våpentypen med høyest anslagsenergi som er i bruk på banen. Kulefangeren fungerer slik at kulens energi svekkes for hver lamell den går gjennom, og til slutt faller kula ned i bunnen av kulefangeren. Den største utfordringen med lamellkulefang er at de slites raskt, særlig på baner der man får mange gjentatte treff på samme sted. I tillegg medfører slitasjen mye avfall fra lamellene som blander seg med kulene. Bildet nedenfor stammer fra en innendørs pistolbane i Brünig Indoor i Sveits. Som det fremgår er slitasjen stor rett bak senter av blinken, og uten svært regelmessig kontroll risikerer en at man skyter rett inn i bakplaten på kulefangeren som en følge av den store slitasjen. Om ikke stålet i kassen er tilstrekkelig hardt risikerer man etter hvert å skyte tvers gjennom kulefangeren.



Figur 17 Stålkasse med hengende lameller av transportbånd. Brünig Indoor i Sveits

## Sylinderkulefanger

SGP Sylinderkulefanger RUTEC R9000 er en granulat-kulefanger som består av hengende sylindre i to rekker med en stålplate bak. Sylindrene har et ytre rør fylt med PUR-granulat. Disse kan roteres og byttes om slik at man får utnyttet alle sider av sylindrene før de må repareres eller til slutt byttes ut. En kulefanger som dette er kompakt og bygger kun 650 mm i dybden. Dette er først og fremst en fordel innendørs hvor man har begrenset plass. En fordel med denne løsningen er at kulefangeren fungerer godt fra kaliber .22 og opp til kraftige riflekalibere.



Figur 18 Sylinderkulefanger, hentet fra <https://www.obsima.no/produkter/skyte-og-ovingsanlegg/kulefangere/sgp-r9000-sylinderkulefanger>

### **3.2.2 Sikkerhet**

Generelt er sikkerheten ved bruk av granulat-/kunststoffkulefang god så lenge disse er godt vedlikeholdt. Jo grovere kaliber som planlegges brukt, jo tykkere lag med energidempende materiale må brukes.

Kulefangene av granulat/kunststoff som er vist her har alle en form for tildekking som begrenser vanninntrengning, og dermed reduserer faren for rikosjetter som følge av frost betydelig. Unntaket er kulefang av dekk-klipp, som ikke behøver noen duk, men som allikevel har en så åpen struktur at rikosjetter på grunn av frost er svært lite sannsynlig.

Faren for at klumper av kuler hopper seg opp i kulefangene, og dermed innebærer en rikosjettfare, varierer mye mellom de ulike typene. Granulatets egenskaper vil ha mye å si i den sammenhengen. Sannsynligheten for rikosjetter som skyldes sammenklumping av kuler

er størst i skrå granulatkudefang. Særlig er risikoen markant ved skyting med stålkjerneammunisjon fordi denne er lett og dermed ikke synker så lett ned i granulatet, men også fordi det lettere oppstår rikosjetter med større rikosjettvinkel med stålkjerneammunisjon. Produsenten av Stapp-kulefang hevder at rikosjettfaren er minimal med deres kulefang, noe som i så fall kan skyldes at deres granulat evner å la kulene synke nedover i granulatet. Denne effekten er påvist i kulefang med plastmaterialet Rutek R5000, noe som trolig skyldes at dette materialet er lettere enn vanlig gummigranulat.

Et granulatkudefang med tak og vegger av betong vil medføre at eventuelle rikosjetter fanges opp av overbygget. Med gunstige detaljer knyttet til omrammingen av fronten av kulefanget er rikosjettfaren tilnærmet eliminert.

Kulefangere av stålkasser fylt med granulat kan være gode sikkerhetsmessig, men fungerer ulikt med ulike typer våpen. En hard frontplate vil kunne fungere godt med skarpskytterammunisjon, men rene blykuler kan slite med å komme gjennom. Særlig gjelder dette kaliber .22. Dersom kulene blir sittende i plasten og hopper seg opp, kan dette medføre rikosjetter og sprut av nye kuler som knuses og ikke trenger gjennom frontplaten. Jegerammunisjon med blyspiss ekspanderer lett og kan ødelegge frontplaten. Mulighet for tilbakekast er også tilstede ved skyting med ammunisjon som har lav anslagsenergi.

Granulat/kunststoff er generelt brennbare materialer. Dette innebærer at det kan være en brannfare i slike kulefang. De aller fleste granulater vil danne finstøv ved bruk, og finstøv kan brenne voldsomt når det antennes. Prinsipielt kan brannfaren begrenses ved å hindre tilgang til oksygen eller sørge for at vanngjennomstrømning vasker ut mye av finstøvet. Stapp-kulefanget skal ifølge produsenten være så tett at oksygentilgangen blir for liten til at det brenner, selv ved bruk av sporlys. Mange andre typer kulefang vil brenne voldsomt dersom de først tar fyr, og sporlys bør derfor aldri tillates brukt mot kulefang med kunststoff som energidempende materiale. Et kulefang av dekk-klipp er svært porøst, og opphopning av finstøv kan representere en brannfare når kulefanget er svært tørt. Tilgang til regnvann vil vaske ut finstøv og hindrer at dekk-klippet tar fyr, antagelig også ved bruk av sporlysammunisjon. Kulefang av dekk-klipp bør derfor ikke ha takoverbygg.

### 3.2.3 Vedlikeholdsbehov

Behovet for vedlikehold varierer betydelig mellom de ulike typene kulefang basert på granulat/kunststoff.

Skrå kulefang med duk over er avhengige av at duken ikke perforeres for mye. Regnvann vil renne nedover på duken, og dersom det er hull i duken vil mye av regnvannet kunne renne inn i kulefanget. Da bortfaller en del av miljøeffekten ved disse kulefangene, og det kan bli helt nødvendig med drenering av vann til rensekum. Slike kulefang må derfor repareres før det blir for mye hull. Hvor store hullene blir i duken varierer fra duk til duk og må testes.

Reparasjon av duker er ofte avhengig av tørt vær for at limet som benyttes ved lappingen skal bli tett. Dette gjør at det er fordelaktig om lapping av duk er så enkelt at det kan utføres med lokale krefter. I praksis kan lapping av duker være utfordrende fordi det krever både kompetanse og tørt vær.

Skrå granulatkudefang med takoverbygg er mindre følsomt for hull i duken, og er også lettere å reparere fordi kulefanget alltid er tørt.

Et kulefang av dekk-klipp står godt, og det er kun nødvendig å fylle inn nytt dekk-klipp i gropene som dannes i treffsonene. Gropdannelsen tar tid, og vedlikeholdet er dermed lite.



Behov for vedlikehold melder seg etter at det er skutt 40-50 000 skudd på en skive (Forsvarsbygg, Veileder - Utforming av HMS- og Miljøriktige basisbaner, u.å.).

Granulat i kasser er mye brukt til skyting med rifle kaliber .22 innendørs, og fungerer godt i den sammenheng. Ved skyting med grovere kaliber behøves en kraftigere frontplate, og disse må skiftes etter noen tusen skudd. Samtidig vil det være aktuelt å separere gummi fra kuler og fylle granulat tilbake sammen med supplerende granulat. Gjøres dette ofte nok vil kulene være relativt hele, og kan håndteres greit. Venter en for lenge med vedlikeholdet og utsorteringen av kuler vil nye kuler treffe de gamle i kulefanget og da knuses disse. Det medfører støv og gjør tømmingen av kulefanget til en mer krevende jobb. Separering av kuler fra granulat kan være vanskelig, og medfører mulighet for at de som utfører arbeidet kan få i seg betydelige mengder bly. Det må derfor benyttes riktig type verneutstyr, og gjerne spesialtilpassede maskiner. Dette betyr i praksis at rensing av separering av kuler fra granulat er arbeid som bør utføres av profesjonelle aktører.

### 3.2.4 Miljømessige forhold

For at bly skal korrodere og lekke ut må det være vanngjennomstrømming i kulefanget.

Skrå granulatkulefang dekkes med duk, og i utgangspunktet renner derfor regnvannet av kulefanget uten å trenge inn i dette. Ved hvert treff vil imidlertid kulene lage et hull i duken. Størrelsen på hullene kan variere mye. Forsvaret har erfaring med at de lette blyfrie kulene lett kulbuterer (slår kollbøtte), og for eksempel vil litt snø på kulefanget være tilstrekkelig til at dette skjer. En kule som kulbuterer kan treffe kulefanget på tvers og lage store hull i duken. Dette er observert med tydelighet på test-kulefanget på Sessvollmoen. Vanlig skarpskytterammunisjon har spisse kuler med kobbermantel, som også har stor retningsstabilitet. Disse kulene lager normalt minst hull i dukene over kulefang. En ser at kuler fra mange jaktvåpen gir store hull i gummidukene på elektroniske skiver, og det er grunn til å tro at dette også vil gjelde duk over kulefang. Rifle kaliber .22 kan også lage større hull i duken enn skarpskytterammunisjon, fordi kaliber .22-kulene ikke er spisse. Det er stor forskjell på materialkvaliteter på duken i forhold til hvor store hull det blir etter kulene. Et kulefang utendørs er utsatt for betydelig ultrafiolett (UV) stråling, som kan gå hardt ut over en duk av gummi/kunststoff. En ideell duk må ha egenskapen at det blir små hull av kulene, og den må ha høy UV-bestandighet.

I kulefang med gummigranulat dannes det til en viss grad gropes der hovedmengden av kulene treffer. I tillegg kan det hope seg opp med kuler slik at kulene knuses når nye treffer på samme sted. Andre lette typer kunststoff kan medføre at kulene i større grad synker nedover i granulatet og faren for opphopning i treffsonene er mindre. Dersom vedlikeholdet forsømmes, kan en risikere at gropene medfører at regnvann renner mot gropene der det også er store hull i duken og store mengder knuste kuler rett innenfor. I en slik situasjon vil ikke duken hindre korrosjon og utlekking. Dette indikerer at godt vedlikehold av granulat-kulefang er svært viktig. Et tiltak som kompenserer for inntrenging av vann kan være å ha tett duk i bunnen av kulefanget og etablere drenering til sedimentasjonsbasseng eller kum med tungmetallfilter og mulighet for prøvetaking slik det er løst på Stapp-kulefanget og Forsvarets test-kulefang på Sessvollmoen. Også filtre krever vedlikehold, så her er gode rutiner av stor betydning.

Ved etablering av tak over kulefanget, som hindrer enhver vanninntrenging, elimineres risikoen for utlekking av metaller.



Av de beskrevne variantene av skrå kulefang er det bare kulefanget med dekk-klipp som ikke er dekket med duk. Forsvarets forskningsinstitutt har vurdert miljørisiko knyttet til kulefang av dekk-klipp, og finner at miljørisikoen ved avrenning av metaller, PAH og ftalater anses å være liten (Aanyeby & Johnsen, 2019). Hvor mye mikroplast som kan forventes å komme ut fra slike kulefang ble sett på som usikkert. Med tanke på dekkslitasje fra veitrafikken antas mengden tilsvarende type mikroplast fra slike kulefang å være forsvinnende liten til sammenlikning. I dekk-klippkulefang blir det relativt liten grad av gropdannelse. Kulene blir også i liten grad liggende samlet. Selv om en del av kulene blir sittende fast i dekk-klippet, så vil hoveddelen finne veien nedover i kulefanget. Sannsynligheten for at kulene knuser er derfor liten. At dekk-klippkulefang ikke har noen form for hinder i forhold til inntrengning av regnvann gjør at kulene ikke er beskyttet mot korrosjon. Allikevel vil det at kulene i liten grad blir knust bidra til at korrosjonen går sakte. Med hensiktsmessig utformet drenering og et sedimentasjonsbasseng kan både mikroplast og tungmetallavrenning fanges opp fra kulefanget. Ved Politiets nasjonale beredskapssenter er det etablert en slik løsning der det i henhold til et eget miljøoppfølgingsprogram skal tas jevnlig prøver. Dette kan på sikt gi nyttige data, men senteret har til nå vært i drift kun et drøyt år og det er derfor for tidlig å trekke noen klare konklusjoner derfra.

I granulat-/kunststoffkulefangere som fanger kulene inne i en mer eller mindre lukket beholder, er det i utgangspunktet liten fare for at metall korroderer og lekker ut. Forutsetningen er at kulefangerne er konstruert slik at vann ikke kan trenge inn i dem. Hensikten med slike kulefangere er at det skal være mulig å sortere ut kulene og sende dem til gjenvinning. I den sammenhengen er det vesentlig at det ikke spres tungmetaller under separeringsprosessen. Det mest hensiktsmessige kan ofte være om det er mulig å frakte kulefangerne til et innendørs lokale der det er mulig å separere kuler og granulat på en kontrollert måte uten fare for spredning av tungmetaller til omgivelsene. Alternativt kan separering gjøres av profesjonelle med spesialutstyr.

Lukkede beholdere må ha en eller annen form for duk eller plate i fronten for å hindre at granulat og kuler kommer ut igjen av beholderen. En myk duk har fordelen med at alle typer kuler enkelt trenger gjennom, men en duk vil ikke klare å holde tilbake presset fra granulatet i kassen. I en sylinderkulefanger blir trykket omgjort til strekk i duken, og så lenge denne ikke er for mye perforert vil den holde granulatet på plass. En kasse med gummigranulat må ha en stivere front. Det er ofte benyttet plater av HDPE til dette. Der det utelukkende skytes med kobbermantlet spiss rifleammunisjon vil dette fungere godt, men rene blykuler som fra rifle kaliber .22 vil kunne bli knust eller det rives av fint blystøv som kan gi forurensning til omgivelsene.

Generelt vil et godt utformet og godt vedlikeholdt granulat-/kunststoffkulefang være et miljømessig godt valg. Selv om det kan lekke ut mikroplast og kjemiske komponenter fra det rikosjettedpende materialet, er det grunn til å anta at slike kulefang er minst like gode miljømessig som kulefang av jord/sand. Utfordringen med granulat-/kunststoffkulefang ligger i at slike kulefang er mer avanserte og krever mer kompetanse i bruk og vedlikehold. Manglende vedlikehold, feil bruk og liknende kan i verste fall medføre økt utlekking.

### 3.2.5 Kostnader

På utendørs riflebaner for skytterlag i Norge antas det å være ulike varianter av skrå kulefang som er aktuelle. De aller fleste kulefang som baserer seg på granulat/kunststoff som energidempende materiale krever en grad av forarbeid i form av terrengopparbeidelse før

disse kan installeres. Litt forenklet kan man regne med at kostnaden med forarbeidene for granulat-/kunststoffkulefang utgjør om lag det samme som det vil koste å opparbeide et kulefang av jord/sand. Kostnaden knyttet til opparbeidelsen av skrått granulatkulefang kommer dermed i tillegg til hva det koster å opparbeide et kulefang av jord/sand.

Det profesjonelle Stapp-kulefanget kan være et utgangspunkt her. For en typisk norsk riflebane med 10 skiver på 100 m og 10 skiver på 200 m kan installasjonskostnaden ligge på totalt om lag 2 millioner kroner inkl. mva. Vedlikehold og tømning utføres av leverandøren og kan dreie seg om en kostnad på i snitt rundt kr. 100 000,- inkl. mva pr. år.

Kulefang med gummigranulat, bunnduk og toppduk, samt enkel drenering til kum kan bygges av skytterlag selv. Slike kulefang bygget på dugnad kan trolig etableres for 10+10 skiver til en kostnad på rundt kr 300 000 inkl. mva. Vedlikeholdet kan gjøres på dugnad, og kostnaden vil ligge i ny duk, supplerende granulat og eventuell kostnad for levering av utsorterte kuler til mottak. Den store utfordringen med en løsning som dette er å være sikker på at det bygges og vedlikeholdes på en måte som sikrer at det fungerer etter hensikten. Det kreves stor interesse og en ikke ubetydelig kompetanse å bygge og vedlikeholde et kulefang som dette, og det antas derfor at løsningen er for komplisert for de fleste skytterlag.

Granulatkulefang med takoverbygg kan være en god løsning. Med en tett konstruksjon tilsvarende den på Ringerike skytesenter, er det ikke noen fare for avrenning. Dersom kammeret med granulat lages stort nok, kan man skyte i mange år før det blir nødvendig å tømme kulefanget. Da er det enkelt løpende vedlikehold med ettersyn, påfyll av granulat og lapping av duk. Byggekostnaden for et kulefang som dette for 10+10 skiver kan antas å bli på i størrelsesorden 2,5 millioner kroner inkl. mva. Årlig vedlikehold kan dreie seg om i størrelsesorden kr 20 000,- inkl. mva. I tillegg kommer tømning og gjenoppfylling av kulefanget typisk hvert 15. år, som hver gang kan koste anslagsvis kr. 300 000,- inkl. mva.

Dekk-klipp er et svært rimelig materiale. Med egeninnsats kan selve kulefangmaterialet kjøpes og legges ut for rundt kr. 100 000,- inkl. mva for 10 + 10 skiver. Selv om materialet er rimelig, så kan transportkostnaden bli stor dersom skytebanen ligger langt unna der dekkene klippes. I tillegg kommer system for drenering, sedimentasjonsbasseng og eventuelle rensfiltre som fort kan komme opp i rundt en halv million kroner. Valg av løsning er svært stedsavhengig, og det kan være store variasjoner både i anbefalt løsning og kostnader. Her kan det i tillegg behøves bistand fra miljørådgiver med kompetanse på slike løsninger. Løpende vedlikehold handler om å fylle på med dekk-klipp når det danner seg groper. Etter anslagsvis 10 år kan det være aktuelt å fjerne alt dekk-klippet, sortere ut kuler og reetablere kulefanget. Kostnaden for dette kan være i størrelsesorden kr. 300 000 inkl. mva.

Kasse fylt med granulat eller lameller og sylinderkulefanger vil alle kreve en del ekstra bygningsmessige arbeider rundt kulefangerne for å fungere. Løsningene vil måtte variere, og det er vanskelig å angi kostnader med noen særlig grad av nøyaktighet. Avanserte løsninger kan antas å ligge på opp mot samme kostnad for etablering og vedlikehold som Stapp-kulefanget, mens enklere løsninger trolig kan etableres for ned mot halvparten av dette. I en del tilfeller må det påregnes økte drifts-/vedlikeholdskostnader dersom det velges løsninger som gir vesentlig redusert etableringskostnad.

### 3.3 Stålkulefang

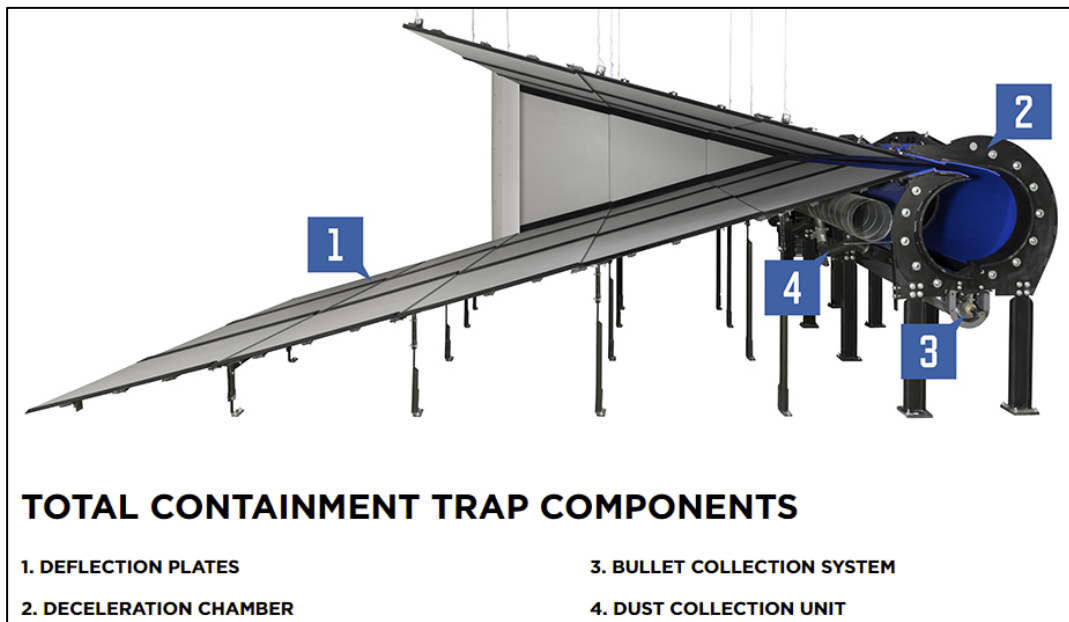
#### 3.3.1 Konsept

Stålkulefang fungerer ved at kulene treffer en stålplate og deretter fanges opp i et kammer. På den måten kan metallene i kulene leveres til gjenvinning. Det er en rekke ulike prinsipper i bruk. Kulens anslagsvinkel på stålplaten har mye å si for hvor mye kulen deformeres eller knuses. Blyet i kuler får større total overflate når kulen knuses enn om det beholdes intakt. Jo finere partikler, jo større total overflate og jo mer bly kan korrodere. Det vil derfor generelt være en fordel om kulene blir knust minst mulig. Utfordringene med knusing av kulene kan kompenseres ved at knusingen skjer inne i et lukket kammer som sørger for at knuste kulerester og blystøv ikke finner veien ut i naturen. I det videre presenteres noen aktuelle typer stålkulefang.

#### Sneglehuskulefang

Hensikten med sneglehuskulefang er å unngå å knuse kulene. Stålplatene har så liten vinkel i forhold til kulebanen at kulene endrer retning uten å knuse. Deretter ledes kulene inn i et deselerasjonskammer der de snurrer til de mister hastigheten og faller ned i en oppsamlingsrenne, gjerne med transportskrue i bunnen. Denne typen kulefang er mest vanlig innendørs, men er også brukt utendørs noen steder i land der det sjelden er frost. Det finnes mange ulike typer sneglehuskulefang. Mange av typene behøver en form for smøring med vann eller olje for å unngå at det blir for stor slitasje. Både smøringen og den store åpningen i front av kulefanget gjør det vanskelig å benytte slike løsninger i norsk klima. Det vil i så fall kreve et stort overbygg.

En variant av sneglehuskulefang av høy kvalitet leveres av Action Target. En tegning er gjengitt nedenfor.



Figur 19 Sneglehuskulefang fra Action Target. <https://actiontarget.com/products/tct/>

Sneglehuskulefang kan leveres med automatisk utmating av kulene og avtrekk med filter for å hindre blystøv i å komme ut av kulefanget. Et kulefang som dette vil dermed ha svært høy grad av oppsamling og minimal fare for utlekking av bly.

## Lamellkulefang

Et lamellkulefang fungerer ved at skråstilte stålplater ligger som lameller over hverandre. Som oftest er disse lamellene vinklet nedover slik at de knuste kulene faller ned i en renne eller en skuff under kulefanget. En fordel med kulefanget er at det bygger lite i dybden. Noen lamellkulefang er utstyrt med en transportskrue i bunnen, som mater ut kulerestene til en beholder på den ene siden. Beholderen kan løftes rett på bil og kjøres til gjenvinning. Lamellkulefang bygges også med skuff i bunnen av kulefanget. Skuffen må tømmes ofte. Årsaken er at blyet blir svært varmt når det knuser, og kan delvis smelte sammen til en hard klump i oppsamlingskuffen. Ved å vinkle lamellene oppover oppnår man at kulerestene rekker å kjøle seg ned før de havner i bunnen av kulefanget, og kulerestene blir dermed lettere å fjerne. Ulempen er at det kan bli betydelig mer spredning av støv fordi støvet sendes oppover. I tillegg vil rester av kulene havne foran lamellene igjen når de faller ned. Det kreves derfor et større oppsamlingskar og det stiller større krav til tetthet i fronten av kulefanget.

I front av kulefanget må det være en duk eller plater som man skyter gjennom. Jo mer solid dette materialet er, jo nærmere lamellene kan det være uten at kulefragmenter kan komme ut igjen. HDPE-plater fungerer godt som frontmateriale ved skyting med skarpskytterammunisjon med kobbermantel. Kulen går gjennom platen og hullet i platen lukker seg nesten helt igjen. Forsvarets blyfrie ammunisjon går også lett gjennom. Jegerammunisjon har ofte blyspiss og er laget for å deformeres ved treff. Slik ammunisjon kan derfor lage skader i HDPE-platene. Kaliber .22 kan ha problem med å trenge gjennom relativt tynne HDPE-plater. Tilsvarende problemstilling kan oppstå, ved bruk av Regupol-plater som frontmateriale. Regupol er plater laget av en spesiell type gummigranulat og brukes mye til rikosjettsikring. Gummiduk vil alle typer kuler trenge gjennom, men duk har liten motstand mot at kulerester kan komme ut igjen.

Lamellkulefang er typisk laget slik at lamellene spenner over bredde tilsvarende en eller to skiver. Oppleggspunktene for lamellene må alltid være utenfor skiven for å sikre at flest mulig skudd treffer på lamellene og ikke i rammen som bærer lamellene. Lamellene kan ligge løst i et spor og plasseringen kan roteres slik at man unngår at lamellen som ligger rett bak midten av blinken blir slitt ut for fort.

For å ivareta sikkerhetskravet til at kulefanget skal nå 1,5 meter over toppen av skivene, kan omrammingen av kulefanget mot skivene være gjennomskytingssikkert. Dette kan oppnås med betong eller stål som dekkes med rikosjettsikkert materiale. De få kulene som bommer på skivene, vil da bli fanget opp og ikke forårsake sprut eller rikosjetter.

Lamellkulefang er vanlig i bruk på innendørs skytebaner, men kan også være aktuelle for bruk utendørs. Eksempelet vist på bilder nedenfor befinner seg i Trondenes Leir. Her er det bygget et hus over skivene og kulefanget, noe som kan være nødvendig utendørs for å unngå problemer med vann, snø og is.



Figur 20 Lamellkulefang Trondenes leir, med en transportskrue i bunnen for utmating av kulerester. (Forsvarsbygg, Håndbok for skyte- og øvingsfelt 2020 - 2022, 2020)



Figur 21 Stål-lameller i kulefang. Både lamellene og bakplaten er av Hardox stålplater



### Kulefangerkassetter

Mens lamellkulefang har skråstilte plater i forhold til vertikalplanet, kan kulefang også bygges med vertikale stålplater skråstilt i horisontalplanet i forhold til kulebanens retning. Slike kulefang vil være naturlig å bygge som separate kulefangerkassetter for hver skive fordi de skråstilte platene må stå hver sin vei. Et eksempel på løsning er vist i figurene nedenfor. Disse er levert av Leu + Helfenstein AG i Sveits.



Figur 22 Kulefangerkassetter med innvendige stålplater. Leu + Helfenstein AG (Sveits)



Figur 23 Baksiden av kulefangerkassetter med innvendige stålplater. Leu + Helfenstein AG (Sveits)



Figur 24 Innsiden av kulefangerkassett med stålplater. Leu + Helfenstein AG (Sveits)

Kulefangerne fra Leu + Helfenstein AG har en svært enkel konstruksjon, hvor kulene treffer skråstilte Hardox-plater, knuser og faller ned i en skuff i bunnen. Fordi bly er svært tungt må skuffene tømmes ofte for å unngå at det blir uhåndterlig på grunn av vekt. Tømmingen av skuffene må skje på en måte som sikrer at man ikke søler ut blyrester. Særlig finstoffet kan lett havne på avveie, og det er også det som korroderer raskest.

Kulefangerkassettenes enkle konstruksjon gjør at vedlikehold kan utføres av skytterlagene selv. Vedlikeholdet består i hovedsak av å skifte frontplate når den blir slitt, og rotering eller utskifting av stålplatene når disse er slitt. Både håndtering av bly og vedlikehold er enkelt, men arbeidet kan være tungt.

Fordi frontplaten ligger tett på stålplatene må frontplaten være så solid at sprut av knuste kuler ikke kan komme ut igjen. I midtsonen, der de aller fleste skuddene treffer, har kulefangerne en tykk HDPE-plate. Her vil samme problemstilling gjelde som den som er beskrevet for fronten i lamellkulefang hvor jegerammunisjon kan være problematisk og kaliber .22 sannsynligvis ikke går gjennom. Denne løsningen egner seg derfor i hovedsak på baner der det kan skytes med mantlet skarpskytterammunisjon og forsvarrets blyfrie ammunisjon.

### Kulefang med vertikalstilt stålplate

Tradisjonelt er stål kulefang bygget med skråstilte stålplater. Med harde stål kvaliteter er det imidlertid også mulig å lage kulefang med stålplater som står vinkelrett på skyteretningen. I Norge kjenner vi til at det er bygget to utendørs kulefang der man skyter inn i en vertikalstilt stålplate. De ene er bygget på Indre Breim skyttarlags bane i Byrkjelo med bakgrunn i at det ikke var fysisk mulig å etablere tradisjonelt kulefang av jord/sand. Det andre kulefanget er bygget på Sessvollmoen og brukes av Forsvaret. Begge kulefangene er relativt nye og det gjøres stadig forbedringer på disse. Så langt tilsier erfaringene at kulefangene fungerer godt.

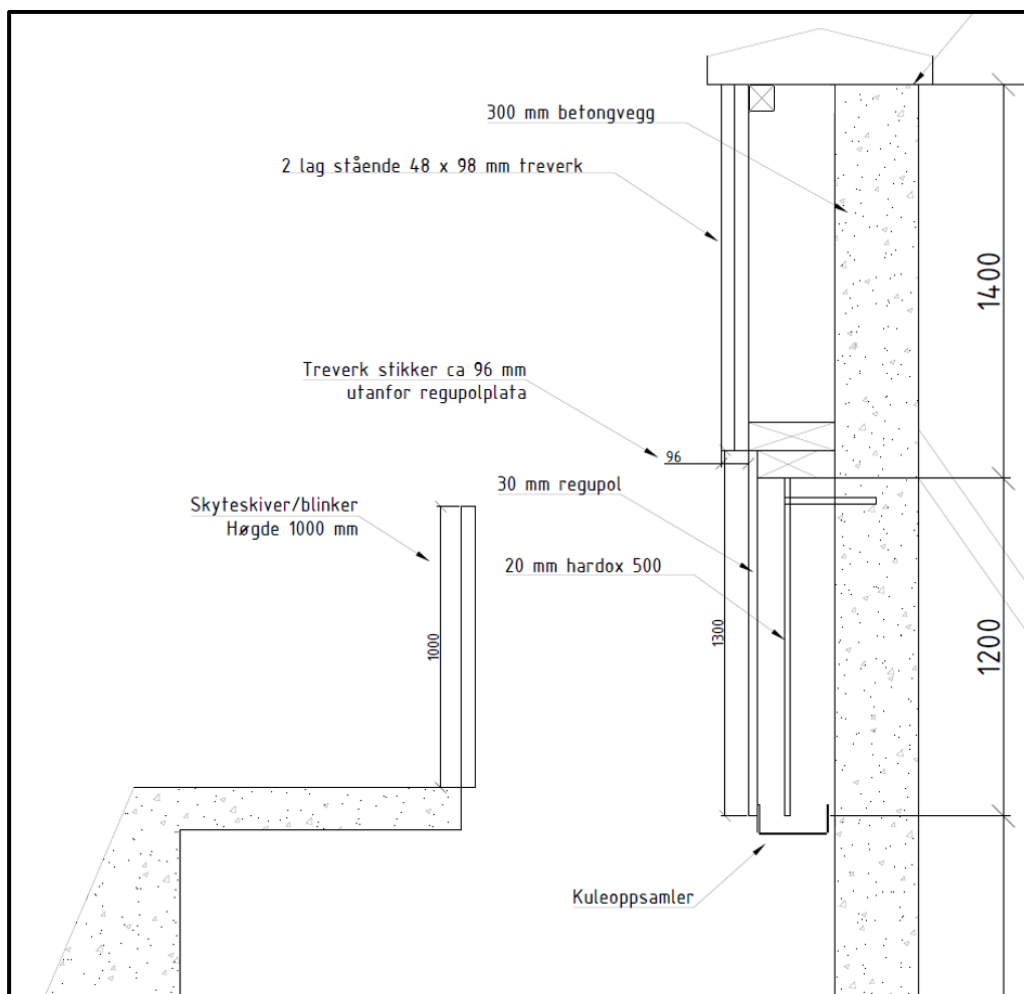
Kulefanget i Byrkjelo er laget ved at det er støpt en 300 mm tykk betongvegg like bak skivene. Betongveggen har tilstrekkelige dimensjoner til at det tilfredsstillende kravene til kulefang i sikkerhetsforskriften. Rett bak skivene, hvor tilnærmet alle skuddene treffer, er det hengt opp plater av 20 mm Hardox 500. Opphenget er laget slik at platene kan byttes om de blir for mye slitt eller begynner å bule, men etter en sesong viser de ingen tegn til slitasje og det ser dermed ut til at de vil ha lang levetid. Foran platene er det et hulrom og foran dette er det montert plater av Regupol. Når det skytes mot kulefanget knuses kulene i stålplaten og faller ned i en renne i bunnen av kulefanget. Denne rennen tømmes regelmessig for kulerester. Regupol-platene slites noe ved skyting, særlig når det skytes med jegerammunisjon. Platene kan demonteres og ved å bytte plass på platene fordeles slitasjen utover platene. På den måten kan det skytes vesentlig mer før platene må skiftes. Platene er solide nok til at sprut ikke kommer ut igjen av kulefanget, men kaliber .22 vil kunne bli sittende igjen i platene.

Det er kun rett bak skivene at det er stålplater. Resten av kulefanget består kun av betongvegg som er dekket av treverk slik at det ikke skal oppstå rikosjetter eller sprut om betongveggen blir truffet. Ved mange treff på samme sted på betongveggen vil det etter hvert oppstå en viss slitasje. På baner der det skytes svært mye bør derfor et kulefang som dette ha stålplater også et stykke utenfor skivene.



Figur 25 Kulefangvegg med innvendig vertikal stålplate og oppsamlingsrenne for kulerester (på bildet er skivene dekket av en grønn presenning)





Figur 26 Prinsippskisse av kulefang med vertikal stålplate. Indre Breim skyttarlag

På bane 10 på Sessvollmoen er det et stort kulefang med vertikal stålplate. Kulefanget er etablert med 4 meter høye L-elementer i betong med motfylling bak, som holder elementene på plass. Utenpå elementene er det hengt opp 25 mm tykke Hardox 500 plater, og utenpå disse er det lektet ut ca. 50 mm før det er skrudd på 40 mm tykke Regupol-plater.



Figur 27 Kulefang med vertikal stålplate på bane 10 på Sessvollmoen

På bane 10 skytes det med mange forskjellige våpen, men mest med rifle og karabin med stålkerneammunisjon kaliber 5.56. Kulefanget virker å fungere godt med alle typene ammunisjon som er i bruk. Kulene fra pistol kaliber 9 mm kommer ikke alltid helt gjennom Regupol-platene i fronten, men dyttes etter hvert gjennom av senere skudd.



Figur 28 Kulefanget på Bane 10 på Sessvollmoen, sett fra siden

Utlekking av Regupol-platene er gjort med stendere av komposittmateriale. Forsøk med trestendere viste at slitasjen ble alt for stor og tre-stenderne ble fliset opp av sprut fra knuste kuler. Komposittstenderne sitter montert i U-stål som er festet i hardox-platene. Skudd som treffer rett i komposittstenderne eller U-stålet deformerer disse, men de tåler sprut godt. Det er viktig at skivene plasseres slik at treffsonen er mellom stenderne, slik at færrest mulig skudd treffer rett på stenderne.





Figur 29 Bilde som viser innsiden av kulefanget på bane 10 på Sessvollmoen

Fordi det skytes med mange ulike våpen og på ulike skiveplasseringer er kulefanget på bane 10 på Sessvollmoen utformet slik at det er et stort område som kan skytes på. Hele området dekket av de røde Regupol-platene har bakenforliggende stålplate. Resten av kulefanget har impregnert tre-kledning som sprut- og rikosjettsikring utenfor betongelementene.

Regupol-platene utvider seg noe når sola skinner på dem. Med så stort treffområde som her innebærer det at platene kan bule ut hvis de står tett i tett. Samtidig er det ikke ønskelig med større sprekker enn høyst nødvendig for da kan sprut og blystøv fra kuler komme ut igjen.

Hardox-platene i kulefanget på Sessvollmoen har en god del groper. Forsvaret skyter med stålkerneammunisjon, og den sliter mer enn blyammunisjon. Allikevel ser en ved inspeksjon at det etter svært mye skyting fortsatt ikke er antydning til at slitasjen er problematisk eller selvforsterkende. Spesielt ved skyting med Forsvarets ammunisjon vil det være fordelaktig at man ikke treffer nøyaktig samme sted med svært mange skudd.

Selv om skytebanen er i daglig bruk forventes det at stålplatene vil holde i mange år. Regupol-platene viser etter over ett års daglig bruk ikke tegn til å måtte skiftes. Ved begynnende slitasje i treffsonene kan platene flyttes til ny plass, og på den måten kan alle platene utnyttes før de en gang må skiftes ut.

### Andre typer stålkulefang

Stålplate og sandfang: Spesielt på innendørs pistolbaner er det ofte brukt kulefang av stålplate som er skråstilt i forhold til vertikalplanet, med sandfang under. Tilsvarende løsning kan prinsipielt også benyttes på utendørs riflebaner, men løsningen er neppe kostnadsbesparende, samtidig som det er vesentlig større fare for sprut og tilbakekast av kuler enn ved de andre stålkulefangene som er beskrevet. I tillegg må kulene separeres fra sanden før de kan sendes til resirkulering.

Sneglehus-kulefang som ikke har desellerasjonskammer, men i stedet flere skråstilte stålplater som knuser kulene før de faller ned i en beholder er brukt tidligere. Ulempen er relativt høy kostnad og ingen vesentlige fordeler fremfor de rimeligere stålkulefangene.

### **3.3.2 Sikkerhet**

Stålkulefang er i all hovedsak utformet slik at de kulene som treffer kulefanget blir fanget opp. Noen uheldige konstruksjoner kan medføre tilbakekast av splinter. Dette gjelder særlig kulefang som kaster fragmentene oppover og kulefang som er relativt åpne i fronten. For godt utformede sneglehuskulefang, lamellkulefang, kulefangerkassetter og kulefang med vertikal stålplate er tilbakekast ikke et vesentlig problem. Den største muligheten for tilbakekast oppstår ved finkaliberskyting på harde frontplater.

Kulefangere som kun dekker området rett bak skiven har en ulempe med at kuler som sneier kulefanget kan rikosjettere. Det innebærer at det må etableres en ekstra omramming eller en jordvoll rett bak kulefangeren for å tilfredsstille sikkerhetsbestemmelsenes krav. Eksempelene på lamellkulefang og kulefang med vertikal stålplate får en omramming som er så stor at den dekker kravet til kulefangets størrelse. Her er faren for rikosjetter tilnærmet eliminert. Økes omrammingen ytterligere noe i størrelse og kombineres med såkalte kulefangerskjermer på sidene av skytebanen, kan en tilfredsstille kravet til kunstig bakgrunn og skytebanen kan brukes året rundt selv om banen mangler naturlig bakgrunn.

Riktig dimensjonerte stålkulefang er generelt svært sikre løsninger. Utfordringen består i å finne løsninger som ivaretar skyting med alle aktuelle kalibre uten at det oppstår fare for verken tilbakekast av finkaliberkuler eller sprut og tilbakekast av grovere kalibre og stålkjerneammunisjon. Her er det nødvendig med nærmere testing.

### **3.3.3 Vedlikeholdsbehov**

Generelt er et riktig dimensjonert stålkulefang svært slitesterk. Hvor mye stålplatene slites avhenger av ståltipe, tykkelse, vinkel, ammunisjonstype i bruk, med mer. Ved presisjonsskyting treffer mange skudd i et svært begrenset område. Dette kan medføre at slitasjen på kulefanget blir stor lokalt. Det er hensiktsmessig å utforme kulefangene på en slik måte at det er mulig å skifte ut kun den delen av stålet som er mest slitt. Alternativt kan rotasjon av stålplater i kulefanget også være hensiktsmessig.

Det er vanlig å bruke stålkvaliteter tilsvarende Hardox 450 eller hardere i stålkulefang. Mykere stål kan bli slitt ut svært raskt. Selv om Hardox er hardt stål, vil det over tid bli slitasje også på slikt stål. Slitasjen blir størst ved bruk av blyfri ammunisjon, noe mindre med vanlig skarpskytterammunisjon, enda mindre med jegerammunisjon med blyspiss og minst

ved bruk av kaliber .22. Bruk av panserbrytende ammunisjon må ikke forekomme på stålkulefang, da det kan gi betydelige skader som kan være kostbare å reparere.

Alle stålkulefang behøver en eller annen form for tildekking i fronten. De fleste behøver dette for å unngå sprut og tilbakekast, men det er også nødvendig for å hindre regn, løv og annet å komme inn i kulefanget. Alle materialer som er aktuelle for tildekking i fronten vil slites og må vedlikeholdes. Slitasjen varierer med ulik type ammunisjon, og også av den grunn bør fordelene og ulemper med ulike materialer i front av kulefang undersøkes nærmere.

Sneglehuskulefang er avanserte og har også flere bevegelige deler, samt smøremidler. For at dette skal fungere er kulefanget helt avhengig av svært nøye vedlikehold. Av den grunn antas det at slike kulefang ikke er spesielt godt egnet på skytebaner som driftes av frivillige organisasjoner uten spesialkompetanse.

Lamellkulefang fungerer svært godt på baner med relativt svake kalibere og stor spredning på skuddene. Det må påregnes at presisjonsskyting med rifle kan gi større slitasje på slike kulefang. Rotering av lamellene er derfor aktuelt vedlikehold på disse kulefangene. Arbeidet er ikke komplisert, men det er tungt fordi stålplatene er tunge. Ut over dette må tildekkingen i front av kulefanget vedlikeholdes regelmessig. Lamellkulefang med transportskrue i bunnen kan sende alle metallrestene fra kulene rett til beholder som kan lastes videre på bil. Med riktig utstyr er dette svært effektivt. Uten transportskrue blir det mer manuelt arbeid som kan være tungt.

Kulefangerkassetter er svært enkle konstruksjoner. Det gir også enkelt vedlikehold. Rotasjon av plater og vedlikehold av tildekkingen i fronten er aktuelt vedlikehold. Også her er arbeidet ukomplisert, men tungt på grunn av stålplatenes vekt. Tømming av kulerester må skje relativt ofte fordi det ellers kan bli tungt å håndtere. Dette er manuelt arbeid.

Vedlikeholdsbehovet på kulefangene med vertikal stålplate har foreløpig vist seg å være relativt lite. Det må påregnes at metallet i slitesonen bak blinkene må skiftes ut etter hvert. Kulefanget i Byrkjelo er derfor utformet slik at platene kan heises ned og erstattes av nye. Etter en sesong vises det fortsatt ikke tegn til gropdannelser i stålet, noe som kan tyde på at det kan bli mange års intervaller mellom utskifting av stålet. Tykkelsen på stålet kan ha betydning her, men hva som er optimal tykkelse bør undersøkes nærmere.

De to kulefangene med vertikal stålplate har en renne som samler opp kulerestene. Arbeidet blir det samme som for kulefangkassetten. På kulefang med vertikal stålplate ligger det godt til rette for montering av transportskrue for utmating av kulerester direkte til en beholder.

### 3.3.4 Miljømessige forhold

Den store fordelen med stålkulefang er at kulerestene ikke blandes med andre materialer i kulefanget. Det vil riktignok i noen grad dras med rester fra platene eller duken i front av kulefanget, men mengden er liten. Dette betyr at restene av kulene relativt enkelt kan sendes til resirkulering.

Kulefangene med omramming vil fange opp tilnærmet 100% av kulene. Ved knusing av kuler dannes det fragmenter i ulik størrelse. De minste fragmentene er fint støv. Dette støvet har svært stor overflate i forhold til mengde metall, og korroderer derfor raskt ved tilgang på fuktighet. Dersom vann kommer til, vil forurensningen kunne bli vasket ut til omgivelsene. Dette betyr at bare noen få vektprosent av kulene i form av finstøv på avveie kan være en

vesentlig større miljøbelastning enn hele kuler liggende i naturen. Sneglehuskulefang er således gunstige fordi kulene bevares tilnærmet intakt. I de andre stålkulefangene vi har sett på blir kulene knust, og det er viktig at disse kulefangene er tilstrekkelig tette til at støvet blir værende i kulefanget. En tettest mulig frontplate har derfor stor betydning. Som ekstra tiltak kan også en vifte med filter som setter undertrykk på kulefanget være en løsning som bør vurderes nærmere.

Tømming av kulerester fra metallkulefang innebærer alltid en viss risiko for søl og spredning av tungmetaller. Risikoen er liten i kulefang med transportskrue som fører kulerestene rett til en beholder som kan påføres lokk og heises rett på bil og kjøres til gjenvinning. Størst risiko for søl og spredning av tungmetaller vil det være med kulefang som må tømmes manuelt utendørs. Her er det viktig med etablering av svært gode rutiner. Det er også viktig at det benyttes hensiktsmessig verneutstyr for de som gjennomfører tømmingen.

Støy fra stålkulefang vil i enkelte tilfeller kunne være en problemstilling som hører inn under miljø. Støy oppstår når kuler treffer metallplatene, noe som er velkjent ved skyting på selvanvisere. Generelt vil støy fra stålkulefang være vesentlig lavere enn skytestøyen i seg selv, og problemstillingen har derfor trolig noe begrenset relevans. Sannsynligvis vil refleksjonsstøy fra kulefang, tilbake til området bak en godt støydempet standplass, være den mest aktuelle problemstillingen mange steder. Særlig for kulefang med stor vertikal omramming kan slik refleksjonsstøy være problematisk.

### 3.3.5 Kostnader

Generelt er kulefang av stål relativt kostbare. Dette skyldes både at høykvalitets-stål er kostbart og at tilvirkingen av kulefangene bare delvis kan gjøres som dugnadsarbeid. Kostnadene ved etablering av stålkulefang kan variere mye og anslåtte kostnader nedenfor må kun anses å være grove estimater

Sneglehuskulefang for 10 + 10 skiver med nødvendig tilhørende konstruksjoner for bruk utendørs i norsk klima, estimeres til om lag 7 millioner kroner inkl. mva. Vedlikeholdet må utføres av kompetent personell, men allikevel antas vedlikeholdskostnaden å være moderat tatt i betraktning at man får betalt for metallet som leveres til resirkulering.

Lamellkulefang for 10 + 10 skiver med transportskrue og nødvendig tilhørende konstruksjoner estimeres til en kostnad på 4-5 millioner kroner inkl. mva. Vedlikeholdet kan langt på vei utføres uten behov for spesialkompetanse. Kostnaden blir dermed først og fremst knyttet til tildekkingsmaterialet og på sikt utskifting av slitte stålplater. Det forventes ikke at vedlikeholdet vil koste vesentlig mer enn det man får betalt ved innlevering av kulerester til resirkulering.

Kulefangerkassetter med innvendige stålplater vil for en bane med 10+10 skiver kunne koste om lag 1 million kroner inkl. mva. I tillegg vil det komme kostnader knyttet til omramming og rikosjettsikring eller betongvegger hvis kulefangerkassetten skal stå helt inn i en jordvoll for å tilfredsstille sikkerhetskravene. Det kan forventes en total kostnad på 1,2-1,8 millioner kroner inkl. mva.

Kulefang med vertikal stålplate for 10+10 skiver har en kostnad på om lag 2 millioner kroner inkl. mva. Dersom det benyttes brukte L-elementer av betong, slik Forsvarsbygg har gjort, kan det være mye penger å spare. Løsningen er også såpass enkel at en del arbeid kan utføres

som dugnadsarbeid som kan redusere kostnaden vesentlig. Vedlikeholdskostnadene er relativt små og kan i hovedsak gjøres på dugnad.

Både for lamellkulefang og kulefang med vertikal stålplate kan en transportskrue i bunnen av kulefanget lette arbeidet med håndtering av restene av kulene betydelig. Transportskruen kan bety ekstra kostnader på et par hundre tusen kroner for to kulefang.

## 4 Sammenstilling og vurdering av kulefangløsninger

### 4.1 Generelt

Informasjonsinnhenting har vist at det finnes svært mange løsninger for kulefang, både kommersielt tilgjengelige løsninger og selvbygger-varianter. I denne rapporten har det ikke blitt plass til alle tenkelige varianter. For eksempel er kulefang av sjokkabsorberende betong (SACON), kulefang av tykke gummigranulat-blokker, kulefang av hengende kjettinger og kulefang av tre-kubber med endeveden mot skytteren utelatt. Dette er alle kulefang som kan fungere sikkerhetsmessig, men som anses lite hensiktsmessige med tanke på pris, miljø, vedlikehold eller liknende.

Vurdering av hvilket kulefang som best løser behovet vil variere mye fra tilfelle til tilfelle. Momenter som spiller en rolle i den sammenhengen er for eksempel antall skudd årlig, type skyteaktivitet, våpentyper, ammunisjonstyper, stedsbetinget sårbarhet for forurensning, sikkerhetsmessige forhold, typer brukergrupper, driftsform, klimatiske forhold, grunnforhold og ikke minst økonomi. Kanskje nettopp på grunn av alle disse parameterne som kan gi helt forskjellige konklusjoner i ulike situasjoner, er det nokså begrenset hva som finnes av litteratur om ulike typer kulefang. Det mest relevante av litteratur finner vi i rapporter fra Forsvarsbygg og FFI. Produsenter ønsker naturlig nok å selge egne løsninger, og skytterforeninger har begrenset med ressurser til å sammenlikne og dokumentere. En betydelig utfordring er at ulike skyteaktiviteter vil kreve ulike løsninger, og at det er vanskelig å avgrense arbeidet på en hensiktsmessig måte. Balansen mellom å gå dypt nok inn i noen problemstillinger opp mot å favne bredt nok, er utfordrende.

Hensikten med kunnskapsinnhenting om kulefang er å få en oversikt over mulige løsninger. Dette som grunnlag for å kunne gjøre en vurdering av mulig gunstige kulefang-løsninger der miljøperspektivet står i sentrum av vurderingene. Dette prosjektet gjennomføres i regi av DFS og vurderingene som gjøres tar utgangspunkt i noen av organisasjonenes og skytterlagenes særtrekk. Her må spesielt nevnes følgende:

- Aktiviteten er basert på frivillig arbeid
- Skytterlagene har ofte medlemmer med kompetanse knyttet til bygg og anlegg
- Stort fokus på sikkerhet i organisasjonen
- Begrensede inntekter gir begrenset mulighet til store investeringer eller store vedlikeholdskostnader

Vurdering av ulike typer kulefang opp mot hverandre tar utgangspunkt i vurderingspunktene; sikkerhet, vedlikeholdsbehov, miljømessige forhold og kostnader. Selv om miljø er det sentrale i dette prosjektet, så må vurderingene gjøres med bakgrunn i organisasjonens og skytterlagenes særtrekk. For eksempel vil det være lite meningsfylt å satse på løsninger som er miljømessig gode dersom det ikke finnes penger til investering eller drift. Det betyr at de mest kostbare løsningene forkastes selv om de skulle være svært gunstige med tanke på miljøet. Kompliserte løsninger som krever profesjonelle aktører for å gjennomføre vedlikehold vil av samme grunn være lite aktuelle for bruk av skytterlag tilknyttet DFS.

I denne rapporten er kulefangene systematisert etter hvilket energidempende materiale som er benyttet. Særlig når det kommer til granulat-/kunststoffkulefang og stålkulefang ser vi at det er enkelte varianter som av ulike grunner ikke egner seg godt til DFS-baner. For å innsnevre utvalget av kulefang som skal vurderes opp mot hverandre, starter vi derfor med ekskludering av noen varianter. De gjenværende løsningene blir deretter vurdert og sammenliknet med tanke på sikkerhet, vedlikehold, miljø og kostnader. På bakgrunn av disse vurderingene vil vi



peke på et utvalg av løsninger som anses mest aktuelle å i bruk på DFS-baner. Til sist vil vi se på mulighetene for forbedring av eksisterende kulefang og utvikling/tilpasning av nye typer kulefang for DFS-baner.

## **4.2 Ekskludering av kulefangvarianter**

Noen kulefangløsninger har særtrekk som gjør dem lite aktuelle i bruk på utendørs riflebaner tilknyttet DFS. I det videre vil vi derfor ekskludere disse fra videre behandling med en begrunnelse for hver av dem. Ekskluderingen kan skje på bakgrunn av alle de fire vurderingskriteriene; sikkerhet, vedlikehold, miljø og kostnader.

### Jord-/sandkulefang

Jord-/sandkulefang benyttes i dag på nesten alle baner tilknyttet DFS. Det er kun unntaksvis at andre typer kulefang er i bruk. I kapittel 3.1 er det vist eksempler på slike kulefang. I de fleste tilfeller fungerer slike kulefang godt med hensyn på sikkerhet så lenge de vedlikeholdes godt. Det er imidlertid identifisert noen forhold som bør unngås:

- Bark og flis i kulefanget er ikke spesielt godt egnet, både fordi bark og flis er utsatt for råte, og fordi de potensielt kan være mer brannfarlige når det er spesielt tørre somre.
- Bildekk som jordarmering kan i visse situasjoner være rikojettfarlige og bør generelt unngås.
- Myrjord i kulefang er uheldig fordi slik jord ofte er sur og inneholder mye humus, og derfor kan bidra til at bly lekker ut i betydelig større grad enn fra kulefang med pH-nøytral jord med liten grad av humus.
- Oppbygging av kasser for å holde på jord i kulefang, på steder med utfordrende terreng eller vanskelige grunnforhold, er ikke ideelt. Løsningen begrenser hvor mye jord/sand man kan ha i kulefanget og slitasje gjør at man raskt vil komme i brudd med sikkerhetsbestemmelsene.

### Granulat-/kunststoffkulefang

Av granulat-/kunststoffkulefangene er det noen som anses å være mindre aktuelle for skytterlag tilknyttet DFS:

- Stapp-kulefanget holder høy kvalitet og må anses å være miljømessig gunstig. Den store ulempen med dette kulefanget er kostnadene som anses å ligge utenfor det skytterlag har mulighet til å håndtere. Stapp-kulefanget anses å være mer aktuelt å bruke på anlegg for militære brukere eller på anlegg for kommersielle aktører som har økonomi til å håndtere den relativt høye kostnaden knyttet til etablering og vedlikehold.

- Kulefang basert på hengende lameller av kunststoff, transportbånd og liknende ekskluderes på grunn av behov for omfattende vedlikehold. Ved rifleskyting blir det mye treff på et konsentrert område, noe som er spesielt uheldig for denne typen kulefang.
- Sylinderkulefang kan være godt egnet på innendørs skytebaner. I og for seg kan en slik løsning også fungere utendørs, men det behøves en form for takoverbygg og bakvegg, og da kan rimeligere løsninger være mer aktuelle.

### Stålkulefang

Av stålkulefang er det spesielt én type som anses uaktuell på baner tilhørende skytterlag tilknyttet DFS:

- Sneglehuskulefang er godt egnet innendørs på baner med stor skyteaktivitet, særlig på kommersielle anlegg. Kostnaden blir imidlertid alt for høy for skytterlag, og i tillegg er løsningen lite egnet utendørs i norsk klima.

## **4.3 Vurdering av løsninger**

I påfølgende vurdering ser vi på sikkerhet, vedlikehold, miljø og kostnader for de løsningene som er beskrevet tidligere og som ikke er ekskludert ovenfor.

### **4.3.1 Sikkerhet**

I sikkerhetsbestemmelsene fra 1988 beskrives det kulefang opparbeidet av naturlige masser som jord, torv, sand og bark. Dette er imidlertid kun eksempler på materialbruk, og andre typer oppbygning av kulefang må også kunne aksepteres så lenge hensynet bak kravene er tilfredsstillt. Krav til kulefang handler om følgende:

- Dimensjoner i høyde og bredde sett fra standplass
- Stigning på kulefanget i forhold til kulebanen
- Sikkerhet mot gjennomskyting
- Sikkerhet mot rikosjetter, sprut og tilbakekast

I tillegg til kulefang kreves det en bakgrunnshøyde for å stoppe fareområdets utbredelse. Denne skal normalt være 4 grader over den såkalte grunnlinjen. På visse vilkår kan det aksepteres 3 eller 2 graders bakgrunnshøyde, men da tillates ikke skyting ved frossent kulefang (som også inkluderer alle typer kulefang som kan gi rikosjetter ved treff i området som etter sikkerhetsbestemmelsene skal være rikosjettfritt).

På steder der det ikke er tilstrekkelig høy naturlig bakgrunn kan det etableres kunstig bakgrunn. Kunstig bakgrunn oppnås med et ekstra høyt og bredt kulefang og såkalte kulefangerskjermer i tillegg. Skyting på kunstig bakgrunn tillates bare når kulefanget er frostfritt.

**Tradisjonelle kulefang av jord/sand** er velprøvd i forhold til sikkerhet. Et godt vedlikeholdt kulefang fungerer godt ved skyting med blyholdig ammunisjon. Også ved frost i kulefanget er faren for rikosjetter moderat hvis kulefanget er godt vedlikeholdt. Dette skyldes at rikosjetter fra blyholdig ammunisjon sjelden får en vinkel på mer enn  $22^\circ$ , og om vinkelen blir større har rikosjetten minimal gjenværende energi. Med en stigning på  $30^\circ$  fanges dermed alle rikosjetter med mye gjenværende kinetisk energi. Med Forsvarets stålkjerneammunisjon stiller det seg annerledes fordi denne ammunisjonen kan rikosjettere med større vinkel enn  $30^\circ$  og fortsatt beholde stor kinetisk energi. Et frossent jord-/sandkulefang kan derfor medføre både rikosjetter og tilbakekast av kuler mot standplass ved skyting med Forsvarets stålkjerneammunisjon. En duk over jord-/sandkulefang kan beskytte mot vanninntrenging og dermed frost i kulefanget. Det kan imidlertid komme fuktighet opp fra bakken som ikke fordampes som følge av duken, og dette kan igjen gi frost i kulefanget. Duk over kulefanget er dermed ikke automatisk en løsning for å unngå frost i kulefanget. DFS-skyting skjer i all hovedsak i den delen av sesongen hvor det ikke er frost i bakken, og en mulig begrensning i skyteaktiviteten som følge av frost-problematikk er først og fremst en problemstilling på baner som leies ut til Forsvaret og baner med bakgrunnshøyde lavere enn 4 grader.

**Skrå granulatkulefang med duk over** fungerer på samme måte som jord-/sandkulefang, men med annet energidempende materiale. Faren for rikosjetter er relativt liten, men også disse kulefangene krever jevnlig vedlikehold. En utfordring med duken på disse kulefangene er at en ikke ser tilstanden til kulefanget under duken. I noen tilfeller kan det etter lang bruk samle seg klumper av kuler som kan medføre rikosjetter. Med jevnlig vedlikehold er dette ikke noe stort problem. Generelt anses sikkerheten å bli godt ivaretatt med kulefang som dette. Forsvaret har erfart at de ved skyting vinterstid må rydde slike kulefang for snø for å unngå at kuler som kulbuterer rikosjetterer eller blir kastet tilbake. Opphopning av kuler i kulefanget kan også gi fare for rikosjetter og tilbakekast. Takoverbygg vil tilnærmet eliminere disse problemstillingene.

**Kulefang med dekk-klipp** som energidempende materiale er porøse samtidig som de kan bygges med stor stigning. Slike kulefang fungerer sikkerhetsmessig godt med alle typer ammunisjon året rundt.

**Stålkasser med gummigranulat** som plasseres rett bak skivene har en loddrett front, og kuler som treffer denne fronten vil ikke kunne rikosjettere. Dersom en kule derimot treffer kanten av kassen, kan det oppstå en rikosjett. For å oppfylle krav til kulefang må dermed kassen omslutes av en gjennomskytingssikker og rikosjettdempende vegg eller eventuelt være innfelt i en jordvoll. Visse materialer i frontplaten kan medføre tilbakekast, særlig av kuler med lav kinetisk energi. En mykere frontplate kan ha problemer med å holde på granulatet, så her må det gjøres nærmere undersøkelser om en slik løsning skal være aktuell.

**Lamellkulefang av stål** vil normalt ikke være så store at de dekker hele kravet til kulefang i høyde og bredde. Et lamellkulefang må derfor suppleres med en omramming som er gjennomskytingssikker og rikosjettfri. Ved treff på kantene av lamellene må det påregnes at kulene knuses og at det kan bli en del sprut. For å hindre denne spruten i å komme ut må det være en duk foran kulefanget. Duken må ha en viss avstand til lamellene, og den må være solid nok til at sprut ikke kommer ut igjen av kulefangeren. Samtidig må duken ikke være så sterk at den hindrer gjennomskyting med kaliber .22. Eksempelet på lamellkulefang som er vist tidligere i denne rapporten er bygget inn i et bygg. Dette er hensiktsmessig for å ivareta både sikkerhet og beskyttelse av mekanismen for utmating av metallrester.

**Kulefangerkassetter med stålplater inni** har fellestrekk med kassetter med gummigranulat, bare at her knuses kulene og havner i en skuff. Også slike kassetter må omrammes eller felles inn i en jordvoll for å unngå rikosjetter og kunne ivareta krav til kulefang.

**Kulefang med vertikal stålplate** har et sprut- og rikosjettdempende materiale i fronten. I treffsonen må det benyttes et materiale som både slipper gjennom kulene og hindrer sprut i å komme ut igjen. I de to viste eksemplene er det brukt Regupol-plater som frontplater. Kulefangeren fungerer godt med jegerammunisjon, skarpskytterammunisjon og Forsvarets blyfrie ammunisjon. Det er uvisst om Regupol egner seg ved skyting med kaliber .22 eller om dette kan gi tilbakekast. Dette bør testes. Utenfor treffsonen kan rikosjettsikringen være impregnert treverk. Det er kun i treffsonen at det er nødvendig med en kraftig stålplate. Resten av kulefangeren kan være betong, men dette må vurderes i hvert tilfelle opp mot den slitasjen på betongen som oppstår ved skivebom. Den enkle konstruksjonen gjør at det ikke er spesielt komplisert eller kostnadsdrivende å dekke kravene til høyde, bredde, gjennomskytingssikkerhet og rikosjetter. Dermed kan denne løsningen også vær aktuell sammen med kulefangerskjermer, på steder der det kreves kunstig bakgrunn.

**Duk eller frontplate** er nødvendig på mange kulefang. En sentral problemstilling som gjelder alle kulefang med duk over eller frontplate over/foran er hvordan dette fungerer med ulike ammunisjonstyper. Kulene må trenge gjennom slik at de ikke kan bli kastet tilbake, men sprut og støv må ikke komme ut igjen.

Skrå kulefang med duk må ha en duk som er UV-bestandig og som får minst mulig hull ved skyting. Dersom det blir store hull i duken vil det kunne renne inn mye vann, og duken mister mye av hensikten. Stålkulefang og kassetter med granulat behøver en frontplate Det kan være en utfordring å finne materialer som fungerer godt for alle typer ammunisjon. Følgende problemstillinger må testes:

- Mange typer jaktammunisjon har blyspiss og river ut store hull i en del typer frontplatematerialer
- Rifle kaliber .22 vil slite med å komme gjennom tykke frontplater. Duk er normalt uproblematisk, men andre materialer kan forårsake tilbakekast eller at kula blir sittende igjen i platen. Dersom kaliber .22-kuler blir sittende i frontplaten kan det medføre sprut og at bly havner på utsiden av kulefangeren.
- Vanlig skarpskytterammunisjon av bly med kobbermantel trenger lett gjennom aktuelle typer frontplater og vil også knuses uten å slite for mye på stålplatene i stålkulefang.
- Stålkjerneammunisjon som ikke kulbuterer kommer lett gjennom alle typer frontplater, men kan forårsake større slitasje på stålplatene på grunn av stålkjernens store hardhet. Kuler som kulbuterer kan ha problemer med å komme gjennom frontplater, og de kan lage store hull. Problemet er lite når det benyttes vertikale frontplater.

Utfordringen er å finne et materiale som alle kuler kommer gjennom, som er slitesterkt, og som ikke slipper ut blystøv og splinter.

**Skyting med sporlysammunisjon** skal normalt ikke forekomme på DFS-baner, men om noen skulle benytte slik ammunisjon er det spesielt problematisk når det energidempende materialet er brennbart.

### 4.3.2 Vedlikehold

**Jord-/sandkulefang** er generelt enkelt å vedlikeholde. Normalt består vedlikeholdet i å fylle på jord, sand, grus eller liknende i gropene som oppstår der majoriteten av kulene treffer kulefanget. Dette må gjerne gjøres minst en gang pr. år for å opprettholde kulefangets funksjon fullt ut. Arbeidet er ikke komplisert, men det kan være tungt arbeid dersom det må gjøres manuelt. Tungt arbeid kan, sammen med tidvis manglende forståelse for betydningen av vedlikeholdet, være grunn for at vedlikeholdet forsømmes. Konsekvensene av manglende vedlikehold er i hovedsak at faren for rikosjetter øker. På baner som leies ut til Forsvaret er dette mer kritisk enn på baner det det kun skytes med blyholdig ammunisjon.

Vedlikehold i form av påfylling av masser er rimelig. Kostnadene øker dersom man leier inn gravemaskin, men normalt er det noen få timers jobb som må til for en gravemaskin når vedlikeholdet kun handler om å fylle på kulefanget.

Kulefang som er dårlig konstruert eller for svakt fundamentert kan sige og dermed miste høyde. I slike tilfeller kan vedlikeholdet bli mer omfattende, men også i slike tilfeller er ofte noen timer med gravemaskin og noen lass med grus tilstrekkelig for å gjenopprette kulefangets funksjon.

I USA er det anbefalt fra miljømyndighetene at det gjennomføres utsortering av kuler fra jorden i det de kaller «backstop berm». Dette er en jordvoll bak skivene som har samme funksjon som kulefang. Det finnes mange firmaer som reiser rundt og foretar slik utsortering og deretter tilbakefylling av jorden. Teorien er at det å fjerne bly fra jorden hindrer forurensning, men det har ikke lyktes å finne dokumentasjon på at dette er bedre løsning enn å la kulene ligge i tydeligere definerte kulefang og fylle på kulefangene med rikosjettfri masse.

**Skrå granulatkulefang** som er gunstig konstruert, fungerer slik at kulene vil kunne synke nedover i granulatet. På den måten kan det skytes mye før opphopningen av kuler blir stor. Stålkjerneammunisjon er lettere enn blyholdig ammunisjon, og kan derfor lettere hope seg opp i treffsonen i stedet for å synke nedover i granulatet. Granulatkulefang som benyttes mye av Forsvaret kan derfor bli mer vedlikeholdskrevende. Det jevnlig vedlikeholdet handler om å sikre at det ikke dannes groper i granulatet og at kuler ikke hopper seg opp i treffsonen. I tillegg må duken over kulefanget kontrolleres og eventuelt repareres slik at vanninntrengningen ikke blir for stor. Med visse intervaller må kuler sorteres ut av granulatkulefang. Hvor ofte dette må skje er svært avhengig av hvor mye banen brukes, hva slags ammunisjon som benyttes, hvor dypt laget med granulat er og typen granulat som er valgt. Utsortering av kuler egner seg ikke for dugnadsarbeid, men er arbeid som bør overlates til profesjonelle aktører som kan håndtere tungmetaller på en sikker måte. Det behøves spesialutstyr for å klare å separere metallene fra granulatet i tilstrekkelig grad til at man får betalt for metallet i stedet for at blanding av granulat og metaller må leveres til deponi. Med takoverbygg over et skrått granulatkulefang med stor dybde kan det skytes svært mye før det blir aktuelt å rense ut kuler. Det vil heller ikke være like kritisk med hyppig reparasjon av duken på toppen når det er tak over kulefanget. Et slikt kulefang har dermed et begrenset vedlikeholdsbehov, men selve byggverket må vedlikeholdes som alle andre byggverk.

**Kulefang av dekk-klipp** må fylles på der det blir gropdannelser. Stålkorden vil også etter hvert ruste bort og kulefanget får redusert stabilitet. Det løpende vedlikeholdet på et kulefang med dekk-klipp er beskjedent, men med visse mellomrom må man påregne en fullstendig fjerning av dekk-klipp hvor det som er slitt fjernes sammen med kuler og gummistøv. Intakt dekk-klipp kan legges tilbake sammen med nytt dekk-klipp, mens resten deponeres.

Profesjonelle aktører kan sortere ut kulene. Det antas at fullstendig rehabilitering av kulefang av dekk-klipp typisk må gjennomføres med intervaller på 5-7 år.

**Gummigranulat i kasse med vertikal front** vil over tid fylles med kuler. Dette fører til økt trykk i beholderen. Etter noen tusen skudd må derfor kulene separeres fra gummigranulatet og leveres til gjenvinning. I tillegg må frontplaten skiftes ut. Arbeidet med utsortering av kuler bør gjøres av profesjonelle.

**Lamellkulefang av stål** er generelt slitesterke med en enkel og robust konstruksjon. Det kan være nødvendig å rotere plasseringen av lamellene fordi slitasjen blir klart størst rett bak skivene. Dette er ikke komplisert, men lamellene er tunge. Front-duken på kulefanget må skiftes med visse mellomrom. Det benyttes gjerne duk på rull som kan roteres slik at slitasjen fordeles seg ut over duken. Duken vil dermed få betydelig økt levetid. Med transportskrue i bunnen av kulefanget kan kulerestene bli matet direkte til en beholder som kan løftes på bil og kjøres til gjenvinning. Lamellkulefang bør ha et bygg rundt kulefanget, og dette må vedlikeholdes som alle andre byggverk.

**Kulefangerkassetter med stålplater** som knuser kulene er enkle konstruksjoner. Vedlikeholdet består i rotering og eventuelt bytting av stålplater. Tømming er ikke komplisert, men bør utføres jevnlig slik at det ikke blir alt for tungt å håndtere kulerestene. Både vedlikehold og tømming av kulefangerkassetten kan gjøres med dugnadsinnsats så lenge det benyttes egnet verneutstyr for å beskytte personellet mot kontakt med bly og innånding av blystøv. Frontplatene må også byttes når disse blir slitt, slik at ikke blystøv kommer ut av kulefanget under skyting.

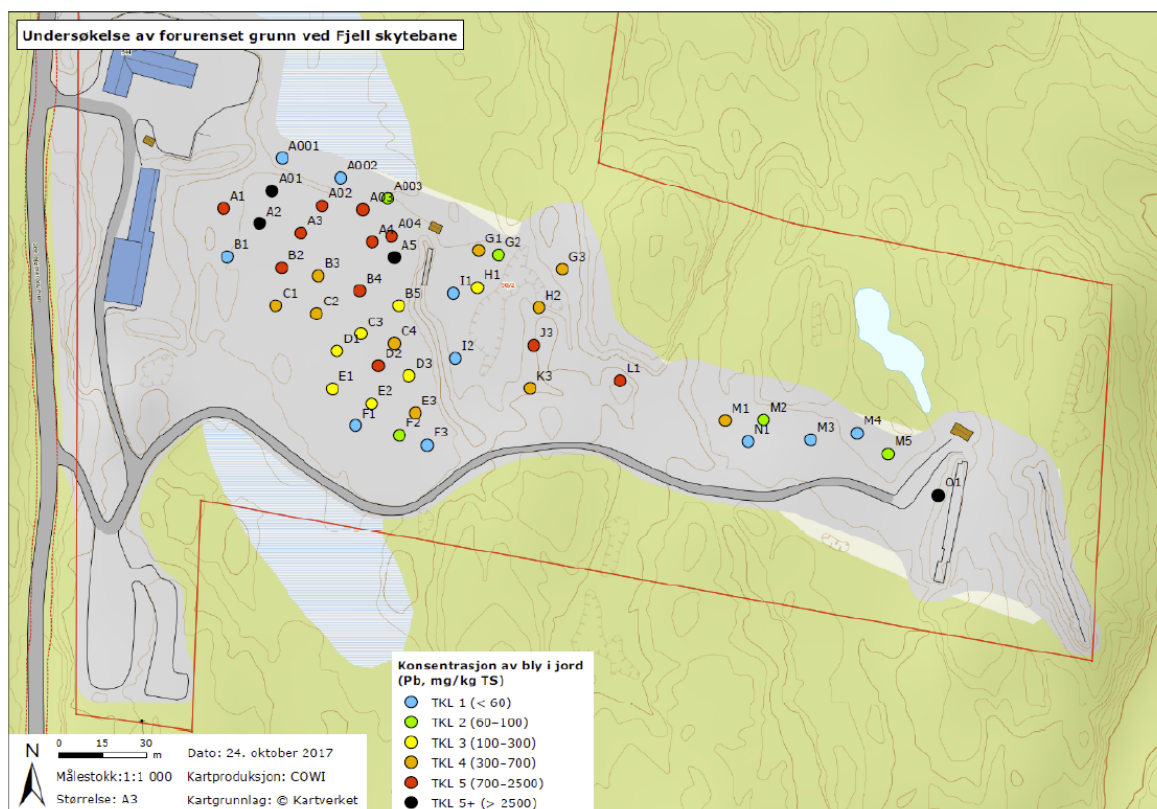
**Kulefang med vertikal stålplate** knuser kulene som deretter lander i en skuff eller eventuelt i en renne med transportskrue til en beholder. Håndtering av kulerestene er ikke komplisert, men dersom dette skal gjøres på dugnad behøves verneutstyr. Kulerestene inneholder lite fremmedmateriale og kan leveres til gjenvinning. Frontplatene må skiftes når de blir slitt. Ved å lage et opplegg for ombytting av plater vil det gå mange år før platene må skiftes. Slitasjen på platene varierer mye med type ammunisjon, hvor blyholdig jegerammunisjon sliter mest. Ved bruk av impregnerert treverk i omrammingen bør dette kunne holde i rundt 10 år før det må skiftes. Stålplatene later til å tåle bruken godt, men det mangler erfaringsgrunnlag for hvor lenge man kan skyte før platene eventuelt må skiftes.

Felles for alle metallkulefang er at bruk av panserbrytende ammunisjon vil kunne gjøre stor skade. Slik bruk må derfor være strengt forbudt.

### 4.3.3 Miljø

Miljøpåvirkningen på omgivelsene fra en skytebane, er avhengig av en rekke faktorer. Kulefanget er viktig, men langt fra den eneste faktoren. Hvor mange av kulene som fanges av kulefanget betyr mye, men kanskje like viktig er hva som skjer med de kulene som ikke fanges og i hvilken grad metallforurensning kan lekke ut fra kulefanget.

Ved måling av forurensning på eldre baner med kulefang av jord og sand klarer en ofte ikke å skille på hvor avrenningen kommer fra. Et eksempel som illustrerer hvorfor forurensning som stammer fra kulefanget på en skytebane kan være underordnet, vises i figuren nedenfor, hentet fra miljøteknisk kartlegging av en skytebane (Weholt, 2018).



Figur 30 Kartlegging av forurensing på en riflebane (Weholt, 2018)

Målingene av blykonsentrasjon viser høye nivåer rundt omkring på baneområdet. Dette betyr at avrenningen fra kulefanget alene kan stå for en begrenset del av den totale avrenningen. Tiltak på kulefangene på denne banen vil alene ikke ha noen nevneverdig betydning for muligheten for spredning av forurensing til omgivelsene.

Denne skytebanen har blant annet vært utleid til politiet som har skutt med pistol med myra rett foran standplass som «kulefang». I tillegg er det drevet feltskyting mot selvanvisere av stål på flere ulike steder på banen. Selvanvisere av stål knuser kulene til små biter og blystøv, og dermed spres forurensing på overflaten av bakken. Disse små metallpartiklene har stor total overflate og korroderer derfor betydelig raskere enn mer intakte kuler som fanges jord-/sandkulefang.

Forurensningen i grunnen på skytebaner kan også være påvirket av forurensning fra hylser, krutt og tennheter. På flere skytebaner er det funnet forurensning fra krigens dager tidligere. Hvordan skytebanen er brukt så langt tilbake i tid er vanskelig å vite. I noen tilfeller har skytebaner blitt bygget om og det er utført betydelig anleggsarbeid som kan ha spredt forurensete masser fra gamle kulefang over store områder.

Basert på problemstillingene som er belyst ovenfor tegner det seg tre spørsmål som er helt avgjørende når det kommer til miljø og kulefang:

1. Hvor stor andel av kulene fanges av kulefanget?
2. Hva skjer med kulene som ikke fanges, og hvor blir det av den andelen?
3. Hva skjer med kulene som blir fanget?



**Jord-/sandkulefang** vil, om det har de foreskrevne dimensjonene, fange tilnærmet alle skudd også ved skivebom. Lave skivebom vil treffe skivevollen, som bør ha tilsvarende fang-evne som kulefanget. Ved dårlig vedlikehold av kulefanget øker sannsynligheten for både rikosjetter og opphopning og knusing av kuler. Målinger foretatt av NIVA (Rognerud, 2009) viste at avrenning fra tre DFS-baner lakk ut mindre enn 1% av årlig tilført bly. Disse banene hadde kulefang som anses å være representative for baner der det er utført et normalt godt vedlikehold av kulefangene.

Når det tilføres ny masse i gropene på kulefanget regelmessig, medfører dette at kulene bremses og mister det aller meste av energien før de eventuelt treffer kuler som ligger i kulefanget allerede. Kulene kan bli kraftig deformert, men knuses ikke til finstøv. Jo mindre ødelagte kulene er, jo mindre overflate er eksponert og kan korrodere. Av det som korroderer vil en stor andel bli bundet i jorden i kulefanget.

I Danmark ble det i 1997 gjort en undersøkelse av blykonsentrasjonen i jorden nedover i et surt kulefang som hadde vært i bruk til skyting med kaliber .22 i 30 år (Astrup, Boddum, & Christensen, 1998). Det ble funnet at blykonsentrasjonen sank til referansenivået allerede 1,2 meter under kuleinnslaget. Liknende resultater er også funnet andre steder. Dette indikerer at transport av bly gjennom jord skjer i svært liten grad, og at avrenning dermed først og fremst skyldes vanngjennomstrømning nær overflaten av kulefanget. Dette sier også noe om at regelmessig vedlikehold av jord-/sandkulefang, og eventuelt tiltak som begrenser vanntilgangen til kulefanget, kan bidra til å holde bly-avrenningen på et lavt nivå.

**Skrå granulatkulefang** kan være et miljømessig godt valg. Kulefanget kan, med tilstrekkelige dimensjoner, fange tilnærmet alle kuler. Forutsetningen er at kulefanget vedlikeholdes godt. Mye hull i duken over kulefanget kan medføre utvasking av bly. Opphopning av kuler kan føre til knusing og eksponering av større overflate. Tett bunn og drenering av vann til rensekum er tiltak som et stykke på vei kan kompensere for manglende vedlikehold fordi eventuell avrenning da blir håndtert. Plasseres kulefanget i en lukket bygning med takoverbygg kan vanntilgangen elimineres fullstendig, og faren for utlekking minimeres. Utfordringen med granulatkulefang er at disse må tømmes av profesjonelle aktører med egnet utstyr for å sikre at ikke bly finner veien ut i naturen i forbindelse med tømmingen av kulefangene.

**Kulefang av dekk-klipp** vil i stor grad forhindre at kulene knuses, og kulene korroderer dermed langsommere. Kulefanget kan, med tilstrekkelige dimensjoner, fange tilnærmet alle kuler. Fordi dekk-klipp er svært porøst vil det ikke hindre vanngjennomstrømning fra nedbør. Kulefanget kan avgi både metallforurensing fra kulene og PAH, ftalater og mikroplast fra dekk-klippet. Vann som renner gjennom kulefanget, bør derfor ledes til sedimentasjonsbasseng og eventuelt rensekum for å sikre at ikke avrenning til resipient inneholder skadelige nivåer. Kulefang av dekk-klipp vil slites og stålkorden i dekkene ruster. Derfor må det på et tidspunkt gjøres en fjerning og rensing av dekk-klippet før det legges tilbake. Slik rensing bør utføres av profesjonelle aktører med kompetanse som sikrer at både finstøv fra dekk-klippet og kulene tas ut på en betryggende måte og leveres til gjenvinning.

**Gummigranulat i kasse med vertikal front** vil fange kulene som treffer kassen, men ved skivebom fanges ikke kulene. Slike kulefang behøver derfor av sikkerhetsmessige grunner en omramming eller liknende som fanger kuler og forhindrer rikosjetter. På grunn av trykket fra granulatet i kassen behøves det en relativt stiv frontplate, gjerne 5-7 cm tykk HDPE-plate. Det er usikkert om en plate som er sterk nok til å holde på granulatet vil slippe gjennom rene

blykuler, særlig kaliber .22 som har liten anslagsenergi. En forutsetning for bruk av slike kasser med granulater er at det finnes en løsning som fungerer med alle de aktuelle typene ammunisjon. Som med andre granulatkulefang må disse tømmes og renses av profesjonelle for å sikre at ikke bly finner veien ut i naturen i forbindelse med tømmingen av kulefangene.

**Lamellkulefang** av stål må bygges inn for å sikre at nedbør ikke trenger inn i konstruksjonen. Med egnet innbygging og gjerne en transportskrue i bunnen av kulefanget kan utmating av kulerester til en beholder skje automatisk. Beholderen kan lastes rett på bil for transport til gjenvinning. En avtrekksvifte med filter kan sikre undertrykk i kulefanget og på den måten hindre at blystøv kommer ut i omgivelsene. Med gode detaljer i utformingen kan et kulefang som dette anses å være tilnærmet utslippsfritt.

**Kulefangkassetter med stålplater** som knuser kulene har normalt en størrelse som tilsvarer blinkens størrelse, og vil fange alle skudd unntatt skivebom. Slike kulefang behøver derfor av sikkerhetsmessige grunner en omramming eller liknende som fanger kuler og forhindrer rikosjetter. Dersom det kan brukes en frontplate som slipper gjennom alle typer kuler og hindrer sprut og støv i å komme ut, blir oppsamlingsgraden høy. Arbeidet med å tømme kulefanget er manuelt arbeid, og det må lages rutiner som sikrer at dette kan gjennomføres uten at bly kommer ut i naturen under tømmingsprosessen.

**Kulefang med vertikal stålplate** knuser kulene og restene lander i en skuff eller eventuelt i en renne med transportskrue til en beholder. Kulefanget kan utformes slik at kravet til kulefangets utbredelse tilfredsstilles og at dermed tilnærmet alle kuler fanges opp. Dersom det ikke installeres transportskrue må arbeidet med å tømme kulefanget gjøres manuelt. Det må da lages rutiner som sikrer at dette kan gjennomføres uten at bly kommer ut i naturen under tømmingsprosessen. Med transportskrue kan beholder med kulerester lastes rett på bil for transport til gjenvinning. Brukes en vifte med filter, som lager undertrykk i kulefanget, kan spredning av bly til omgivelsene tilnærmet bli eliminert.

#### 4.3.4 Kostnader

**Jord-/sandkulefang** kan ofte være svært rimelige løsninger, særlig der terrenget er enkelt og en har tilgang på steinfri jord. I slike tilfeller består kostnaden for å etablere kulefanget først og fremst av maskintimer. Dersom rikosjettfrie masser må kjøpes og transporteres til skytebanen kan kostnaden øke betydelig. Komplisert terreng bak skivene kan også virke sterkt kostnadsdrivende.

Den største kostnaden knyttet til jord-/sandkulefang kommer den dagen kulefanget skal saneres. Dette gjøres i dag kun når skytebaner legges ned og området skal benyttes til annet formål. Saneringskostnaden for en typisk DFS-bane med 10+10 skiver kan bli på typisk 2-4 millioner kroner, men her er det store forskjeller. Sanering av selve kulefanget er ofte bare en mindre del av totalkostnaden. Kostnader knyttet til sanering av forurensning spredt over store områder som følge av skyting på selvanvisere av metall, tidligere gravearbeider i forurenset masse og liknende kan bli betydelig.

**Skrått granulatkulefang** med duk over er ikke i seg selv nødvendigvis så dyrt, men dersom en skal sikre at dette er miljømessig klart bedre enn kulefang av jord/sand, behøves tiltak som fordyrer kulefanget vesentlig. Bunnsetting, drenering, sedimentasjonsbasseng og filter kan bli kostbart. Drift og rensing av kulefanget kan også bli dyrt. Dersom en investerer i et innebygget kulefang med gjennomskytingssikkert tak kan driftskostnadene reduseres betydelig, men investeringskostnaden er høyere enn de fleste skytterlag vil kunne bære.

**Dekk-klipp** er rimelig i innkjøp. Kostnaden ved etablering av kulefang av dekk-klipp ligger derfor i stor grad i transport og bunnsetting, drenering, sedimentasjonsbasseng og eventuelt filter. Driftskostnadene er lave, med enkelt vedlikehold helt til slitasjen har blitt så stor at det må gjøres en sanering og re-etablering av kulefanget. Dette er arbeid som må gjøres av profesjonelle aktører.

**Gummigranulat i kasse med vertikal front** har en investeringskostnad som kan tenkes å kunne forsvares. Disse behøver imidlertid en form for innramming for å hindre rikosjetter og fange opp kuler som bommer på skiva. Totalkostnaden er svært avhengig av hvilken løsning en finner for å ivareta sikkerhetskrav. For skytterlag er det driftskostnadene som kan bli mest problematiske. Kassene må tømmes relativt ofte fordi det bygger seg opp trykk i kassene ved skyting fordi innholdet øker for hver kule som skytes. Rensing av granulatet er vanskelig å gjøre på dugnadsbasis uten avansert utstyr, og innleie av profesjonelle aktører er kostbart.

**Lamellkulefang av stål** er kostbart i anskaffelse fordi det inneholder mye stål og må ha et solid bygg rundt kulefanget. Selv om driftskostnadene ikke er så høye er investeringen så stor at det neppe er noen skytterlag som kan forsvare en slik kostnad.

**Kulefangerkassetter med stålplater** som knuser kulene har en kostnad som i seg selv kan være mulig å forsvare for et skytterlag. Disse behøver imidlertid en form for innramming for å hindre rikosjetter og fange opp kuler som bommer på skiva. Totalkostnaden er svært avhengig av hvilken løsning en finner for å ivareta sikkerhetskrav. Tømming av kulefangerkassetten kan gjøres på dugnad forutsatt at man har egnet utstyr og gode rutiner for å sikre at bly ikke kommer ut i naturen.

**Kulefang med vertikal stålplate** har en betydelig investeringskostnad. På steder med komplisert terreng kan allikevel et kulefang som dette være rimeligste løsning fordi kulefanget kan tilfredsstillende sikkerhetskravene uten ekstra tiltak. Dersom en kan få tak i brukte betongelementer som egner seg til formålet, kan investeringskostnaden reduseres betydelig. Vedlikeholdskostnadene er moderate så lenge vedlikehold og tømming av kulefanget gjøres på dugnad. Tømming på dugnad forutsetter at man har egnet utstyr og gode rutiner for å sikre at bly ikke kommer ut i naturen. En transportskrue i bunnen av kulefanget øker kostnaden, men forenkler tømmingen og kan være en ekstra sikkerhet mot spredning av bly i naturen.

### 4.3.5 Totalvurdering

En totalvurdering av kulefang-løsningene tar utgangspunkt i de tidligere nevnte særtrekkene til skytterlag tilknyttet DFS. Særlig vil begrensede muligheter til å forsvare høye kostnader og dugnadsviljen påvirke vurderingene. Vurderingene tar utgangspunkt i kulefang for 100 m og 200/300 m riflebaner. Andre aktører vil kunne komme til helt andre totalvurderinger.

#### 4.3.5.1 Eksisterende skytebaner

Eksisterende skytebaner har i all hovedsak kulefang av jord/sand. I de fleste tilfeller kommer denne typen kulefang svært godt ut når det gjelder sikkerhet, vedlikeholdsbehov og kostnader. Miljømessig finnes det bedre løsninger, men felles for de løsningene som er klart bedre miljømessig er at etableringskostnaden og/eller drifts-/vedlikeholdskostnaden er vesentlig høyere enn det et vanlig skytterlag kan håndtere. I de aller fleste tilfeller anses det derfor som mer aktuelt å se på mulige forbedringer av eksisterende jord-/sandkulefang enn å sanere eksisterende kulefang og etablere nye kulefang.

#### 4.3.5.2 Nye skytebaner

På nye skytebaner kan det være forhold som tilsier at andre kulefang enn kulefang av jord/sand er mest hensiktsmessig. Følgende varianter av kulefang anses å være mest aktuelle i gitte situasjoner

**Skrått granulatkulefang med gjennomskytingssikker bakvegg og tak** er en god løsning når det kommer til sikkerhet, vedlikehold og miljø. Med en gjennomtenkt utforming vil et slikt kulefang ha tilnærmet ingen utslipp av bly. Den store ulempen er kostnaden ved et kulefang som dette, som kun kan forsvares om forholdene tilsier at nullutslipp er påkrevd.

**Dekk-klipp som kulefang** kan være aktuelt på steder der det er særlig viktig med rikosjettfritt kulefang året rundt. Det regelmessige vedlikeholdet er enkelt, men rensing etter 5-7 år må utføres av profesjonelle aktører. Kulefang som dette må ha en form for avrenningskontroll.

**Stålkassetter med innvendige stålplater** kan vurderes på baner der det ligger kulefang/bakgrunn rett bak kassetten slik at sikkerhetskravene kan tilfredsstilles. Ellers behøves en omramming som gjør kostnaden så høy at andre alternativer trolig er mer aktuelle. Vedlikeholdet er enkelt og kan utføres som dugnadsarbeid. Kassetten fanger ikke kuler som bommer på skiva og er således ikke en nullutslippsløsning. Kassetter som kulefangere kan egne seg godt på midlertidige baner fordi det er lett å flytte på kassene.

**Vertikal stålplate-kulefang** er en løsning som er enkel, sikker og krever moderat grad av vedlikehold som skytterlag kan utføre selv. Løsningen er noe kostbar, men i gitte situasjoner kan løsningen vise seg å bli rimeligere enn andre kulefang, særlig på steder med skrått terreng ved skivene. Miljømessig er denne løsningen god, men kan neppe karakteriseres som nullutslippsløsning.

**Optiske skiver** har kommet på markedet. Slike skiver har ikke duk i blinken, og krever derfor et overbygg som sikrer at bakgrunnen til skiva er så mørk at midten av skiva fremstår som sort. For å få til dette må det i praksis bygges et hus rundt skivene. Dersom en først bygger et slikt hus, vil det være naturlig å se nærmere på etablering av granulatkulefang eller en form for stålkulefang siden mye av kostnaden allerede ligger i skivehuset.

#### **4.3.5.3 Feltskyting**

Feltskyting skjer på midlertidige områder og flyttes gjerne fra gang til gang. Dersom det er mulig å komme til med traktor kan det være mulig å få løftet på plass stålkassetter med innvendige stålplater. Slike kasser er imidlertid tunge, og ofte er det ikke mulig å komme til med store nok maskiner, og da fungerer ikke noen av de kulefangløsningene som er beskrevet i dette dokumentet.



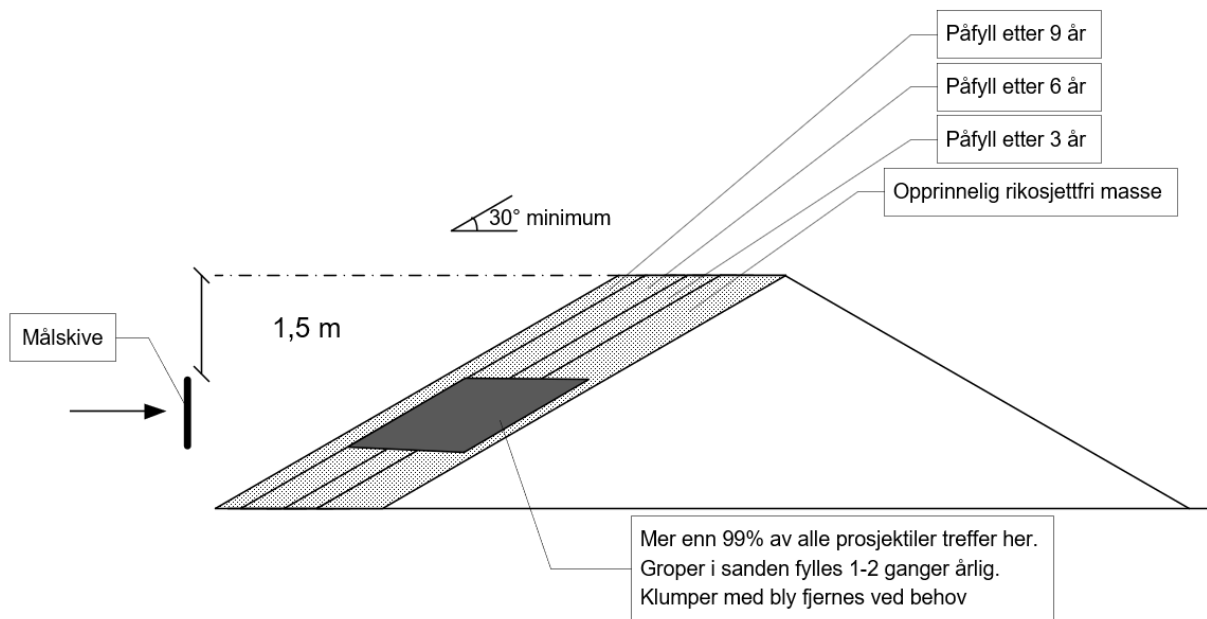
## 4.4 Videreutvikling

Denne fasen av arbeidet med Miljøriktige kulefang har handlet om innhenting av informasjon og kunnskap om ulike kulefangløsninger. Det er gjort vurderinger av de ulike løsningene ved bruk på 100 m og 200/300 m riflebaner for skytterlag tilknyttet DFS. For andre aktører som benytter andre våpen, har andre skyteprogrammer, annen økonomisk situasjon og/eller har større grad av profesjonalitet, kan vurderingene bli helt annerledes.

Neste fase i prosjekt Miljøriktige kulefang handler om å prosjektere og teste ut mulige forbedringer av kulefang, som igjen kan lede frem til en veileder om kulefang som viser aktuelle løsninger i forskjellige situasjoner. Nedenfor presenteres et forslag til undersøkelser om forbedringer av kulefang-løsninger som kan være aktuelle i neste fase.

### 4.4.1 Forbedring av kulefang av jord/sand

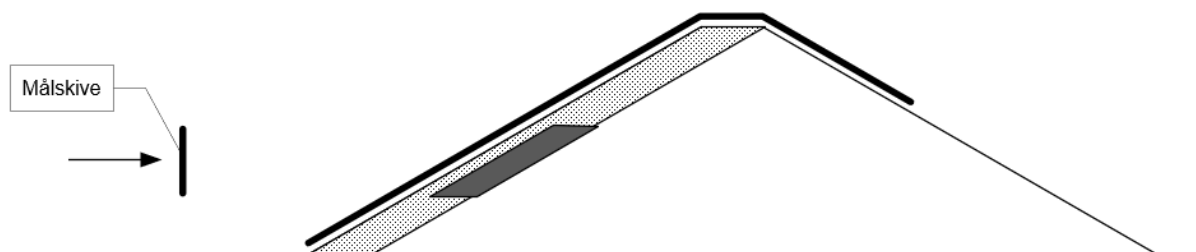
Jevnlig vedlikehold er helt nødvendig for å opprettholde funksjonen til kulefang av jord og sand. Det bør foretas fylling av groper i kulefanget ved behov for å sikre at det ikke danner seg store klumper av bly i kulefanget. Før fylling av gropene kan en med fordel undersøke om det har dannet seg blyklumper, og i så fall fjerne disse. Med noen års mellomrom bør hele kulefanget få et ekstra lag med rikosjettfri masse for å sikre at rikosjettfriheten opprettholdes og at nye kuler ikke treffer gamle kuler. Kulefanget vil dermed vokse sakte mot skivene, noe som krever at det er noe plass å gå på. Figuren nedenfor illustrerer vedlikeholdet:



Figur 31 Vedlikehold av jord-/sandkulefang

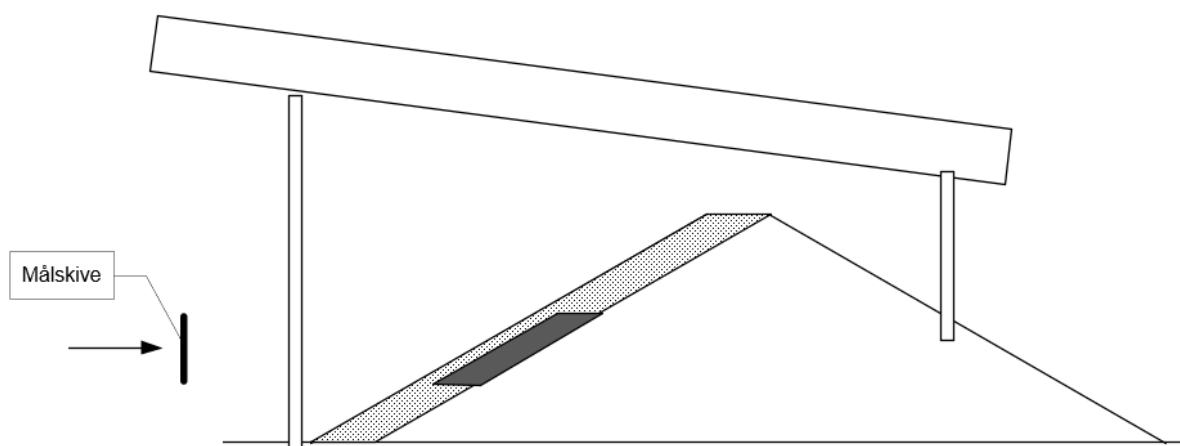
Det har vært utført forsøk der tønner med sand har blitt plassert i kulefanget med åpningen rett bak blinken der størsteparten av kulene treffer. Tanken var at tønnene etter mange år kunne tas ut og leveres til gjenvinning. I disse forsøkene har kulefang-vollen seget noe, med det resultat at kulene allikevel ikke traff i tønne.

Duk lagt over kulefang vil hindre regnvann i å trenge inn i kulefanget. Hvordan dette fungerer, og mulige konsekvenser av duken, kan være aktuelt å teste.



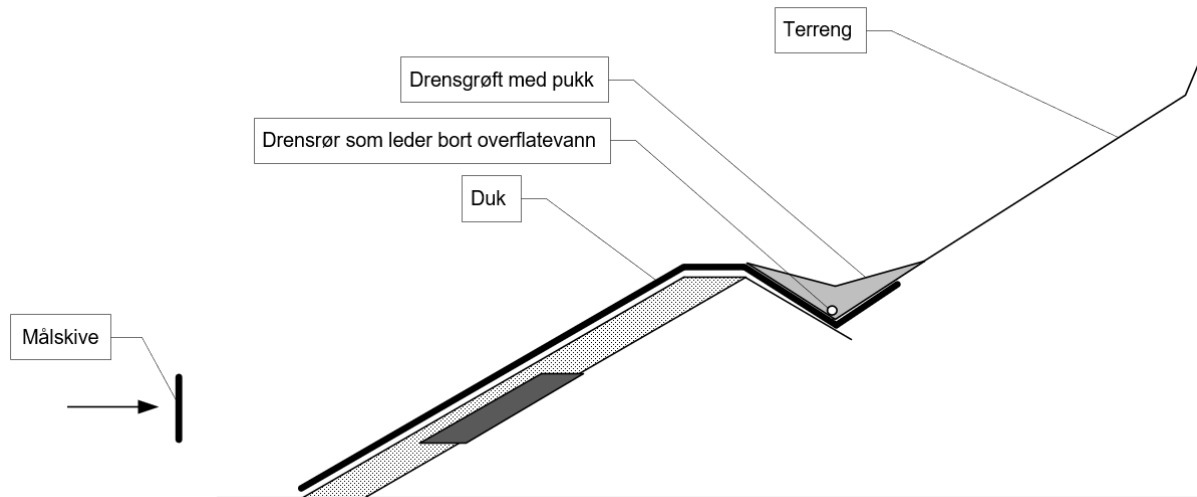
Figur 32 Illustrasjon av tildekking av kulefang med duk

Takoverbygg over kulefang kan begrense vanninntrengningen i kulefanget og vil dermed kunne begrense muligheten for avrenning. Slikt tak må tåle både vind og snølast, og kan dermed bli relativt kostbart. Skal takoverbygg være aktuelt, må en derfor jobbe med å finne en kostnadseffektiv løsning.



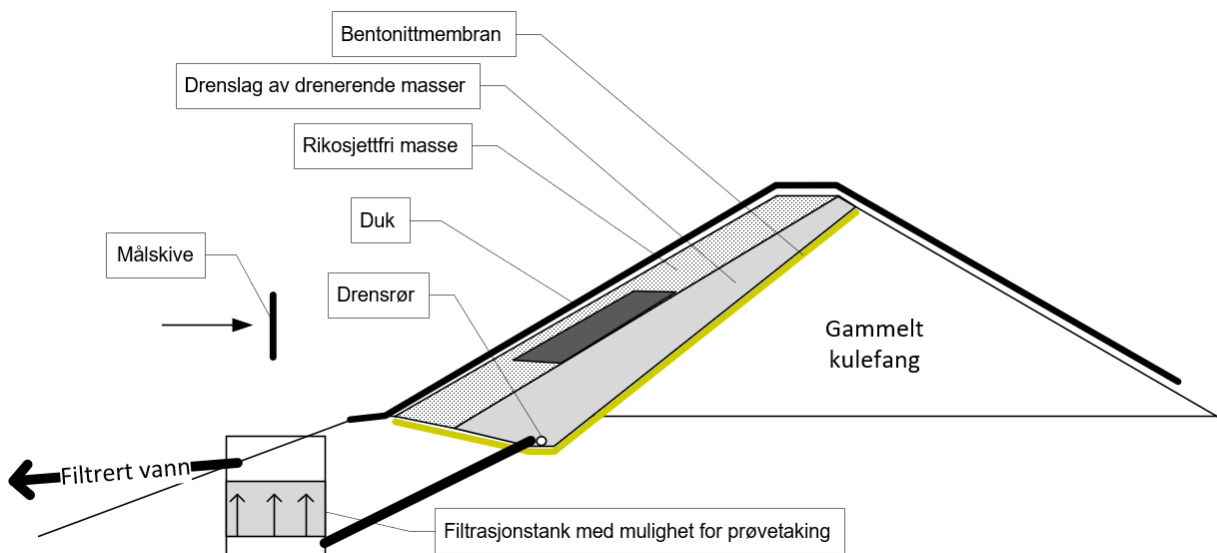
Figur 33 Prinsippkisse av tak over kulefang

Kulefang av jord/sand som ligger inntil bakgrunnshøyden kan få betydelige mengder av overflatevann som renner fra bakgrunnshøyden og over kulefanget. Slikt overflatevann er uheldig og kan vaske med seg større mengder blyforurensning. Figuren nedenfor viser en prinsippskisse av hvordan denne situasjonen kan forbedres, med dreneringsgrøft bak kulefanget og eventuelt duk over kulefanget



Figur 34 Bortledning av overflatevann fra kulefang som ligger inntil bakgrunnshøyden

Et gammelt kulefang som tildekkes slik at det ikke kan komme til fuktighet vil ikke lekke ut bly. I spesielt sårbare situasjoner, for eksempel i nærheten av drikkevannskilder kan en mulig løsning være å dekke til det gamle kulefanget og etablere nytt kulefang oppå. Det nye kulefanget kan ha duk over kulefanget, oppfangning av sigevann og filtrasjonstank for rensing og prøvetaking.



Figur 35 Prinsippskisse for forsegling av gammelt kulefang og nytt kulefang oppå

Det er utført testing av mange ulike rensemidler der det med relativt enkle løsninger er oppnådd 80-90 % rensing av bly fra vann. Slik rensing ligger utenfor omfanget av dette prosjektet.

#### 4.4.2 Nye kulefang

Kunnskapsinnhenting har vist at noen kulefangløsninger er godt kjent mens andre er mindre utprøvd. Kulefanget med vertikal stålplate er en enkel konstruksjon som mange skytterlag selv vil klare å bygge og vedlikeholde. Løsningen er kun testet to steder som vi kjenner til. Resultatene tyder på at dette er en holdbar løsning, men det er også avdekket noen problemstillinger knyttet til slike kulefang. Særlig har det blitt slitasje på stenderne som frontplatene festes i. Detaljer knyttet til bly-oppsamlingen kan trolig også forbedres, og det bør sees på muligheten for å sette på en transportskrue for å mate ut blyet til en beholder. Det anbefales for neste trinn i prosjektet å prosjektere og bygge en prototype av et slikt kulefang som testes på en bane med stor bruk slik at eventuelle forbedringsbehov melder seg raskt.

Bruk av ulike typer ammunisjon er en utfordring når kulefang har frontplater som skal hindre at støv og metallsplinter kan komme ut igjen av kulefanget. Det anses å være et stort behov for å teste ulike frontplater for å avdekke egenskapene til platene ved bruk av ulike typer ammunisjon. Særlig bør det testes hvordan HDPE-plater i ulike tykkelser og Regupol-plater fungerer med tanke på slitestyrke. Det må undersøkes om kulene kommer gjennom platen, om kulene knuser eller blir sittende fast i platene. Det bør også sees på andre mulige materialer som kan være aktuelle. Ulike frontplater kan testes på en stål-kassett med innvendige stålplater slik at det også skaffes erfaring med et slikt kulefang.

Ved uttesting av nye typer kulefang kan det være mulig å føre nøyaktig oversikt over hvor mye som skytes med ulik ammunisjon, veie det som tas ut av kulefanget og dermed regne ut hvor stor prosentandel som fanges opp. For at dette skal fungere må det sikres at ingen kan skyte på kulefanget uten at det blir registrert. Metallrestene må også skilles fra rester fra frontplater og liknende. Eventuelt avslitt metall fra selve kulefanget må det også korrigeres for. For å få dette til kreves det svært kontrollerte forhold.

#### 4.4.3 Feltkulefang

Kunnskapsinnhenting har ikke ledet frem til noen løsning for feltskyting som er så lett at den kan settes ut i terrenget uten bruk av traktor eller liknende. Det antas at den letteste mulige kulefangløsningen for feltskyting kan være en armert plastkasse med plastgranulat og frontduk, eller sekker av gummi-duk fylt med plastgranulat. Plastmaterialet RUTEC R5000 er det letteste energidempende materialet vi har funnet, og kan egne seg i denne sammenhengen. Det hjelper mye om man klarer å fange 90% av alle kuler ved feltskyting, og det anbefales at det gjøres nærmere undersøkelser omkring muligheten for å lage et slikt lett kulefang for feltskyting.



## 5 Konklusjon

Spørsmålet vi ønsket å få besvart gjennom denne rapporten var:

*Er det mulig å finne noen klart foretrukne utforminger av kulefang for utendørs rifleskyting som både ivaretar sikkerhetsmessige krav og representerer en miljømessig forbedring i forhold til de kulefangene som i dag er vanlige i bruk?*

### 5.1 Foretrukne løsninger?

Kulefang-konseptene som er belyst i denne rapporten er vurdert med tanke på sikkerhet, vedlikeholdsbehov, miljømessige forhold og kostnader til etablering og drift/vedlikehold.

Miljømessige forhold er nær knyttet til graden av årlig utlekking av bly. En faktor er hvor stor prosentandel av kulene som blir fanget opp. Like viktig som hvor mye av blyet som fanges opp er det å finne ut hva som skjer med det som ikke fanges opp. Med en del kulefang-løsninger vil det være fint blystøv som forsvinner, og dette har et mange ganger så stort utlekkingspotensial som hele kuler.

Tradisjonelle kulefang av jord og sand fungerer godt sikkerhetsmessige, koster lite og er enkle å vedlikeholde. Det er gjort målinger av avrenning av bly fra kulefang tidligere hvor NIVA beregnet utlekking til å være mindre enn 1% av årlig tilført bly. Dersom miljøambisjonen er høyere enn det som den gang ble målt, så må ytterligere tiltak til. Det er mange mulige løsninger, men disse må tilpasses lokale forhold for å fungere. Ulike utfordringer knyttet til vanngjennomstrømning krever ulike løsninger.

Granulat-kulefang kan fungere godt, men er avhengig av en del vedlikehold. Tømmes ikke disse ofte nok, kan det oppstå rikosjetter når kulene treffer en klump av gamle kuler i kulefanget. Granulatet må holdes på plass, og med duk over skrått granulat-kulefang er vanninntrengning gjennom slitasjehull i duken en mulig utfordring. Dermed kan det bli nødvendig med tak over kulefanget for å minimere bly-avrenning.

På mange måter er stål-kulefang, der kulene samles opp uten innblanding av granulat eller annen «forurensning», en gunstig løsning. En utfordring kan være at disse er kostbare å installere. Andre utfordringer er spredning av forurensende bly-støv, støy fra kulefangeren etc. Sneglehuskulefang kan hindre knusing av kulene, og er miljømessig gunstig. Disse er imidlertid vanskelige å bruke utendørs i norsk klima.

Kunnskapsinnhenting har vist at det finnes kulefang som fungerer bedre miljømessig enn dagens kulefang av jord/sand. I all hovedsak er dette svært kostbare løsninger som skytterlag tilknyttet DFS neppe klarer å bekoste. Kostnader til drift/vedlikehold er også høye for noen av de miljømessige beste løsningene. Konklusjonen så langt er at sterkt fokus på vedlikehold og eventuelt nye tiltak på eksisterende kulefang kan forbedre disse slik at utlekking av bly reduseres vesentlig. I tillegg ser det særlig ut til at kulefang med vertikal stålplate kan være en god løsning for nye baner, som i noen tilfeller også kan være kostnadseffektiv i forhold til andre typer kulefang. Det anbefales derfor å arbeide videre med forbedring av jord-/sandkulefang og kulefang med vertikal stålplate. Testing av materialer i frontplater på kulefang er også viktig å få gjennomført.

## **5.2 Neste fase – Videreutvikling**

I neste fase av prosjektet Miljøriktige kulefang foreslås det å arbeide videre med løsninger for å forbedre eksisterende jord-/sandkulefang og samtidig se på løsninger for nye kulefang.

For eksisterende kulefang er det aktuelt å se nærmere på om overdekning med duk eller tak kan redusere utlekking av bly fra kulefanget. Videre er det aktuelt å se på drenering og bortledning av vann fra kulefang som ligger inntil bakgrunnshøyden. Slike tiltak bør følges opp med målinger av blyforurensning. Dette er komplisert å gjennomføre på en måte som gir sikker dokumentasjon, men det er svært ønskelig å gjøre et forsøk.

Videreutvikling av kulefang med vertikal stålplate anses å være en prioritet. Det bør gjøres prosjektering og det bør bygges en prototype der ulike materialer kan bli testet ut. Mulighet for montering av transporthjelm i bunnen av kulefanget bør også vurderes.

Mange kulefang er avhengig av å ha en tildekning for å hindre vann, løv og liknende i å komme inn, og støv og sprut fra kuler i å komme ut igjen. Dette kan være ulike gummiduker, HDPE-plater og Regupol. Disse må testes med ulike typer ammunisjon for å avdekke slitestyrke, om kulene går gjennom, fare for tilbakekast med mer. Det foreslås at frontmaterialet testes på et kulefang som er en stålkasse med innvendige stålplater, slik at denne løsningen blir testet samtidig.

## **5.3 Siste fase - Kulefangveileder**

Siste fase i prosjekt Miljøriktige kulefang blir å utarbeide en veileder om kulefang. Kulefangveilederen må være et praktisk dokument som viser aktuelle løsninger i forskjellige situasjoner.

## 6 Referanser

- Astrup, T., Boddum, J., & Christensen, T. (1998). *Blys fordeling i en skydevold*. Institutt for Miljøteknologi, Danmarks Tekniske Universitet.
- (2005). *Best management practices for lead at outdoor shooting ranges*. New York: United States Environmental Protection Agency.
- Bolstad, M. (2015). *Kunnskapsstatus og kunnskapsbehov knytt til grunnforureining ved skytebaner*. Oslo: Forsvarsbygg Futura.
- Finney, M. A., Maynard, T. B., McAllister, S. S., & Grob, I. J. (2013). *A Study of Ignition by Rifle Bullets*. Rocky Mountain: United States Department of Agriculture.
- Forsvarsbygg. (2020). *Håndbok for skyte- og øvingsfelt 2020 - 2022*. Forsvarsbygg.
- Forsvarsbygg. (u.å.). *Veileder - Utforming av HMS- og Miljøriktige basisbaner*. Oslo: Forsvarsbygg.
- Kajander, S., & Parri, A. (2014). *Management of the Environmental Impact of Shooting Ranges*. Helsinki: Ministry of the Environment Finland.
- Ongre, A. (2005, desember 15). *Blyeksponering i yrke 1892 – 1936*. Hentet fra Tidsskriftet Den Norske Legeforening: <https://tidsskriftet.no/2005/12/medisinsk-historie/blyeksponering-i-yrke-1892-1936>
- Rieber, D. (2019). *Veileder for planlegging av skytebaner*. Oslo: Kulturdepartementet.
- Rognerud, S. (2009). *Avrenning av metaller fra tre geværskytebaner*. Oslo: Norsk institutt for vannforskning.
- Rognerud, S., & Rustadbakken, A. (2007). *Tungmeallavrenning fra sivile skytebaner*. Oslo: Norsk institutt for vannforskning.
- Sikkerhetsbestemmelser for sivil skyting. (1988, 7 1). *GP 6174 Rundskriv om forskrifter om anlegg av kontroll med og godkjenning av sivile skytebaner, av 1. juli 1988*. Justisdepartementet.
- Strømseng, A. E., & Ljønes, M. (2000). *Vertikal transport av tungmetaller i sandjord*. Kjeller: Forsvarets forskningsinstitutt.
- Weholt, Ø. (2018). *Fjell skytebane, Miljøteknisk kartlegging av grunnforurensning med tiltaksplan*. Fredrikstad: Cowi.
- Østeraas, T. (2014). *Håndtering av avrenningsproblemer i Regionfelt Østlandet og Hjerkinnskytefelt*. Oslo: Forsvarsbygg.
- Aanyeby, J., & Johnsen, I. V. (2019). *Rikosjettfrie kulefang og gummigranulat/dekkklipp*. Forsvarets forskningsinstitutt.