



FFI-RAPPORT

18/00575

Rydding av Hjerkinnskytefelt

— Statistikk basert på funn til og med 2017

Ove Dullum

Rydding av Hjerkinnskytefelt

– Statistikk basert på funn til og med 2017

Ove Dullum

Emneord

Ammunisjon
Blindgjengere
Risikoanalyse
Statistikk

FFI-rapport:

FFI-RAPPORT 18/00575

Prosjektnummer

529702

ISBN

P: 978-82-464-3058-4

E: 978-82-464-3068-1

Godkjent av

Morten Huseby, *forskningsleder*

Johnny Bardal, *forskningsdirektør*

Sammendrag

Oppryddingen av Hjerkinnskytefelt startet i 2006. Denne rapporten gir en statistisk vurdering av sprengstoffholdige objekter som er funnet etter at oppryddingen startet. En slik analyse har også blitt gjort i tidligere FFI-rapporter. Det er gjort estimater av antallet blindgjengere som ligger igjen i feltet og en sannsynliggjøring av hvor de ligger. I tillegg blir letingen i de kommende tre årene simulert slik at man får et estimat av hvor mange blindgjengere som vil ligge igjen når letingen avsluttes i 2020. Analysen viser at det sannsynlige antallet vil være omtrent 30 blindgjengere. Et slikt antall ansees å utgjøre en akseptabel risiko.

Summary

The current report describes a statistical assessment of the search for objects containing explosives at the now abandoned Hjerkin firing range. This search campaign started in 2006. Similar analyses have formerly been made and are documented in previous FFI reports. Such an assessment results in an estimate of the number of remaining duds in the area at the present time and, to some extent also an estimate of their approximate location. In addition to former analyses, we now also estimate the probable number of duds remaining in the area when the campaign is finished in 2020. The present analysis shows that the probable number of duds will be in the order of 30 items. The risk that this number of items imposes on the public is considered acceptable.

Innhold

Sammendrag	3
Summary	4
1 Innledning	7
2 Statistisk grunnlag	9
3 Prinsippene for den statistiske analysen	12
3.1 Grunnleggende metodikk	13
3.2 Funnsannsynlighet	13
3.3 Beregning av sannsynlig antall gjenværende objekter	15
3.4 Framskrivning av resultatene til 2020	16
3.5 Kommentar til den statistiske modellen	17
4 Resultater	18
4.1 Funnsannsynlighet	18
4.2 Gjenværende objekter	19
5 Gjenværende objekter i 2020	21
6 Restrisiko	24
6.1 Akseptabel risiko	24
Referanser	27



1 Innledning

FFI har tidligere gjennomført flere analyser relatert til ryddingen på Hjerkinnskytefelt [1,2,3]. De to siste rapportene har inneholdt en statistisk modell som anslår kvaliteten i ryddingen i form av en funnsannsynlighet og et estimat av antall gjenværende objekter i feltet.

I 2015 tok ryddingen et betydelig steg framover ved at hele feltet nå i praksis er gjennomført én eller flere ganger. Noen mindre områder er ikke saumfart, men dette er stort sett områder som karakteriseres som alpine ved at terrenget er ulendt og har en helning på mer enn 45 grader.

Siden ryddingen startet i 2006 er det gjort over 4000 funn av objekter med eksplosivt eller pyroteknisk innhold og med et kaliber på mer enn 20 mm. Av disse er for tiden 3508 objekter registrert med koordinater for funnstedet. Det er disse objektene som gjør det mulig å komme med utsagn om kvaliteten av ryddingen. Objekter uten registret funnposisjon kan ikke brukes i statistikken.

I denne rapporten tar vi også et nytt skritt ved at vi gjør et estimat av hvor mange objekter som vil ligge igjen når hele kampanjen blir avsluttet høsten 2020. En slik analyse vil naturligvis være beheftet med en del usikkerhet, men sikkerheten vil bedre seg etter hvert som ryddingen skrider fram.

Den vanskeligste delen av analysen er spørsmålet om hva slags risiko, for den enkelte og for samfunnet, de gjenværende objektene vil utgjøre. En ulykke som rammer en fotturist på grunn av et oversett objekt, vil ikke være akseptabelt. Ikke desto mindre, må samfunnet akseptere at risikoen ved å bevege seg i feltet aldri vil bli lik null, men risikoen må ikke utgjøre noen dominerende trussel i forhold andre farer et gjennomsnittsmenneske møter i hverdagen.

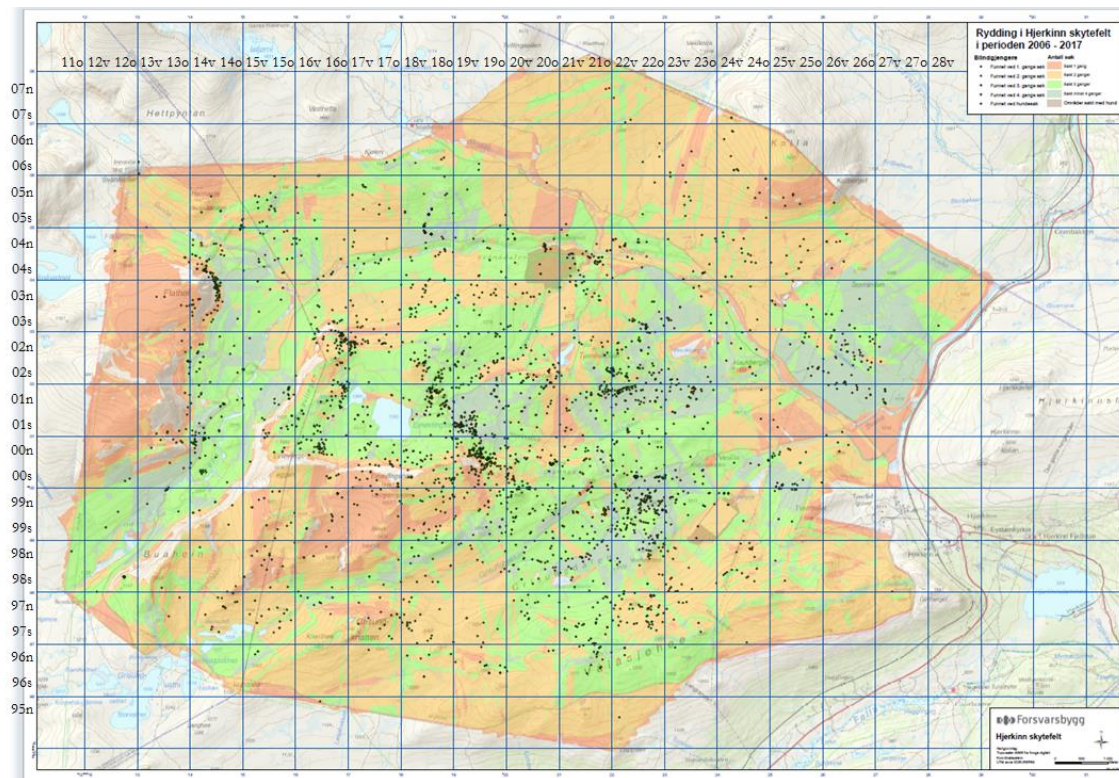
I denne rapporten vil vi presentere resultater i form av matriser hvor hvert punkt betegner en rute på 500 x 500 m (250 dekar). Hver rute er gitt en betegnelse som består av 6 karakterer etter følgende system

- De to første karakterene en km-rutes østkoordinat i UTM-systemet (2 siste siffer)
- Tredje karakter er *v* eller *o* som sier om ruten ligger vest eller øst i km-ruten
- Fjerde og femte karakter gir km-rutens nord-koordinat i UTM-systemer
- Sjette karakter er *s* eller *n* og sier om ruten ligger sør eller nord i km-ruten

Eksempelvis får 500 x 500 m ruten som ligger nordøst i km-ruten 2097 betegnelsen 20o97n.

Figuren nedenfor viser hvordan denne inndeling ligger i terrenget. Etterfølgende figurer vil kun vise selve matrisen, uten kartet i bakgrunnen. Dette er gjort for å bedre tydeligheten av tallene.

Samtidig viser kartet funnpunktene i form av svarte prikker, mens fargekoden antyder hvor mange søk som har blitt gjort i de enkelte områdene. Dette utgjør hoveddelen av det statistiske materialet vi har arbeidet med.



Figur 1.1 Kart som viser beliggenheten av koordinatsystemet samt funnpunkter og hvor mange ganger de enkelte område er gjennomført; rødbrunt – én gang, oransje – to ganger; grønt – tre ganger; blågrått – fire ganger eller mer.

2 Statistisk grunnlag

Fra Forsvarsbygg har FFI mottatt en database med 3508 objekter som inneholder følgende data:

- Objektnummer
- Betegnelse på ammunisjonen
- Høyde på funnsted
- Funntidspunkt (dato)
- Hvilken søkegruppe som fant objektet
- Eventuelle merknader
- Funntype (f eks brannrør, bombe, prosjektil osv)
- Hvilken gangs søk funnet ble gjort
- Funn posisjon (UTM-koordinater)
- Risikogruppe (A1-A5)
- Hvor mange ganger det er søkt på funnstedet

Funnene fordeler seg over hele feltet, men som ventet er tettheten av funn høyest i de sentralene delene av feltet, mens det er mer glissent med funn i ytterkantene. I figur 2.1 er funnene fordelt over ruter på 500 x 500 m..

Av de 3508 funnene er de fleste funnet ved første gangs søk. Fordelingen er som følger:

- 2452 funn er gjort ved første gangs søk
- 504 funn er gjort ved annen gangs søk
- 176 funn er gjort ved tredje gangs søk
- 43 funn er gjort ved fjerde gangs søk eller senere

I tillegg kommer 102 funn som i databasen er klassifisert som funnet i 0-te gangs søk. Dette er funn som er registret på sprengningsplassen og hvor man ikke kjenner posisjonen til funnet. Disse er ikke tatt hensyn til i den statistiske behandlingen. Fig. 2.1 viser hvor mange funn som er gjort i hver enkelt rute.

	11o	12v	12o	13v	13o	14v	14o	15v	15o	16v	16o	17v	17o	17v	18v	18o	19v	19o	20v	20o	21v	21o	22v	22o	23v	23o	24v	24o	25v	25o	26v	26o	27v	27o	28v	
07n	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
07s	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
06n	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	
06s	0	0	0	2	0	0	0	0	0	1	0	0	2	1	2	2	0	0	0	0	0	0	0	2	2	1	5	0	0	0	0	0	0	0	0	
05n	0	0	0	0	0	1	0	3	3	2	0	4	0	1	3	1	0	0	1	0	0	0	1	5	0	0	5	3	0	0	0	0	0	0	0	
05s	0	0	0	1	0	1	5	7	5	2	0	1	3	58	109	0	2	0	0	1	0	0	1	2	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	
04n	0	0	1	0	0	7	5	2	5	5	1	3	1	41	48	2	3	7	12	2	5	15	3	1	3	5	1	0	3	5	0	0	0	0	0	
04s	0	0	0	0	3	45	4	6	6	2	6	5	5	3	4	2	4	1	2	8	20	3	2	1	8	2	5	3	2	2	0	0	0	0	0	
03n	0	0	0	1	3	24	29	1	3	3	0	2	1	10	4	9	5	7	3	9	7	0	2	0	3	1	1	5	1	0	1	0	0	0	0	
03s	0	0	0	0	2	10	4	1	0	7	11	7	3	11	5	3	2	5	1	2	0	5	11	5	3	1	2	1	3	5	3	0	0	1	0	
02n	0	0	0	0	2	7	3	1	0	4	41	37	11	7	3	9	9	5	2	3	7	8	12	0	0	4	1	1	6	13	11	2	0	0	0	
02s	0	0	0	0	5	6	2	2	0	1	10	3	0	18	19	17	15	17	22	3	14	26	15	6	3	1	3	0	6	10	8	1	0	0	0	
01n	0	0	0	0	3	5	8	2	13	1	32	3	2	6	64	8	16	5	11	5	32	37	7	11	15	0	1	1	0	5	9	9	0	0	0	
01s	0	0	0	1	5	9	3	5	8	14	8	7	0	5	10	70	6	6	4	7	5	7	3	7	4	0	1	2	0	2	0	0	0	0	0	
00n	0	0	0	2	4	21	0	3	4	21	10	8	7	12	9	54	57	15	9	6	11	7	5	1	0	0	2	8	1	4	0	0	0	0	0	
00s	0	0	2	0	5	8	1	0	0	0	6	10	12	8	15	20	43	23	13	6	9	13	17	10	6	1	2	9	5	0	0	0	0	0	0	
99n	0	0	1	1	5	5	1	4	3	0	7	3	3	6	12	6	10	19	11	10	69	27	78	15	5	9	0	6	0	0	0	0	0	0	0	
99s	0	1	0	0	0	0	1	1	4	3	6	1	1	8	6	3	11	9	6	6	25	27	18	4	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	
98n	1	0	0	0	1	0	5	5	2	1	0	1	5	4	5	3	8	9	10	13	3	22	4	0	2	6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
98s	0	1	8	1	0	0	2	3	3	1	1	1	1	3	2	0	2	3	6	6	3	1	4	10	2	6	4	1	0	0	0	1	0	0	0	
97n	0	0	0	0	2	1	9	4	3	5	2	2	6	5	1	2	0	8	3	3	7	12	22	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
97s	0	0	0	0	0	2	1	1	5	0	0	1	4	9	5	1	3	1	0	10	12	6	10	1	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
96n	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	1	0	2	2	1	6	0	2	2	13	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
96s	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	5	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
95n	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figur 2.1 Antall registrerte funn i de enkelte rutene

Når man sammenligner disse tallene må man huske på at det området som er søkt minst én gang naturligvis er større enn det området som er søkt minst 2 ganger, som igjen er større enn det området som er søkt minst 3 ganger osv.

Man kan også sortere funnene i henhold til fareklasse eller risikogruppe. Definisjonen av gruppene er vist i tabell 2.1. Fordelingen mht til fareklasse er vist i tabell 2.2.

Tabell 2.1 Definisjon av risikogrupper

Risikograd	Følsomhet	EOD-tiltak
A1	Ekstremt farlig	Må ikke berøres! Ladning plasseres inntil, ikke i kontakt.
A2	Meget farlig	Kan berøres, men må ikke bevegges.
A3	Farlig	Kan berøres, men må ikke belastes i lengderetningen.
A4	Moderat farlig	Kan bevegges, løftes og flyttes en kort strekning meget forsiktig.
A5	Lite farlig	Kan håndteres som sprengstoff uten tennmidler.

Tabell 2.2 Funn fordelt over fareklasse og ved hvilken gangs leting de er funnet. 17 granater som var "kalde" er ikke med her.

Gangs søk	1	2	3	4+	uregistrert	Totalt
A1	9	3	2	0	0	14
A2	85	19	7	0	3	114
A3	1785	384	134	35	91	2429
A4	198	45	13	1	15	272
A5	363	69	22	9	196	659
Totalt	2440	520	178	45	305	3488

I tillegg er 20 funn gitt fareklasse 0, dvs vurdert som ufarlige.

Tabell 2.2 synes å vise at det ikke er noen sterk sammenheng mellom fareklasse og hvor lett de er å finne. Det vi si at det ikke er slik at de farligste objektene er lettere å finne enn de mindre farlige. Det tyder også på at eventuelle gjenværende objekter heller ikke, i gjennomsnitt, er farligere enn de objekter som hittil er funnet. Det er derfor ingen grunn til å skille mellom fareklassene i den videre analysen.

3 Prinsippene for den statistiske analysen

Dette kapitlet er en dokumentasjon av de matematiske prinsippene som er brukt. En leser som er mer interessert i resultatene kan hoppe over avsnitt 3.2 og 3.3..

Hensikten med den statistiske analysen er:

1. Bestemme kvaliteten av letingen i form av sannsynligheten for å oppdage et gitt objekt ved ett søk. Denne vil vi heretter kalle funnsannsynligheten.
2. Basert på funnstatistikk og funnsannsynlighet å finne det sannsynlige antall gjenværende objekter.
3. Gjøre et estimat at antall gjenværende objekter når letingen avsluttes i 2020.

Vi deler opp feltet i fire ulike områder alt etter hvor mange søk som er gjort. Statistikk for hvert område blir da som vist i tabell 3.1.

Tabell 3.1 Funnstatistikk fordelt over gangs søk og antall ganger det er søkt i det området funnet er gjort.

		Antall ganger området er gjennomført			
		1	2	3	4
Antall funn i søk nr.	1	327	686	759	680
	2	-	138	277	109
	3	-	-	86	90
	4	-	-	-	43

Etter hvert som stadig større arealer blir søkt for 2. eller 3. gang vil tallene i tabell 3.1 forskyves mot høyre. Når alle områder er gjennomført minst 2 ganger vil derfor tallet 327 i tabellen bli lik null.

Man kan også legge merke til at antall funn avtar med antall søk som er gjort. Dette er et positivt trekk ved statistikken. Avvik fra slike trender vill ha indikert at kvaliteten i søket var dårlig eller varierende.

3.1 Grunnleggende metodikk

Funnstatistikk kan behandles på flere måter, men den metodikken som vi har valgt å bruke bygger på at man må bestemme kvaliteten av søkene i form av en funnsannsynlighet..

- Kvaliteten av søkene må bestemmes ut fra funnstatistikk fra gjentatte søk i et område.
- Vi bruker en områdeinndeling basert på hvor mange søk som er gjort.
- Funnstatistikk fra områder som kun er søkt én gang har ingen verdi for å bestemme kvaliteten
- Funnsannsynligheten er den samme overalt i feltet.
- Funnsannsynligheten er uavhengig av hvilken type objekt det er
- Man antar at gjentatte søk har samme funnsannsynlighet

Dette anses som den beste metoden, men den har en del åpenbare svakheter

- Funnsannsynligheten må forventes å være delvis avhengig av faktorer som vegetasjon, topografi, mannskapenes treningsgrunnlag og erfaring, mannskapenes motivasjon, værforhold, søkeretning m m. Imidlertid er disse faktorer som enten ikke lar seg kvantifisere eller som det er svært vanskelig å kvantifisere.
- Man må forvente at de objektene som er lett synlige blir funnet ved første søk, og at de minst synlige blir funnet ved senere søk eller blir liggende igjen. Den foreliggende statistikken antyder at dette er tilfellet, men vi har inntil videre valgt å se bort fra det. Konsekvensen er at vi overvurderer antall gjenværende objekter så lenge det er områder som bare er gjennom søkt én gang. (se kap. 4.1)

3.2 Funnsannsynlighet

Problemstillingen er

I et område befinner det seg et ukjent N antall objekter. Det er en viss sannsynlighet at et gitt objekt kan bli funnet ved et gitt søk. Denne funnsannsynligheten er også ukjent og kalles for p . Ut fra de antall funn som er gjort, må det estimeres hvilke verdier av N og p som er mest sannsynlig. Vi må anta at p er den samme ved alle søk.

La oss, som eksempel, se på det området som er gjennom søkt tre ganger. Under første søk ble det her funnet n_1 antall funn, annen gang ble det gjort n_2 funn og tredje gang n_3 funn osv.

Under en slik prosess vil sannsynlighetsfordelingen av antall funn ved et søk være gitt av en binomisk fordeling. Sannsynligheten, ved første gangs søk, for å gjøre x antall funn i et område med N antall objekter, og hvor deteksjonssannsynligheten er p , vil være lik

$$P_1(x) = \binom{N}{x} p^x (1-p)^{N-x}$$

Binomialkoeffisienten er definert som

$$\binom{k}{m} = \frac{k!}{m!(k-m)!}$$

Ved annen gangs søk vet vi at antall objekter er redusert med antallet n_1 , men sannsynligheten for å finne et gitt objekt er den samme som før. Sannsynligheten for å finne x objekter blir da

$$P_2(x) = \binom{N-n_1}{x} p^x (1-p)^x$$

Ved tredje gangs søk er antallet redusert med ytterligere n_2 og sannsynligheten blir lik

$$P_3(x) = \binom{N-n_1-n_2}{x} p^x (1-p)^x$$

På samme vis blir sannsynligheten etter fjerdegangs søk

$$P_4(x) = \binom{N-n_1-n_2-n_3}{x} p^x (1-p)^x$$

Disse sannsynlighetsfordelingene har en forventningsverdi på hhv

$$E_1(x) = Np$$

$$E_2(x) = (N - n_1) p$$

$$E_3(x) = (N - n_1 - n_2) p$$

$$E_4(x) = (N - n_1 - n_2 - n_3) p$$

De fire fordelingene ovenfor gir oss fire likninger med to ukjente, men ettersom dette er stokastiske størrelser kan vi ikke forvente et eksakt svar. Vi kan imidlertid finne den kombinasjon av N og p som er den mest sannsynlige. Dette kan gjøres ved den såkalte minste kvadraters metode. Vi forlanger at

summen av kvadratene av de relative avvikene mellom forventet antall funn og de aktuelle antall funn skal være minst mulig.

Matematisk kan dette formuleres som

$$\frac{d}{dp} \frac{d}{dN} \sum_{i=1}^4 \left(\frac{n_i}{E_i(x)} - 1 \right)^2 = 0$$

Dette uttrykket kan enklest løses ved hjelp av et regneark hvor man lager tabeller som regner ut summen i likningen over for forskjellige verdier av N og p . Den kombinasjon av N og p som gjør summen minst vil da være den kombinasjon som er mest sannsynlig.

For de områdene som er gjennomført kun to ganger, vil man fremdeles ha to ukjente, N og p , men man vil ha bare to fordelingsfunksjoner, dvs to ukjente og to likninger. Løsningen av et slikt system vil da oppfylle kravet

$$\sum_{i=1}^2 \left(\frac{n_i}{E_i(x)} - 1 \right)^2 = 0$$

Selv om man her får en ”eksakt” løsning, så er heller ikke her svaret eksakt fordi N og n_i er stokastiske størrelser. Man kan imidlertid bruke samme løsningsmetodikk som for tre og fire søk, dvs. å benytte regneark.

I denne analysen vil man da finne funnsannsynligheten ved annen gangs søk, og ved tredje og fjerde gangs søk. Disse tre sannsynlighetene skal, ideelt sett være de samme, men beregningen vil gi tre ulike resultater. Det må derfor foretas en vektning av resultatene. Dette kan gjøres ved å vekte funnsannsynligheten med hensyn på hvor man funn som er gjort i de ulike områdene.

3.3 Beregning av sannsynlig antall gjenværende objekter

Metoden som ble skissert i forrige avsnitt ga oss en verdi for funnsannsynligheten p , men samtidig også et tall for det totale antall objekter N . Vi kjenner antall funn gjort i området slik at differensen mellom N og antall funn kan betraktes som sannsynlig antall gjenværende objekter.

I likhet med foregående avsnitt kaller vi nå antall objekter i området for N , sannsynligheten for å finne et gitt objekt er p , og antall funn som er gjort er n . Antall gjenværende objekter g i området kan da uttrykkes som

$$g = N - n$$

I tillegg har vi at

$$g = N(1 - p)$$

som, når vi eliminerer N , som er ukjent, gir

$$g = n \frac{1 - p}{p}$$

I den delen som er gjennomløst én gang vil sannsynligheten for at et gitt objekt ikke er funnet være $\bar{p}_1 = 1 - p$; i den delen som er gjennomløst to ganger vil den være $\bar{p}_2 = (1 - p)^2$; og følgelig i den delen som er søkt k ganger, $\bar{p}_k = (1 - p)^k$. Da vil antallet gjenværende objekter i de fire områdene tilsammen være

$$g = \sum_{i=1}^4 n_i \frac{\bar{p}_i}{1 - \bar{p}_i}$$

eller uttrykt med p

$$g = \sum_{i=1}^4 n_i \frac{(1 - p)^i}{1 - (1 - p)^i}$$

Når vi skal beregne antall gjenværende i en viss rute, må vi se på antall funn i ruten, ved hvilken gangs søk de ble gjort. Dersom hele ruta er søkt samme antall ganger kan vi bruke uttrykkene ovenfor. Men dersom en del av ruten ser søkt 3 ganger og en annen del er søkt 2 ganger blir det mer komplisert ved at man må betrakte de to delene separat.

3.4 Framskrivning av resultatene til 2020

For å framskrive resultatet av letingen fram til arbeidet avslutning 2020, må vi gjøre en del antakelser om hvordan arbeidet vil foregå:

- Omfanget av ryddingen forblir det samme som i de foregående sesonger; dvs. det gås manngard over et område på 30 – 50 km² per år.
- Alle områder gjennomløses minst 2 ganger. (Et fornuftig unntak kan være det høytliggende Flathø helt vest i feltet, som er vanskelig tilgjengelig og hvor det foreløpig er gjort få funn)
- Deteksjonssannsynligheten forblir den samme som er lagt til grunn i letingen til nå.
- Valg av leteområder er basert på forutsatte prinsipper man foretar søk i de 250 dekar rutene hvor det er størst mulighet for å gjøre funn.

Beregningen foregår ved man for hvert år simulerer letingen ved at det foretas leting i bestemte områder, at det gjøres et visst antall funn basert på sannsynlig antall gjenværende objekter i leteområdet.

3.5 Kommentar til den statistiske modellen

I all statistikk opererer man med usikkerheter. Usikkerheten kan ha sitt grunnlag i at målte verdier har en viss unøyaktighet, eller, som i vårt tilfelle, at grunnlaget er lang rekke av hendelser med et binært utfall. Med det menes at et medlem av en manngard passerer forbi et objekt. Det er to utfall av en slik hendelse; objektet blir oppdaget, eller det blir ikke oppdaget. Vår statistikk bygger på flere tusen slike hendelser, slik at vi står igjen med en ganske robust statistikk. En heldig faktor i vårt tilfelle er at det åpenbart er større sannsynlighet for at et objekt blir sett, enn for at det ikke blir det. Hvis det, i motsatt fall, var en lav funnsannsynlighet, f eks 20% eller mindre, ville antall funn fra hvert søk bli lavt, og man kunne oppleve store variasjoner mellom antall funn, som at antall funn i ett søk man mindre enn i et etterfølgende søk i samme område. I et slikt tilfelle ville vår modell ha brutt sammen ved at ligningene ikke ga noen fornuftig løsning.

Når vi beregner antall gjenværende objekter i feltet som helhet, vil resultatet ha en akseptabel usikkerhet. Når vi finner av antall gjenværende objekter er ca. 250, kan vi være ganske sikre på at det sanne antallet ligger et sted mellom 200 og 300. Når vi beregner antall gjenværende i en rute blir den relative usikkerheten langt større. Dersom vi i en rute beregner at det er 2 gjenværende objekter så betyr det at:

- 2 objekter er det mest sannsynlige antallet som ligger igjen
- det utelukker ikke at det kan være 5 eller 7 objekter igjen. Ingen gjenværende objekter kan også være ganske sannsynlig
- det blir derfor feil om man, etter å ha funnet 2 objekter, avslutter søket i den tro at det nå ikke er mer å finne.
- ettersom det statistiske grunnlaget endrer seg fra år til år kan man også erfare at det etter en sesong sannsynligvis er 2 igjen i en rute, men at det etter neste sesong er 3, til tross for at man i mellomtiden har funnet et objekt.

4 Resultater

4.1 Funnsannsynlighet

Resultatene etter 2017-sesongen, med de metodene som er vist i kap. 3 blir som følger.

- I de områdene hvor det er gjort 2 søk er funnsannsynligheten beregnet til 80% og det er 34 gjenværende objekter i dette området.
- I de områdene hvor det er gjort 3 søk er sannsynligheten 68% og det er 45 objekter igjen
- I de områdene som er søkt minst 4 ganger er funnsannsynligheten 61% og det vil da sannsynligvis være 24 objekter igjen
- Når vi vekter disse funnsannsynligheten med antall funn i hver av de tre kategoriene får vi at den gjennomsnittlige funnsannsynligheten er 68% som vi bruker som funnsannsynlighet i de områdene som er søkt bare én gang. Vi får dermed at det er 150 gjenværende i disse områdene.

Tabellen nedenfor oppsummerer resultatene.

Tabell 4.1 Primære resultater fra analysen

Antall ganger søkt	Antall funn	Funn-sannsynlighet	Forventet antall objekter	Antall gjenværende
1	327	68%	477	150
2	824	80%	858	34
3	1122	68%	1167	45
4	922	61%	946	24
Sum	3195		3467	251

Denne funnsannsynligheten vi har brukt for de områdene som er søkt én gang har vi ikke noe grunnlag for å si noe om, men den er et estimert. Dette estimatet kan man stille et spørsmålstegn ved, av følgende grunn:

Man observerer at funnsannsynligheten er ganske høy i de områdene som er søkt to ganger. Den er lavere der det er søkt tre ganger, og den er enda lavere der det er søkt

fire ganger. Dette kan rett og slett skyldes at sannsynligheten er størst med første gangs søkt og at den avtar med hvert søk. Årsaken til dette igjen, er at de objektene som blir funnet ved første forsøk er lettere å få øye på enn de som blir liggende igjen. Således kunne man hevde at funnsannsynligheten ved første søk kan være større enn 80%.

Antagelsen ovenfor blir imidlertid litt spekulativ og vil velger derfor å se bort fra den. Imidlertid, hvis den er korrekt, betyr det at vi har overvurdert antall gjenværende objekter i de områdene som foreløpig kun er søkt én gang. Denne usikkerheten vil forsvinne når alle områder er gjennomført minst 2 ganger.

På den annen side, de rutene hvor det til nå ikke er gjort noen funn, blir ikke med i statistikken fordi vi mangler grunnlag for å si noe om antall gjenværende objekter. Hvis det under kommende søk blir gjort funn i noen av disse rutene, vil det bidra til å øke antall gjenværende objekter. Imidlertid er dette bidraget trolig beskjedent.

4.2 Gjenværende objekter

Vi bruker metoden skissert i kap. 3 til å finne det sannsynlige antall gjenværende objekter i hver rute. Dette er vist i figur 4.1.

	11o	12v	12o	13v	13o	14v	14o	15v	15o	16v	16o	17v	17o	18v	18o	19v	19o	20v	20o	21v	21o	22v	22o	23v	23o	24v	24o	25v	25o	26v	26o	27v	27o	28v	
07n	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
07s	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
06n	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
06s	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
05n	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
05s	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
04n	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
04s	0	0	0	0	0	2	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
03n	0	0	0	0	1	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
03s	0	0	0	0	0	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
02n	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	3	5	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
02s	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
01n	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
01s	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
00n	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	2	0	1	0	1	1	8	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
00s	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	6	4	1	1	10	6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
99n	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	4	2	2	1	1	1	2	0	1	2	2	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
99s	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	5	1	1	3	2	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
98n	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
98s	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
97n	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
97s	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
96n	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
96s	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
95n	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Figur 4.1 Sannsynlig antall gjenværende objekter i hver rute etter 2017-sesongen.

Denne figuren er litt unyansert i den forstand at tallet "0" i en rute ikke nødvendigvis betyr at det ikke finnes noen gjenværende objekter i ruten, men at det er mer sannsynlig at det gjenværende antallet er 0, enn at det er 1.

Den mer nyanserte framstillingen er vist i figur 4.2 hvor det beregnete antallet gis som en tall med 2 siffer bak komma. Her kan f eks en verdi på 0,39, noe fritt, tolkes som at det er 39%

sannsynlighet for at det finnes noe der. En slik fortolkning kan imidlertid ikke brukes når tallet er av størrelsesorden 1 eller større.

	11o	12v	12o	13v	13o	14v	14o	15v	15o	16v	16o	17v	17o	18v	18o	19v	19o	20v	20o	21v	21o	22v	22o	23v	23o	24v	24o	25v	25o	26v	26o	27v	27o	28v	
07n	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
07s	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
06n	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
06s	0.00	0.00	0.00	0.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.47	0.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
05n	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.18	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.55	0.00	0.00	0.00	1.09	0.00	0.00	1.96	1.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
05s	0.00	0.00	0.00	0.08	0.00	0.08	0.00	0.00	0.30	0.28	0.00	0.00	0.00	0.93	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.55	0.00	0.00	0.00	0.16	0.00	0.00	0.16	0.24	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
04n	0.00	0.00	0.24	0.00	0.00	0.55	0.10	0.10	0.10	0.03	0.00	0.00	1.34	0.23	0.26	0.05	0.24	1.74	0.15	0.54	0.70	0.00	0.15	0.15	0.00	0.08	0.00	0.00	0.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
04s	0.00	0.00	0.00	0.00	1.65	6.74	0.00	0.15	0.31	0.26	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.25	1.57	0.47	0.20	0.00	0.20	0.00	0.00	0.23	0.31	0.63	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
03n	0.00	0.00	0.00	0.79	2.12	3.77	0.00	0.36	0.24	0.31	0.00	0.00	0.00	0.23	0.20	0.00	0.00	0.00	0.24	0.70	0.38	0.00	0.00	0.00	0.21	0.16	0.25	0.63	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
03s	0.00	0.00	0.00	0.00	1.57	3.19	0.31	0.00	0.00	0.03	1.15	1.19	0.47	0.45	0.20	0.03	0.03	0.05	0.00	0.15	0.00	0.40	0.31	0.05	0.00	0.05	0.23	0.00	0.46	0.45	0.00	0.00	0.00	0.03	
02n	0.00	0.00	0.00	0.00	0.58	1.20	0.00	0.15	0.00	0.31	3.41	5.49	1.73	0.20	0.00	0.41	0.00	0.05	0.00	0.28	0.62	0.41	0.15	0.00	0.00	0.65	0.08	0.00	0.30	1.83	0.15	0.21	0.00	0.00	
02s	0.00	0.00	0.00	0.00	0.68	0.52	0.26	0.00	0.00	0.05	0.79	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	1.76	2.33	0.45	1.46	0.33	1.14	0.10	0.00	0.00	0.24	0.00	0.63	1.25	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00	
01n	0.00	0.00	0.00	0.00	0.24	0.05	0.00	0.00	0.91	0.08	2.51	0.24	0.05	0.00	1.31	0.15	0.15	0.32	1.00	1.18	0.69	0.58	0.61	0.26	1.28	0.00	0.00	0.16	0.00	1.34	0.00	1.05	0.00	0.00	
01s	0.00	0.00	0.00	0.39	0.39	0.00	0.00	0.39	0.63	0.00	0.51	0.00	0.00	0.03	1.03	2.29	0.58	0.72	0.46	2.85	0.82	0.41	0.46	0.00	0.00	0.00	0.24	0.73	0.00	0.23	0.00	0.00	0.00	0.00	
00n	0.00	0.00	0.00	0.47	0.94	0.00	0.00	0.24	0.52	1.72	0.41	0.58	0.10	0.95	0.87	8.24	1.82	0.15	0.18	0.94	0.03	0.03	0.41	0.36	0.00	0.00	0.31	1.83	0.08	0.45	0.00	0.00	0.00	0.00	
00s	0.00	0.00	0.16	0.00	0.31	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	1.89	6.29	3.77	0.63	1.28	9.95	6.47	0.71	0.00	0.03	1.78	0.00	0.00	0.00	0.57	0.00	0.21	0.15	0.79	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
99n	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.08	1.89	0.00	0.00	4.40	2.36	2.12	0.94	1.06	0.96	1.80	0.00	0.52	1.52	1.99	1.51	3.38	0.41	0.00	0.63	0.00	0.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
99s	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.88	0.86	4.71	0.79	0.63	3.35	2.36	0.46	0.72	0.00	1.08	0.08	0.93	0.00	0.51	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
98n	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.31	0.00	2.28	1.43	1.10	0.39	0.00	0.00	0.00	0.08	0.10	0.10	0.00	1.03	0.31	0.62	0.54	0.91	0.40	0.00	0.00	0.80	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
98s	0.00	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00	0.30	1.89	1.18	0.00	0.15	0.16	0.00	0.00	0.00	0.50	0.03	0.54	0.00	0.03	0.10	0.18	0.95	0.00	0.30	0.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
97n	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.75	0.00	0.00	0.39	0.79	0.79	1.41	0.00	0.23	0.50	0.00	0.91	0.00	0.46	0.00	0.73	1.40	0.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
97s	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.13	0.00	0.00	0.00	0.40	0.00	0.00	0.41	0.03	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.23	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
96n	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13	0.00	0.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
96s	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
95n	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Figur 4.2 Beregnet gjenværende antall i hver rute gitt som med 2 siffer bak komma.

5 Gjenværende objekter i 2020

Det gjenstår tre sesonger med rydding i Hjerkinnskytefelt. Det hersker imidlertid litt usikkerhet med hensyn til hvor mye man vil klare å rydde hvert år. Begrensningen ligger først og fremst i tilgangen på letemannskaper, men det kan også oppstå logistiske problemer eller meteorologiske forhold som kan forsinke eller forhindre en planlagt gjennomføring.

Vi har derfor valgt å gjøre analysen med tre antatte årlige søkearealer:

- 30 km² pr år, dvs. totalt 90 km² eller 360 ruter a 500 x 500 m
- 40 km² pr år, dvs. totalt 120 km² eller 480 ruter a 500 x 500 m
- 50 km² pr år dvs. totalt 160 km² eller 600 ruter a 500 x 500 m

De følgende figurene (5.1- 5.3) viser hvilke ruter det bør søkes i, og hvor mange ganger det bør søkes, i tillegg til de søk som allerede er gjort. Rekkefølgen i søket, dvs. i hvilken sesong de enkelte søkene blir gjort, kan til en viss grad påvirke sluttresultatet. Imidlertid må logistiske hensyn og eventuelt andre faktorer bestemme rekkefølgen. Analysen tar hensyn til at noen ruter, hvor det kun er gjort ett søk og hvor det ikke er gjort funn, bør søkes en gang til. Området på Flathø er imidlertid unntatt fra dette kriteriet.

	11o	12v	12o	13v	13o	14v	14o	15v	15o	16v	16o	17v	17o	18v	18o	19v	19o	20v	20o	21v	21o	22v	22o	23v	23o	24v	24o	25v	25o	26v	26o	27v	27o	28v		
07n																					1															
07s																							1													
06n																1	1	1		1																
06s																																				
05n																																				
05s																																				
04n																																				
04s																																				
03n																																				
03s																																				
02n																																				
02s																																				
01n																																				
01s																																				
00n																																				
00s																																				
99n																																				
99s																																				
98n																																				
98s																																				
97n																																				
97s																																				
96n																																				
96s																																				
95n																																				

Figur 5.1 Ruter som bør avspøkes og hvor mange ganger det bør gjøres dersom årlig søkeareal er 30 km² pr år.

	11o	12v	13o	13v	14o	14v	15o	15v	16o	16v	17o	17v	18o	18v	19o	19v	20o	20v	21o	21v	22o	22v	23o	23v	24o	24v	25o	25v	26o	26v	27o	27v	28o	28v			
07n																					1																
07s																							1														
06n															1	1	1		1																		
06s																																					
05n																																					
05s																																					
04n																																					
04s																																					
03n																																					
03s																																					
02n																																					
02s																																					
01n																																					
01s																																					
00n																																					
00s																																					
99n																																					
99s																																					
98n																																					
98s																																					
97n																																					
97s																																					
96n																																					
96s																																					
95n																																					

Figur 5.2 Ruter som bør avspøkes og hvor mange ganger det bør gjøres dersom årlig søkeareal er 40 km² pr år.

	11o	12v	13o	13v	14o	14v	15o	15v	16o	16v	17o	17v	18o	18v	19o	19v	20o	20v	21o	21v	22o	22v	23o	23v	24o	24v	25o	25v	26o	26v	27o	27v	28o	28v			
07n																																					
07s																																					
06n																																					
06s																																					
05n																																					
05s																																					
04n																																					
04s																																					
03n																																					
03s																																					
02n																																					
02s																																					
01n																																					
01s																																					
00n																																					
00s																																					
99n																																					
99s																																					
98n																																					
98s																																					
97n																																					
97s																																					
96n																																					
96s																																					
95n																																					

Figur 5.3 Ruter som bør avspøkes og hvor mange ganger det bør gjøres dersom årlig søkeareal er 50 km² pr år.

I denne analysen er det forutsatt at ingen rute avspøkes mer enn tre ganger til.

Med denne strategien vil antall gjenværende objekter når kampanjen avsluttes i 2020 bli som vist i tabellen nedenfor.

Tabell 5.1 Antall forventede gjenværende objekter ved slutten av 2020.

Årlig ryddeareal	Forventet antall gjenværende objekter ved utgangen av 2020
30 km ²	38
40 km ²	27
50 km ²	20

Det må understrekes at dette er basert på funnstatistikk til og med 2017-sesongen. Vi har tidligere pekt på faktorer som kan forrykke disse resultatene, dog mest sannsynlig i positiv retning (dvs. færre gjenværende objekter). Likeledes vil også matrisen, som viser hvor man bør gjøre nye søk, også endre seg for hver sesong. Det er derfor viktig, spesielt i den kommende slutfasen, at man gjør årlige oppdateringer av de foreliggende analysene.

6 Restrisiko

Vi vil her ta utgangspunkt i at det i skytefeltet vil ligge igjen 30 objekter som kan være synlige for en turgåer. I henhold til forrige kapittel vil dette trolig være det gjenværende antall dersom det ryddes i underkant av 40 km^2 per år i de tre gjenværende sesongene.

Dersom de 30 gjenværende objektene var jevnt fordelt i feltet ville det i gjennomsnitt være 2300 m mellom hvert objekt.

Vi kan tenke oss en fotturist som går en tur på 50 km i feltet. Vi forutsetter også at all vandring foregår utenfor eventuelle veier og oppgatte stier, og at den ellers finner sted hvor som helst i feltet. Sannsynligheten for at fotturisten, under en slik tur, passerer nærmere enn 1 m fra et objekt vil være 1,9%. Det å passere innenfor 1 m fra et objekt utgjør ingen fare med mindre man kommer i berøring med objektet.

Fotturisten kan, i likhet letemannskapet, oppdage objektet. Som vi har sett har letemannskapet en deteksjonssannsynlighet på rundt 70%. Fotturisten vil ikke primært ha fokuset rettet mot marken og vil derfor ha en langt lavere deteksjonssannsynlighet. Det er først når turisten passerer på kort avstand, oppdager objektet, tar det opp og eventuelt begynner å tukle med det, at fare oppstår. Det er imidlertid ikke mulig å kvantifisere sannsynligheten for at dette skal skje.

Dersom vi antar at skrittlengden er 80 cm og det effektive fotavtrykket er $25 \times 40 \text{ cm}$ (skosålen pluss en typisk radius for et objekt) vil det være 0.12% sannsynlighet for å tråkke på et objekt i løpet av turen.

Vi det imidlertid fra studiet av moskus og blindgjengere [3] at disse dyrene må ha tråkket på slike blindgjengere flere tusen ganger, uten at det noensinne har skadet en moskus. Da må man også gå ut fra at et menneske, som har lavere marktrykk, har en sannsynlighet på mindre enn 0,01% for å utløse en blindgjenger ved tråkk. Dermed må risikoen ved å utløse et objekt være av størrelsesorden 0,00001% eller mindre.

6.1 Akseptabel risiko

Et tilbakevendende spørsmål ved all risikoanalyse er hva som kan tolereres av risiko. Dette er et komplisert spørsmål som ikke har noe klart svar. Imidlertid vil en ulykke aldri være akseptabel selv om den er et resultat av en virksomhet som opererer innenfor en akseptabel risiko.

Sett fra enkeltindividets synspunkt vil den risiko man vil ta avhenge av hva man får igjen for handlingen. F eks vil en basehopper akseptere en høy risiko, men til gjengjeld får han en spennende opplevelse. Å ta en risiko som ikke medfører noen form for belønning, og som endatil er pålagt, vil de fleste mennesker prøve å unngå.

Sett fra samfunnets synspunkt vil det være en balanse mellom risiko og nytte. Man tolererer en viss risiko innenfor transport og industri og i primærnæringene. Imidlertid vil det være mindre toleranse overfor ulykker i forbindelse med rekreasjon og fritid, forutsatt at offeret ikke kan klandres for å ha tatt noen urimelig høy risiko, eller ikke vært klar over risikoen. En ulykke som skyldes omsetning av en blindgjenger fra et skytefelt vil trolig bli møtt med stor grad av aversjon fra samfunnet.

Akseptabel risiko vil vanligvis ligge på minimum 1% av årlig normal risiko. Med normal risiko mener man sannsynligheten for å dø i løpet av ett år, hvilket for folk i arbeidsfør alder ligger på rundt 10^{-4} per år. Vi ser da bort fra risiko for sykdomsrelatert død. En risiko på en 1% av dette, dvs 10^{-6} , vil derfor i svært liten grad bidra til å forkorte den forventede levealder og vil derfor oppfattes som akseptabel.

Det er flere arbeider som prøver å kvantifisere disse forholdene. I en artikkel av Jonkman et al. [5] foreslår man å uttrykke akseptabel risiko som

$$\text{Risiko} < \beta \cdot 10^{-4} \text{ (per år)}$$

Koeffisienten β en slags frivillighetsparameter som kan graderes etter følgende skjema:

Tabell 6.1 Eksempler på β -koeffisienten i definisjonen av akseptable risiko

Type aktivitet	Intervall for β	Eksempel
Frivillig aktivitet	10 - 100	Fjellvandring
Aktivitet med god selvkontroll	1 - 10	Bilkjøring (sjåfør)
Aktivitet med lav selvkontroll	0,1 - 1	Transport (passasjer)
Ufrivillig/pålagt aktivitet	0,01 – 0,1	Fabrikkarbeid

I β -koeffisienten ligger også et element av belønning. Frivillig aktivitet gir som regel høy belønning i form av naturopplevelse, lystfølelse eller andre hormonelle reaksjoner, mens ufrivillig gir lav belønning (annet enn penger) og er ulystbetont.

Å gå fottur på Hjerkinns kan trygt karakteriseres som frivillig aktivitet, dvs. at β er lik 10 eller større. Det betyr at en årlig risiko på 10^{-3} kan være akseptabelt. For at et såpass høyt risikonivå skal være akseptabelt, må det forutsettes at de som utsettes for risikoen er bevisst på den.

Når vi betrakter den kollektive risikoen, eller risikoen sett fra samfunnets side, kommer en annen faktor inn i bildet. Dette er den såkalte aversjonsfaktoren som tar hensyn til folks aversjon eller avsky mot ulykker med stor antall drepte. Vanligvis, f eks i [5], antar man at aversjonen øker som kvadratet av antall drepte per ulykke. Dette forholdet kan vi se bort fra i vårt tilfelle fordi en ulykke som involverer flere drepte er uhyre lite sannsynlig i Hjerkinns skytefelt. På den

annen side skal man ikke se bort fra at en ulykke som skyldes en blindgjenger kan vekke mer avsky enn f eks en ulykke som følge av et steinsprang, fordi blindgjengeren har sitt opphav i menneskelig aktivitet og ikke naturens luner.

Referanser

1. Dullum Ove; Ryddingen av Hjerkinnskytefelt – en statistisk vurdering; FFI-Rapport 12/00102, 2012
2. Dullum Ove; Ryddingen av Hjerkinnskytefelt – en oppgradert vurdering; FFI-Rapport 14/01042, 2015
3. Dullum Ove; Blindgjengerfaren i Hjerkinnskytefelt – en statistisk analyse; FFI-Rapport 2003/01788, 2004
4. Jonkman S N, P H A J M van Gelder, J K Vrijling; An overview of quantitative risk measures for loss of life and economic damage; Journal of Hazardous Materials, A99, s1-30, 2003
5. Bottelsberghs P H; Risk analysis and safety policy developments in the Netherlands; Journal of Hazardous Materials, 71, s59-84, 2000

About FFI

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

FFI's MISSION

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

FFI's VISION

FFI turns knowledge and ideas into an efficient defence.

FFI's CHARACTERISTICS

Creative, daring, broad-minded and responsible.

Om FFI

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

FFIs FORMÅL

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

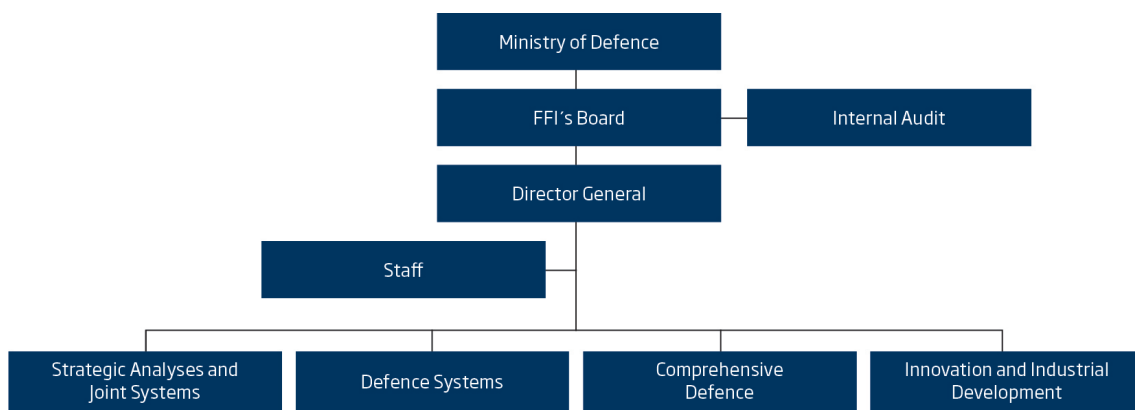
FFIs VISJON

FFI gjør kunnskap og ideer til et effektivt forsvar.

FFIs VERDIER

Skapende, drivende, vidsynt og ansvarlig.

FFI's organisation



Forsvarets forskningsinstitutt
Postboks 25
2027 Kjeller

Besøksadresse:
Instituttveien 20
2007 Kjeller

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

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

Office address:
Instituttveien 20
N-2007 Kjeller

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