

En kartlegging av kunnskap og kompetanse innen forsvarsindustrien i Norge

Arne Fevolden, Harald Andås og Jørn Christiansen

Forsvarets forskningsinstitutt (FFI)

08.06.2009

FFI-rapport 2009/01068

1024

P: ISBN 978-82-464-1586-4

E: ISBN 978-82-464-1587-1

Emneord

Stortingsmelding nr. 38 (2006/2007)

Forsvarsindustri

Kunnskap

Kompetanse

Teknologiske kompetanseområder

Godkjent av

Einar Willassen

Prosjektleder

Jan Erik Torp

Forskningssjef

Espen Skjelland

Avdelingssjef

Sammendrag

Denne rapporten presenterer resultatene fra et kartleggings- og analysearbeid av kunnskapen og kompetansen i forsvarsindustrien i Norge.

Kartleggingen er gjort på oppdrag for Forsvarsdepartementet, i tilknytning til implementeringen av Stortingsmelding nr. 38 (2006/2007) *Forsvaret og industrien – strategiske partnere*. Et av tiltakene som er beskrevet i stortingsmeldingen er at de ”8 teknologiske kompetanseområdene” skal videreutvikles og presiseres blant annet i forhold til Forsvarets kompetansebehov (jmfør St.meld. nr. 38, kapittel 11.7.3). FFI har i denne sammenheng blitt bedt av Forsvarsdepartementet om å kartlegge hva forsvarsindustrien i Norge kan tilby av varer og tjenester, hva slags kompetanse den har, videre å identifisere bedrifter som er spesielt egnet til å ta et systemintegrasjonsansvar og finne nisjer hvor forsvarsindustrien i Norge har teknologiske fortrinn i forhold til utenlandsk industri.

Kartleggingsarbeidet avdekket at forsvarsindustrien i Norge har en bred kunnskaps- og kompetansebase som dekker 2/3 av det European Defence Agency (EDA) definerer som sentrale forsvarsrelaterte kunnskap og kompetanseområder. Til tross for dette avdekket kartleggingen også at forsvarsindustrien hadde kunnskaps- og kompetansehull på områder som f.eks. halvledere, elektronisk krigføring og sensorsystemer. Noen av kunnskaps- og kompetansehullene ble betegnet som kritiske, slik som mangelen på kunnskap om smarte materialer og prosessering av tale og naturlig språk og manglende kompetanse innen informasjonsinfrastruktur tilknyttet høyere ordens ledelsesstruktur.

Det er blitt identifisert et begrenset antall forsvarsbedrifter som kan ta systemintegrasjonsansvar. Ved å benytte indikatorer som størrelse, systemintegrasjonskompetanse og kunnskaps- og kompetansebredde fremstod kun 4 forsvarsbedrifter som spesielt egnet til å ta et systemintegrasjonsansvar. Analysearbeidet avdekket også at forsvarsindustrien i Norge var i besittelse av teknologiske fortrinn i forhold til utenlandsk industri innen flere områder, som bl.a. informasjons- og kommunikasjonsteknologi, materialteknologi og mekanisk basert teknologi, og systemintegrasjon innen elektroniske, mekaniske og kommando-, kontroll- og informasjons- (KKI) systemer.

English summary

This report presents results from a survey and analysis of knowledge and competencies in the defense industry in Norway.

The mapping is done on behalf of the Norwegian Ministry of Defense, in association with the implementation of White Paper No. 38 (2006/2007) *Forsvaret og industrien – strategiske partnere*. One of the measures outlined in the White Paper is that the "8 technological competence areas" should be further developed and emphasized, among other things, in relation to the military's competence requirements (cf St.meld. no. 38, Chapter 11.7.3). FFI has in this context been asked by the Ministry to conduct a survey of what the defense industry in Norway can offer in terms of goods and services and what kind of expertise it has, and to identify which companies that are particularly suited to take a system integration responsibility, and find niches where the defense industry in Norway has technological advantage relative to foreign industry.

The survey revealed that the defense industry in Norway has a broad knowledge and skills base that covers 2 / 3 of what the European Defense Agency (EDA) defines as key defense-related knowledge and competence areas. Despite that, the survey also revealed that the defense industry had knowledge and competence gaps in areas such as semiconductors, electronic warfare and sensor systems. Some of the knowledge and competence gaps were considered to be critical, such as lack of knowledge of smart materials, speech and natural language processing and lack of expertise in infrastructure to support information and dissemination at a strategic command level.

The analysis reached the conclusion that there are a limited number of defense companies that can take system integration responsibility. By using indicators such as size, system integration expertise and knowledge and competence width, the analysis showed that it was only 4 defense firms that were particularly suited to take a system integration responsibility. The analysis also revealed that the defense industry in Norway was in possession of a technological advantage in relation to foreign industry in several areas, such as the information and communication technology, material and mechanical based technologies, and system integration in the electronic, mechanical, and command, control and information- (CCI) systems.

Innhold

	Tabeller	7
	Figurer	7
	Bilder	7
	Kartleggingstabeller	7
1	Innledning	9
1.1	Bakgrunn	9
1.2	Gjennomføringen av kartleggingen	10
1.3	Organisering av rapporten	10
2	Forsvarsindustrien i Norge – kunnskap, kompetanse og karaktertrekk	11
2.1	Kunnskap og kompetanse i forsvarsindustrien	11
2.2	Hva menes med forsvarsindustri og forsvarsrelatert kunnskap og kompetanse?	11
2.3	Forsvarsindustrien i Norge – en oversikt	12
2.3.1	Størrelse og fordeling	13
2.3.2	FoU og innovasjon	14
2.3.3	Forsvarsrelatert omsetning og geografisk spredning	15
2.4	Eksport og kunnskaps- og kompetansemessig "dybde"	17
2.5	Tidligere studier – utviklingen av de 'teknologiske kompetanseområdene'	19
2.6	Presisering av de teknologiske kompetanseområdene	20
2.7	Konklusjon og oppsummering	21
3	Klassifisering av kunnskap og kompetanse i forsvarsindustrien i Norge med EDAs teknologitaksonomi	22
3.1	Klassifisering av forsvarsrelatert kunnskap og kompetanse	22
3.2	EDAs teknologiklassifisering – oppbygning og konseptuelle og metodologiske problemer	22
3.2.1	Oppbygningen av EDAs teknologitaksonomi	23
3.2.2	Konseptuelle problemer	26
3.2.3	Metodologiske problemer – utvalget	27
3.2.4	Metodologiske problemer - klassifiseringsarbeidet	28
3.3	Kunnskaps- og kompetansekartlegging	29

3.4	Styrker og svakheter ved kunnskapen og kompetansen i norsk forsvarsindustri	39
3.4.1	Kunnskaps- og kompetansehull i forsvarsindustrien i Norge	40
3.5	Konklusjon og oppsummering	43
4	Analyse av kunnskap og kompetanse i forsvarsindustrien	44
4.1	Systemintegreringsansvar og dyktighet	44
4.2	Systemintegrasjonsansvar	44
4.2.1	Hvor mange bedrifter kan ta systemansvar?	46
4.3	Hvor er vi gode?	48
4.3.1	10-på-topp kunnskap og kompetanse	48
4.3.2	Eksport	50
4.3.3	Innen hvilke av de 8 teknologiske kompetanseområdene er vi gode?	54
4.4	Konklusjon og oppsummering	55
5	Konklusjon	56
	Referanser	57
	Appendix A	58
A.1	EDAs teknologitaksonomi	58

Tabeller

Tabell 2.1: Fordeling av FSi medlemsbedrifter etter størrelseskategori	13
Tabell 2.2: Fordeling av forsvarsbedrifter etter kompetanseområder (kilde: FFIs spørreundersøkelse, se Fevolden, Karlsen og Ringdal, 2008)	14
Tabell 2.3: Andel bedrifter som har introdusert produkt- eller prosessinnovasjoner (Kilde: SSBs FoU og innovasjonsundersøkelse)	15
Tabell 2.4: Andel bedrifter som selv utførte forskning og utviklingsarbeid (FoU) (Kilde: SSBs FoU og innovasjonsundersøkelse)	15
Tabell 2.5: Eksportandel av forsvarsrelatert omsetning, fordelt etter størrelse	18
Tabell 2.6: Teknologiske kompetanse- og satsningsområder for Forsvaret og norsk forsvarsindustri (kilde: St prp 1 (1991-1992))	20
Tabell 2.7: De teknologiske kompetanseområdene slik de er presentert i St prp 1 (2005-2006)	20
Tabell 3.1: Oversikt over hovedkategoriene i EDAs A-område (kunnskap)	24
Tabell 3.2: Oversikt over hovedkategoriene i EDAs B-område (kompetanse)	25
Tabell 3.3: Eksempelutdrag fra kunnskapsmatrisen	26
Tabell 3.4: Antall forsvarsbedrifter fordelt etter størrelse	30
Tabell 3.5: Kunnskapshull (underkategorier i A-listen som ingen bedrifter besitter)	41
Tabell 3.6: Kompetansehull (underkategorier i B-listen som ingen bedrifter besitter)	42
Tabell 4.1: Oversikt over indikatorer for systemintegrasjonsansvar	47
Tabell 4.2: 10-på-topp Kunnskap (EDAs A-liste)	49
Tabell 4.3: 10-på-topp kompetanse (EDAs B-liste)	50
Tabell 4.4: Våpenstasjoner	52
Tabell 4.5: Elektronisk utstyr og deler til elektronisk utstyr, f.eks. samband, avstandsmåler, lys/nattutstyr osv.	52
Tabell 4.6: Ammunisjon / Sprengstoff og deler til ammunisjon, prosjektiler osv.	53

Figurer

Figur 2.1: Prosentandel forsvarsrelatert omsetning (kilde: FFIs spørreundersøkelse, se Fevolden et al. 2008)(den stiplede linjen er en regresjonslinje som viser løpende gjennomsnitt)	16
Figur 2.2: Geografisk spredning av forsvarsbedriftene (kilde: registrert foretningsadresse).....	17
Figur 2.3: Spredning i eksportandel, fordelt etter antall ansatte (kilde: FFIs spørreundersøkelse, se Fevolden et al. 2008).....	19
Figur 3.1: Utdrag fra EDAs teknologitaksonomi.....	23
Figur 3.2: A1- Structural & Smart Materials & Structural Mechanics (Eksempel).....	30
Figur 4.1: Eksport av forsvarsmateriell i 2007 målt i kroner og fordelt etter varegruppe (kilde: Stortingsmelding nr. 29 (2007/2008) Eksport av forsvarsmateriell frå Noreg i 2007, eksportkontroll og internasjonalt ikkje-spreiingssamarbeid)	51

Bilder

Bilde 4.1: Protector er en av de mest kjente våpenstasjonene (kilde: Kongsberggruppens hjemmesider) ..	53
--	----

Kartleggingstabeller

Kartleggingstabell 1: A01 – Structural & Smart Materials & Structural Mechanics.....	31
Kartleggingstabell 2: A02 – Signature Related Materials	31
Kartleggingstabell 3: A03 – Electronic Materials Technology.....	32
Kartleggingstabell 4: A04 – Photonic/ Optical Materials & Device Technology.....	32
Kartleggingstabell 5: A05 – Electronic, Electrical & Electromechanical Device Technology	32
Kartleggingstabell 6: A06 – Energetic Materials and Plasma Technology	33

Kartleggingstabell 7: A07 – Chemical, Biological & Medical Materials	33
Kartleggingstabell 8: A08 – Computing Technologies & Material Techniques	33
Kartleggingstabell 9: A09 – Information and Signal Processing Technology	34
Kartleggingstabell 10: A10 – Human Sciences.....	34
Kartleggingstabell 11: A11 – Operating Environment Technology.....	34
Kartleggingstabell 12: A12 – Mechanical, Thermal & Fluid-Related Technologies & Devices	35
Kartleggingstabell 13: B01 – Lethality & Platform Protection	35
Kartleggingstabell 14: B02 – Propulsion and Powerplants	35
Kartleggingstabell 15: B03 – Design Technologies for Platforms and Weapons	36
Kartleggingstabell 16: B04 – Electronic Warfare and Directed Energy Technologies	36
Kartleggingstabell 17: B05 – Signature Control and Signature Reduction	36
Kartleggingstabell 18: B06 – Sensor Systems	37
Kartleggingstabell 19: B07 – Guidance and Control Systems for Weapons and Platforms.....	37
Kartleggingstabell 20: B08 – Simulators, Trainers and Synthetic Environments	37
Kartleggingstabell 21: B09 – Integrated Systems Technology	38
Kartleggingstabell 22: B10 – Communications and CIS-related Technologies	38
Kartleggingstabell 23: B11 – Personnel Protection Systems	38
Kartleggingstabell 24: B12 – Manufacturing Processes/ Design Tools/ Techniques.....	39

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

St.meld. nr. 38 (2006-2007) *Forsvaret og industrien – strategiske partnere* beskriver Regjeringens strategi for samarbeidet mellom Forsvaret og industrien. I meldingen vises det til Soria Moria-erklæringen der det legges vekt på at næringslivet skal gis stabile, forutsigbare og konkurransedyktige rammebetingelser, hvor staten er engasjert i partnerskap med næringsliv og arbeidstakere. Strategien har følgende målsetting (St.meld. nr. 38, kapittel 1):

Strategien skal bidra til å videreutvikle norsk industris kompetanse til å understøtte Forsvarets materiellbehov, styrke norsk industris muligheter til å delta i internasjonalt materiellsamarbeid, og sørge for at norske bedrifter blir satt best mulig i stand til å levere materiell og tjenester til Forsvaret når dette anses hensiktsmessig

Forsvarets Forskningsinstitutt (FFI) ved prosjekt 1024 *Materiellanskaffelser og industrielt samarbeid* bistår Forsvarsdepartementet (FD) med ulike tiltak i forbindelse med implementering av St.meld. nr. 38. Oppdraget som denne rapporten beskriver skal bistå FD med å presisere de 8 teknologiske kompetanseområdene, jamfør St.meld. nr. 38, kapittel 11.7.3:

Forsvarsdepartementet vil, basert på Forsvarets behov, bruke de 8 teknologiske kompetanseområdene, jf. kap. 4.6, som et verktøy for prioritering av samarbeidsprosjekter. Departementet vil også arbeide aktivt for å videreutvikle de teknologiske kompetanseområdene, blant annet når det gjelder en nærmere presisering av kompetansebehovene [forfatters uthevnin]. En presisering vil kunne medvirke til å forbedre kvaliteten på innholdet i gjenkjøp. Videreutvikling av de teknologiske kompetanseområdene for samarbeid mellom Forsvaret og industri i Norge skal ta utgangspunkt i Forsvarets behov. Arbeidet med å definere slike områder må også sees i lys av regjeringens næringspolitiske prioriteringer.

FFI har i denne sammenheng blitt bedt av FD om å besvare følgende spørsmål:

- Hva slags produkter og tjenester kan forsvarsindustrien i Norge tilby og hva slags kompetanse har industrien?
- Hva er forsvarsindustrien i Norge god på?
- Hvilke bedrifter kan ta et systemintegrasjonsansvar?

Det første spørsmålet er en kartleggingsoppgave hvor FFI er bedt om å skape en oversikt over hva forsvarsindustrien i Norge i vid forstand "kan noe om", det andre og tredje spørsmålet er analyseoppgaver hvor FFI er bedt om identifisere bedrifter som er spesielt egnet til å ta et systemintegrasjonsansvar og nisjer hvor forsvarsindustrien i Norge har teknologiske fortrinn i forhold til utenlandsk industri.

1.2 Gjennomføringen av kartleggingen

Spørsmålet om ”hva slags produkter og tjenester kan forsvarsindustrien i Norge tilby og hva slags kompetanse har industrien” er svært omfattende og noe uklart. For å gjøre problemstillingen håndterbar, uten at man bryter med intensjonen bak spørsmålet, har vi valgt å skille mellom kunnskap og kompetanse, slik at kunnskap sier noe om hva bedriften *vet noe om* i en vitenskapelig forstand og hva den kan produsere i fremtiden, mens kompetanse sier noe om hva bedriften *kan få til* i en ingeniørmessig forstand og hva den kan produsere i dag. I tråd med denne tankegangen har vi derfor kalt rapporten for ”en kunnskap og kompetanse kartlegging av forsvarsindustrien i Norge”.

Et annet aspekt ved kartleggingsoppdraget fra FD som er uklart er hva slags ”produkter og tjenester” og hva slags ”kompetanse” som skal være med i analysen. Forsvarsbedriftene har en vesentlig andel av omsetningen sin i sivile markeder og besitter en betydelig mengde sivilt rettet kunnskap og kompetanse. Fordi det er mindre interessant å kartlegge de sivile aspektene ved forsvarsindustrien har vi valgt å benytte oss av European Defence Agency’s (EDA) teknologitaksonomi for å skille ut de kunnskaps- og kompetanseområdene som er forsvarsrelaterte. EDAs teknologitaksonomi gir god oversikt over de forsvarsrelaterte teknologiområdene og har en inndeling som harmonerer med vårt skille mellom kunnskap og kompetanse.

De primære kildene som har blitt benyttet i rapporten til å kartlegge hva slags kunnskap og kompetanse forsvarsbedriftene besitter, er bedriftenes egne hjemmesider. I tillegg har også annet tilgjengelig informasjonsmaterieell blitt benyttet, herunder bedriftspresentasjoner på FSis hjemmesider og i informasjonsheftene som ”Norway exports, defence & security technology – showcasing Norwegian Industry Capabilities”.

1.3 Organisering av rapporten

Rapporten er organisert slik at kapittel 2 tar for seg en kort beskrivelse av de aspektene av forsvarsmarkedet og forsvarsindustrien i Norge som er relevant for kartleggings- og analysearbeidet. Kapittel 3 presenterer resultatene fra kartleggingen av forsvarsindustrien i Norge og tilhørende konseptuelle og metodologiske problemer. Kapittel 4 presenterer resultatene fra analysearbeidet og sier noe om på hvilke forsvarsbedrifter som kan ta et systemintegrasjonsansvar og hvilke områder forsvarsindustrien er god på.

2 Forsvarsindustrien i Norge – kunnskap, kompetanse og karaktertrekk

2.1 Kunnskap og kompetanse i forsvarsindustrien

Det stilles vanligvis høye krav til forsvarsmateriell. Produktene skal ofte dekke kritiske behov og kundene har dermed lav toleranse for feil. Marginale forbedringer i ytelse kan også resultere i store operative gevinster og mange kunder legger dermed vekt på at materiellet befinner seg i front av den teknologiske utviklingen. I tillegg er materiellet sjelden ”hylleware”, men må tilpasses og videreutvikles i nært samarbeid med kunden slik at det kan dekke konkrete operative behov. Dette har gjort at forsvarsbedrifter ofte må gjøre betydelige investeringer i kunnskap, kompetanse, forskning og utvikling for å være konkurransedyktige, og av den grunn er det vanlig å betegne forsvarsindustrien som kunnskapsintensiv og forsvarsbedrifter som høyteknologiselskaper.

Bortsett fra å måtte innfri ”høye krav” har forsvarsmateriell få andre fellestrekk¹. Forsvarsmateriell er en uensartet produktgruppering som inneholder alt fra enkle industriprodukter til avanserte programvareløsninger. Følgelig er heller ikke forsvarsindustrien en industri i vanlig forstand – hvor bedriftene produserer likeartede produkter med likeartede produksjonsmetoder – men heller en samling bedrifter innen forskjellige typer virksomheter som kun har det til felles at de leverer produkter og tjenester til norsk eller utenlandsk forsvar. Disse forskjellene gjør at det er vanskelig og definere hva forsvarsindustri er og hva som gjelder som forsvarsrelatert kunnskap og kompetanse.

I denne delen av rapporten vil vi først prøve å komme frem til en klar definisjon av som menes med ’forsvarsindustrien i Norge’ og hva vi skal forstås som ’forsvarsrelatert kunnskap og kompetanse’. Deretter vil vi se på noen aspekter av forsvarsindustrien som er relevant i forhold til kunnskaps- og kompetansekartleggingen senere i rapporten og så gå igjennom tidligere studier av kompetansen i forsvarsindustrien og relatere dem til vår tilnærming.

2.2 Hva menes med forsvarsindustri og forsvarsrelatert kunnskap og kompetanse?

Når man skal definere vitenskapelige begreper operer man ofte på to nivåer. På den ene siden ønsker man en definisjon som klart avgrenser det studieobjektet man er interessert i – i vårt tilfelle betyr det at ’forsvarsindustrien i Norge’ blir definert på en slik måte at alle bedrifter som driver med forsvarsrelatert virksomhet blir inkludert (teoretisk definisjon); på den andre siden ønsker man også en definisjon som er forskbar – i vårt tilfelle betyr det at ’forsvarsindustrien i Norge’ blir definert på en slik måte at man finner alle bedriftene i utvalget og informasjon om dem (operasjonell definisjon). I de fleste tilfeller er det en viss grad av konflikt mellom disse to

¹ Et mulig annet fellestrekk ved forsvarsmateriell er at det må tåle store påkjenninger fra krevende miljø.

definisjonene, noe som gjør at det er et sprik mellom hva vi ønsker å si noe om og hva man faktisk er i stand til å si noe om.

Det er vanlig å definere forsvarsindustri som leverandører av forsvarsmateriell eller forsvarsrelatert materiell og tilhørende teknologi og tjenester (fra nå brukes kun ”forsvarsmateriell”). Og vi vil i denne rapporten definere forsvarsindustrien i Norge som leverandører av forsvarsmateriell som operer i Norge uavhengig av eierskap. Selv om denne definisjonen klart avgrenser forsvarsindustrien i Norge fra annen industri er det i praksis svært vanskelig å finne frem til alle selskapene som leverer forsvarsmateriell. Av den grunn har vi i denne rapporten valgt å begrense oss til FSis medlemmer da vi skulle danne utvalget som ble med i kunnskap og kompetansekartleggingen (en grundigere diskusjon om implikasjonene ved dette valget følger i kapittel 3).

Forsvarsrelatert kunnskapen og kompetansen er heller ikke lett å definere. I denne rapporten har vi valgt å definere kunnskap og kompetanse slik at kunnskap sier noe om hva bedriften *vet noe om* i en vitenskapelig forstand mens kompetanse sier noe om hva de *kan få til* i en ingeniørmessig forstand. Kunnskap sier altså noe om bedriftens utviklingspotensial og hva den kan produsere i fremtiden, mens kompetanse sier noe om hvilke industrielle prosesser bedriften mestrer og hva den kan produsere i dag. Ved å skille mellom kunnskap og kompetanse er vi i stand dekke flere aspekter av bedriftens teknologibase – fra innsikt og potensial til konkrete industrielle kapabiliteter. Vi definerer dermed forsvarsrelatert kunnskap og kompetanse som kunnskap og kompetanse som inngår i leveranser av forsvarsmateriell eller forsvarsrelatert materiell og tilhørende teknologi og tjenester.

I likhet med definisjonen av forsvarsindustri er det i praksis vanskelig å skille sivil fra forsvarsrelatert kunnskap og kompetanse. For å definere hva slags kunnskaps- og kompetanseområder som er forsvarsrelatert har vi valgt å benytte oss av European Defence Agency's (EDA) teknologitaksonomi. EDAs teknologitaksonomi gir en detaljert og vidtfavnende gjennomgang av de forsvarsrelaterte teknologiområdene og har en inndeling som passer med vårt skille mellom kunnskap og kompetanse. Dermed er den godt egnet for vårt formål (mer om dette i neste kapittel).

2.3 Forsvarsindustrien i Norge – en oversikt

Forsvarsindustrien er en uensartet gruppering av bedrifter som ikke nødvendigvis har noe mer til felles enn at de leverer produkter og tjenester til norsk eller utenlandsk forsvar. Når man skal kartlegge kunnskapen og kompetansen innen en slik gruppering er det viktig å ha en forståelse av disse forskjellene ettersom kunnskap og kompetanse er kontekstavhengige størrelser. Små IT firmaer kan være med på å utvikle verdensledende løsninger, mens mindre skipsverft sjelden får ansvaret for å bygge store og avanserte fartøyer. I hvilken grad kunnskapen og kompetansen er betydningsfull og anvendbar er ofte avhengig av konteksten. I denne delen av rapporten vil vi prøve å beskrive noen av de aspektene ved forsvarsindustrien i Norge som blir relevante senere når vi skal kartlegge og analysere kunnskapen og kompetansen i forsvarsindustrien.

2.3.1 Størrelse og fordeling

Forsvarsindustrien i Norge består av noen få store og et større antall små og mellomstore bedrifter (SMB). Tabellen nedenfor gir en oversikt over de av FSis medlemsbedrifter som inngår i vår kunnskaps- og kompetansekartlegging, fordelt etter størrelse. Som vi kan se av tabellen er det kun 15 % av bedriftene som har over 250 ansatte og hele 32 % har 9 eller færre ansatte. Bruker vi den vanlige definisjonen av små og mellomstore bedrifter som bedrifter som har færre enn 250 ansatte, ser vi at hele 85 % av forsvarsbedriftene er SMBer.

Tabell 2.1 Fordeling av FSi medlemsbedrifter etter størrelseskategori

	# Ansatte	Antall	%-andel
Mikrobedrifter	0 – 9	26	32 %
Små bedrifter	10 – 49	27	33 %
Mellomstore bedrifter	50 – 249	16	20 %
Store bedrifter	250 -	12	15 %
Totalt		81	100 %

Forsvarsbedriftene har svært forskjellig bransjetilhørighet og besitter relativt forskjelligartet kompetanse. Tabellen nedenfor viser hvordan forsvarsbedriftene har definert sin egen kompetanse innenfor FDs 8 teknologiske kompetanseområder. Som vi kan se av tabellen har flest bedrifter oppgitt at deres kompetanse faller innenfor området *Informasjon og kommunikasjonsteknologi* (23 %), tett etterfulgt av *Systemintegrasjon* (20 %). De to minste kompetanseområdene var *undervannsteknologi og sensorer* (6 %) og *våpen- og rakettmotorteknologi, ammunisjon og militære sprengstoff* (4 %), noe som ikke er så overraskende tatt i betraktning hvor kapitalintensive disse områdene kan være.

Tabell 2.2: Fordeling av forsvarsbedrifter etter kompetanseområder (kilde: FFIs spørreundersøkelse, se Fevolden, Karlsen og Ringdal, 2008)

FDs teknologiske kompetanseområder	Totalt	%-andel
Informasjons og kommunikasjonsteknologi	23	23 %
Systemintegrasjon	20	20 %
Missilteknologi og autonome våpen og sensorsystemer	9	9 %
Undervannsteknologi og sensorer	6	6 %
Simuleringsteknologi	8	8 %
Våpen- og rakettmotorteknologi, ammunisjon og militære sprengstoff	4	4 %
Materialteknologi	10	10 %
Maritim teknologi	10	10 %
Klassifisering ikke egnet	12	12 %
Sum	102	100 %

Kommentar: bedriftene har i snitt valgt to kompetanseområder

Både variasjoner i størrelse og sektortilknytning gjør at forsvarsbedriftene ikke er direkte sammenlignbare. Det er vanskelig å si at en bedrift besitter mer eller mindre kunnskap eller kompetanse enn en annen når størrelse kan gjøre at dybden i kunnskapen og kompetansen er ulik og forskjeller i kunnskap og kompetanseområde de besitter gjør at spørsmål om ”mest” eller ”best” blir som å ”sammenligne epler og appelsiner”.

2.3.2 FoU og innovasjon

Som det ble antydnet i begynnelsen av dette kapittelet stilles det høye krav til forsvarsmateriell, og forsvarsindustrien betegnes ofte som kunnskapsintensiv. Dette kommer særlig tydelig frem når vi ser på resultatene fra SSBs undersøkelse om FoU og innovasjon. Gjennom å analysere dataene i denne undersøkelsen kan vi se at forsvarsbedriftene er betydelig mer innovative enn andre næringer i Norge generelt sett (dvs. de næringer som deltar i SSBs undersøkelse). Bl.a. svarer 58 % av forsvarsbedriftene at det har introdusert produkt- eller prosessinnovasjoner i perioden 2004-2006, mens tilsvarende tall for alle næringer er 21 % (se tabellen nedenfor). Det er også viktig å være oppmerksom på at i forsvarsindustrien i Norge driver selv de minste bedriftene med produkt- og prosessutvikling.

Tabell 2.3: Andel bedrifter som har introdusert produkt- eller prosessinnovasjoner (Kilde: SSBs FoU og innovasjonsundersøkelse)

Antall ansatte	Antall bedrifter med produkt- eller prosessinnovasjon	Utvalg	Andel med produkt- eller prosessinnovasjon
Mindre enn 5	7	13	53,9 %
5 til 9	5	12	41,7 %
10 til 19	10	18	55,6 %
20 til 49	9	15	60,0 %
50 til 200	10	14	71,4 %
Flere enn 200	8	12	66,7 %
Totalt	49	84	58,3 %

I forhold til forsknings- og utviklingsinnsats (FoU) er forskjellene mellom forsvarsbedrifter og næringslivet generelt enda større. Nærmere 53 % av forsvarsindustribedriftene svarer i undersøkelsen at de selv har utført FoU-arbeid mot 12 % for alle næringer. Igjen ser vi at de minste forsvarsbedriftene i nesten like stor grad som de største selv utfører forsknings- og utviklingsarbeid

Tabell 2.4: Andel bedrifter som selv utførte forskning og utviklingsarbeid (FoU) (Kilde: SSBs FoU og innovasjonsundersøkelse)

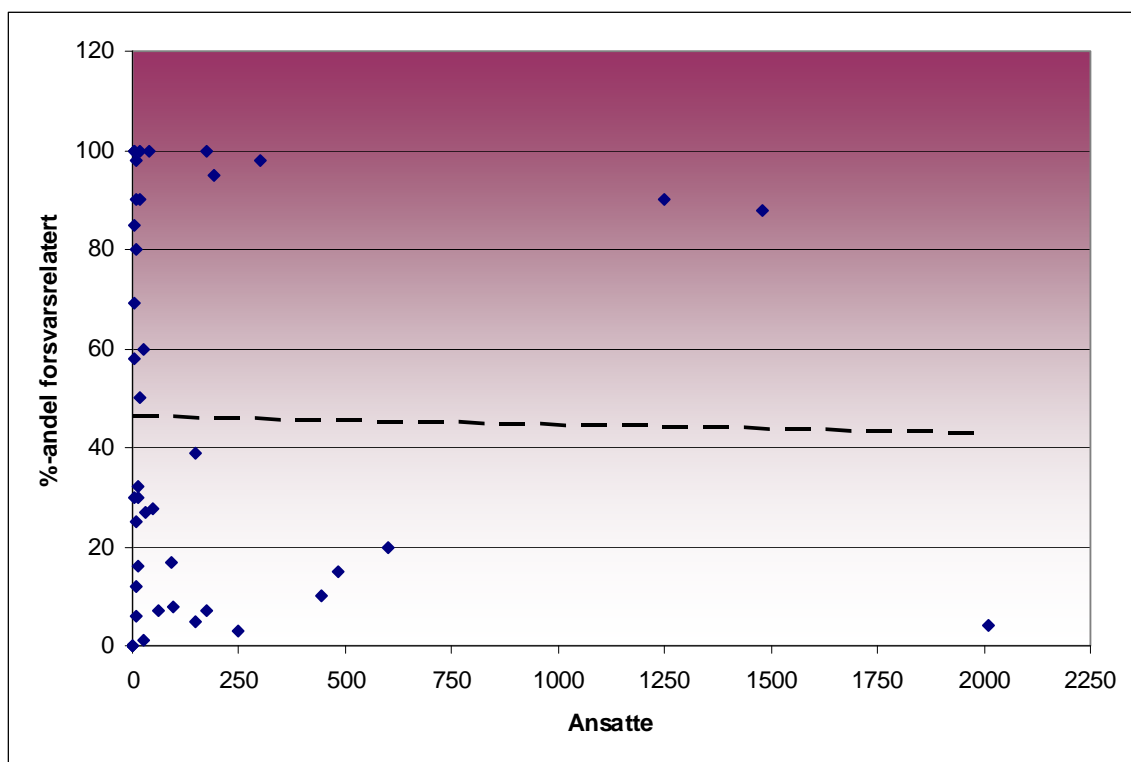
Antall ansatte	Antall bedrifter i utvalget	Antall bedrifter med FoU	%-Andel med FoU	Næringslivet Generelt
Mindre enn 5	8	4	50,0 %	
5 til 9	12	4	33,3 %	7,1 %
10 til 19	17	7	41,2 %	9,5 %
20 til 49	15	8	53,3 %	16,7 %
50 til 200	14	10	71,4 %	33,2 %
Flere enn 200	12	8	66,7 %	48,3 %
Totalt	78	41	52,6 %	12,2 %

Høy innovasjonstakt og stor FoU-innsats gjør at forsvarsbedriftene skiller seg fra næringslivet forøvrig. Spesielt gjelder dette blant de små bedriftene som er betydelig mer innovative og FoU intensive enn bedrifter av tilsvarende størrelse i andre næringer. Dette gjør at det også er viktig å gi en detaljert beskrivelse av de små og mellomstore forsvarsbedriftene når man kartlegger kunnskapen og kompetansen i forsvarsindustrien.

2.3.3 Forsvarsrelatert omsetning og geografisk spredning

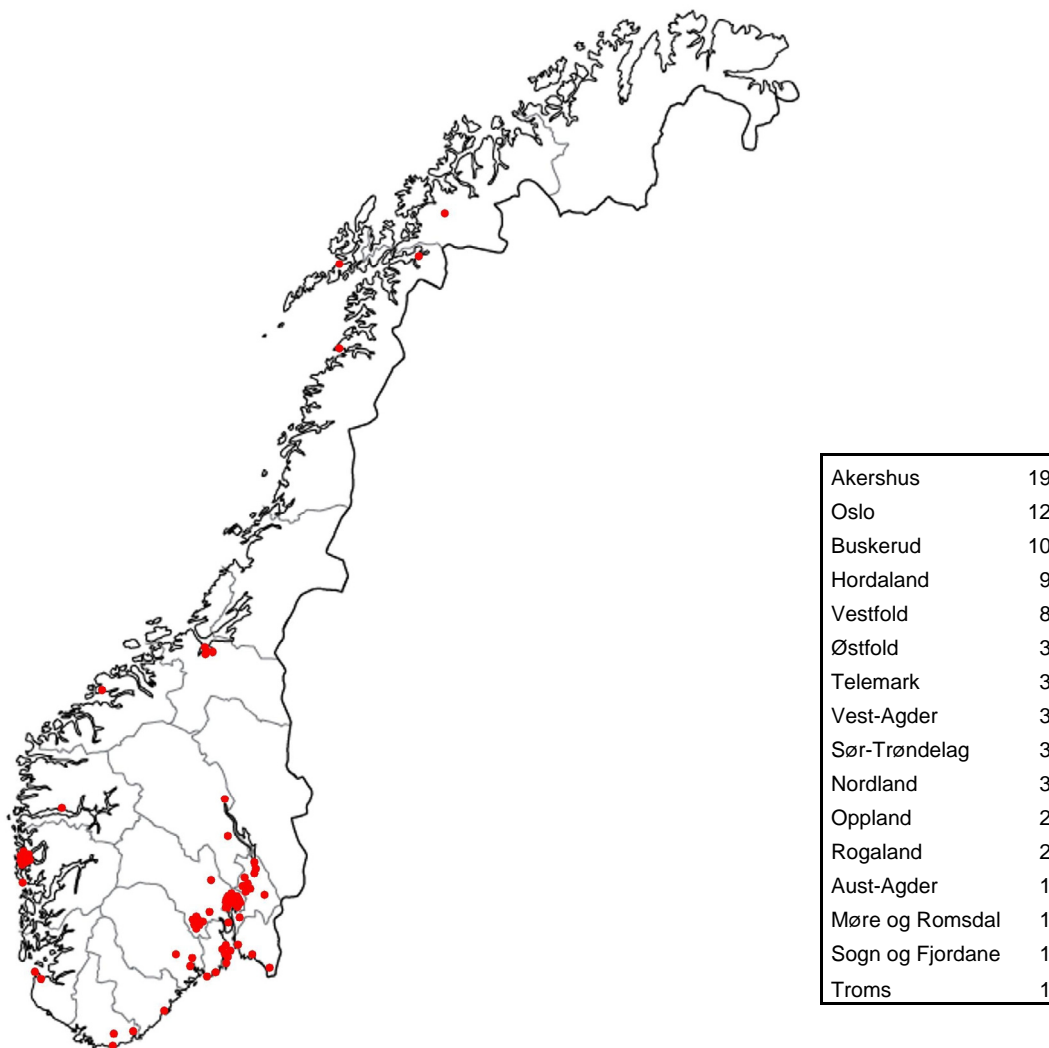
Kunnskapen og kompetansen innen forsvarsindustrien i Norge støtter seg både på sivile markeder og lokal forankring. Endringer i de sivile markedene eller lokale industristrukturen kan styrke eller svekke kunnskapen eller kompetansen i industrien.

Det er et sterkt sivilt innsalg i forsvarsindustrien. Tabellen nedenfor viser hvor stor andel av forsvarsbedriftenes omsetning i 2006 som var forsvarsrelatert. I gjennomsnitt for alle forsvarsbedriftene sett under ett var andelen forsvarsrelatert omsetning på ca. 46 %. Men som vi kan se av tabellen er det store forskjeller mellom bedriftene: noen bedrifter er nesten "rene" forsvarsbedrifter, mens andre er nesten "rene" sivile bedrifter. Det er viktig å ta med i betraktningen at mye av det en kartlegging avdekker kan i hovedsak være sivilt innrettet kunnskap og kompetanse og at denne kunnskapen og kompetansen kan forvitne hvis de sivile markedene skulle minke eller forsvinne.



Figur 2.1 Prosentandel forsvarsrelatert omsetning (kilde: FFIs spørreundersøkelse, se Fevolden et al. 2008)(den stiplede linjen er en regresjonslinje som viser løpende gjennomsnitt)

Forsvarsbedriftene er spredt geografisk utover store deler av landet. Som vi kan se av figuren nedenfor ligger hovedtyngden i østlandsområdet, med Kongsberg, Oslo/Akershus og Raufoss som regionale sentra. Det er også et betydelig antall bedrifter langs kysten av Vestlandet og noen spredte bedrifter i Nord-Norge. Lokaliseringen sier noe om hvilke betingelser forsvarsbedriftene er avhengige av for å opprettholde sine kunnskaps- og kompetansebasen. F.eks. er flere av forsvarsbedriftene som er lokalisert på Vestlandet svært avhengige av de andre maritime næringene for å opprettholde infrastruktur og et marked for kvalifiserte arbeidstakere.



Figur 2.2: Geografisk spredning av forsvarsbedriftene (kilde: registrert foretningsadresse)

Det er viktig å se kunnskapen og kompetansen til forsvarsbedriftene i sammenheng med de sivile markedene de operer i og den lokale industristrukturen de er del av. Forsvarsbedriftene har både en stor andel sivil omsetning og en sterk lokal tilknytning. Endringer innen de sivile markedene eller den lokale industristrukturen kan dermed være av stor betydning for kunnskapen og kompetansen i forsvarsindustrien².

2.4 Eksport og kunnskaps- og kompetansemessig ”dybde”

Forsvarsmarkedene er politisk styrt som en integrert del av nasjonal sikkerhetspolitikk, og det er derfor vanskeligere å eksportere forsvarsrelaterte enn sivile varer og tjenester. Norske forsvarsbedrifter oppgir også at det er større konkurranse om utenlandske kontrakter enn norske (Fevolden, Karlsen og Ringdal, 2008). Dermed kan man i alle fall til en viss grad se eksport som

² Se f.eks. Reve, T. og Jakobsen, E. W. (2001) *Et verdiskapende Norge*

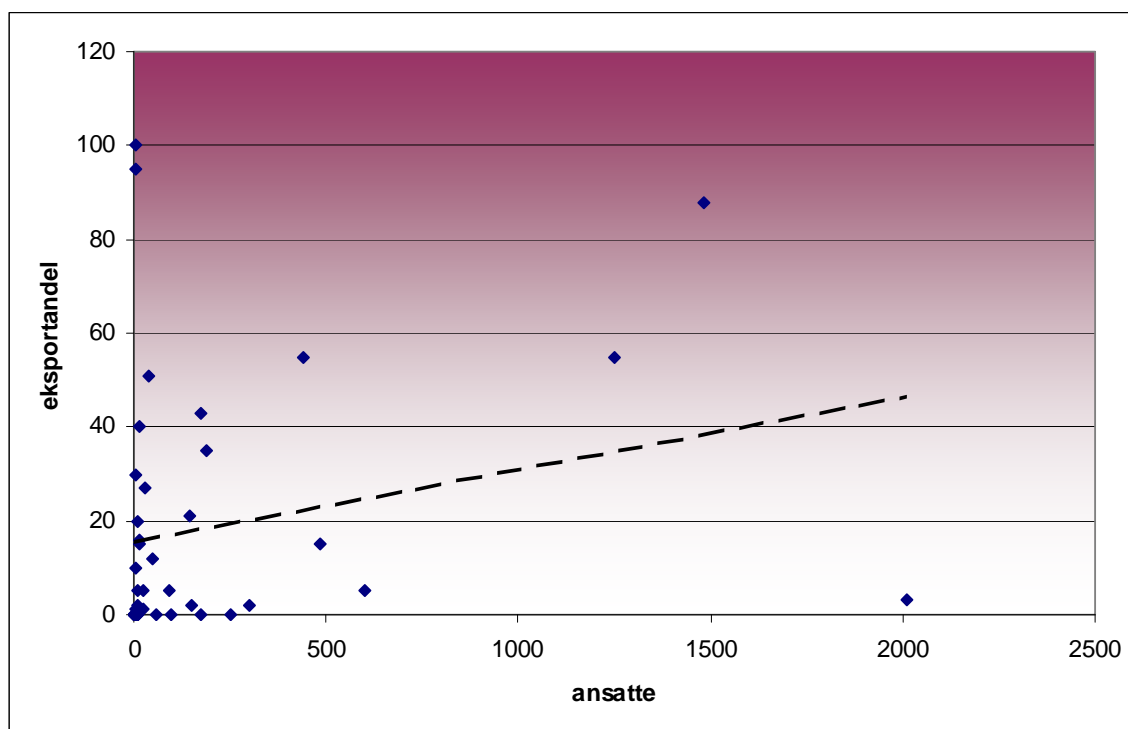
en kvalitetsindikator for forsvarsbedriftenes kunnskap og kompetanse – de forsvarsbedriftene som klarer å eksportere forsvarsrelaterte varer og tjenester er mer konkurransedyktige enn konkurrentene og har en større ”dybde” i sin kunnskaps og kompetansebase.

For å kunne bruke eksport som en ”kvalitetsindikator” må det være mulig for både store og små bedrifter å eksportere og det må være betydelige individuelle forskjeller mellom selskapene. I tabellen nedenfor ser vi en oversikt over hvor stor andel av den forsvarsrelaterte produksjonen som ble eksportert. Som vi kan se av tabellen er eksporten relativt likt fordelt mellom de forskjellige størrelseskategoriene, bortsett fra de største bedriftene som har en noe større eksportandel.

Tabell 2.5: Eksportandel av forsvarsrelatert omsetning, fordelt etter størrelse

Antall ansatte	Antall bedrifter	Eksportandel
1 til 9	14	18,4 %
10 til 49	11	15,7 %
50 til 200	8	13,3 %
Flere enn 200	8	27,9 %
	41	18,8 %

Selv om tabellen ovenfor viser at eksportandelen er relativt stabil mellom de forskjellige størrelseskategoriene varierer andelen eksport mye innenfor alle størrelseskategorier av selskap. Som vi kan se av figuren nedenfor varierer eksportandelen fra 0 til 100% blant forsvarsbedriftene, med en mindre økning i eksportandelen når bedriftens størrelse stiger.



Figur 2.3: Spredning i eksportandel, fordelt etter antall ansatte (kilde: FFIs spørreundersøkelse, se Fevolden et al. 2008)

Eksport kan være en av flere mulige indikator på ”kvalitet” eller ”dybde” på kunnskap og kompetanse. Det har vist seg mulig for både mindre og større forsvarsbedrifter å eksportere varene og tjenestene sine, men det er store individuelle forskjeller mellom selskapene.

2.5 Tidligere studier – utviklingen av de ’teknologiske kompetanseområdene’

De ’teknologiske kompetanseområdene’ slik de er presentert i St.meld. nr. 38 har en relativt lang forhistorie. De teknologiske kompetanseområdene stammer tilbake til arbeidet i Forsvarskommisjonen av 1990 hvor det ble gjort en mengde delstudier på hvilke behov Forsvaret hadde de kommende årene og hvordan forsvarsindustrien i Norge kunne være med på å dekke disse behovene. På bakgrunn av dette arbeidet ble det etablert det de kalte 8 ”teknologiske kompetanse- og satsningsområder.” Litt senere ble ”romteknologi” lagt til slik at det i alt ble 9 teknologiske kompetanse- og satsningsområder som ble presentert i St.prp 1 (1991-1992) (se Skogstad og Warberg (2005): s. 8).

Tabell 2.6: Teknologiske kompetanse- og satsningsområder for Forsvaret og norsk forsvarsindustri (kilde: St prp 1 (1991-1992))

Maskin- og programvarer for sambands- og kommando-, kontroll- og informasjonssystemer
Radio- satellitt- og linjekommunikasjon
Elektrooptiske systemer
Ildledningssystemer
Raketteknologi
Ammunisjon og militære sprengstoffer
Undervannsteknologi og sonarsystemer
Hurtigbåtteknologi
Romteknologi

Forsvarets forskningsinstitutt og Forsvarets militære organisasjon fikk i 2004 i oppdrag å fremme forslag til revisjon av de teknologiske kompetanse- og satsningsområdene. Bakgrunnen for denne revisjonen var at moderne teknologi kunne *åpne nye muligheter for å løse militære oppgaver på en mer effektiv måte* (Skogstad og Warberg: s. 7). I denne rapporten hadde de teknologiske kompetanse- og satsningsområdene blitt redusert fra 9 til 6. Men i departementets prosess med å revidere de teknologiske kompetanse og satsningsområdene la de etter innspill fra Nærings- og Handelsdepartement til to nye områder, ”materialteknologi” og ”maritim teknologi”. I tillegg var betegnelsen ”teknologiske kompetanse og satsningsområder” gjort om til ”teknologiske kompetanseområder”.

Tabell 2.7: De teknologiske kompetanseområdene slik de er presentert i St prp 1 (2005-2006)

Informasjons og kommunikasjonsteknologi
Systemintegrasjon
Missilteknologi og autonome våpen og sensorsystemer
Undervannsteknologi og sensorer
Simuleringsteknologi
Våpen- og rakettmotorteknologi, ammunisjon og militære sprengstoff
Materialteknologi
Maritim teknologi

De teknologiske kompetanseområdene som ble presentert i St prp 1 (2005-2006) har stått uforandret til i dag og er de samme som ble presentert i St.meld. nr. 38 (2006-2007).

2.6 Presisering av de teknologiske kompetanseområdene

I St.meld. nr. 38 (2006-2007) *Forsvaret og industrien – strategiske partnere* står det at ... *Departementet vil også arbeide aktivt for å videreutvikle de teknologiske kompetanseområdene, blant annet når det gjelder en nærmere presisering av kompetansebehovene* (11.7.3). Selv om en presisering av kompetanseområdene ikke nødvendigvis betyr at de innskrenkes, vil det innebære at man må benytte en mer finmaskert inndeling for at det skal komme klarere frem hvilke teknologier/kunnskap/kompetanse som faller innenfor og utenfor definisjonen av områdene.

Problemene med FDs teknologiske kompetanseområder er at de beskriver produktområder. De korresponderer ikke naturlig med noen bestemte vitenskapelige felter eller noen klart definerte industrielle prosesser. Mange av de samme vitenskapelige feltene som fysikk og kjemi anvendes innenfor materialteknologi og maritim teknologi, og mange av de samme industrielle prosessene som programmering og hardwareutvikling anvendes innenfor simuleringsteknologi og informasjons og kommunikasjonsteknologi. Dermed er det vanskelig å finne frem til en mer finmaskert inndeling av de 8 teknologiske kompetanseområdene uten at klassifiseringene vil overlape hverandre.

I denne rapporten har vi som tidligere nevnt valgt å benytte EDAs teknologitaksonomi som har en inndeling i eksklusive områder og som både tar for seg vitenskapelige felter og industrielle prosesser. Problemet med denne tilnærmingen er at det ikke noe en-til-en forhold mellom EDAs teknologitaksonomi og de 8 teknologiske kompetanseområdene. Dermed må man senere i arbeidet med å presisere kompetanseområdene benytte kartleggingen til å finne ut hvilke vitenskapelige områder og industrielle prosesser innenfor de forskjellige kompetanseområde man ønsker å bygge opp det St.meld. nr. 38 betegner som ”dybdekompetanse”. Vi kommer tilbake med en nærmere diskusjon av dette i kapittel 4.

2.7 Konklusjon og oppsummering

Vi har i dette kapitlet sett at forsvarsindustrien består av noen få store og et større antall små og mellomstore bedrifter som har lite til felles bortsett fra at de leverer produkter og tjenester til norsk eller utenlandsk forsvar. Forsvarsbedriftene skiller seg fra hverandre med hensyn til blant annet teknologibase, forsvarsrelatert omsetning, eksportandel og geografisk lokalisering. Et fellestrekk er likevel at forsvarsbedriftene er kunnskapsintensive og at de har en høy innovasjonsrate.

3 Klassifisering av kunnskap og kompetanse i forsvarsindustrien i Norge med EDAs teknologitaksonomi

3.1 Klassifisering av forsvarsrelater kunnskap og kompetanse

I denne rapporten har vi benyttet oss av European Defense Agency's (EDAs) teknologitaksonomi til å klassifisere kunnskapen og kompetansen innen forsvarsindustrien i Norge. EDAs teknologitaksonomi ble opprinnelig utviklet av WEAG for å klassifisere forsvarsrelatert forskning. Taksonomien ble senere overført til EDA, og det er EDA som nå har ansvar for å oppdatere taksonomien³.

EDAs teknologitaksonomi består av tre hovedområder, kalt A, B og C, som beskriver forskning ut i fra forskjellige perspektiver. A er nært knyttet til det akademiske forskningsfeltet (grunnforskning); B er nært knyttet til produkt- og bruksområdet; og C er knyttet opp mot et militærstrategisk nivå. Vi vil kun benytte oss av A og B i denne rapporten ettersom C ikke beskriver kompetanse som det er vanlig (eller nødvendigvis ønskelig) at forsvarsbedrifter besitter. Vi vil videre definere A som kunnskap og B som kompetanse, slik at B sier noe om hvilke områder forsvarsindustrien er gode på i dag og A noe om hvilke områder den kan bli god på i fremtiden.

Dette kapittelet vil bli organisert slik at vi først vil se nærmere på oppbygningen av EDAs teknologitaksonomi og vurdere hvilke konseptuelle og metodologiske problemer som knytter seg til å benytte denne taksonomien til å klassifisere kunnskap og kompetanse i forsvarsindustrien. Deretter vil vi gjennomføre en kartlegging av forsvarsindustrien i Norge ved bruk av teknologitaksonomien og avslutte kapittelet med å prøve å trekke noen generelle slutninger på bakgrunn av kartleggingen.

3.2 EDAs teknologiklassifikasjon – oppbygning og konseptuelle og metodologiske problemer

En kartlegging av kunnskap og kompetanse i forsvarsindustrien i Norge innebærer ikke bare at man finner ut hva slags kunnskap og kompetanse forsvarsindustrien besitter, men også hva slags kunnskap og kompetanse den mangler. Denne rapporten anvender derfor EDAs teknologitaksonomi, slik at man får etablert et "mulighetsrom" som representerer alle tenkelige kombinasjoner og sammensetninger av kunnskap og kompetanse industrien kunne ha vært i besittelse av. Industrien kan dermed bli vurdert opp i mot dette mulighetsrommet, og man kan finne frem til hvilke områder industrien behersker og hvilke områder industrien mangler kunnskap og kompetanse om. Men for å etablere dette "mulighetsrommet" må vi se litt nærmere

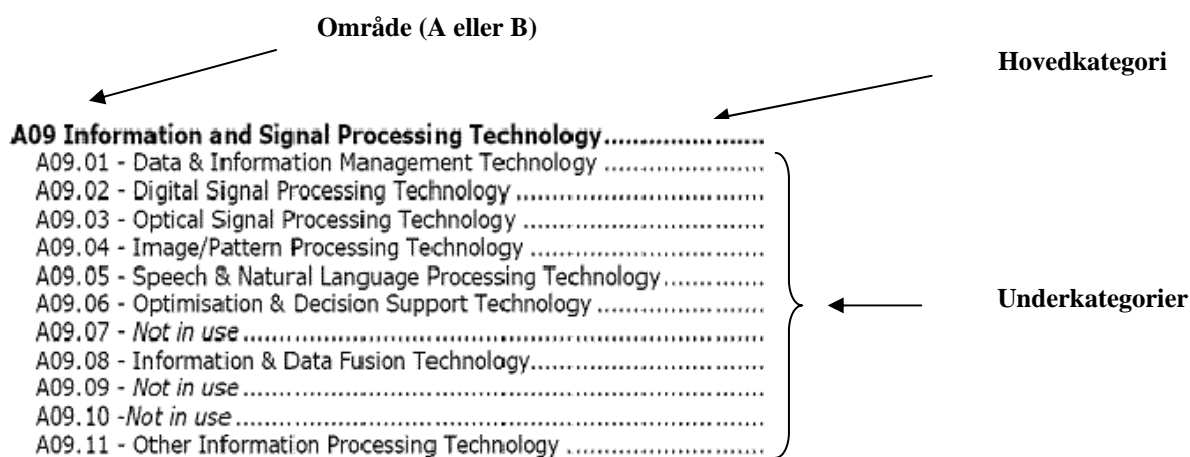
³ Det er lite informasjon om hvordan denne taksonomien er kommet i stand.

på hvordan taksonomien er bygget opp og hvilke metodologiske problemer som kan oppstå ved å anvende taksonomien på denne måten.

3.2.1 Oppbygningen av EDAs teknologitaksonomi

EDAs teknologitaksonomi er som nevnt delt inn i de tre områdene A, B og C (hvor kun A og B benyttes i denne rapporten). Hvert av disse områdene er igjen inndelt i 12 hovedkategorier som beskriver forskjellige kunnskaps- og kompetanseområder. F.eks. referer A9 til kunnskapsområdet *Information and Signal Processing Technology*, mens B9 referer til kompetanseområdet *Integrated Systems Technology*. Selv om både A og B området er delt inn i 12 hovedkategorier er det ikke noe "en-til-en" forhold mellom dem; f.eks. tar ikke A9 og B9 for seg samme type kunnskap og kompetanse; oppbygningen av taksonomien er slik at A og B områdene er selvstendig inndelt og uavhengige av hverandre. (nedenfor følger en kort beskrivelse av de 12 hovedkategoriene i A og B områdene).

Innenfor hver av disse hovedkategoriene finnes en varierende mengede underkategorier (fra 4 til 17) som deler hovedkategoriene inn i enda mindre og mer spesifikke kunnskaps- og kompetanseområder. Dermed vil taksonomien bli brukt slik at et spesifikt kunnskaps- eller kompetanseområde kan defineres ut i fra tre elementer: område (A for kunnskap og B for kompetanse), hovedkategori (1 til 12) og underkategori (med et antall som varierer fra hovedkategori til hovedkategori). F.eks. vil "A09 01" referere til område "A", hovedkategori *Information and Signal Processing Technology* og underkategori *Data & Information Management Technology*, mens "A09 02" refererer til samme område og hovedkategori, men underkategori *Digital Signal Processing Technology* (se figuren nedenfor).



Figur 3.1: Utdrag fra EDAs teknologitaksonomi

Gjennom å benytte områder, hovedkategorier og underkategorier kan vi i denne rapporten danne et detaljert bilde av kunnskapen og kompetansen innen forsvarsindustrien i Norge. Vi vil ikke bare kunne si at bedrifter har kompetanse om f.eks. informasjon og signal prosesseringsteknologi (A09), men også si om denne kunnskapen faller innen for området digital signalprosessering

(A09 02) eller optisk signal prosessering (A09 03). Nedenfor følger en kort oppsummering av hva slags kunnskap og kompetanse (underkategorier) som er representert i de forskjellige hovedkategoriene.

Tabell 3.1: Oversikt over hovedkategoriene i EDAs A-område (kunnskap)

A01: Structural & Smart Materials & Structural Mechanics	Kunnskap om forskjellige typer materialer som metaller, keramikk, og polymerer og forskjellige type prosesser som kan bl.a. evaluere, forme eller binde materialene sammen.
A02: Signature Related Materials	Kunnskap om materialer og strukturer som kan absorbere eller redusere akustiske vibrasjoner, infrarød stråling, og radarbølger og gjøre objekter vanskeligere å oppdage.
A03: Electronic Materials Technology	Kunnskap om materialer som inngår i halvledere og elektroniske komponenter slik som silikon og magnetiske materialer.
A04: Photonic/ Optical Materials & Device Technology	Kunnskap om sensorer og detektorer av infrarødt/ synlig/ og ultrafiolett lys og displayteknologi som light emitting diodes (LEDs)
A05 Electronic, Electrical & Electromechanical Device Technology	Kunnskap om elektriske/ elektroniske komponenter som batterier, solceller, brenneselsceller og elektriske maskiner og kunnskap om hvordan slike komponenter kan produseres, integreres og testes.
A06: Energetic Materials and Plasma Technology	Kunnskap om forskjellige typer drivstoff og eksplosiver.
A07: Chemical, Biological & Medical Materials	Kunnskap om kjemiske og biologiske substanser – hvordan man kan beskytte seg mot dem og hvordan man kan oppdage dem
A08: Computing Technologies & Material Techniques	Kunnskap om software og hardware som bl.a. protokoller, arkitektur, COTS, kryptering osv.
A09: Information and Signal Processing Technology	Kunnskap om spesielle databehandlingsprosesser som data mining, digital signalbehandling og prosessering av tale og naturlig språk
A10: Human Sciences	Kunnskap om menneskesklige aspekter ved militære operasjoner slik som teamorganisering og fysiologi
A11: Operating Environment Technology	Kunnskap om operasjonsområder og inneholder felter som meteorologi og oseanografi.
A12: Mechanical, Thermal & Fluid-Related Technologies & Devices	Kunnskap om hvordan litt mer komplekse systemer er bygd opp og hvordan de kan testes i forhold til forskjellige kravspesifikasjoner

Tabell 3.2: Oversikt over hovedkategoriene i EDAs B-område (kompetanse)

B01: Lethality & Platform Protection	Kompetanse om komponenter i våpensystemer slik som stridshoder og plattformbeskyttelse slik som pansring
B02: Propulsion and Powerplants	Kompetanse om forskjellige typer kraftverk og fremdriftsmaskineri slik som gassturbiner, rotor og kjernekraft
B03: Design Technologies for Platforms and Weapons	Kompetanse om forskjellige typer av design for plattformer og systemer, slik som aerodynamisk, hydrodynamisk og stealth design.
B04: Electronic Warfare and Directed Energy Technologies	Kompetanse om elektronisk krigføring og teknologiaspekter relatert til strålevåpen.
B05: Signature Control and Signature Reduction	Kompetanse om signaturreduksjon eller kontroll for plattformer eller systemer. Signaturene kan være alt fra radarsignatur til elektrisk og elektrokjemisk signatur
B06: Sensor Systems	Kompetanse om forskjellige typer sensorsystemer, slik som IR, akustiske sensorer og bevegelsessensorer
B07: Guidance and Control systems for Weapons and Platforms	Kompetanse om navigasjons, ild-lednings- og treghetssystemer for våpen og våpenplattformer.
B08: Simulators, Trainers and Synthetic Environments	Kompetanse om opplæringssimulatorer, "virtual reality," og computergenererte kart
B09: Integrated Systems Technology	Kompetanse om et systemnivå og inneholder alt fra systemintegrasjonskompetanse til vedlikehold
B10: Communications and CIS-related Technologies	Kompetanse om bl.a. akustiske, IR og mikrobølgebaserte kommunikasjonssystemer og tilhørende materiell.
B11: Personnel Protection Systems	Kompetanse om bekledning og armering som kan beskytte personell mot trusler eller ekstreme omgivelser
B12 Manufacturing Processes/ Design Tools/ Techniques	Kompetanse om design og produksjon slik som "lean" produksjon og avansert prototypeutvikling

I dette oppdraget er det forsvarsbedriftene som er de primære analyseenheter og underkategoriene som er de primære analysevariablene. Analysene i rapporten tar utgangspunkt i forsvarsbedriftene og vurderer dem opp i mot hver underkategori for å se om bedriftene besitter den konkrete typen kunnskap eller kompetanse. Dette danner en matrise som viser hva slags kunnskap og kompetanse hver av forsvarsbedriftene besitter (se eksempel nedenfor). Denne matrisen bidrar dermed til å gi en oversikt over hvilken kunnskap og kompetanse som finnes i forsvarsindustrien i Norge, og man kan også finne ut hvor mange bedrifter som besitter en spesiell type kunnskap og kompetanse og hva som kjennetegner dem (f.eks. størrelse målt i antall ansatte).

Tabell 3.3: Eksempelutdrag fra kunnskapsmatrisen

	...	A08: Computing Technologies & Material Techniques					...
		01	02	03	04	05	
Bedrift 1	...	ja			ja	ja	...
Bedrift 2	...						...
Bedrift 3	...						...
Bedrift 4	...	ja		ja			...
Bedrift 5	...						...
Bedrift 6	...						...
Bedrift 7	...						...
Bedrift 8	...						...
Bedrift 9	...						...
Bedrift 10	...						...
Bedrift 11	...	ja		ja	ja		...
Bedrift 12	...	ja			ja		...
...
Totalt	...	16	5	1	0	2	...

EDAs teknologitaksonomi er ikke den eneste forsvarsrelaterte teknologitaksonomien som eksisterer. Det finnes andre taksonomier som FIS eller UK6 som kunne vært benyttet i denne studien. Disse teknologitaksonomiene er på ingen måte dårligere enn EDAs teknologi taksonomi. EDAs taksonomi er likevel valgt fordi den er velkjent, har et detaljeringsnivå som passer til oppgaven og fordi FFI har erfaring med denne taksonomien gjennom tidligere arbeid.

3.2.2 Konseptuelle problemer

Det er flere mulige konseptuelle utfordringer knyttet til å benytte EDAs teknologitaksonomi til å klassifisere kunnskap og kompetanse i forsvarsindustrien i Norge. For det første ble EDAs teknologitaksonomi ikke utviklet for å kartlegge kunnskap og kompetanse, men for klassifisere forsvarsrelatert forskning. Det betyr at taksonomien benyttes på et område den ikke var laget for, og det kan by på problemer i forhold til gyldigheten til studien. For det andre er det ofte vanskelig å avgjøre om en bedrift besitter en bestemt type kunnskap eller kompetanse. Kunnskap og kompetanse er ikke absolutte størrelser og man kommer opp i mange situasjoner hvor det kan være vanskelig å avgjøre om bedriften besitter kunnskapen eller kompetansen i en bestemt underkategori eller ikke.

Selv om EDAs teknologitaksonomi ble utviklet for å klassifisere forsvarsrelatert forskning betyr ikke det nødvendigvis at taksonomien ikke er velegnet til å klassifisere kunnskap og kompetanse. Ettersom teknologitaksonomien ikke beskriver forskningsmål, men forskningsområder er det ikke et stort skritt å gå fra å prøve "å fremskaffe ny kunnskap eller bygge opp ny kompetanse" til at man sier at man "har den samme kunnskapen eller kompetansen." I stedet for at man snakker om forskning på "metaller og metallbaserte kompositter" (A01 01), så sier man at man har kunnskap

på område ”metaller og metallbaserte kompositter”.⁴ Det er denne alternative forståelsen av EDAs teknologi taksonomi som benyttes i denne rapporten.

Det andre metodologiske problemet er å avgjøre hva slags kunnskap og kompetanse bedriftene besitter. EDAs teknologitaksonomi har ingen inndeling for ”dybden” i kunnskapen eller kompetanse ettersom taksonomien er laget for å klassifisere forskning. Dermed blir det et spørsmål hvor man skal trekke grensen mellom å ha og ikke ha kunnskap eller kompetanse på et område.

Det er store forskjeller i ”dybden” i kunnskapen og kompetansen forsvarsbedriftene besitter. Noen av de største forsvarsbedriftene har store forsknings- og utviklingsavdelinger, mens noen mindre oppstartsbedrifter har et fåtall personer som jobber med fag og administrasjon om hverandre. I denne rapporten har vi ikke stilt noen særskilte kvalitetskrav til kunnskapen eller kompetansen: en bedrift har fått tildelt en bestemt underkategori så lenge den har minst én spesialist som jobber innen det angitte kunnskap eller kompetanseområdet. Dette betyr at rapporten ikke i utgangspunktet skiller mellom ”dyptgående” og mer ”flyktig” kunnskap og kompetanse. Likevel har forsvarsbedriftene kun fått uttelling for kunnskap og kompetanse som inngår direkte i produksjonen av produktene eller tjenestene de leverer. I utgangspunktet får f.eks. bedriftene ikke uttelling for kunnskap og kompetanse på komponenter som en underleverandør eller et utenlandsk datterselskap leverer, selv om bedriften nødvendigvis trenger noe forståelse av disse komponentene for å integrere dem i et større produkt.

I det praktiske klassifiseringsarbeidet kom spørsmålet om ”grensen mellom å ha og ikke ha kunnskap eller kompetanse” oftest opp i sammenheng med forsvarsbedrifter som var agenter for utenlandske bedrifter. Det er ikke nødvendigvis slik at den norske forsvarsbedriften har kunnskap om eller kompetanse på det produktet de omsetter når det er den utenlandske bedriften som produserer det. I de tilfellene hvor bedriften tilpasser produktet, driver vedlikehold og tilbyr avanserte opplæringsmoduler er det naturlig å si at den norske bedriften besitter en del produktspesifikk kunnskap og kompetanse. I de tilfellene der den norske bedriften fungerer som en ren salgsorganisasjon er det derimot vanskelig å si at de besitter noe kunnskap og kompetanse av betydning. Det blir dermed en avveiningssak i hvert tilfelle hvor mye kunnskap og kompetanse den norske bedriften skal få uttelling for. I hovedsak har vi valgt å gi forsvarsbedriftene uttelling for den kunnskap og kompetanse som inngår i de tilleggstjenestene de leverer (tilpasning, vedlikehold, opplæring).

3.2.3 Metodologiske problemer – utvalget

Denne rapporten vil som tidligere nevnt analysere forsvarsindustrien gjennom kun å studere medlemsbedrifter i bransjeorganisasjonen FSi. Dette kan skape det man innen den vitenskapsfilosofiske litteraturen kaller validitetsproblemer. Hvis medlemsmassen i FSi ikke avspeiler forsvarsindustrien i Norge godt nok, spiller det liten rolle hvor avanserte metodeverktøy

⁴ I EDAs teknologitaksonomi starter ofte beskrivelsen av de forskjellige underkategoriene med ”research to ...”

som benyttes til å analysere medlemsbedriftene – man vil uansett sitte igjen med et skjevt bilde av forsvarsindustrien.

Om FSi-medlemmene utgjør hovedtyngden i eller er representative for forsvarsindustrien i Norge kan være vanskelig å avgjøre ettersom det ikke finnes noen allment akseptert definisjon av forsvarsindustri. En av årsakene til dette er at forsvarsbedriftene inngår i mange forskjellige typer virksomhet – alt fra ren industriproduksjon til programvareutvikling – og det dermed ikke er mulig å avgrense forsvarsindustrien ut i fra næringskategorier. En annen årsak er at det er vanskelig å skille mellom sivile og militære produkter og teknologi; ofte kan den samme teknologien og de samme produktene bli anvendt både av Forsvaret og sivil industri.

Til tross for dette mener vi i denne rapporten at FSi-medlemmer representerer hovedtyngden av forsvarsindustrien i Norge⁵ og at en kartlegging av medlemsbedriftene vil kunne gi et godt bilde av kunnskapen og kompetansen i forsvarsindustrien i Norge. Det finnes imidlertid bedrifter som ikke er medlem hos FSi, som kunne ha vært relevante å inkludere i studien. Den viktigste årsaken til at denne avgrensningen likevel er valgt er at FSi-bedriftene utgjør en veldefinert, identifiserbar gruppe og dermed gir muligheten til å avgrense studien ut i fra klare og kritiserbare kriterier.

3.2.4 Metodologiske problemer - klassifiseringsarbeidet

Den primære kilden for hva slags kunnskap og kompetanse forsvarsbedriftene besitter har vært bedriftenes egne hjemmesider. I tillegg har det også blitt benyttet annet tilgjengelig informasjonsmaterieell, herunder bedriftspresentasjoner på FSis hjemmesider og informasjonshefter som ”Norway exports, defence & security technology – showcasing Norwegian Industry Capabilities”. Felles for alle kildene er at det enten er bedriften selv eller aktører som ønsker å markedsføre industrien som har stått bak innholdet.

Metoden med bruk av informasjonsmaterieell og bedriftenes egne hjemmesider som primærkilder ble valgt i samråd med Forsvarsdepartementet og med den begrunnelsen at det ville tatt for lang tid å gjennomføre en survey-undersøkelse hvor forsvarsbedriftene selv hadde redegjort for sin egen kunnskap og kompetanse. Erfaringer fra tidligere studier har også vist at det ofte er betydelig frafall ved slike survey-undersøkelser. I en studie hvor kartlegging av bredden av kunnskap og kompetanse er et av hovedmålene er man også spesielt sårbar for slike feilkilder⁶.

Metoden med å bruke informasjonsmaterieell og hjemmesider som primærkilde har flere problematiske sider ved seg som kan skape det man i den vitenskapsfilosofiske litteraturen ofte betegner som reliabilitetsproblemer. For det første kan bedriftene i markedsføringshensende ”overdrive” sin egen kunnskap og kompetanse og dette kan gjøre at bedriftene får større uttelling

⁵ Hvis vi sammenholder våre data for eksempel med UD's oversikt over eksport av lisenspliktig forsvarsmaterieell.

⁶ I en statistisk undersøkelse hvor formålet er å estimere f.eks. hvor mange som stemmer på de forskjellige politiske partiene er man mindre sårbar ettersom frafall kan fordele seg ”likt” mellom partiene. Hvis en arbeiderpartivelger ikke svarer, svarer kanskje en senterpartivelger heller ikke osv. På denne måten kan frafallet jevne seg ut og resultatet trenger ikke å skille seg vesentlig fra det opprinnelige utvalget.

enn det de reelt sett skulle fått. For det andre er hjemmesider og informasjonsmateriell rettet mot å informere om bedriftens produkter og tjenester og ikke den underliggende produksjonsprosessen eller kunnskapen og kompetansen til de ansatte. Dette kan gjøre at det er kunnskap og kompetanse som ikke blir tatt med i analysen.

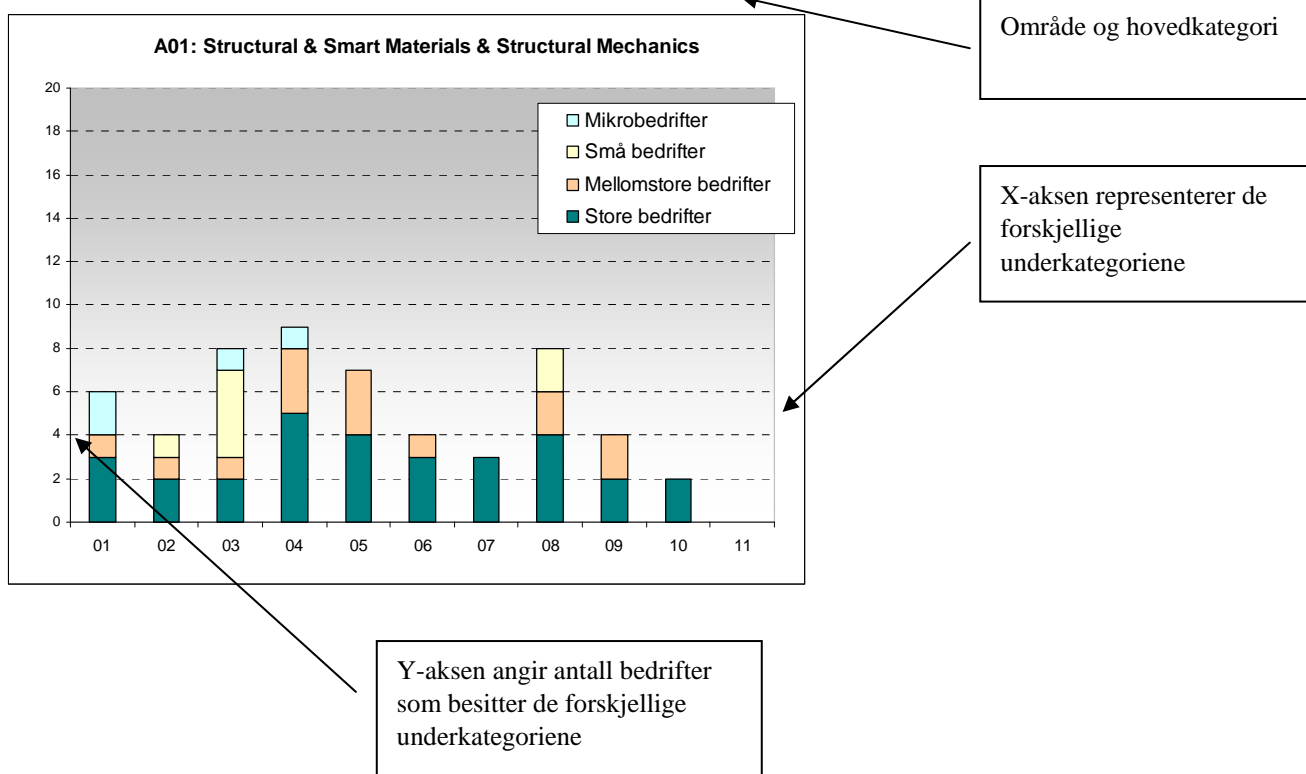
I forhold til den første feilkilden ”om at bedriftene kan overdrive sin egen kunnskap og kompetanse” har vi prøv å imøtekomme denne feilkilden med å være svært kritiske i vår gjennomgang av bedriftenes hjemmesider og annet informasjonsmateriell. Det har i de fleste tilfeller vært to personer med ulik bakgrunn som sammen har klassifisert bedriftene – en med økonomisk og en med naturvitenskapelig bakgrunn. Og i de tilfellene hvor vi har vært usikre på om en bedrift var i besittelse av et bestemt kunnskap eller kompetanseområde har vi valg å ikke oppføre bedriften med denne underkategorien.

I forhold til den andre feilkilden ”om at kunnskap og kompetanse ikke blir tatt med i analysen fordi hjemmesidene og informasjonsmaterielle ikke i stor nok grad ikke beskriver de underliggende produksjonsprosessene eller kunnskapen og kompetansen til de ansatte” har vi i prøvd å resonnerer oss frem til dette (noen ganger i samarbeid med spesialister ved FFI). I de fleste tilfeller har ikke dette budt på så store metodologiske problemer som man først kunne anta. Et større problem har vært at noen hjemmesider ikke har vært operative eller har vært så lite informative at det var vanskelig å danne seg et klart bilde av hva bedriften kan og driver med. I disse tilfellene har vi (som nevnt ovenfor) søkt informasjon fra andre kilder. Og i noen ytterst få tilfeller har vi vært nødt til å ta bedriften ut av utvalget.

3.3 Kunnskaps- og kompetansekartlegging

I denne delen av rapporten vil datamaterialet over kunnskapen og kompetansen i forsvarsindustrien i Norge bli gjennomgått. Datamaterialet vil bli presenter som en oversikt over hvor mange bedrifter som besitter hver av EDAs undergrupper. Først vil vi gå igjennom kunnskapsområde ”A” og deretter kompetanseområde ”B”. Hver tabell tar for seg én kunnskaps- eller kompetansekategori og gjennomgangen går kronologisk fra A01, A02 ... til A12 og deretter B01, B02 ... til B012. Tabellene er bygd opp slik at de angir område og hovedkategori øverst, mens underkategoriene er oppstilt langs x-aksen og antall bedrifter langs y-aksen (se figur nedenfor)

Figur 3.2: A1- Structural & Smart Materials & Structural Mechanics (Eksempel)



I tillegg til å vise hvor mange bedrifter som besitter hver underkategori, viser også tabellen hvilken størrelseskategori bedriftene befinner seg i. Bedriftene har blitt delt inn i fire størrelseskategorier (se nedenfor) og av søylene i diagrammene kan man lese hvor mange bedrifter innen hver størrelseskategori som befinner som besitter de forskjellige underkategoriene.

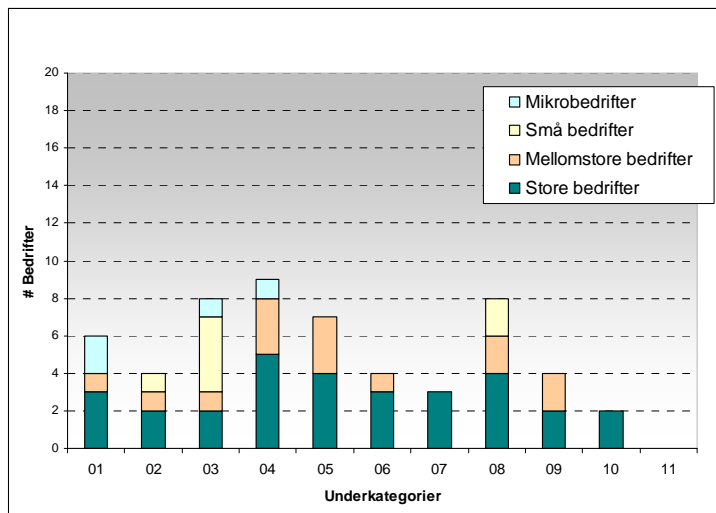
Tabell 3.4: Antall forsvarsbedrifter fordelt etter størrelse

	Størrelse	Antall
Mikrobedrifter	0 - 9	26
Små bedrifter	10 - 49	27
Mellomstore bedrifter	50 - 249	16
Store bedrifter	250 -	12
Totalt		81

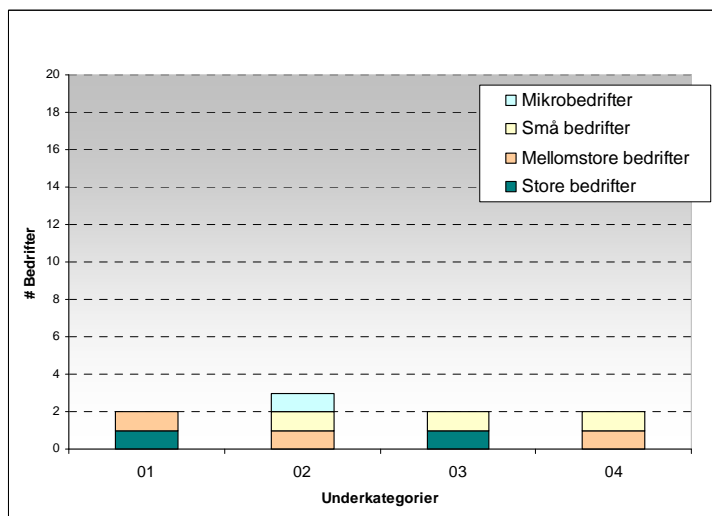
Totalt er det 81 FSi-bedrifter av i alt 112 mulige med i utvalget. 31 bedrifter har blitt tatt ut av utvalget enten fordi vi ikke klarte å oppdrive tilstrekkelig informasjon om dem eller fordi bedriften ikke hadde noen klassifiserbar kunnskap eller kompetanse eller at produktspekteret ikke

falt innenfor det vi vanligvis anser som forsvarsprodukter. Nedenfor følger en presentasjon av kunnskapen og kompetansen i forsvarsindustrien i Norge fordelt etter EDAs teknologitaksonomi.

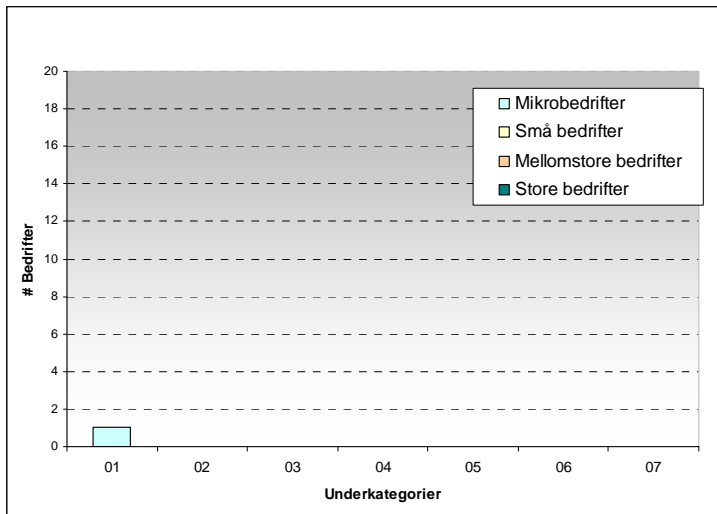
Kartleggingstabell 1: A01 – Structural & Smart Materials & Structural Mechanics



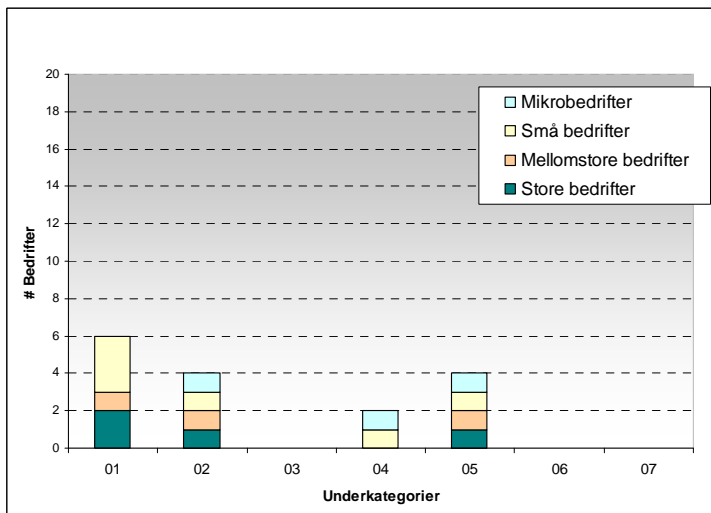
Kartleggingstabell 2: A02 – Signature Related Materials



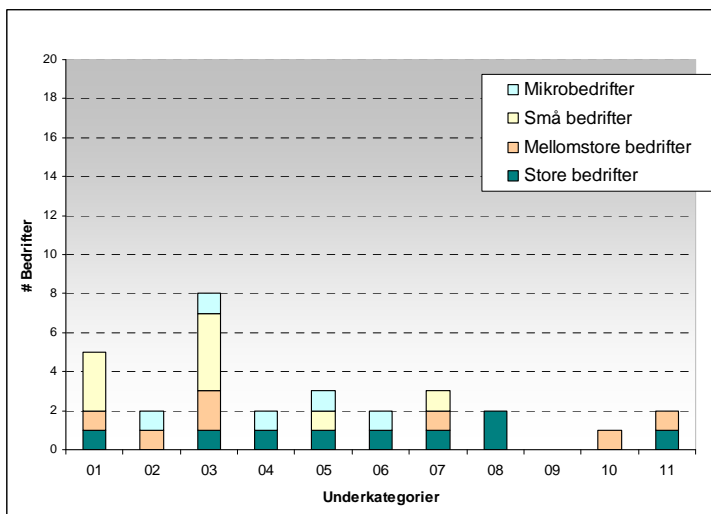
Kartleggingstabell 3: A03 – Electronic Materials Technology



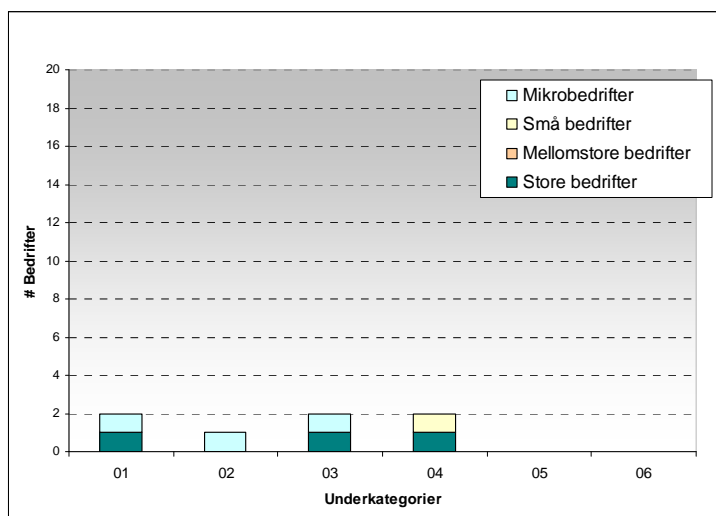
Kartleggingstabell 4: A04 – Photonic/ Optical Materials & Device Technology



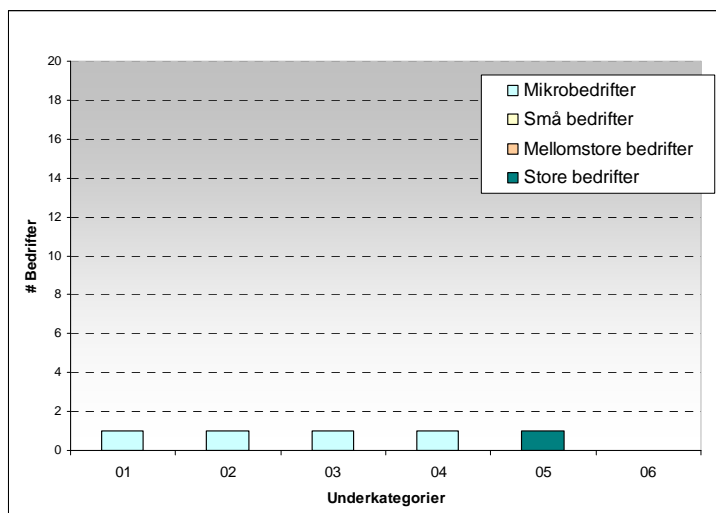
Kartleggingstabell 5: A05 – Electronic, Electrical & Electromechanical Device Technology



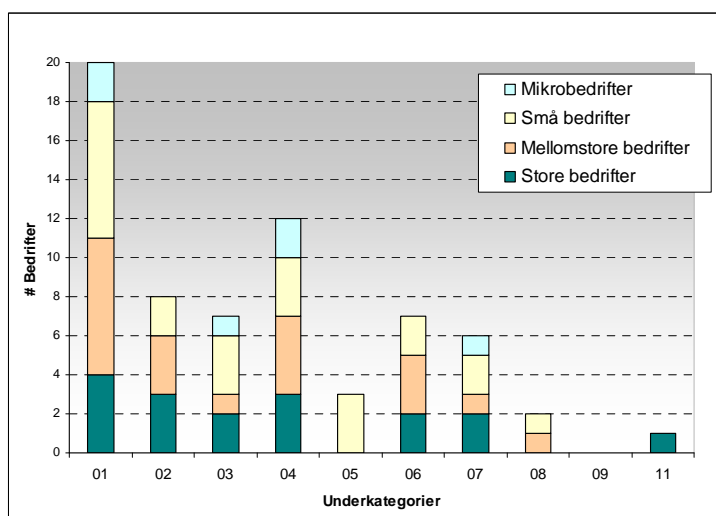
Kartleggingstabell 6: A06 – Energetic Materials and Plasma Technology



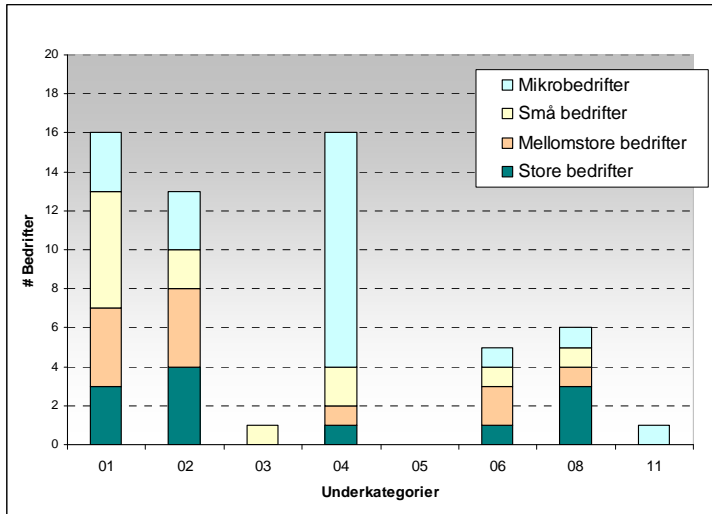
Kartleggingstabell 7: A07 – Chemical, Biological & Medical Materials



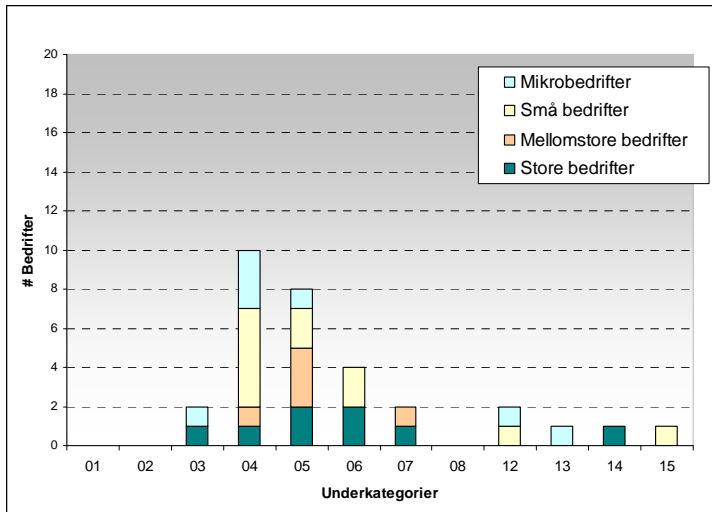
Kartleggingstabell 8: A08 – Computing Technologies & Material Techniques



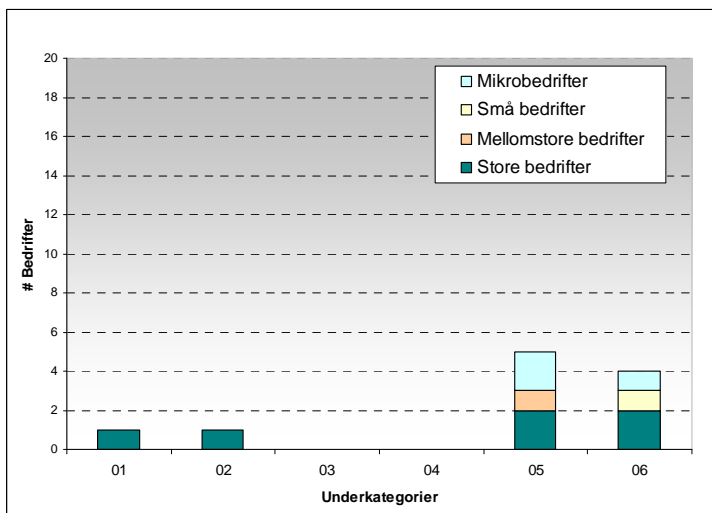
Kartleggingstabell 9: A09 – Information and Signal Processing Technology



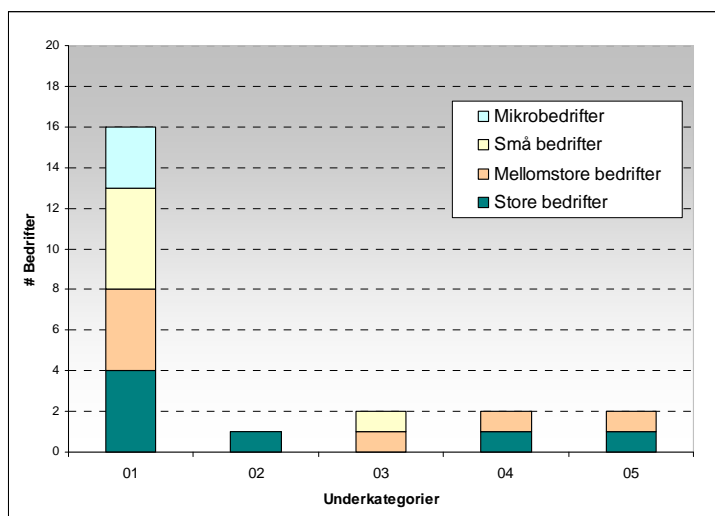
Kartleggingstabell 10: A10 – Human Sciences



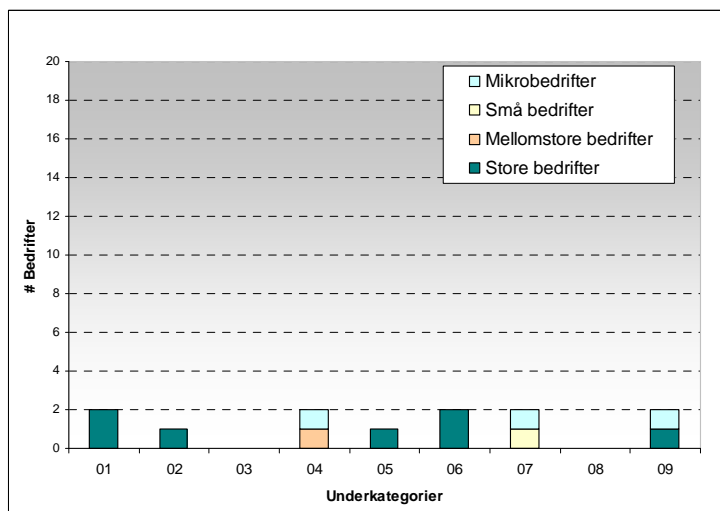
Kartleggingstabell 11: A11 – Operating Environment Technology



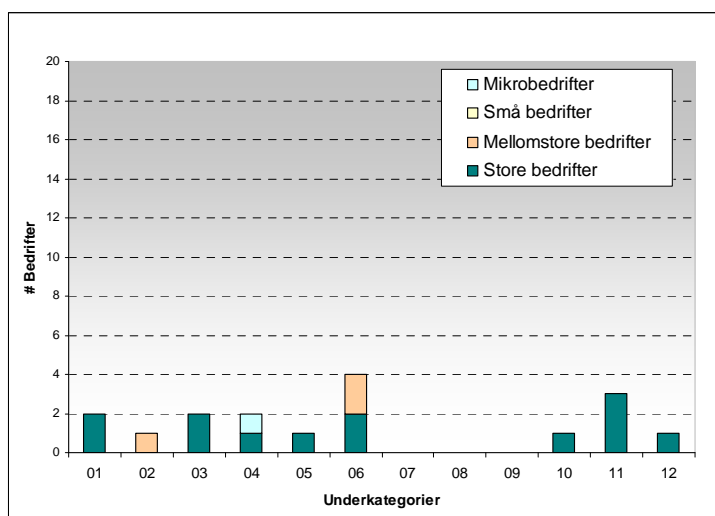
Kartleggingstabell 12: A12 – Mechanical, Thermal & Fluid-Related Technologies & Devices



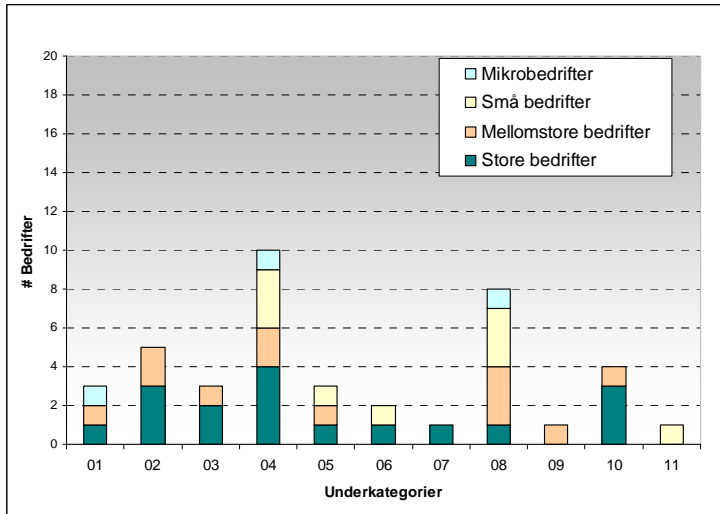
Kartleggingstabell 13: B01 – Lethality & Platform Protection



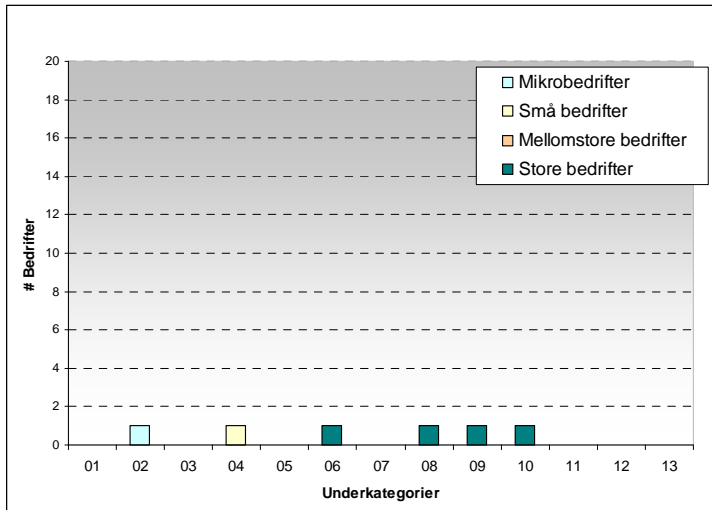
Kartleggingstabell 14 B02 – Propulsion and Powerplants



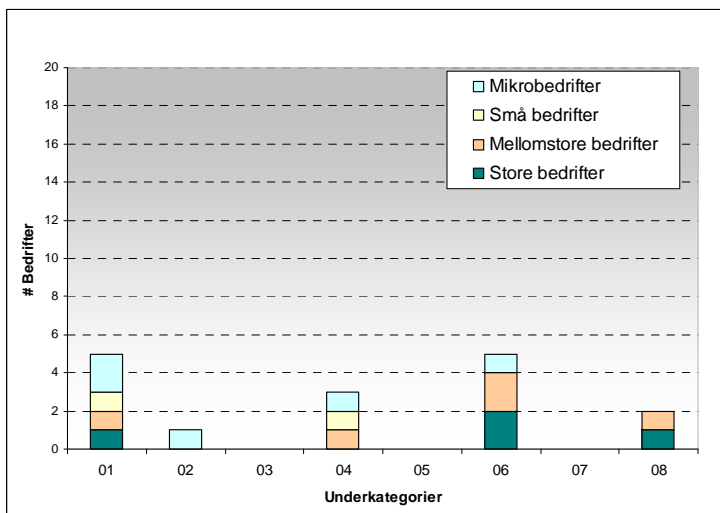
Kartleggingstabell 15: B03 – Design Technologies for Platforms and Weapons



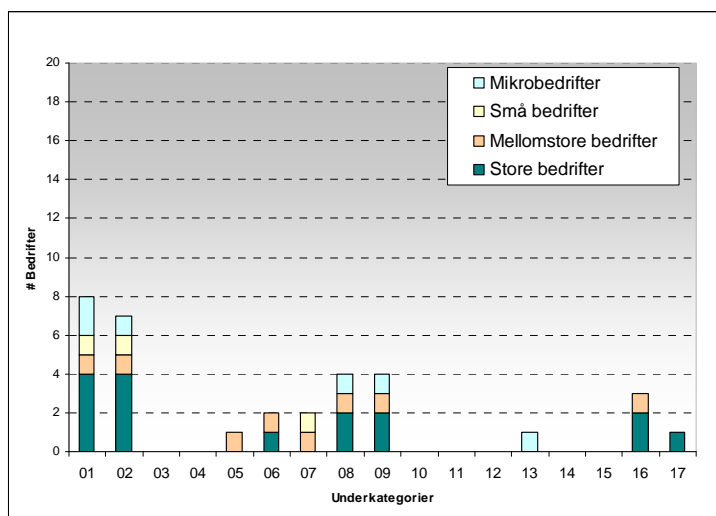
Kartleggingstabell 16: B04 – Electronic Warfare and Directed Energy Technologies



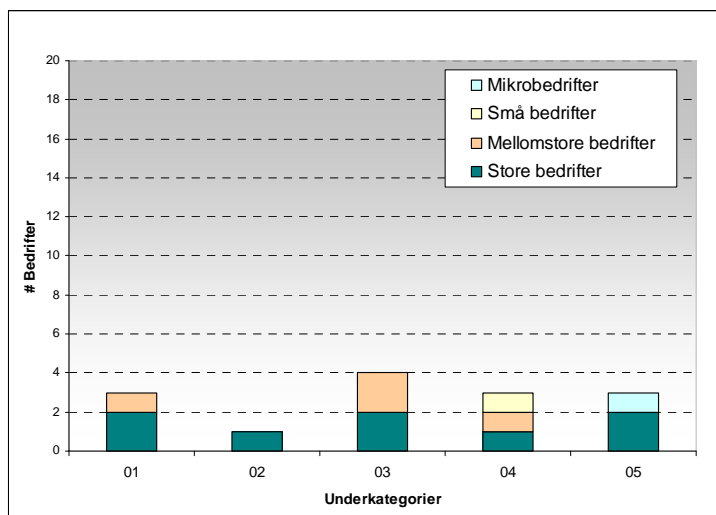
Kartleggingstabell 17: B05 – Signature Control and Signature Reduction



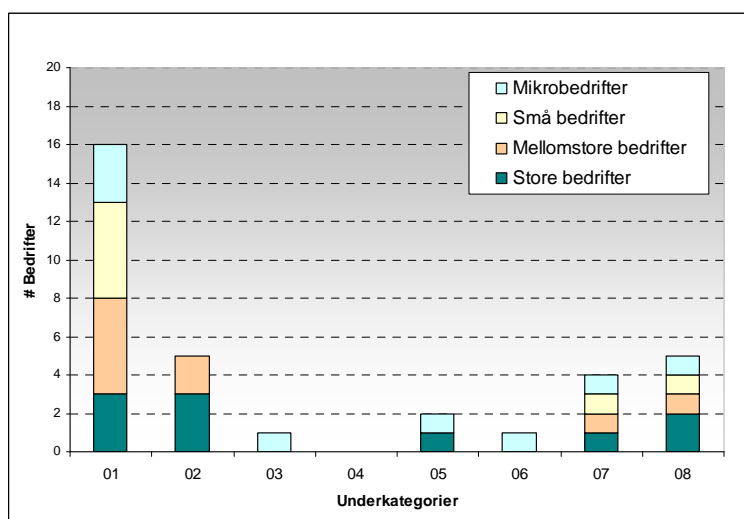
Kartleggingstabell 18: B06 – Sensor Systems



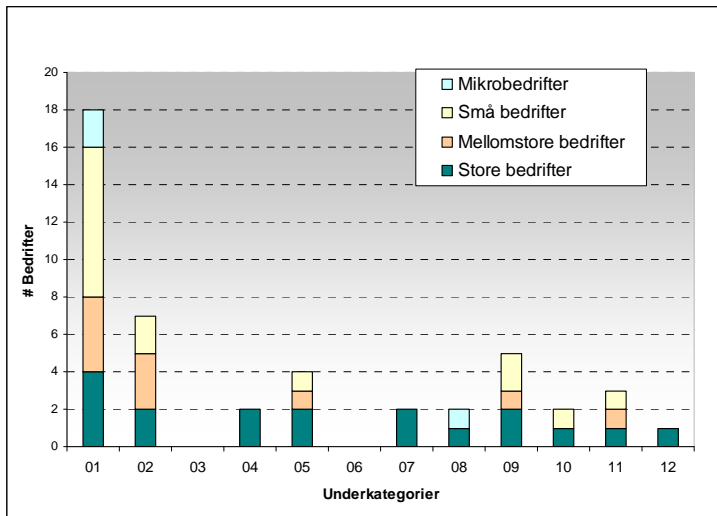
Kartleggingstabell 19: B07 – Guidance and Control Systems for Weapons and Platforms



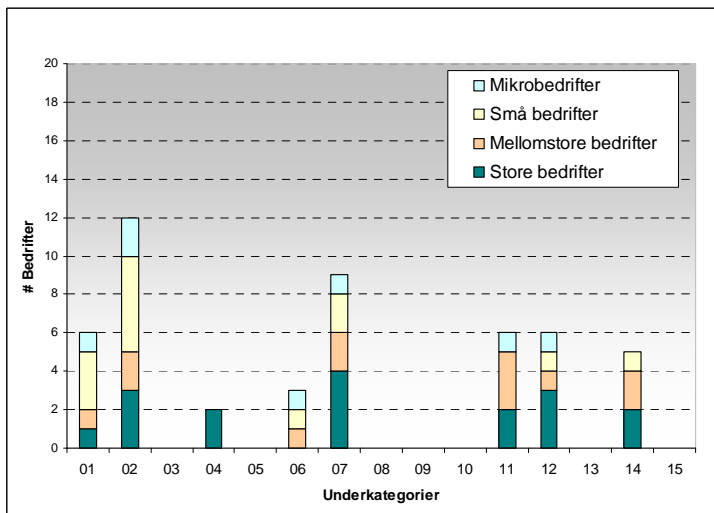
Kartleggingstabell 20: B08 – Simulators, Trainers and Synthetic Environments



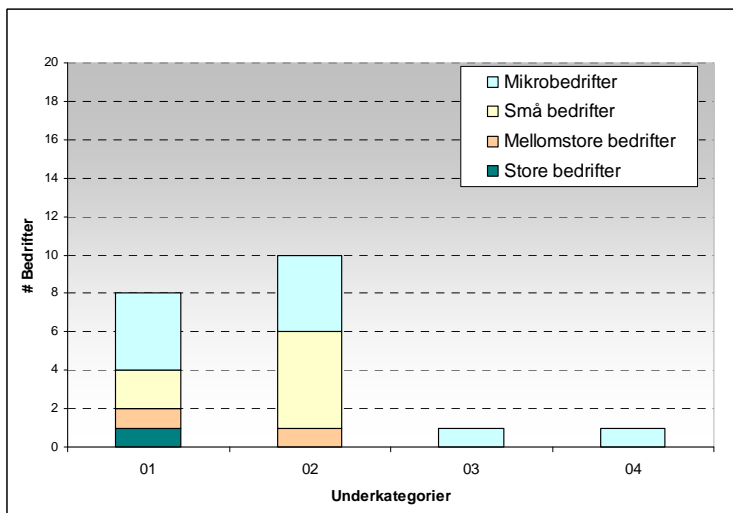
Kartleggingstabell 21: B09 – Integrated Systems Technology



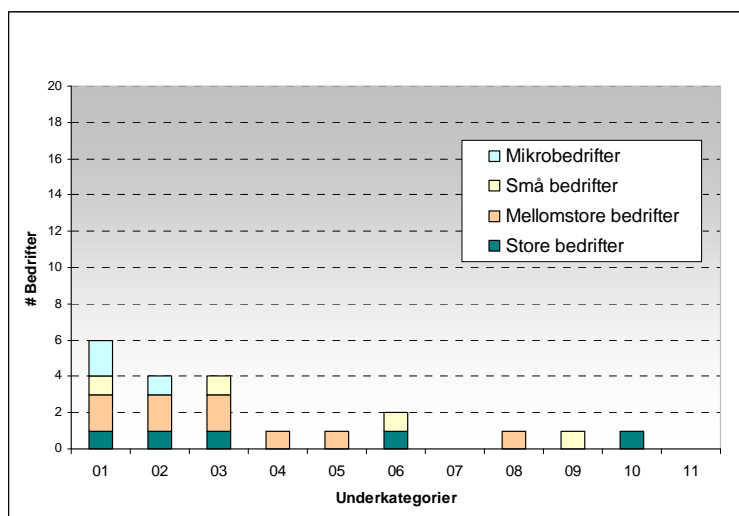
Kartleggingstabell 22: B10 – Communications and CIS-related Technologies



Kartleggingstabell 23: B11 – Personnel Protection Systems



Kartleggingstabell 24: B12 – Manufacturing Processes/ Design Tools/ Techniques



3.4 Styrker og svakheter ved kunnskapen og kompetansen i norsk forsvarsindustri

St.meld. nr. 38 (2006-2007: 11.7.3) *Forsvaret og industrien – strategiske partnere* sier følgende om mulighetene for Norge å opparbeide seg en bred kunnskap og kompetansebase: “En liten nasjon som Norge har verken mulighet til eller økonomiske ressurser til å ha dybdekompetanse innenfor hele spekteret av forsvarsmateriell”. Til tross for dette viser gjennomgangen av forsvarsindustrien i Norge at den besitter kunnskap og kompetanse innen de fleste teknologiområder. Legger vi EDAs teknologitaksonomi til grunn som universet av mulige kunnskap og kompetanse som forsvarsindustrien i Norge kunne besitte, ser vi at:

- Forsvarsindustrien i Norge har kunnskap som dekker litt i overkant av $\frac{3}{4}$ av EDAs teknologitaksonomi (77,4%)
- Forsvarsindustrien i Norge har kompetanse som dekker litt i overkant av $\frac{3}{4}$ av EDAs teknologitaksonomi (78,4%)

Dette betyr at for $\frac{3}{4}$ av underkategoriene i EDAs teknologitaksonomi finnes det minst én bedrift som besitter denne spesifikke kunnskapen eller kompetansen i Norge. Dette vil si at i motsetning til hva man kan få inntrykk av fra St.meld. nr. 38 har faktisk forsvarsindustrien i Norge kompetanse innen store deler av spekteret av forsvarsmateriell. I hvilken grad dette representerer ”dybdekompetanse” som stortingsmeldingen refererer til blir et definisjonsspørsmål, og det er kanskje ikke urimelig å anta at kunnskapen og kompetansen innen noen områder er mer overfladisk enn dyp. Det er uansett verdt å merke seg at det er en betydelig bredde i kunnskapen og kompetansen i forsvarsindustrien i Norge.

Vi vil i neste kapittel komme tilbake til spørsmålet om dybden i kunnskapen og kompetansen i forsvarsindustrien, men vi vil i resten av dette kapitlet fokusere på de områdene industrien mangler kunnskap og kompetanse og prøve å si noe om hvor kritiske disse manglene er.

3.4.1 Kunnskaps- og kompetansehull i forsvarsindustrien i Norge

Hvor er kunnskaps- og kompetanse ”hullene” i norsk forsvarsindustri? Og hvor alvorlige er disse kunnskapshullene? Nedenfor følger en oversikt over de områdene forsvarsindustrien i Norge mangler kunnskap og kompetanse⁷. Tabellen viser også hvor kritisk vi som forfattere mener de forskjellige kunnskaps- og kompetansehullene er, gjennom å betegne underkategoriene som enten sentrale eller sekundære. De underkategoriene som har blitt betegnet som sentrale representerer kunnskap og kompetanse som enten kan være av økonomisk eller strategisk interesse og visa versa de som betegnes som sekundære. De fleste underkategoriene har ikke fått noen betegnelse og de anser vi som ”nøytrale”, dvs. at de ikke har spesielt stor eller liten økonomisk eller strategisk interesse.

⁷ Det er viktig å være oppmerksom på at kartleggingen kun gjelder forsvarsbedrifter. Det er fullt mulig at det finnes sivile bedrifter som både besitter denne kunnskapen og kompetansen og er villig til å tre inn i forsvarsmarkedet.

Tabell 3.5: Kunnskapshull (underkategorier i A-listen som ingen bedrifter besitter)

A01 11	Structural & Smart Materials & Structural Mechanics	Smart/Functional Materials for Structural Uses	Sentralt
A03 02	Electronic Materials Technology	III-V Compounds	Sekundært
A03 03		Other Semiconducting Materials	Sekundært
A03 04		Insulating & Dielectric Materials	Sekundært
A03 05		Carbon-based Materials	Sekundært
A03 06		Superconducting Materials	Sekundært
A03 07		Magnetic Materials	Sekundært
A04 03	Photonic/ Optical Materials & Device Technology	Non-Linear Optical Materials & Devices	
A04 06		Non-Laser Devices	
A04 07		Transparent Materials	
A05 09	Electronic, Electrical & Electromechanical Device Technology	Other Electrical Power Sources & Devices	
A06 05	Energetic Materials and Plasma Technology	Plasma Techniques	
A06 06		Explosives Detection Techniques	
A07 06	Chemical, Biological & Medical Materials	Medical Products and Materials	
A08 09	Computing Technologies & Material Techniques	OA Tools and Techniques	Sekundært
A09 05	Information and Signal Processing Technology	Speech & Natural Language Processing Technology	Sentralt
A10 01	Human Sciences	Human Information Processing	Sekundært
A10 02		Military Human Resources	Sekundært
A10 08		Human Performance Enhancement	Sekundært
A11 03	Operating Environment Technology	Meteorology	Sekundært
A11 04		Upper Atmosphere & Space Environment	Sekundært

Som vi kan se av tabellen mangler forsvarsindustrien i Norge kunnskap på ganske så forskjellige områder. Hvor kritiske disse hullene er varierer mellom de forskjellige kunnskapskategoriene. Minst kritisk er kanskje kunnskapshullene innen hovedkategoriene A09 "Computing Technologies & Material Techniques", A10 "Human Sciences" og A11 "Operating Environment Technology." Disse underkategoriene inneholder kunnskap om operasjonsanalyse, kognitive og fysiologiske aspekter ved krigføring, meteorologi og verdensrommet. Dette er kunnskap som vi i utgangspunktet mener at passer bedre på forskningsinstitusjoner eller universiteter enn i forsvarsbedrifter og som Norge allerede besitter ved flere universiteter og forskningsinstitusjoner.

Et annet mindre kritisk område hvor forsvarsindustrien i Norge mangler kunnskap er hovedkategori A03 "Electronic Materials Technology". Denne kategorien tar for seg kunnskap knyttet til produksjon og utnyttelse av halvledere og kretskort. Halvlederindustrien er svært kapitalintensiv industri med betydelige stordriftsfordeler og en høy innovasjonsrate. Dermed er det kun et begrenset antall land som kan produsere (i alle fall de mest avanserte) komponentene – som siste generasjons prosessorer og RAM-brikker – og det er svært vanskelig for nye land å etablere seg innen sektoren. Denne høyteknologiske delen av industrien finner man i USA og noen av de industrialiserte landene i Asia. Den mindre høyteknologiske delen av industrien er preget av høy konkurranseintensitet og lave marginer. Denne delen av industrien finner man ofte i nylig industrialiserte land i Asia hvor de har satset på elektronikkindustri og har en blanding av

svært godt utdannede ingeniører og et relativt lavt lønnsnivå. Norsk industri har trolig små forutsetninger for å lykkes innenfor både den høy eller lavteknologiske delen av halvlederindustrien, og dette er heller ikke kritisk i og med at RAM-brikker, harddisker, prosessorer er hyllevarer som er lett tilgjengelige fra en mengde forskjellige leverandører.

Det er i alle fall to underkategorier hvor forsvarsindustrien i Norge mangler kunnskap som vi anser som sentralt ut i fra økonomiske og strategiske betraktninger. Dette er A01 11, ”Smart/Functional Materials for Structural Uses”, som tar for seg kunnskap om smarte materialer som kan endre funksjon eller egenskaper etter behov og A09 05 ”Speech & Natural Language Processing Technology” som tar for seg analyse og prosessering av naturlige språk. Begge to er teknologier som potensielt kan bli viktige både i fremtidig militærmateriell og som potensielle sivile vekstindustrier.

Tabell 3.6: Kompetansehull (underkategorier i B-listen som ingen bedrifter besitter)

B01 08	Lethality & Platform Protection	Defensive Aids Suite Systems	
B02 08	Propulsion and Powerplants	Ion Thrusters	Sekundært
B02 09		Nuclear Propulsion	Sekundært
B04 01	Electronic Warfare and Directed Energy Technologies	DET – RF	
B04 03		DET - Structural Designs	
B04 05		IR/Visible/UV	
B04 07		ECM - Magnetic and Electrical	
B04 11		EOPM - IR/Visible/UV	
B04 12		EPM – Acoustic	
B04 13		EPM - Magnetic and Electrical	
B05 05	Signature Control and Signature Reduction	Visible/UV Signatures	
B05 07		Electrical and Electrochemical Signatures	
B06 10	Sensor Systems	Non-Acoustic Sensors – Underwater	
B06 11		Electrical and Electrochemical Sensors	
B06 12		Magnetic Sensors	
B06 14		Explosive Detection Sensors	
B06 15		Microsensor Systems for Active Control of Structures	
B09 03	Integrated Systems Technology	Radiation Hardening	
B09 06		Health Monitoring systems	
B10 03	Communications and CIS-related Technologies	Communications Systems - IR/Visible/UV	
B10 09		Non-co-operative Target Recognition	
B10 13		Infrastructure to Support Information Management and Dissemination	Sentralt
B10 15		Air Traffic Control systems	
B12 07	Manufacturing Processes/ Design Tools/ Techniques	Manufacturing Process Simulation	Sekundært
B12 11		Knowledge-based Engineering	Sekundært

Det er flere områder hvor forsvarsindustrien i Norge mangler kompetanse. Igjen varierer det hvor kritisk vi mener disse kompetansehullene er. Hovedområde B12 ”Manufacturing

Processes/Design Tools/Techniques” mangler forsvarsindustrien i Norge de to underkategoriene ”Manufacturing Process Simulation” og ”Knowledge-based Engineering”. Dette skyldes mest sannsynlig at det ikke er lett å få innblikk i produksjonsprosessene til bedriftene gjennom hjemmesidene deres og at de som produserer forsvarsmateriell ofte vil reklamere for produktene sine og ikke produksjonsprosessen. Dermed er det ikke urimelig å anta at de faktisk besitter denne typen kunnskap og at manglene kun skyldes metodene som har vært benyttet i denne rapporten.

Vi regner det heller ikke som kritisk at forsvarsindustrien mangler kompetanse på B02 08 ”Ion thrusters” og B02 09 ”Nuclear propulsion”. Ionemotorer er motorer som kan benyttes på satellitter eller romfartøyer og som skaper fremdrift ved å sende ut positivt ladede atomer. Det er lite sannsynlig at dette kommer til å bli en fremtidig vekstindustri og det er heller ikke noen store militærstrategiske tap ved å ikke besitte denne teknologien i industrien. Kjernekraft har Norge valgt å ikke benytte i militært materiell og det er derfor ikke kritisk at industrien ikke har kompetanse på dette området.

Ett av kompetanseområdene – B10 13 ”Infrastructure to Support Information Management and Dissemination” – anses likevel å være av strategisk betydning. Dette området omhandler kompetanse på informasjonsinfrastruktur tilknyttet høyere ordens ledelsesstruktur på strategisk (joint) nivå (f.eks det amerikanske UCS (Unified Command Structure)-nivået og spredingen og kontrollen av informasjon i slike systemer)⁸.

3.5 Konklusjon og oppsummering

Vi har i dette kapittelet sett at forsvarsindustrien i Norge har en bred kunnskap og kompetansebase. Med utgangspunkt i EDAs teknologitaksonomi har rapporten kommet frem til at forsvarsindustrien besitter i overkant av 2/3 av det denne rapporten har definert som ”universet” av forsvarsrelatert kunnskap og kompetanse. Likevel har forsvarsindustrien i Norge flere kunnskaps- og kompetansehull. Kartleggingen kom frem til at forsvarsindustrien bl.a. mangler kunnskap og kompetanse på områder knyttet til halvledere, elektronisk krigføring og sensorsystemer (elektroniske og magnetiske). Noen av disse kunnskaps- og kompetansehullene ble betegnet som kritiske, slik som smarte materialer, prosessering av tale og naturlig språk og informasjonsinfrastruktur tilknyttet høyere ordens ledelsesstruktur.

⁸ Norsk industri, dvs. Thales Norway, Kongsberg Defence & Aerospace og Teleplan Globe, har delvis høy kompetanse på dette området, jmf. nasjonalt NORCCIS, MAJICC – samarbeidet og div. proprietære KKI/BMS-løsninger, men ikke på et integrasjonsnivå som tillater full funksjonalitet til å flyte gjennom systemet til høyeste nivå i kommandostrukturen. Et strategisk grep for å sikre industriell kompetanse under nasjonal kontroll kan være et utvidet samarbeid modellert etter CCIS House, forutsatt gunstige rammebetingelser.

4 Analyse av kunnskap og kompetanse i forsvarsindustrien

4.1 Systemintegreringsansvar og dyktighet

I tillegg til å kartlegge kunnskap og kompetanse i forsvarsindustrien i Norge har denne rapporten til hensikt å gi svar på ...

- ... hvor mange bedrifter som kan ta et systemintegrasjonsansvar og
- ... hvilke områder norsk forsvarsindustrien i Norge er gode på (dyktige)

Begge spørsmålene er i utgangspunktet vanskelige å besvare. Hovedproblemet er at verken systemintegrasjon eller dyktighet er direkte målbare størrelser. Man kan ikke slå opp i et offentlig register for å finne hvilke bedrifter som kan ta et systemintegreringsansvar eller hvilke områder forsvarsindustrien i Norge er gode. For å få svar på disse spørsmålene må man benytte indirekte metoder. En slik indirekte metode – som vi vil beskrive i dette kapittelet – er å bruke indikatorer.

Indikatorer er størrelser som er relativt lette å observere og som samvarierer med det fenomenet man studerer. For eksempel blir økende arbeidsledighet, fallende industriproduksjon og lavere inflasjonstall ofte brukt som indikatorer på økonomisk resesjon. Indikatorer er usikre mål i den forstand at de ofte, men ikke alltid, opptrer sammen med det fenomenet man studerer. Dermed ønsker man ofte flere uavhengige indikatorer når man skal avgjøre om et fenomen har inntruffet eller ikke. For eksempel ønsker man å se at arbeidsledigheten stiger på samme tid som industriproduksjonen faller og inflasjonstallene går ned før man konkluderer med at økonomien er på vei inn i en resesjon.

I denne rapporten vil vi benytte tre indikatorer for å finne ut hvor mange bedrifter som kan ta et systemintegreringsansvar og to indikatorer på hvor norsk forsvarsindustri er gode. For å finne ut hvilke bedrifter som kan ta et systemintegreringsansvar benyttes bedriftens størrelse, systemintegrasjonskompetanse (B09 01) og bredden på kunnskap og kompetanse som indikatorer og for å finne ut hvor vi ”er gode” benyttes utbredelsen av kunnskap og kompetansekategoriene og eksporttall som indikatorer. Dette kapittelet er organisert slik at vi først ser på indikatorer for systemintegrasjonsansvar og deretter på ”hvor vi er gode”.

4.2 Systemintegrasjonsansvar

Det har vært noe diskusjon om begrepsparet ”systemansvar” og ”systemintegreringsansvar”. Noen mener at det kun er Forsvaret som kan ta ”systemansvaret” og at bedrifter kun kan ta et ”systemintegreringsansvar”. Denne posisjonen er knyttet til ideen om at det til sist kun er Forsvaret som står ansvarlig for et våpensystem og at det dermed kun er Forsvaret som kan være ansvarlig for ”systemet” som helhet. Andre snakker om at noen bedrifter som står ansvarlig for sluttprodukter har tatt et systemansvar. Denne diskusjonen blir fort et spørsmål om semantikk og representerer ikke nødvendigvis noen uenighet om konkrete forhold. I denne rapporten kommer

vi til å bruke ”systemintegrasjonsansvar” og ikke ”systemansvar” når vi snakker om bedriften som står ansvarlig for sluttproduktet.

Det å ta et systemintegrasjonsansvar innebærer at bedriften står ansvarlig for at sluttproduktet som helhet lever opp til kundens spesifikasjoner. Dette innebærer blant annet at de må koordinere leveransene fra underleverandører og sørge for at de samvirker sammen som et system. Det er vanskelig å avgjøre på generelt grunnlag at en gruppe forsvarsbedrifter kan ta et systemintegrasjonsansvar mens en annen ikke kan det. Både størrelsen og kompleksiteten på leveransen vil påvirke hvilke bedrifter som kan ta på seg systemintegrasjonsansvaret, og mange forsvarsbedrifter vil nok klare å bære ansvaret selv om gjennomføringen kan preges av varierende grad av suksess. Dermed er det antagelig bedre å snakke om at noen bedrifter har bedre forutsetninger for å ta på seg et systemintegreringsansvar enn andre.

For å finne hvilke bedrifter som har best forutsetninger for å ta på seg et systemintegrasjonsansvar har vi benyttet tre indikatorer:

- *Bedriftens størrelse* (målt i antall ansatte)
- *Systemintegreringskompetanse* (målt som besittelse av B09 01: Systems Engineering and Integrated Systems Design)
- *Bredden på kunnskap og kompetanse* (målt i antall kunnskap og kompetanse underkategorier)

Bedriftens størrelse kan være en god indikator på om bedriften kan ta et systemintegrasjonsansvar. Små bedrifter vil kunne få problemer med å håndtere den administrative byrden som det innebærer å følge opp flere underleverandører og få egne og andres komponenter til å virke sammen som et system. Dermed kan man gå ut fra at de større forsvarsbedriftene har bedre forutsetninger for å ta på seg et systemintegreringsansvar enn de mindre bedriftene. I alt er det i vårt utvalg 12 store bedrifter med mer enn 250 ansatte som ut i fra denne indikatoren burde ha forutsetninger for å ta på seg et systemintegreringsansvar (se tabell i kapittel 2).

En annen indikator på at en bedrift kan ta et systemintegrasjonsansvar er at bedriften besitter kompetansekategori B09 01: Systems Engineering and Integrated Systems Design. Denne kompetansekategorien tar for seg integrering av komponenter i systemer eller plattformer eller med EDAs egne ord... [competence to] *understand systems engineering, integrated system and platform (and propulsion systems) design, architecture of weapons systems and weapon systems integration processes*. Det er til sammen 18 Bedrifter som har kompetansekategori B09 01 og som ut i fra denne indikatoren bør ha forutsetninger for å ta på seg et systemintegreringsansvar.

Den siste indikatoren på at en bedrift kan ta et systemintegrasjonsansvar er at den har en betydelig bredde i sin kunnskaps og kompetansebase⁹. Det å sørge for at komponenter fra en mengde forskjellige leverandører samvirker sammen som et system krever ofte at man har kunnskap og

⁹ Takk til Ole Garshol for dette poenget.

kompetanse på en mengde forskjellige områder. Det er til sammen 19 bedrifter som har mer enn 10 kunnskaps og kompetansekategorier.

4.2.1 Hvor mange bedrifter kan ta systemansvar?

Går vi i gjennom de tre indikatorene får vi følgende sammenstilling:

- Det er til sammen 12 bedrifter som har mer enn 250 ansatte
- Det er til sammen 18 Bedrifter som besitter kompetanseområde "B09 01: Systems Engineering and Integrated Systems Design" kompetansen
- Det er til sammen 19 bedrifter som besitter mer enn 10 kunnskaps og kompetanse underkategorier

Men det er i stor grad overlapp mellom de bedriftene som besitter de forskjellige indikatorene. Flere bedrifter har for eksempel flere enn 250 ansatte og besitter mer enn 10 kunnskaps- og kompetansekategorier. I tabellen nedenfor ser vi en oppstilling av bedrifter fordelt etter hvilke og hvor mange indikatorer de besitter.

Tabell 4.1: Oversikt over indikatorer for systemintegrasjonsansvar

Bedrift nr.	Større enn 250	Kompetanseområde B09 01	Mer enn 10 kunnskap og kompetanseområder	Totalt
1	ja	Ja	Ja	3
2	ja	Ja	Ja	3
3	ja	Ja	Ja	3
4	ja	Ja	Ja	3
5		Ja	Ja	2
6		Ja	Ja	2
7		Ja	Ja	2
8		Ja	Ja	2
9		Ja	Ja	2
10		Ja	Ja	2
11		Ja	Ja	2
12	ja		Ja	2
13	ja		Ja	2
14	ja		Ja	2
15		Ja		1
16		Ja		1
17		Ja		1
18		Ja		1
19		Ja		1
20		Ja		1
21		Ja		1
22	ja			1
23	ja			1
24	ja			1
25	ja			1
26	ja			1
27			Ja	1
28			Ja	1
29			Ja	1
30			Ja	1
31			Ja	1

Som vi kan se av tabellen er det kun 4 bedrifter som besitter alle tre indikatorene, mens det er 10 som besitter to og 17 som besitter én. Det er i utgangspunktet de forsvarsbedriftene som besitter alle tre indikatorer som er best egnet til å ta et systemintegreringsansvar. De er store nok til å ta unna den administrative byrden, har systemintegreringskompetanse og en bred kunnskaps og kompetanse base. De forsvarsbedriftene med én eller to indikatorer vil også kunne ta et systemintegreringsansvar, men vil kunne få større problemer i gjennomføringen av prosjektet.

4.3 Hvor er vi gode?

Det er vanskelig å si hvor forsvarsindustrien i Norge ”er god” ettersom det å være god ikke er et klart definert begrep. I denne rapporten har vi valgt å definere de områdene hvor forsvarsindustrien er god, som områder hvor forsvarsindustrien i Norge har et komparativt fortrinn (relativt dyktigere) i forhold til forsvarsindustrien i andre land. Vi kommer til å benytte to indikatorer for å finne ut hvor forsvarsindustrien i Norge har et komparativt fortrinn. Vi vil se på hvilke kunnskaps- og kompetanseunderkategorier som flest forsvarsbedrifter besitter og vi vil se på hva slags forsvarsmateriell vi eksporterer. Begge disse indikatorene støtter seg på økonomisk teori og kan gi en pekepinn på hvor forsvarsindustrien i Norge er god.

4.3.1 10-på-topp kunnskap og kompetanse

En indikator man kan bruke for å finne ut ”hvor vi er gode” er å se på hvilke kunnskaps- og kompetansekategorier som flest bedrifter besitter. Økonomisk teori tilsier at bedrifter ofte går inn i næringssegmenter hvor landet har konkurransemessige fortrinn (komparative fortrinn) og man kan derfor forvente at det er flere bedrifter som operer innen de områdene hvor norsk kunnskap og kompetanse er i verdensklasse¹⁰. Dermed kan en indikator på at ”vi er gode” på et område være at flere bedrifter besitter den bestemte kunnskapen eller kompetansen. Nedenfor følger 10-på-topp lister for kunnskaps- og kompetanseområdene (ettersom samme antall bedrifter hadde noen kunnskaps- og kompetanseunderkategorier er listen lengre enn 10).

¹⁰ Se f.eks. Porter (1998), the Competitive Advantage of Nations.

Tabell 4.2: 10-på-topp Kunnskap (EDAs A-liste)

#		Hovedkategori	Underkategori	Antall Bedrifter
1	A08 01	Computing Technologies & Mathematical Techniques	Software Engineering	20
2	A09 01	Information and Signal Processing Technology	Data & Information Management Technology	16
2	A09 04	Information and Signal Processing Technology:	Image/Pattern Processing Technology	16
2	A12 01	Mechanical, Thermal & Fluid-Related Technologies & Devices	Mechanical/Hydraulic Technologies & Devices	16
5	A09 02	Information and Signal Processing Technology	Digital Signal Processing Technology	13
6	A08 04	Computing Technologies & Mathematical Techniques	Architectures	12
7	A10 04	Human Sciences	Human Survivability, protection & stress effects	10
8	A01 04	Structural & Smart Materials & Structural Mechanics	Structural Materials Processing - joining technology	9
9	A01 03	Structural & Smart Materials & Structural Mechanics	Polymers and Polymer Matrix Composite Technologies	8
9	A01 08	Structural & Smart Materials & Structural Mechanics	Structural Mechanics	8
9	A05 03	Electronic, Electrical & Electromechanical Device Technology	Device integration/reliability	8
9	A08 02	Computing Technologies & Mathematical Techniques	Protocol Technology	8
9	A10 05	Human Sciences	Individual & team training	8

Som vi kan se av tabellen er det to bredere kunnskapsområder som peker seg ut: *informasjons- og kommunikasjonsteknologi* representer ved hovedkategori A08 og A09 og *material og mekanisk basert teknologi* representert ved hovedkategori A01 og A12. Innen informasjons- og kommunikasjonsteknologiområdet (markert med grått) finner man en god del generisk kunnskap om programmering, arkitektur, databaser og protokoller, men også mer spesialisert kunnskap om bl.a. bildeprosessering. Innen material og mekanisk basert teknologi finner man også en god del generisk kunnskap om bl.a. strukturell mekanikk og hydraulikk, men også mer spesialisert kunnskap om bl.a. polymerer. Det er også verdt å merke seg at norske forsvarsbedrifter også er gode på integrering av elektroniske systemer.

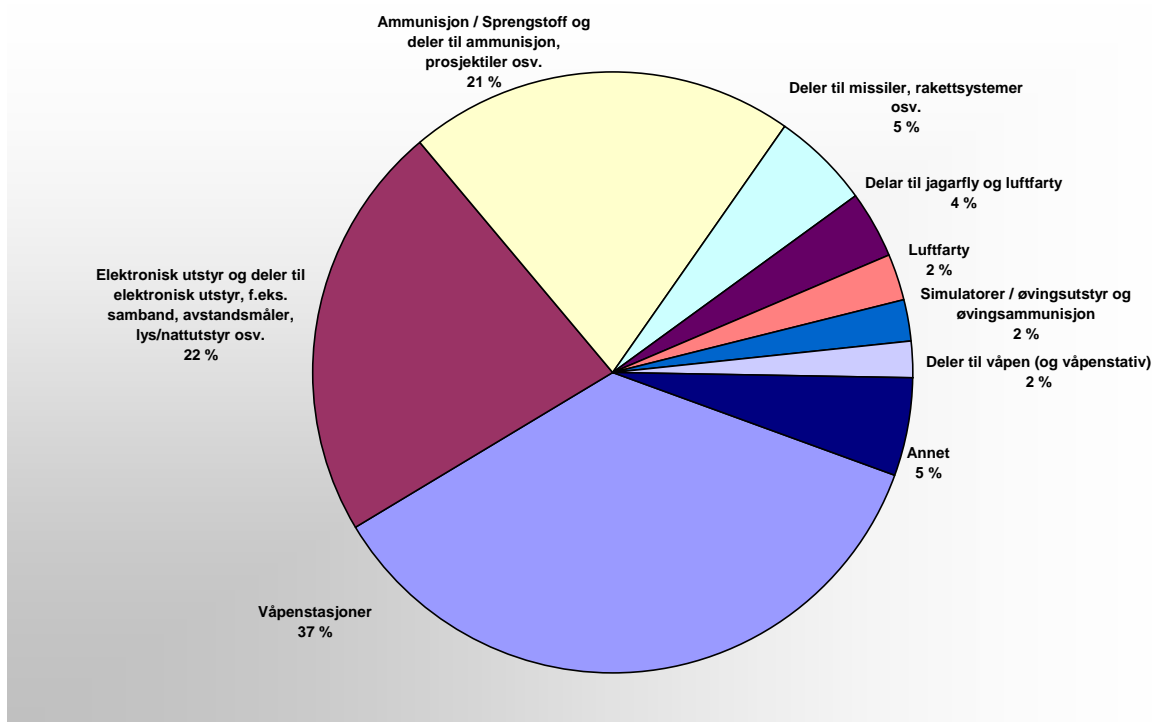
Tabell 4.3: 10-på-topp kompetanse (EDAs B-liste)

#	Hovedkategori	Underkategori	Antall Bedrifter	
1	B09 01	Integrated Systems Technology	Systems Engineering and Integrated Systems Design	18
2	B08 01	Simulators, Trainers and Synthetic Environments	Skills Training systems	16
3	B10 02	Communications and CIS-related Technologies	Communications Systems - Micro and Millimeter Wave	12
4	B03 04	Design Technologies for Platforms and Weapons	Mechanical Designs	10
4	B11 02	Personnel Protection Systems	Physical Protection systems – Environment	10
6	B10 07	Communications and CIS-related Technologies	Command & Information systems Integration	9
7	B11 01	Personnel Protection Systems	Physical Protection systems – Threat	8
7	B06 01	Sensor Systems	RF Sensors/Antennas – Active	8
7	B03 08	Design Technologies for Platforms and Weapons	Electrical/Electronic Design	8
10	B06 02	Sensor Systems	RF Sensors/Antennas – Passive	7
10	B09 02	Integrated Systems Technology	Interoperability Standards	7

Som vi kan se av tabellen ovenfor er det systemintegrasjon som er den kompetansen som flest forsvarsbedrifter besitter. I tillegg besitter en mengde forsvarsbedrifter mer spesialisert design og systemintegrasjonskompetanse innen bestemte felt som elektroniske, mekaniske og kommando, kontroll og informasjons- (KKI) systemer (markert med grått). Forsvarsindustrien har ellers mye kompetanse på simulatorsystemer (B08 01) og sensorsystemer knyttet til radar (B06 01 og 02).

4.3.2 Eksport

Eksport er en annen mulig indikator på "hvor vi er gode". Som vi har sett i kapittel 2 har små og mellomstore bedrifter nesten like stor eksportandel som store bedrifter. Dette kan tyde på at det ikke nødvendigvis er stordriftsfordeler som gjør at en forsvarsbedrift er i stand til å eksportere, men at de besitter kunnskap og kompetanse som er etterspurt av forsvar i utlandet. Dermed er det mulig å bruke eksport som en indikator på de kunnskaps og kompetanseområdene hvor forsvarsindustrien i Norge har et komparativt fortrinn. I denne rapporten baserer vi oss kun på 2007 eksportstatistikken fra UD, som viser eksporten av lisenspliktig materiell målt i kroner og fordelt etter varegruppe. Hadde historiske tall blitt benyttet ville resultatene kunne endret seg noe, men denne fremgangsmåten kunne også gi et litt skjevt bilde av hva slags materiell forsvarsindustrien kan eksportere i dag.



Figur 4.1: Eksport av forsvarsmateriell i 2007 målt i kroner og fordelt etter varegruppe (kilde: Stortingsmelding nr. 29 (2007/2008) Eksport av forsvarsmateriell frå Noreg i 2007, eksportkontroll og internasjonalt ikkje-spreiingssamarbeid)

Som vi kan se av tabellen ovenfor er det våpenstasjoner (#1), elektronisk utstyr og deler til elektronisk utstyr, f.eks. samband, avstandsmåler, lys/nattutstyr (#2) og ammunisjon/ sprengstoff og deler til ammunisjon, prosjektiler (#3) som er de største eksportkategoriene. Nedenfor er disse tre områdene brutt ned etter EDAs teknologitaksonomi slik at man kan se de viktigste kunnskaps- og kompetanseunderkategoriene som inngår i disse områdene.

Tabell 4.4: Våpenstasjoner

A04 01	Photonic/ Optical Materials & Device Technology	Optical Materials & Devices
A04 02		IR/Visible/UV Detector Materials & Devices
A05 10	Electronic, Electrical & Electromechanical Device Technology	Electric Motors
A09 02	Information and Signal Processing Technology	Digital Signal Processing Technology
A09 04		Image/Pattern Processing Technology
A09 08		Information & Data Fusion Technology
A12 01	Mechanical, Thermal & Fluid-Related Technologies & Devices	Mechanical/Hydraulic Technologies & Devices
B03 08	Design Technologies for Platforms and Weapons	Electrical/Electronic Designs
B03 09		Optical Designs
B06 05	Sensor Systems	IR Sensors – Active
B06 06		IR Sensors – Passive
B06 07		Visible/UV Wave Sensors
B06 16		Motion Sensor systems
B07 05	Guidance and Control systems for Weapons and Platforms	Display systems
B09 01	Integrated Systems Technology	Systems Engineering and Integrated Systems Design

Tabell 4.5: Elektronisk utstyr og deler til elektronisk utstyr, f.eks. samband, avstandsmåler, lys/nattutstyr osv.

A04 01	Photonic/ Optical Materials & Device Technology	Optical Materials & Devices
A04 02		IR/Visible/UV Detector Materials & Devices
A04 05		Lasers -all types
A05 03	Electronic, Electrical & Electromechanical Device Technology	Device Integration/Reliability
A08 02	Computing Technologies & Mathematical Techniques	Protocol Technology
A08 06		Secure Computing Techniques
A08 07		Encryption / Crypto Technologies
A09 02	Information and Signal Processing Technology	Digital Signal Processing Technology
B03 08	Design Technologies for Platforms and Weapons	Electrical/Electronic Designs
B03 09		Optical Designs
B06 05	Sensor Systems	IR Sensors – Active
B06 06		IR Sensors – Passive
B06 07		Visible/UV Wave Sensors
B09 01	Integrated Systems Technology	Systems Engineering and Integrated Systems Design
B10 02	Communications and CIS-related Technologies	Communications Systems - Micro and Millimetre Wave
B10 06		Communications & CIS Security Systems

Tabell 4.6: Ammunisjon / Sprengstoff og deler til ammunisjon, prosjektiler osv.

A01 01	Structural & Smart Materials & Structural Mechanics	Metals & Metal Matrix Composite Technology
A01 04		Structural Materials Processing – Joining Technology
A01 09		Structural Materials – Forming
A06 03	Energetic Materials and Plasma Technology	Explosives
A06 04		Pyrotechnics
B01 01	Lethality & Platform Protection	Warheads
B01 02		Penetrators
B03 06	Design Technologies for Platforms and Weapons	Ballistic Designs

Det er en stor grad av sammenfall mellom kunnskapen og kompetansen som inngår i produksjonen av våpenstasjoner og elektronisk utstyr. Kunnskap og kompetanse innen elektronikk og mekanikk er viktig innenfor begge områder og begge produktområdene baserer seg på et bredt spekter av informasjon og kommunikasjonsteknologi og sensorsystemer (IR/synlig/UV). Det er også verd å merke seg at begge produktområdene er komplekse og at systemintegrasjonskompetanse står sentralt i produksjonen av disse produktene.



Bilde 4.1: Protector er en av de mest kjente våpenstasjonene (kilde: Kongsberggruppens hjemmesider)

Ammunisjon/ Sprengstoff og deler til ammunisjon og prosjektiler skiller seg fra de to andre eksportområdene i forhold til kunnskap og kompetanse. Dette eksportområde baserer seg i stor grad på kunnskap innen materialteknologi og strukturell mekanikk og kompetanse innen ballistisk design.

4.3.3 Innen hvilke av de 8 teknologiske kompetanseområdene er vi gode?

Hvilke implikasjoner har det vi har kommet frem til så langt for de 8 teknologiske kompetanseområdene? I denne delen av rapporten vil vi gå igjennom hvert av de 8 kompetanseområdene og se hva slags implikasjoner resultatene fra denne studien har for hvert av dem.

- **Informasjons- og kommunikasjonsteknologi:** Dette er et teknologiområde hvor forsvarsindustrien i Norge har betydelig kunnskap og kompetanse. Industrien har betydelig kunnskap innen et bredt spekter av generiske områder som programmering, arkitektur, databaser og protokoller. Men den besitter også mer spesialisert kunnskap som inngår i våpenstasjoner og elektroniske systemer, bl.a. knyttet til sensorsystemer slik som bildeprosessering og digital signalbehandling, og kommunikasjonsutstyr slik som kryptering og sikker databehandling. Industrien har derimot ikke kunnskap på et spennende nytt felt som prosessering av tale og naturlige språk (se kapittel 3).
- **Systemintegrasjon:** Forsvarsindustrien i Norge har omfattende kompetanse innen systemintegrasjon. Systemintegrasjon er den kompetansen flest forsvarsbedrifter besitter og denne kompetanse står sentral i produksjonen av eksportartikler som våpenstasjoner og elektronisk utstyr. Forsvarsindustrien i Norge er særlig gode på systemintegrasjon i forhold til elektroniske og mekaniske systemer, men også til en viss grad kommando, kontroll og informasjonssystemer (KKI systemer). Det er likevel verd å merke seg at vi tidligere kom frem til at det kun var fire bedrifter som ble beskrevet som særlig egnet til å ta et systemintegrasjonsansvar.
- **Missilteknologi og autonome våpen og sensorsystemer:** Missiler er ikke blant de største eksportartiklene, men de har likevel et relativt stort omfang med en eksportandel på 5 %. Selv om eksportandelen er moderat har missilteknologi et stort potensial som eksportartikkel – dette gjelder særlig i forhold til Kongsbergs ”Naval Strike Missile” (NSM). I tillegg har industrien betydelig kunnskap og kompetanse på områder som inngår i missiler og autonome våpen og sensorsystemer som bildeprosessering og sensorsystemer (IR/synlig/UV).
- **Undervannsteknologi og sensorer:** Undervannsteknologi har fått mye oppmerksomhet gjennom prestisjetunge prosjekter som Hugin. Likevel er det lite som tyder på at det er en teknologi som er utbredt innen forsvarsindustrien, og det er ikke mye eksport av denne typen materiell. Det samme gjelder for sonar hvor det kun er fire bedrifter som besitter kompetanse (se B06 08 og 09 i tabellene i kapittel 3).

- **Simuleringsteknologi:** Dette er et område hvor forsvarsindustrien i Norge har omfattende kunnskap og kompetanse. Simuleringsteknologi er etter systemintegrasjon det kompetanseområdene flest bedrifter besitter, og det er også noe eksport av denne produktkategorien (2 %). Det er særlig i tilknytning til opplæring at forsvarsindustrien er god på simuleringssystemer.
- **Våpen- og rakettmotorteknologi, ammunisjon og militære sprengstoff:** Ammunisjon og sprengstoff er et av de største eksportområdene, noe som gjør dette teknologiområdet til et betydningsfullt kunnskaps- og kompetanseområde for industrien. Med unntak av sammenbindingsteknologi (A01 04) er likevel ikke kunnskapen og kompetansen som inngår i produksjonen av våpen- og rakettmotorteknologi, ammunisjon og militære sprengstoff spesielt utbredt.
- **Materialteknologi:** Forsvarsindustrien i Norge har betydelig kunnskap og kompetanse knyttet til materialteknologi (se f.eks. oversikt over kategori A01 i kapittel 3). Det er særlig innen polymerer (plast) og sammenbindingsteknologi at forsvarsindustrien i Norge er spesielt kunnskapsrik. Likevel er det verd å merke seg at forsvarsindustrien mangler kunnskap på et svært interessant område som smarte/ funksjonelle materialer (A01 11, se kapittel 3).
- **Maritim teknologi:** Forsvarsindustrien har mye generisk kunnskap og kompetanse innen materialteknologi og mekanikk som kan benyttes innen maritim sektor, og Norge har også en industriklynge på Vestlandet knyttet til maritim industri. Likevel er det lite forsvarsrelatert eksport innen området, og det kan synes som om denne teknologien i all hovedsak er sivil.

4.4 Konklusjon og oppsummering

Vi har i dette kapittelet sett at det er et begrenset antall forsvarsbedrifter som kan ta systemintegrasjonsansvar. Ved å benytte de tre indikatorene størrelse, systemintegrasjonskompetanse og kunnskap og kompetansebredde, fant vi at det kun var 4 forsvarsbedrifter som var spesielt egnet til å ta et systemintegrasjonsansvar. Vi har også sett at forsvarsindustrien i Norge er god innen flere områder. Ved å bruke eksport og antall bedrifter som besitter en kunnskap eller kompetanse underkategori kom vi frem til at forsvarsindustrien i Norge hadde komparative fortrinn innen bl.a. informasjon og kommunikasjonsteknologi, material og mekanisk basert teknologi, og systemintegrasjon innen elektroniske, mekaniske og kommando-, kontroll- og informasjons- (KKI) systemer.

5 Konklusjon

Vi har i denne rapporten kommet frem til følgende overordnede konklusjoner om kunnskapen og kompetansen i forsvarsindustrien i Norge:

- **Forsvarsindustrien i Norge har en bred kunnskaps- og kompetansebase.** Med utgangspunkt i EDAs teknologitaksonomi har rapporten kommet frem til at forsvarsindustrien besitter i overkant 2/3 av underkategoriene i EDAs A og B liste. Dette betyr at én eller flere bedrifter besitter kunnskap om eller kompetanse på i overkant av 2/3 av det denne rapporten har definert som ”universet” av forsvarsrelatert kunnskap og kompetanse.
- **Forsvarsindustrien i Norge har flere kunnskaps og kompetansehull.** Kartleggingen i rapporten kom frem til at forsvarsindustrien bl.e. mangler kunnskap og kompetanse på områder knyttet til halvledere, elektronisk krigføring og sensorsystemer (elektroniske og magnetiske).
- **Noen av kunnskaps- og kompetansehullene er kritiske.** Av de kunnskaps og kompetansehullene som rapporten avdekket ble mangelen av kunnskap innen smarte materialer og tale og naturlig språk prosessering og kompetanse innen informasjonsinfrastruktur tilknyttet høyere ordens ledelsesstruktur betegnet som kritiske. Dette kom av at smarte materialer og prosessering av tale og naturlig språk anses som potensielle vekstindustrien og at kompetanse innen informasjonsinfrastruktur tilknyttet høyere ordens ledelsesstruktur anses som å være av strategisk betydning.
- **Det er et begrenset antall forsvarsbedrifter som kan ta systemintegrasjonsansvar.** Rapporten benyttet tre indikatorer for å komme frem til hvor mange bedrifter som kunne ta system integrasjonsansvar: størrelse, systemintegrasjonskompetanse og kunnskap og kompetansebredde. Gjennom denne tilnærmingen kom rapporten frem til at det kun var 4 forsvarsbedrifter som var spesielt egnet til å ta et systemintegrasjonsansvar
- **Forsvarsindustrien i Norge er god innen flere områder.** Rapporten benyttet to indikatorer for å komme frem til hvilke områder forsvarsindustrien i Norge har komparative fortrinn: eksport og antall bedrifter som besitter en kunnskap eller kompetanse underkategori. Ut i fra disse indikatorene kom rapporten frem til at forsvarsindustrien var god på bl.a. informasjon og kommunikasjonsteknologi, material og mekanisk basert teknologi, og systemintegrasjon innen elektroniske, mekaniske og kommando-, kontroll- og informasjons- (KKI) systemer.

Referanser

- Fevolden, Arne, Karlsen, Eva Næss og Edina Ringdal (2008) *Virkemiddelapparatet og forsvarsindustrien i Norge*, FFI-rapport 2008/02066
- Norway Esports (2008/2009) *Defence and Security Technology*. Findexa Forlag
- Norwegian Defence & Security (2008-09). Horn Forlag
- Porter, M. (1998) *The Competitive Advantage of Nation, with a new introduction by the author*, Macmillan Press Ltd
- Reve, T. og Jakobsen, E. W. (2001) *Et verdiskapende Norge*, Universitetsforlaget 2001
- Skogstad, Arne K. og Warberg, Erik N. (2005) *Revisjon av de teknologiske kompetanse- og satsingsområder for Forsvare og norsk forsvarsindustri*, FFI-rapport 2005/01678
- Stortingsmelding nr. 38 (2006/2007) *Forsvaret og industrien – strategiske partnere*
- Stortingsmelding nr. 29 (2007/2008) *Ekspert av forsvarsmateriell frå Noreg i 2007, eksportkontroll og internasjonalt ikkje-spreiingssamarbeid*
- St.prp. nr. 1 (2005-2006)

Appendix A

A.1 EDAs teknologitaksonomi

Vedlagt er en kopi av EDAs teknologitaksonomi slik den forelå på EDA sine hjemmesider mai 2009.



EDA Technology Taxonomy

Overview

(Some Technology Taxonomy Numbers are not in use.)

A01 Structural & Smart Materials & Structural Mechanics	8
A01.01 - Metals & Metal Matrix Composite Technology.....	8
A01.02 - Ceramics, Ceramic Matrix Composite and Glass Technologies	8
A01.03 - Polymers and Polymer Matrix Composite Technologies.....	8
A01.04 - Structural Materials Processing - Joining Technology	8
A01.05 - Structural Materials Processing - Surface Protection Technologies	8
A01.06 - Non-Destructive Evaluation & Life Extension of Structural Materials.....	9
A01.07 - Corrosion and Wear Control Technology.....	9
A01.08 - Structural Mechanics	9
A01.09 - Structural Materials - Forming	9
A01.10 - Structural Materials - Materials Removal	9
A01.11 - Smart/Functional Materials for Structural Uses	9
A02 Signature Related Materials	10
A02.01 - Acoustic & Vibration Absorbing Materials	10
A02.02 - IR Signature Control Materials	10
A02.03 - Radar Absorbing Materials and Coatings	10
A02.04 - Structural Radar Absorbing Materials.....	10
A02.05 - <i>Not in use</i>	10
A02.06 - <i>Not in use</i>	10
A03 Electronic Materials Technology	10
A03.01 - Silicon-based Materials	10
A03.02 - III-V Compounds	10
A03.03 - Other Semiconducting Materials.....	11
A03.04 - Insulating & Dielectric Materials.....	11
A03.05 - Carbon-based Materials	11
A03.06 - Superconducting Materials	11
A03.07 - Magnetic Materials	11
A04 Photonic/Optical Materials & Device Technology	11
A04.01 - Optical Materials & Devices	11
A04.02 - IR/Visible/UV Detector Materials & Devices	11
A04.03 - Non-Linear Optical Materials & Devices	12
A04.04 - Display Materials & Devices.....	12
A04.05 - Lasers -all types	12
A04.06 - Non-Laser Devices	12
A04.07 - Transparent Materials.....	12
A05 Electronic, Electrical & Electromechanical Device Technology	12
A05.01 - Device Concepts and Fabrication.....	12
A05.02 - Device Packaging	12
A05.03 - Device Integration/Reliability.....	12
A05.04 - Electrical Batteries	13
A05.05 - Electrical Fuel Cells	13
A05.06 - Solar Cells.....	13
A05.07 - RF Power Sources & Devices.....	13
A05.08 - Acoustic Power Sources & Devices.....	13
A05.09 - Other Electrical Power Sources & Devices.....	13
A05.10 - Electric Motors.....	13
A05.11 - Inertial/Gravitational Devices	13
A06 Energetic Materials and Plasma Technology	13



A06.01 - Propellants	13
A06.02 - Conventional Fuels	14
A06.03 - Explosives.....	14
A06.04 - Pyrotechnics.....	14
A06.05 - Plasma Techniques.....	14
A06.06 - Explosives Detection Techniques.....	14
A07 Chemical, Biological & Medical Materials	14
A07.01 - Chemical Agent Defence, Precursors & Related Materials.....	14
A07.02 - Biological Agent Defence, Precursors & Related Materials	14
A07.03 - Mid-Spectrum Agent Defence	15
A07.04 - Chemical & Biological Detection Techniques.....	15
A07.05 - Chemical Research for non-CBD Applications	15
A07.06 - Medical Products and Materials	15
A08 Computing Technologies & Mathematical Techniques	15
A08.01 - Software Engineering	15
A08.02 - Protocol Technology	15
A08.03 - COTS Software Assessment.....	16
A08.04 - Architectures	16
A08.05 - High Integrity and Safety Critical Computing	16
A08.06 - Secure Computing Techniques.....	16
A08.07 - Encryption / Crypto Technologies	16
A08.08 - Mathematical Modeling Development	16
A08.09 - OA Tools and Techniques	16
A08.10 - <i>Not in use</i>	16
A08.11 - Software Verification and Accreditation Techniques	16
A09 Information and Signal Processing Technology.....	17
A09.01 - Data & Information Management Technology	17
A09.02 - Digital Signal Processing Technology	17
A09.03 - Optical Signal Processing Technology	17
A09.04 - Image/Pattern Processing Technology	17
A09.05 - Speech & Natural Language Processing Technology.....	17
A09.06 - Optimisation & Decision Support Technology	18
A09.07 - <i>Not in use</i>	18
A09.08 - Information & Data Fusion Technology.....	18
A09.09 - <i>Not in use</i>	18
A09.10 - <i>Not in use</i>	18
A09.11 - Other Information Processing Technology	18
A10 Human Sciences	18
A10.01 - Human Information Processing	18
A10.02 - Military Human Resources	18
A10.03 - Teams, Organisations & Cultures	19
A10.04 - Human Survivability, Protection & Stress Effects	19
A10.05 - Individual & Team Training.....	19
A10.06 - Human Factors Integration.....	19
A10.07 - Collective Training.....	19
A10.08 - Human Performance Enhancement.....	19
A10.09 - <i>Not in use</i>	19
A10.10 - <i>Not in use</i>	19
A10.11 - <i>Not in use</i>	19
A10.12 - Surgical Techniques and Medical Procedures.....	19
A10.13 - Human Health Physics	20
A10.14 - Human Performance Monitoring Techniques	20
A10.15 - Human Factors in Manufacturing.....	20
A11 Operating Environment Technology.....	20
A11.01 - Oceanography	20
A11.02 - Terrain Science.....	20



A11.03 - Meteorology	20
A11.04 - Upper Atmosphere & Space Environment	20
A11.05 - Acoustic Propagation in Air & Water	20
A11.06 - Electromagnetic Propagation in Air & Water.....	21
A12 Mechanical, Thermal & Fluid-Related Technologies & Devices.....	21
A12.01 - Mechanical/Hydraulic Technologies & Devices.....	21
A12.02 - Lubrication Technology	21
A12.03 - Thermal & Thermodynamic Technologies & Devices.....	21
A12.04 - Fluid Mechanics - Phenomenological & Experimental.....	21
A12.05 - Fluid Dynamics Techniques	21
B01 Lethality & Platform Protection	22
B01.01 - Warheads	22
B01.02 - Penetrators	22
B01.03 – <i>Not in use</i>	22
B01.04 - Battle Damage Reduction Techniques	22
B01.05 - Explosive Ordnance Disposal	22
B01.06 - Mine Detection and Clearance.....	22
B01.07 - Armour systems	22
B01.08 - Defensive Aids Suite systems	22
B01.09 - Other Platform Protection Measures.....	23
B02 Propulsion and Powerplants	23
B02.01 - Gas Turbines	23
B02.02 - Reciprocating and Rotary IC Engines	23
B02.03 - Rocket Engines and Ramjets	23
B02.04 - Gun and Launch Tube Propulsion	23
B02.05 - Electrical Propulsion - Rotary & Linear	23
B02.06 - Transmissions and Powertrains	23
B02.07 – <i>Not in use</i>	24
B02.08 - Ion Thrusters	24
B02.09 - Nuclear Propulsion	24
B02.10- Air Propellers and Rotors.....	24
B02.11 - Final Drive - Water Propulsors	24
B02.12 - Final Drive - Wheels and Tracks.....	24
B03 Design Technologies for Platforms and Weapons	24
B03.01 - Aerodynamic Designs	24
B03.02 - Hydrodynamic Designs	24
B03.03 - Structural Designs.....	24
B03.04 - Mechanical Designs	25
B03.05 - Stealth Designs	25
B03.06 - Ballistic Designs.....	25
B03.07 - Thermal/Cryogenic Designs.....	25
B03.08 - Electrical/Electronic Designs	25
B03.09 - Optical Designs.....	25
B03.10 - Acoustic Designs.....	25
B03.11 - Environmental Protection Designs	25
B04 Electronic Warfare and Directed Energy Technologies.....	26
B04.01 - DET - RF.....	26
B04.02 - DET - Lasers.....	26
B04.03 - DET - Other.....	26
B04.04 - ECM - RF	26
B04.05- IR/Visible/UV.....	26
B04.06 - ECM - Acoustic	26
B04.07 - ECM - Magnetic and Electrical.....	26
B04.08 - ESM - Communications.....	26
B04.09 - ESM - Non-Communications	27
B04.10 - EPM - RF.....	27



B04.11 - EOPM - IR/Visible/UV.....	27
B04.12 - EPM - Acoustic.....	27
B04.13 - EPM - Magnetic and Electrical	27
B05 Signature Control and Signature Reduction.....	27
B05.01 - Radar Signatures	27
B05.02 - Laser Signatures.....	27
B05.04 - IR Signatures	27
B05.05 - Visible/UV Signatures	28
B05.06 - Acoustic Signatures.....	28
B05.07 - Electrical and Electrochemical Signatures.....	28
B05.08 - Magnetic Signatures.....	28
B06 Sensor Systems.....	28
B06.01 - RF Sensors/Antennas - Active.....	28
B06.02 - RF Sensors/Antennas - Passive.....	29
B06.03 – <i>Not in use</i>	29
B06.04 – <i>Not in use</i>	29
B06.05 - IR Sensors - Active	29
B06.06 - IR Sensors - Passive.....	29
B06.07 - Visible/UV Wave Sensors	29
B06.08 - Acoustic Sensors - Active.....	29
B06.09 - Acoustic Sensors - Passive	30
B06.10 - Non-Acoustic Sensors - Underwater	30
B06.11 - Electrical & Electrochemical Sensors.....	30
B06.12 - Magnetic Sensors.....	30
B06.13 - CB Sensor Systems.....	30
B06.14 - Explosive Detection Sensors.....	30
B06.15 - Microsensor Systems for Active Control of Structures	30
B06.16 - Motion Sensor systems.....	31
B06.17 - Environmental Monitoring Systems	31
B07 Guidance and Control systems for Weapons and Platforms.....	31
B07.01 - Navigation systems.....	31
B07.02 - Weapon Guidance and Control systems	31
B07.03 - Platform Guidance and Control systems.....	31
B07.04 – <i>Not in use</i>	31
B07.05 - Display systems.....	31
B07.06 - Stores and Weapons Release/Discharge systems	32
B08 Simulators, Trainers and Synthetic Environments	32
B08.01 - Skills Training systems	32
B08.02 - Tactical/Crew Training systems.....	32
B08.03 - Command & Staff Training systems.....	32
B08.04 – <i>Not in use</i>	32
B08.05 - Virtual Reality.....	32
B08.06 - Synthetic Environments - Synthetic Force Generation.....	32
B08.07 - Synthetic Environments - Natural Environment Generation	32
B08.08 - Synthetic Environments - Management systems	33
B09 Integrated Systems Technology	33
B09.01 - Systems Engineering and Integrated Systems Design.....	33
B09.02 - Interoperability Standards.....	33
B09.03 - Radiation Hardening	33
B09.04 - Robotics and Automated systems in Operational Systems	33
B09.05 - Reliability and Maintainability of Systems.....	34
B09.06 - Health Monitoring systems	34
B09.07 - Safety systems.....	34
B09.08 - System Repair Technologies.....	34
B09.09 - Electromagnetic Compatibility.....	34
B09.10 - In-Service Data Capture systems.....	34



B09.11 - Integrated System Testing and Evaluation	34
B09.12 - Middleware systems	34
B10 Communications and CIS-related Technologies.....	35
B10.01 - Communications Systems - Below Microwave Frequencies.....	35
B10.02 - Communications Systems - Micro and Millimetre Wave	35
B10.03 - Communications Systems - IR/Visible/UV	35
B10.04 - Communications Systems - Acoustic	35
B10.05 – <i>Not in use</i>	35
B10.06 - Communications & CIS Security Systems.....	35
B10.07 - Command & Information Systems Integration	35
B10.08 – <i>Not in use</i>	36
B10.09 - Non-Co-operative Target Recognition	36
B10.10 – <i>Not in use</i>	36
B10.11 - Geographic Information Systems	36
B10.12 - Optimisation, Planning & Decision Support Systems	36
B10.13 - Infrastructure to Support Information Management & Dissemination	36
B10.14 - Network Management systems	36
B10.15 - Air Traffic Control systems	36
B11 Personnel Protection Systems	36
B11.01 - Physical Protection systems - Threat	36
B11.02 - Physical Protection systems - Environment.....	37
B11.03 - CB & N Protection systems - Physical.....	37
B11.04 - CB & N Countermeasures - Medical	37
B12 Manufacturing Processes/Design Tools/Techniques	37
B12.01 - Design for Improved Reliability & Maintainability.....	37
B12.02 - Cost Engineering.....	37
B12.03 - Concurrent Engineering and Reduced Design Cycle	37
B12.04 - Advanced Prototyping.....	38
B12.05 - Techniques and Systems for Production Manufacturing	38
B12.06 - Project Management and Control	38
B12.07 - Manufacturing Process Simulation	38
B12.08 - Lean Manufacturing.....	38
B12.09 - Process Control Technology.....	38
B12.10 - Environmentally Friendly Factory Processes.....	38
B12.11 - Knowledge-based Engineering	38
C01 Defence Analysis	38
C01.01 Policy, force development and balance of investment studies.....	38
C01.02 Combined operational effectiveness and investment appraisals	39
C01.03 Platform and system concept studies	39
C01.04 Requirement definition studies.....	39
C01.05 Scenario generation	39
C01.06 Tactical development and support to operations and training.....	39
C01.07 Other effectiveness and performance studies.....	39
C01.08 Military doctrine analysis.....	39
C01.09 Wargaming and Combat Simulation.....	39
C02 Integrated Platforms	39
C02.01 No longer in use.....	39
C02.02 Undersea platforms	39
C02.03 Fighting land vehicles	39
C02.04 Logistic, command and surveillance land vehicles.....	39
C02.05 Combat aircraft.....	39
C02.06 Logistic, support and surveillance aircraft.....	39
C02.07 Helicopters	40
C02.08 Unmanned land / sea / air vehicles.....	40
C02.09 Lighter-than-air platforms	40
C02.10 Communications satellites	40



C02.11 Surveillance and navigation satellites.....	40
C02.12 Other satellites	40
C02.13 Space launchers.....	40
C02.14 Fighting sea surface platforms	40
C02.15 Logistic and support sea surface platforms	40
C03 Weapons.....	40
C03.01 – <i>Not in use</i>	40
C03.02 - <i>Not in use</i>	40
C03.03 - Mines - Land	40
C03.04 - <i>Not in use</i>	40
C03.05 - Missiles - Anti Air	40
C03.06 - Missiles - Anti Surface (Sea).....	41
C03.07 - Gun Systems - Platform Mounted.....	41
C03.08 - Gun Systems - Hand Held	41
C03.09 - Directed Energy Weapons	41
C03.11 - <i>Not in use</i>	41
C03.10 - Non-Lethal Weapons	41
C03.12 - Mines - Sea.....	41
C03.13 - Missiles - Anti Ground (Land)	41
C03.14 - Torpedoes - Anti Surface	41
C03.15 - Torpedoes - Anti Submarine.....	41
C04 Installations and Facilities.....	41
C04.01 Ground stations	41
C04.02 Fortifications / defences	41
C04.03 Battlefield engineering	41
C04.04 T&E facilities.....	41
C04.05 Site decontamination.....	42
C05 Equipped Personnel.....	42
C05.01 Equipped men.....	42
C05.02 Recruitment, selection and allocation.....	42
C05.03 Training and education	42
C05.04 Health and well-being	42
C06 Miscellaneous Defence Functions and Policy Support	42
C06.01 <i>Not in use</i>	42
C06.02 International Security	42
C06.03 No longer in use.....	42
C06.04 Equipment disposal	42
C06.05 Non-proliferation.....	42
C06.06 Hazard assessment	42
C06.07 <i>Not in use</i>	42
C06.08 Logistics.....	42
C06.09 Counter stealth	43
C07 Battlespace Information.....	43
C07.01 Information infrastructure	43
C07.02 Information Warfare	43
C07.03 Command & Control	43
C07.04 Digitization of the battlespace.....	43
C07.05 ISTAR (= Intelligence, Surveillance, Target Acquisition & Reconnaissance).....	43
C07.06 Military intelligence	43
C08 Business Process	43
C08.01 Requirements capture.....	43
C08.02 Concepts and product definition	43
C08.03 Product supportability.....	43
C08.04 Whole-life cycle improvement	43
C08.05 Business process simulation	43
C08.06 Benchmarking and Best Practice	44



C08.07 Lean enterprise models.....	44
C08.08 R&T management	44
C08.09 Design in the extended enterprise	44
C08.10 Procurement and contracting processes	44

(Some Technology Taxonomy Numbers are not in use.)



Details

(Some Technology Taxonomy Numbers are not in use.)

A01 Structural & Smart Materials & Structural Mechanics

A01.01 - Metals & Metal Matrix Composite Technology

Research to determine the properties and characteristics of Metallic alloys (all types including Intermetallics), Metal matrix composites (all types of MMCs), and materials used as Fibre and Particulate reinforcements in MMCs. Microstructural analysis of all types of samples, as-prepared, heat treated or fractured. Research leading to improved processes for making novel Metallic alloys or MMCs and new processes for shaping metallic materials, such as casting, powder, vapour deposition, forging, superplastic forming, etc., for applications in all service environments. Includes research to develop material modelling to improve alloy design and understand alloy behaviour.

A01.02 - Ceramics, Ceramic Matrix Composite and Glass Technologies

Research to determine the properties and characteristics of structural ceramic materials, including ceramic matrix composites (CMCs), and glass ceramics, fibre and particulate reinforcements, microstructural analysis, etc. Research leading to improved processes for making and shaping new structural ceramic materials, etc., for applications in armour and aeroengine systems. Also includes application of ceramic technologies for high performance device packaging. . Includes research to develop material modelling to improve ceramic material design and understand the behaviour of ceramic materials.

A01.03 - Polymers and Polymer Matrix Composite Technologies

Research to determine the properties and characteristics of organic materials for structural purposes, including, polymers and polymer matrix composites (PMCs), thermosets, thermoplastics, elastomers, and materials used as reinforcing elements in PMCs such as fibres, particulates and laminates. Also includes work to understand the structural properties of biomimetic composite materials. Research leading to improved processes for making novel fibres or matrices, or for total composite manufacture, and new processes for shaping conventional composite materials, etc. Also includes identifying polymers for binders in LO paints and coatings. Also includes research to improve all sealants based on polymeric materials. Includes research to develop material modelling to improve design of materials based on polymers, including polymer composites, and understanding of the behaviour of such materials, particularly mechanical properties.

A01.04 - Structural Materials Processing - Joining Technology

Research to determine the properties and characteristics of joints between metallic, or ceramic or polymer-based materials, or between dissimilar combinations of these material types, etc. Research to improve joining/bonding processes used for any of the above cases, such as adhesive, diffusion, welded, interlayer, pre- and post-joining treatments, etc. Also includes the application of cost-effective joints in all service environments.

A01.05 - Structural Materials Processing - Surface Protection Technologies

Research to determine the properties and characteristics of surfaces on structural materials, and which increases understanding of corrosion barriers, thermal barriers, and other protective techniques to increase the lives of structures and components. Research to improve processes to control surface behaviour and increase lives of components and structures in service environments using advanced coating processes such as metal arc and flame spray, plasma spray, vapour deposition, diffusion processes, specialised paint formulations, and other protective coatings.



A01.06 - Non-Destructive Evaluation & Life Extension of Structural Materials

Research to determine the properties and characteristics of defects in structural materials using non-destructive tests and techniques of all types to detect flaws and cracks. Also work to develop inspection procedures through to service applications. Understand the limitations of techniques like ultrasonic, radiography, acoustic emission, optical and eddy current procedures. Research studies to develop techniques to predict service life of structures and individual components under the influence of mechanical, thermal and chemical environments, singly and conjointly, etc. and from theoretical and materials behaviour data including studies to understand internal microstructures and the effects of flaws.

A01.07 - Corrosion and Wear Control Technology

Research to understand and develop new modeling techniques which advance a wide range of defence applications. For example, new approaches to hydrocode and analytical modeling to underpin CE warhead research and attack of future targets. Includes new modeling approaches in/for synthetic environments, human factors, communications networks and related issues. Also includes work to improve the modeling of risk assessment techniques.

A01.08 - Structural Mechanics

Research studies to determine the effects of vibration and fatigue on structures and components, using practical dynamic and static structural analysis methods/techniques or employing finite element analysis and other computerised simulation techniques to understand the response of structures to a variety of conjoint mechanical environment influences. Analysis and evaluations of fracture mechanics, and fracture resistance as applied to airworthiness and other safety issues. Also includes work to exploit life extension technology. Also includes research supporting determinations of static, dynamic and hydrodynamic performance of marine structures, and the structural design of land vehicles, and marine platforms, especially those, which may undergo explosive loadings. Also includes research to aid the assessments of design options for and safety margins of future military satellites. Also includes research in the fields of aeroelasticity, hydroelasticity and structural dynamics and structural acoustics. Also includes supporting work to aid structural integrity studies.

A01.09 - Structural Materials - Forming

Research to understand new forming processes and improve scaled-up industrial processes required to shape all forms of structural materials to near-net shape and size with appropriate microstructures, cost effectively.

A01.10 - Structural Materials - Materials Removal

Research to understand and improve all mechanical and other types of physical techniques employed to remove material accurately and without microstructural damage during the manufacture of close tolerance components used in defence equipment.

A01.11 - Smart/Functional Materials for Structural Uses

Research to understand optical fibres, conducting wires, electro-active polymer films, electro-active ceramics and shape memory alloys as either sensing elements or actuators in "smart/functional" structural materials. Also includes materials aspects of application of embedded silicon micro-sensors for in-service in-situ monitoring of composite structures. Also includes studies on Biomimetic materials which may have structural applications in defence equipment.



A02 Signature Related Materials

A02.01 - Acoustic & Vibration Absorbing Materials

Research to determine the properties and characteristics of materials which can be used to attenuate/dampen the transmission and reflection of sound energy in military equipment, for example, ships, submarines, torpedoes, and other UUVs. Also includes support for applications requiring reduced signature materials. Also includes medical acoustic materials, flesh simulants, and materials for machinery isolation and blast protection, including active (smart) materials for control of vibration and noise. Research into processes which shape such materials and which lead to improved bonding to underlying structures. Includes relevant frequency selective or responsive materials.

A02.02 - IR Signature Control Materials

Research to determine the properties and characteristics of materials which absorb infra-red radiation and which can be used to reduce the IR. signature of military equipment. Also includes tailoring properties like reflectivity and emissivity(all types). Includes supporting the environmental and multispectral requirements for Land vehicle applications for improved IR. absorbing materials. Also includes materials which change properties (e.g. IR reflectivity) for application in stealth coatings. Includes relevant frequency selective or responsive materials.

A02.03 - Radar Absorbing Materials and Coatings

Research to understand materials which serve as electromagnetically active constituents in coatings for use on low radar cross section structures. Also includes such materials for signature reduction applications, including frequency selective or responsive RAM, switchable conductors and tailored dielectrics. Evaluations of RAM, and multispectral materials for use in missile systems, missile detection and platform stealth applications.

A02.04 - Structural Radar Absorbing Materials

Research to understand the radar absorbing characteristics of modified fibre reinforced polymer composites, and associated conducting and absorbing sealants. Also includes non-invasive loss layers and frequency selective or responsive surfaces in material terms. Also includes materials issues when integrating structural RAM into warship designs, and the environmental and mechanical applications of structural RAM in Land vehicle applications.

A02.05 – *Not in use*

A02.06 - *Not in use*

A03 Electronic Materials Technology

A03.01 - Silicon-based Materials

Research to characterise new silicon materials which offer advances in low cost thermal detectors and low power high performance electronic devices. Also work to improve growth and control of epitaxy for Si and SiGe alloys, and improve understanding and growth of porous silicon for quantum and bio-compatible devices. Also research on silicon carbide for use in microwave and high temperature electronic devices.

A03.02 - III-V Compounds

Research to improve the growth and control of III-V compounds such as GaAs, InAs, InSb, GaSb, AlSb, AlN, InP and GaN for use in passive sensing, ECM sub-systems, radar and active imaging.



[↑Top of page](#)

A03.03 - Other Semiconducting Materials

Research to improve CMT technology applied to high performance and elevated temperature detectors. Also includes research to characterise II-VI compounds.

A03.04 - Insulating & Dielectric Materials

Research to evaluate applications of I (both electrical & thermal) & Ds to integrated circuits, thermal detectors, to pigments in LO coatings and as IR absorbing materials. Research to improve the growth of ferroelectric materials at low temperatures for applications in room temperature detectors. Also includes understanding application of I&D devices in high power RF systems.

A03.05 - Carbon-based Materials

Research to understand the electronic characteristics of carbon60, carbon suspensions, diamonds and diamond coatings which may benefit defence systems. Research to identify and understand organic semiconductors and optical polymer matrices for electronic and opto-electronic effects.

A03.06 - Superconducting Materials

Research to evaluate thin films for microwave sensing and signal processing. Research to understand wire fabrication technologies for electric power applications. Also includes developing superconducting materials for mine-CM magnetic sweeping and for high power RF systems. Also includes research to develop HTS materials for ESM-Comms, and ESM-non Comms.systems.

A03.07 - Magnetic Materials

Research to understand magnetic behaviour of thin film magnetic materials for use in sensors and in signature reducing applications. Also includes "smart" magnetic materials which may find application in HF acoustic transducers used for MCM sonars.

A04 Photonic/Optical Materials & Device Technology

A04.01 - Optical Materials & Devices

Research to evaluate and analyse optical components, splitters and couplers. Also includes work on optical materials for wideband RF fibre optic links and fibre optics for communications, in particular with UUVs, underwater weapons, anti-tank missiles, hydrophone arrays and in data transmission systems. Also includes research to understand design and fabrication of optics for use in demanding defence applications, and materials for both lenses and their coatings.

A04.02 - IR/Visible/UV Detector Materials & Devices

Research to evaluate and analyse high performance photon thermal detectors. Also includes optical devices for high speed detection, optical switching, and infrared detection on SiGe, ferroelectrics and InSb arrays. Also includes optical techniques applied to torpedo detection and fuzing.



A04.03 - Non-Linear Optical Materials & Devices

Research to understand optical materials capable of fast switching, or for tuneable filters, optical limiters and those showing non-linearities in liquid crystals, polymers and polar organic materials. Also includes evaluations of NLOs for personnel protection systems. Also includes studies of non-linear optical characteristics and susceptibility, harmonic generations, and devices for applications in waveguides and tuneable lasers.

A04.04 - Display Materials & Devices

Research to understand nanophase polydisperse tuneable filters and other novel liquid crystal materials offering benefits for future military display applications.

A04.05 - Lasers -all types

Research to understand FIR, VNIR, mid-IR, dye and frequency diverse sources. Also includes processes to produce solid state mid-IR material structures in a range of III-V compounds, and understanding of the fabrication of laser structures.

A04.06 - Non-Laser Devices

Research to understand certain specific structures in III-V materials and in porous silicon for light emitting diodes, and structures in other types of LEDs.

A04.07 - Transparent Materials

Research to understand diamond windows and coatings, and other materials which are transparent to electromagnetic radiation. Also includes studies of the characteristics of materials which serve the above purpose and which are also capable of sustaining mechanical and/or thermal loads, in applications like aircraft canopies, missile radomes, and sonar domes. Also includes relevant frequency selective or responsive surfaces.

A05 Electronic, Electrical & Electromechanical Device Technology

A05.01 - Device Concepts and Fabrication

Research to evaluate and analyse technologies for application in novel IR and EO devices like displays. Also includes process technologies required to fabricate advanced devices, and characterisation of device structures, including nanotechnology developments. Also includes studies of micro-structured and deformable surfaces to control the scattering direction of incident radiation for stealth purposes. Also includes devices for applications in high power RF systems. Also includes MEMS fabrication technology and device developments which give rise to novel luminescence effects.

A05.02 - Device Packaging

Research to understand application to ASICs and MMICs at the prototype stage, and also when applied to multichip modules. Also includes novel packaging requirements for bio-compatible Si and micro-sensors, and the requirements for device packaging in high power RF systems. Work to improve ruggedization of devices is also included.

A05.03 - Device Integration/Reliability

Research to evaluate and analyse defects in electronic components, device obsolescence tracking processes, specifications, and tests for reliability, quality and fitness for purpose. Also includes integration of discrete devices in silicon based materials and in other types of semi-conductors. Also includes work to understand the requirements for devices in applications like high power RF systems and ASIC devices handling large amounts of sonar data.



A05.04 - Electrical Batteries

Research to understand ship battery systems technologies, high energy density batteries, advanced power sources, thermal batteries, rechargeable batteries for portable equipment and aqueous rechargeable batteries. Also includes evaluation and analysis of power source integration using microsensors for autonomous operation to monitor all issues relating to battery performance.

A05.05 - Electrical Fuel Cells

Research to understand fuel reforming, fuel storage (hydrogen) and system integration issues, particularly in relation to marine propulsion, integrated full electric propulsion applications and for high power pulsed systems. Also includes fuel cell technology for man-portable systems.

A05.06 - Solar Cells

Research to understand organic solar cells for affordable, lightweight, flexible integrated power supplies, and to underpin capability to evaluate and analyse solar cells for satellite applications. Also includes research into photovoltaic cells for defence applications.

A05.07 - RF Power Sources & Devices

Research to give ability to evaluate and analyse solid state power devices e.g. amplifiers and circuits (RF, microwave and millimetre wave) for application in radar, communication and ECM systems.

A05.08 - Acoustic Power Sources & Devices

Research to understand miniaturization of acoustic power sources and high power, wide bandwidth, compact acoustic sources for application in active sonar systems operating in either air or water.

A05.09 - Other Electrical Power Sources & Devices

Research to understand developments of innovative electrical generating and power converting devices, for example, flywheel sustained systems, for incorporation into a variety of mobile defence equipment requiring standalone energy sources.

A05.10 - Electric Motors

Research to understand and evaluate technology for electric motors required in a wide range of demanding military applications.

A05.11 - Inertial/Gravitational Devices

Research to understand and develop inertial and gravitational devices, particularly detectors, for use in a variety of military applications such as guidance systems.

A06 Energetic Materials and Plasma Technology

A06.01 - Propellants

Research to understand, evaluate and analyse propellant materials for weapons systems applications and for compliance with OB and CINO policy on handling and use of propellant materials. Also includes use of predictive modelling in the characterisation of new propellants. Also includes research leading to improved fuels for ramjets. Also includes technologies applicable to environmentally-friendly disposal procedures at end of service life.



A06.02 - Conventional Fuels

Research to aid the evaluation and analysis of fuels used in all defence equipment, for compliance with OB and CINO policy. Also includes work to understand problems relating to fuel faults and failures, and hazard management processes. Research to improve capability to specify, conduct approval and quality assessments, and evaluate products and equipment during working life.

A06.03 - Explosives

Research to aid the evaluation and analysis of explosive materials used in weapons systems and armour applications, and for compliance with OB and CINO policy on the handling and use of energetic materials for defence purposes. Also includes research to improve understanding of detonics and use of predictive modelling. Also includes modelling of blast

[Top of page](#)

A06.04 - Pyrotechnics

Research to understand application of pyrotechnics in weapons systems, countermeasures, underwater mine disposal, and for compliance with OB and CINO policy for handling and use of pyrotechnic materials. Also includes behavioural studies of materials used for initiators and as obscurants, and the use of predictive modelling of pyrotechnics. Also includes research to address disposal issues relevant to pyrotechnics at end of their service life.

A06.05 - Plasma Techniques

Research to understand plasmas which have potential defence uses, such as in ETC gun systems. Also includes research to understand intense light propagation, absorption and scattering effects in plasmas, and interactions of plasmas with all forms of matter.

A06.06 - Explosives Detection Techniques

Includes research using active optical sensing and surface enhanced Raman effects for chemical detection purposes. Also includes research to maintain a capability applied to both bulk and trace detection techniques for explosives. Also includes work on bio-engineered organisms for use in explosive detection systems and related degradation determination activities.

A07 Chemical, Biological & Medical Materials

A07.01 - Chemical Agent Defence, Precursors & Related Materials

Research to aid the ability to identify, analyse and evaluate chemical materials which might be used as a threat against the EU. Also includes research to understand toxicity, producibility and properties of chemicals, and analyses of how such agents might be used, and to maintain the ability to predict the consequences of their use. Research to maintain expertise to specify detection, protection and medical countermeasures. Also includes work to understand pathology and handling of supertoxic chemicals.

A07.02 - Biological Agent Defence, Precursors & Related Materials

Research to aid the ability to identify, analyse and evaluate biological materials which might be used as a threat against the EU. Also includes research to understand toxicity, producibility and properties of biological materials, and analyses of how such agents might be used, and to maintain the ability to predict the consequences of their use. Research to maintain expertise to specify detection, protection and medical countermeasures. Also includes work to understand in vitro, pathology and handling of highly infectious pathogens.



A07.03 - Mid-Spectrum Agent Defence

Research to aid the ability to identify, analyse and evaluate those materials that are produced from biological sources which have severe toxic effects on personnel, and may be used as threat against the EU Also research to maintain the capability to predict the probable consequence of their use in the military environment. Also research to maintain expertise to specify detection of MSA, protection from MSA and appropriate medical countermeasures.

A07.04 - Chemical & Biological Detection Techniques

Research to maintain expertise in CB agent materials and toxic chemicals detection techniques, particularly monitoring levels of hazard, identifying the agent and establishing the exposure period retrospectively. Also includes research into the physics of aerosol collection and characterisation, and application of MS and IMS techniques to the analysis process. Also research to support capabilities in genetic engineering and amplification, antibody/antigen interactions, gene probes and biosensor transduction. Also includes work using novel silicon sensor devices, such as bio-compatible porous silicon sensors, and the use of optical sensing and surface enhanced Raman effects.

A07.05 - Chemical Research for non-CBD Applications

Research to understand toxicology and safety issues relating to non-CB chemicals used in a wide range of defence equipment. Also includes work on the behaviour of fire protection coatings and maintaining abilities to specify fire resistant materials employed in ships, aircraft and AFVs. Also includes research to aid the analysis and evaluation of new materials to be used as alternatives to halons and other materials prohibited by the Montreal Protocol. Includes research into monitoring techniques for submarine atmospheres, and research into advanced chemical analysis techniques applicable to defence-related materials.

A07.06 - Medical Products and Materials

Research to evaluate and analyse blood products and other important medical materials, including biomimetics for medical purposes. Also includes work on vaccines and other disease controlling substances.

A08 Computing Technologies & Mathematical Techniques

A08.01 - Software Engineering

Research to understand software systems engineering, coupled with diverse domain understanding in order to advise on software integration processes, QA, COTS product integration, development of algorithms, techniques and models. Research to understand simulation language developments and their benefits to military systems. Also includes work to understand the behaviour of relevant types of embedded software and time-critical aspects of middleware.

A08.02 - Protocol Technology

Research to understand protocols for satellite and terrestrial communications systems management and control, relevance of civil protocols and their interaction with military networks, including LANs and WANs. Research to aid evaluation and analysis of protocols relevant to communications and communications design for battlefield use. Also includes research into Distributed Interactive Simulation protocols. Also includes research to understand the role of middleware (transaction managers) in defence networked information systems.



A08.03 - COTS Software Assessment

Research to understand the behaviour of COTS software in defence systems and develop COTS product integration and maintenance procedures. Also to include research into consequences of operation outside the standard performance envelope.

A08.04 - Architectures

Research to understand architecture systems and parallel computing developments. Also includes the design of Distributed Systems.

A08.05 - High Integrity and Safety Critical Computing

Research to understand high integrity hardware and software and their applications in defence equipment. Includes new developments in safety critical software (SCS), particularly new tools and methodologies used to investigate fault tolerance/detection, atomicity and liveness. Also includes work on software quality and reliability issues in SCS and also work to improve knowledge of fault tolerant computing and fault tolerant software.

A08.06 - Secure Computing Techniques

Research to understand secure operational procedures and secure segregation of information, including infosec and vulnerabilities at all levels of communications and information systems, and understanding the nature of IW, high integrity software, open systems integration, architectures and standards. Research to ensure compliance with international standards.

A08.07 - Encryption / Crypto Technologies

Research to understand quantum optical processing for secure comms. systems, system vulnerabilities, and encryption work in the context of information warfare processes and infosec. Also work to understand interaction of communications systems design and encryption techniques.

A08.08 - Mathematical Modeling Development

Research to understand and develop new modeling techniques which advance a wide range of defence applications. For example, new approaches to hydrocode and analytical modeling to underpin CE warhead research and attack of future targets. Includes new modeling approaches in/for synthetic environments, human factors, communications networks and related issues. Also includes work to improve the modeling of risk assessment techniques.

A08.09 - OA Tools and Techniques

Research to aid the evaluation and analysis of OA/OR techniques for application to security or defence issues, particularly those which allow more effective provision of advice to MoD. Also includes the exploitation of object oriented techniques within a modelling framework applied to all levels of communications, information systems networks and management, and to provide rapid prototyping and cost effective re-use of validated model elements.

A08.10 - *Not in use*

A08.11 - Software Verification and Accreditation Techniques

Research on the verification and accreditation of software, but not the validation of models which should be carried out within the appropriate technology area.



A09 Information and Signal Processing Technology

A09.01 - Data & Information Management Technology

Research to understand data mining and automatic image retrieval based on content addressed coding. Also includes work to understand ILS and CALS techniques and to maintain archival and current information databases concerning trials, equipment and manufacturing. Also includes work to understand international standards and codification bodies requirements. Also includes research to address the requirements of military mission simulators in the air environment, and real-time database structures. Includes new data and information storage techniques, including datawarehousing technologies. Includes research into new data and information compression techniques. Also includes work on information management and information compression techniques, and application of IM techniques to knowledge-based engineering designs. Also includes research to support the exploitation of middleware in defence database management systems.

A09.02 - Digital Signal Processing Technology

Research to understand DSP for high-throughput MCM sonars and UUVs., underwater weapon homing and countermeasure algorithms and systems. Also includes DSP techniques in relation to radar systems, weapon dynamics, guidance and weapon/target interactions. Also includes work to understand application of DSP to Satcom EPM and multifunction RF modems, to future software radio concepts, EPM and adaptive systems concepts for tactical communications. Research to understand novel mathematical techniques and to aid the evaluation and analysis of DSP in systems involving PAR, sonar, and comms. hardware. Also includes fast DSP techniques, signal correlation, single flux quantum logic in high temperature superconducting devices, and Focal Plane Processing techniques. Also includes data compression/decompression techniques for video and other applications.

A09.03 - Optical Signal Processing Technology

Research to understand pattern and target recognition for repeaters, and jammers, mm and microwave generation. Research to aid evaluation and analysis of adaptive optics and distributed apertures. Also includes work to understand use of novel components for implementation in optical processing algorithms. Also includes OSP in the context of prototyping ground stations. Also includes data compression and decompression techniques for video and other applications.

A09.04 - Image/Pattern Processing Technology

Research to understand IR focal plane arrays and passive mm wave imaging, making use of advanced super resolution algorithms. Also includes relevant mathematical techniques, and hardware and software implementation. Also includes work to understand HF sonar imaging, and real time image processing to support unmanned vehicles, machine vision and AFV crew aids. Also includes research to improve understanding of algorithms used for target detection, recognition and identification purposes in weapon and countermeasure system applications, and also used for weapon dynamics, guidance and weapon/target interactions.

A09.05 - Speech & Natural Language Processing Technology

Research to understand novel mathematical techniques, requirement assessment, fast prototyping, language modelling, hardware and applications evaluation. Research to aid the development of speech/voice recognition systems for the air environment and for AFV crew station applications.



A09.06 - Optimisation & Decision Support Technology

Research to understand AI and expert techniques for support of data fusion, decision support techniques and their application to satcom system management. Also includes AI/ET in the context of information management, MCM sonar classification systems, combat management systems and planning aids, torpedo homing and simulations, and in wargames supporting analysis of security or other defence issues. Also includes machine intelligence developments, and decision planning aids. Also includes research to develop techniques to aid better situational awareness. Research to understand optical processing components and algorithms for neural network implementation. Also includes work to understand the uses of Neural Nets in HUMS, for example, fatigue and load exceedance monitoring. Also includes work to understand application of novel mathematical techniques specific to NNs used in a range of weapons systems, simulations and wargames. Also includes work on neuro-fuzzy systems and recurrent NNs.

A09.07 - *Not in use*

A09.08 - Information & Data Fusion Technology

Research to understand applications of I&DF techniques in multispectral sensor systems, sensor integration and picture compilation, anti-stealth and target identification, and various weapons systems issues such as guidance, dynamics, and weapon/target interactions. Research to aid evaluation and analysis of data fusion applied to combat aircraft and sensor systems, including software, simulation and flight trial techniques. Also includes work to understand human factors requirements for data fusion. Also includes work to support CALS and CIRPLS activities. Also includes work on decentralised architectures and emergent behaviour.

A09.09 - *Not in use*

A09.10 - *Not in use*

A09.11 - Other Information Processing Technology

Research to understand applications of OIPT to all aspects of weapon systems, simulations and wargames, and to aid the evaluation and analysis of non-spatial recognition algorithms as applied to long range targeting systems, and to model the optical properties of complex pigments and binders. Also includes fuze algorithms.

A10 Human Sciences

A10.01 - Human Information Processing

Studies of human sensory, perceptual and cognitive processes. Includes work on modelling of the human visual system; human error and reliability; studies of workload reduction for crew systems in military platforms and installations; human decision making and situational awareness; and principles of human interaction with systems.

A10.02 - Military Human Resources

Development of techniques for the recruitment, selection and retention of personnel. Includes work on the management of equal opportunities; aptitude, personal qualities, and physical characteristics; manpower modelling; and systems complementing.



A10.03 - Teams, Organisations & Cultures

Studies of groups ranging from small teams to complete societies. Includes work on team process and effectiveness; impact of command and leadership style on organisational behaviour; human determinants of collective performance - e.g. morale; studies of the impact of cultural norms on social behaviour; and studies of influences on social perception, such as work underpinning Psychological Operations.

A10.04 - Human Survivability, Protection & Stress Effects

Studies relating to the impact of stressors on human performance, behaviour and well being. Includes work on the impact of irregular duty schedules; sleep loss; physical and mental fatigue; impact of thermal strain; clothing assemblies; decompression and diving studies; post-traumatic stress effects; fear; head impact modelling; prevention of musculo-skeletal injuries; and studies of the human performance implications of protection against environmental and weapon threats.

A10.05 - Individual & Team Training

Studies of skills and physical training techniques. Includes management of skill acquisition and skill fade; Crew Resource Management techniques; training needs analysis; and physical fitness training. (Excludes Skills Training systems - B08.01).

A10.06 - Human Factors Integration

Development of methods, tools, and processes to support the integration of people with complex systems. Includes modelling of human performance; development of design standards; kinetic body modelling and anthropometry; and techniques for the allocation of functions to systems. Includes research into applications to integration of speech, performance of MCM sonar, and visual displays. Also includes work on human-interface design and evaluation, such as vision modelling studies.

A10.07 - Collective Training

Studies of techniques for training collective performance. Includes collective non-real-time training; after action review; and metrics of collective performance.

A10.08 - Human Performance Enhancement

Studies of interventions excluding training (A10.05 / A10.07) and protection (A10.04), that enhance individual physical and mental performance. Includes work on nutrition; pharmacological agents; ergogenic aids; and other treatments for to enhance human performance.

A10.09 – *Not in use*

A10.10 – *Not in use*

A10.11 – *Not in use*

A10.12 - Surgical Techniques and Medical Procedures

Research to evaluate and analyse non-CB medical defence issues such as treatment of battlefield casualties affected by either conventional or novel weapons, using surgical and medical skills, operating theatres, and mathematical modelling. Also includes work to understand ballistic and explosive effects on human tissues, and the effects of hyperbaric oxygen treatment of soft tissue injuries.



A10.13 - Human Health Physics

Research into the application of dosimetry techniques to assess the nature and scale of radiation effects on military personnel. Also includes work to understand the use of epidemic modelling including use of man as a detector.

A10.14 - Human Performance Monitoring Techniques

Research into techniques to sense and monitor the performance of personnel. Includes physiological sensing and monitoring.

A10.15 - Human Factors in Manufacturing

Research into techniques that enhance human capabilities within the industrial workplace, both in the design shop and on the factory floor. Also includes "time-and-motion" studies in the context of human control over manufacturing processes.

A11 Operating Environment Technology

A11.01 - Oceanography

Research to understand military oceanography and develop expertise in ocean and ocean bed imaging. Also includes work to understand the underwater environment in terms of its effect on underwater weapon homing algorithms. Also includes research to understand HF acoustics propagation for applications like MCM sonars.

A11.02 - Terrain Science

Research to understand terrain for representation in models and synthetic environments. Work to develop expertise in digital map processing facilities. Also includes work to understand land mapping from space imagery.

A11.03 - Meteorology

Research to understand representation of weather systems in models and synthetic environments. Also includes work to understand ocean-atmosphere coupling for underwater propagation modelling, and effect of meteorological conditions on long range radar propagation at sea. Also includes work to sense remote air movements using optical techniques.

[↑Top of page](#)

A11.04 - Upper Atmosphere & Space Environment

Research to understand ionospheric and exo-atmospheric space environment and its effects on military spacecraft. Includes work to measure and model space radiation and debris effects. Also includes research to understand effect of ionospheric environment on EHF satcomms, sensors for BMD, HF and space based radar and precision time systems like GPS.

A11.05 - Acoustic Propagation in Air & Water

Research to understand and model propagation of sound in water at all frequencies, including effects of bottom and surface interactions, velocity structure, both vertical and horizontal, reverberations and transmission loss. Also includes similar work on sound propagation in air.

[↑Top of page](#)



A11.06 - Electromagnetic Propagation in Air & Water

Research to understand and model propagation of electromagnetic radiation in air at all frequencies, including the effect of meteorological conditions on long range radar propagation at sea. Also includes similar research into electromagnetic radiation propagation in water.

A12 Mechanical, Thermal & Fluid-Related Technologies & Devices

A12.01 - Mechanical/Hydraulic Technologies & Devices

Research in mechanical and hydraulic technologies and their application in a wide range of devices used in land, sea or air systems. Also includes understanding, modelling and evaluation of devices such as bearings, seals, clutches, actuators, pumps, etc

A12.02 - Lubrication Technology

Research to aid the evaluation and analysis of lubricants and lubricating systems used in defence equipments under demanding conditions. Also includes work to understand problems relating to lubrication faults and failures and associated hazards. Research to improve capability to specify, conduct approval and quality assessments, and monitor performance of lubrication products and systems throughout service life.

A12.03 - Thermal & Thermodynamic Technologies & Devices

Research in thermal and thermodynamic technologies and their application in a wide range of devices used in land, sea and air systems. Also includes understanding, modelling and evaluation of thermodynamic cycles, heat exchangers, thermal de-icing devices, etc. Also includes work on heat transfer by conduction, convection and radiation. Also includes work into combustion processes typical of gas turbines and conventional internal combustion engines.

A12.04 - Fluid Mechanics - Phenomenological & Experimental

Research to identify and understand phenomena in aerodynamics, gas dynamics and hydrodynamics, e.g. vortex behaviour, flow separations, unsteady flows, all other types of flows. Also covers work in experimental facilities - wind tunnels; shock tubes; water tanks; etc. Also includes work to understand the nature of facility testing, including wall interference corrections, support interference corrections, non-intrusive measurements, balance design and calibration, pressure measurements. Also includes work to support the testing of all types of fixed wing and rotorcraft components such as intakes, afterbodies, propellers, helicopter rotors, isolated weapons, weapon carriage and release, wing/body configurations, dynamic derivative, scale effect, and transition fixing. Compliments CFD research in A12.05.

A12.05 - Fluid Dynamics Techniques

Research to understand computational fluid dynamics, and to aid the evaluation and analysis of hydrodynamic performance of all types of marine platforms. Also the evaluation and analysis of supercomputer outputs, fluid dynamic and numerical mathematics in turbulence modelling, transition prediction, viscous flow, solution algorithms, grid generation, CFD/CAD interfaces, GUI and data interpretation/presentation. Also includes rotorcraft fluid dynamics and the use of models to predict rotor loads, signature, novel rotor technology and advanced configurations, and the aerodynamic effects of icing on rotors.



B01 Lethality & Platform Protection

B01.01 - Warheads

Research to understand, model, evaluate and analyse all types of warhead designs employing chemical energy (CE) in the context of armour/anti-armour interactions, weapon/target interactions, attack of hard/buried targets and underwater weapon applications, including the behaviour of the debris cloud. Also includes work on insensitive munition designs. Also includes work to support quality assurance of all types of warhead components. Also includes research relating to fuzing, such as microwave warhead fuzes and other types of intelligent fuze systems and arming systems. Also includes research on solid state devices for safety and arming purposes, "smart" functionality, and application of electrical, optical and other novel methods of initiation of propellants and charges.

B01.02 - Penetrators

Research to understand, model, evaluate and analyse all types of penetrator designs employing kinetic energy (KE) in the context of armour/anti-armour and hard/buried target interactions.

B01.03 – *Not in use*

B01.04 - Battle Damage Reduction Techniques

Research to understand and reduce the vulnerability of military platform structures and installations to all types of penetrative and blast or shock wave effects.

B01.05 - Explosive Ordnance Disposal

Research to support the evaluation and analysis of land-based countermine technology. Also includes work to understand all forms of EO and related devices requiring disposal, including underwater EOD. Also includes research on disposal systems for energetic materials and other munition materials in accordance with environmental legislation requirements.

B01.06 - Mine Detection and Clearance

Research to evaluate and analyse counter-mine technology covering MCM systems, platform and diver signatures, diver communication, mine hunting and avoidance sonars, sweeping, UUV systems and MCM reconnaissance and disposal systems. Also includes work on landmine detection, neutralisation and route marking systems. Also includes work on advanced hand-held landmine detection systems.

B01.07 - Armour systems

Research to model, evaluate and analyse all types of armour systems in the context of armour/anti-armour and hard/buried target interactions and behaviour of the debris cloud. Also includes work on heavy armours and electric armours, including materials behaviour studies under extreme stress/strain rate conditions. Also includes mine effects simulation work and protective measures modelling. Also includes understanding anti-torpedo hardkill devices for ships and submarines.

B01.08 - Defensive Aids Suite systems

Research to understand and improve the performance of all elements in DAS systems, including the potential use of UAVs and advanced pyrotechnic countermeasures. Also includes work to ensure that any conflicts between the DAS system and the platform's signature control techniques are minimised. Also includes DAS/CDAS aspects of weapon/target interactions.



B01.09 - Other Platform Protection Measures

Research to understand and improve techniques and procedures to protect sea systems platforms from threat weapons such as torpedoes such as work on netting techniques. Also includes research on platform protection measures not mentioned specifically elsewhere in these notes.

B02 Propulsion and Powerplants

B02.01 - Gas Turbines

Research to evaluate and analyse compressor and turbine aerodynamics, external heat transfer, combustion aerothermodynamics, aero-engine emissions, noise prediction and reduction, aero-engine controls and dynamic simulation. Also includes system integration aspects including intakes and propulsion/lift nozzles relating to platforms and weapons and related structural design aspects. Also includes work on torpedo thermal engine designs. Also includes improved testing techniques to determine engine performance parameters. Also includes work to improve the resistance of gas turbines to effects of sand/salt ingestion.

B02.02 - Reciprocating and Rotary IC Engines

Research to understand integration aspects, as well as improving efficiency, of IC engines for platform and weapons systems. Also includes research on engines to give a high performance irrespective of fuel type. Also includes research on reducing vibration and/or noise generation in these engines.

B02.03 - Rocket Engines and Ramjets

Research to understand solid and liquid fuel ramjets, ramrockets and rockets. For example, combustion systems, ramburner aerodynamics and reaction kinetics, throttle control systems, air intakes, nozzles including nozzleless boost systems, design of rocket and ramjet missile cases and associated internal insulation systems. Also includes relevant predictive modelling studies.

B02.04 - Gun and Launch Tube Propulsion

Research to understand all aspects of gun tube designs using chemical propellants (all calibres). Also includes work on relevant weapon system integration applications and associated structural design issues. Also includes work on electrothermal gun system designs. Also includes research into non-chemically-driven launcher tube systems. (but not electrically driven tube systems)

B02.05 - Electrical Propulsion - Rotary & Linear

Research to understand electric propulsion systems for submarines, surface ships, underwater weapons, UUVs, and also land vehicles. Also includes work on relevant platform or weapons system integration aspects and associated structural design issues. Also includes work on electromagnetic launch systems/gun designs and their integration into land and sea platforms, such as power supplies and power management systems. Also includes associated predictive modelling on all of the above aspects.

B02.06 - Transmissions and Powertrains

Research to understand rotorcraft transmissions and their role in the overall power train. Also includes research to understand ship/submarine gearboxes and powertrains in the context of their acoustic impact. Also covers work on the improvement of wheeled and tracked vehicle transmissions and powertrains, including life and reliability aspects.



B02.07 – *Not in use*

B02.08 - Ion Thrusters

Research to understand ion thruster designs to improve performance and operating life.

B02.09 - Nuclear Propulsion

Research to provide advice on the engineering aspects of non-nuclear elements in nuclear propulsion systems.

B02.10 - Air Propellers and Rotors

Research to understand propeller and lifting rotor design in the context of performance, integrity and life aspects, and interactions with the local operating environment including radiated noise effects. Also includes work to understand rotor interactions with the local operating environment. Also includes work to minimise rotor icing effects.

B02.11 - Final Drive - Water Propulsors

Research to understand propulsor design in the context of performance, interaction with the local operating environment and radiated noise effects.

B02.12 - Final Drive - Wheels and Tracks

Research to understand wheel and track interactions with the local operating environment, to improve traction and safety, and to maximise integrity and life.

B03 Design Technologies for Platforms and Weapons

B03.01 - Aerodynamic Designs

Research to understand, evaluate, analyse and exploit aerodynamic designs, both basic and unsteady, using CFD code application in conjunction with experimental data as appropriate, on fluid dynamic problems, relating to rotorcraft, stealthy weapon designs, part aircraft configurations such as intakes, afterbodies, weapons, weapon carriage and release systems, and high lift systems. Also includes associated predictive modelling and assessments based on wind tunnel testing. Includes work on applied aerodynamics; prediction and measurement techniques, development/validation/application of semi-empirical codes. Modelling stores carriage loads and release trajectories, drag prediction. Also includes work to exploit experimental and theoretical aerodynamics data generated in research activities in A12.04 and A12.05. Also includes research on relevant parts of aerolastics and aerothermodynamics disciplines.

B03.02 - Hydrodynamic Designs

Research to understand impact of hull form and integration of stealth technology on the hydrodynamic, sea-keeping and handling of all types of marine platforms and marine structures. Also includes the hydrodynamic aspects of all naval weapons systems, such as the effects of flow noise on torpedo homing systems. Also includes work to understand and exploit wake effects.

B03.03 - Structural Designs

Research to understand, evaluate and analyse structural design for all platforms and weapons systems, and for battlefield bridging. Includes the structural aspects of integration with aerodynamic and stealth design. Also includes predictive modelling, and dynamics and acoustic measurement, and associated test activities. Also includes work to understand and prevent transmission of noise through structures in military equipment. Also includes research on relevant parts of the aerolastics discipline.



B03.04 - Mechanical Designs

Research to understand, evaluate and analyse mechanical engineering design for all platforms and weapons and their sub-systems. Also includes associated test activities, and predictive modelling. Also includes work to improve aircraft launch and recovery systems in conditions of low visibility and at restricted austere sites or on ships. Also includes research on relevant parts of the thermomechanics discipline.

B03.05 - Stealth Designs

Research to understand hull vibration in ships and submarines arising from machinery and fluid flow effects, and work to relate the results to signature characteristics. Also includes analysis of threat stealth design and threat sensor technology leading to improvements in own reduced signature stealth designs for all platform and weapon applications. Also includes associated predictive modelling and work on specialised testing facilities to improve stealth design aspects. Also includes research into problems of co-ordinating the management of all signatures.

B03.06 - Ballistic Designs

Research to understand the integration of ballistic design and related design drivers into platform and weapon systems. Includes work on internal and external ballistics of projectile behaviour and gun and launcher system designs.

B03.07 - Thermal/Cryogenic Designs

Research to understand, evaluate and analyse thermal/cryogenic design factors, and improve their integration in all platforms and weapon systems. Also includes research on relevant parts of the thermomechanics and aerothermodynamic disciplines. Also includes associated test activities and predictive modelling.

B03.08 - Electrical/Electronic Designs

Research to understand, evaluate and analyse electrical/electronic design factors, and improve their integration in all platforms and weapons systems. Also includes associated test activities and predictive modelling.

B03.09 - Optical Designs

Research to understand, evaluate and analyse optical design factors, and improve their integration in all platforms and weapons systems. Also includes associated test activities and predictive modelling.

B03.10 - Acoustic Designs

Research to understand, evaluate and analyse acoustic design factors, and improve their integration in all platforms and weapons systems. Also includes associated test activities and predictive modelling.

B03.11 - Environmental Protection Designs

Research and development of designs aimed at reducing the effects of icing on the performance of military equipment. Also includes work on designs to combat the effects of thermal extremes on military equipment. Also includes work to develop improved designs for the protection for all types of engine from the effects of sand ingestion.



B04 Electronic Warfare and Directed Energy Technologies

B04.01 - DET - RF

Research to understand RF DE systems and their effects on silicon microelectronic components, circuits and sub-assemblies. Also includes integration aspects of DE into weapon systems. Also includes work on non-destructive RF DE systems and their integration in the context of anti-ship missile defence systems.

B04.02 - DET - Lasers

Research to understand integration of laser DE systems into weapon systems and platforms. Also includes work to exploit high power laser technology.

B04.03 - DET - Other

Research to understand other types of DE, for example, particle beam technology, and their integration into weapon systems and platforms.

B04.04 - ECM - RF

Research to evaluate and analyse techniques such as generic and specific countermeasure waveforms to be integrated into ECM systems employed to protect platforms. Includes work on comms.ECM and non-comms ECM. Also includes work to understand tactical comms.ECM, long range surveillance and tactical battlefield ECM systems. Also includes novel microwave filter and MMIC design aspects of ECM systems, and power amplifiers for jammers. Also includes work to understand effects of RF on microelectronic component survivability. Includes research into micro- and milli-metre wave ECM techniques.

B04.05 - IR/Visible/UV

Research to evaluate and analyse techniques including generic and specific waveforms to be integrated into EOCM systems. Also includes work on comms.EOCM, and non-comms.EOCM. Also includes work exploiting laser technology, stealth materials, novel negative luminescent device technologies and E-O sensors in the context of ECM systems. Also includes work to understand sensor design and signature measurement related to EOCM.

B04.06 - ECM - Acoustic

Research to evaluate and analyse design of countermeasures to acoustic homing torpedoes and their launch platforms. Also includes work to understand acoustic ECM systems integration and the associated man-machine interface requirements.

B04.07 - ECM - Magnetic and Electrical

Research to evaluate and analyse the design and performance of magnetic and electrical CMs to incoming torpedoes and their fuzes. Also includes work to understand the M&E threat to spacecraft systems. Also includes research to understand the integration of ECM systems into combat systems.

B04.08 - ESM - Communications

Research to evaluate and analyse communications ESM techniques and technology. Also includes work to specify ESM systems capabilities/performance and to integrate ESM with weapon systems and for tactical employment. Also includes work to understand Information warfare technology, long range and tactical battlefield communications and counter-comms.technology. Also includes evaluations and analyses of geolocation of interferors and unauthorised users. Also includes research to apply HTS technology to ESM-Comms.systems.



B04.09 - ESM - Non-Communications

Research to understand techniques for the high probability of intercept of RF signals, their rapid identification, and for integration of ESM systems into weapon and combat systems. Also includes radiographic mapping of electromagnetic sources from satellite observations. Also includes research to apply HTS technology to ESM-non-Comms.systems.

B04.10 - EPM - RF

Research to evaluate and analyse RF EPM and integration of EPM systems with weapon systems. Also includes work to analyse spread spectrum techniques applied to comms.signals at SHF and EHF. Also includes work to understand hardening of comms. assets and to set standards for advanced adaptive EPM for HF comms. Includes research at micro- and millimetre wave frequencies for EPM purposes.

B04.11 - EOPM - IR/Visible/UV

Research to evaluate and analyse image processing algorithms for navigation and targeting sensors employed by threat systems. Also includes understanding EOPM across visible, IR and FIR, for eyes, imagers and magnifying optics. Also includes work on the integration aspects related to weapon systems, and on sensor design issues.

B04.12 - EPM - Acoustic

Research to evaluate and analyse mine avoidance sonars employed in submarines and surface ships. Also includes work related to acoustic EPM systems integration at the man-machine interface.

B04.13 - EPM - Magnetic and Electrical

Research to understand and reduce the effects of magnetic and electrical stray fields and hazards on all types of military equipment.

B05 Signature Control and Signature Reduction

B05.01 - Radar Signatures

This technology covers all used radar frequencies. Research to evaluate, model, analyse and manipulate platform radar signatures and integration of radar signature control into weapon systems. Also includes work relating threat radar sensor technology and the environment to own platform signatures. Also includes work on active stealth measures (in the context of radar signatures).

B05.02 - Laser Signatures

Research to evaluate model, analyse and manipulate platform laser signatures and integration of laser signature control into weapon systems. Also includes work to understand threat laser sensor technology, low observable materials technology and operating environment signatures.

B05.04 - IR Signatures

Research to evaluate, model, analyse and manipulate platform IR signatures and integration of signature control into weapon systems. Also includes work to understand the effects of pigments and other materials on signature control. Also includes issues relating to stealthy missile launch detection (plumes), threat IR sensor technology, and operating environment signatures. Also includes work to understand thermal signature control in the context of gas turbines, reciprocating/rotary engines, and rockets and ramjets.



B05.05 - Visible/UV Signatures

Research to understand, model and manipulate platform UV/Visible signatures and integration of signature control with weapon systems. Also includes work to understand threat UV/Vis sensor technology, missile detection filters and operating environment signatures. Also includes research to understand the behaviour of coatings and micro-structured surfaces that minimise laser retro-reflections.

B05.06 - Acoustic Signatures

Research to evaluate, model, analyse and manipulate underwater acoustic signatures of all types of marine craft, and torpedo decoys. Also includes work to detect and classify targets, mine threat analysis, and to optimise processing techniques. Also includes work to understand acoustic echo characteristics of target ships and submarines to be employed in own sonar, torpedo and fuzing systems. Also includes work to develop and improve measurement techniques for underwater signatures, both active and passive. Also includes work to understand acoustic signature detection of helicopters including modelling to predict rotor noise and its propagation through the environment. Also includes work on land-based systems acoustic signatures, particularly on the application of passive and active acoustic signature control to land equipment. Also includes work to understand laser generated acoustic waves. Also includes work to understand acoustic signature control in the context of gas turbines, and reciprocating/rotary engines.

B05.07 - Electrical and Electrochemical Signatures

Research to understand mine threat to maritime vessels and also to understand and model mechanisms by which electrical signatures of naval platforms may be reduced or manipulated. Also includes work to understand electrical signatures for TEMPEST testing, evaluation and certification.

B05.08 - Magnetic Signatures

Research to evaluate, model and analyse mine threat for maritime vessels and to understand mechanisms for reducing or manipulating magnetic signatures of naval platforms. Also includes work to understand the interaction between torpedo fuzes, targets and countermeasures in the undersea environment. Also includes work to understand measurement of the magnetic signature content of equipment and components fitted in minehunting/mine countermeasure vessels. Also includes work on magnetic signature ranging and reduction. Also includes work to evaluate and analyse display technology for operation in environments with magnetic fields.

B06 Sensor Systems

B06.01 - RF Sensors/Antennas - Active

This technology covers all used radar frequencies. Research to evaluate and analyse detectability of air targets, surface targets using active radar. Also includes work to evaluate and analyse DSP, system modelling, detectors, antennas, system design, active array technology and advanced processing for multifunction radar. Also includes work to understand space based comms. antennas and radar for surveillance. Research to evaluate and analyse returns from air targets, surface targets and sensor performance. Also includes work to evaluate and analyse system design, system modelling, integrated sensor suites, SARA, MIT, maritime rec., advanced phased arrays, and obstruction avoidance sensors. Also includes work to understand calibration and metrology advice. Also includes work to enable effective integration of radomes.



B06.02 - RF Sensors/Antennas - Passive

This technology covers all used radiometric frequencies. Research to evaluate and analyse detectability of air targets, surface targets using passive radiometric sensors. Also includes work to understand antenna calibration. Research to evaluate and analyse returns from air targets, surface targets and sensor performance. Also includes work on systems aspects, temperature sensitivity and resolution, and passive radar sensors. Also includes work to exploit MMIC design and device packaging technology for a low cost passive radar imager.

B06.03 – *Not in use*

B06.04 – *Not in use*

B06.05 - IR Sensors - Active

Research to evaluate and analyse integrated sensor suites incorporating targeting, navigation, and terrain and obstruction avoidance sensors. Also includes work to understand optics, system modelling, detectors, lasers and system design. Also includes work to understand vision systems for AFVs and WASAD, and to understand intelligent surveillance. Also includes work to understand laser detection of mines in very shallow water/surf zone, underwater target detection and laser weapon fuzing. Also includes work to understand laser rangefinders, vibration sensors, laser sources, and CLARA.

B06.06 - IR Sensors - Passive

Research to evaluate and analyse integrated sensor suites incorporating targeting, navigation, terrain and obstruction avoidance IR sensors. Also includes work to understand optics, system modelling, IR detectors, lasers and system design. Also includes work to understand vision systems for AFVs and WASAD, and intelligent surveillance systems. Also includes work to understand IR detection of buoyant mines on the sea surface, and IR detection of land mines. Also includes work to understand space based IR surveillance. Also includes work to understand smart IR sensors. Also includes work to understand "obsolescence management" of IR sensor systems, including interpretation of national standards. Also includes work to evaluate and analyse advanced IR detector designs for improved identification and Counterstealth. Also includes work to understand COTS sensor technology in the context of defence equipment. . Also includes work to enable effective integration of IR domes.

B06.07 - Visible/UV Wave Sensors

Research to understand integrated sensor suites incorporating UV/Visible sensors for targeting, and other applications. Also includes work to analyse optics, system modelling, UV/Vis detectors, UV/Vis lasers and system design. Also includes research to exploit organic semiconductors for application in photon detection and image intensifiers, and also to analyse the performance of UV-sensitive missile launch detectors. Also includes work to maintain awareness of visual sensors for space-based surveillance.

B06.08 - Acoustic Sensors - Active

Research to understand airborne ASW systems and maintain technical specifications for active UK sonobuoys and sonic processors. Also includes work to understand HF acoustics and propagation and support analysis of MCM, mine avoidance and MCM reconnaissance systems. Also includes work to evaluate and analyse design and integration of towed bodies for LF active sonar and the application to underwater homing and acoustic countermeasures. Also includes work to understand active sonar transducers, arrays, and associated signal/data processing and display systems. Also includes work to enable effective integration of sonar domes.



B06.09 - Acoustic Sensors - Passive

Research to understand airborne ASW systems and specifications for passive sonobuoys and service sonic processors. Also includes work to understand acoustics and propagation for land and airborne vehicle detection and location of artillery and rockets. Also includes work to understand HF acoustics for passive mine detection. Also includes evaluations and analyses of underwater weapon passive sensors in the presence of high levels of flow noise. Also includes the design of towed arrays in terms of handling and reliability, sonar performance, and other passive sonar systems and passive sonar array types. Also includes work to exploit ferroelectric liquid crystal polymers for application in compact, sensitive, directional sonar elements. Also includes work to exploit novel silicon acoustic sensors and integrated sensors for passive sonar systems. . Also includes work to enable effective integration of sonar domes.

B06.10 - Non-Acoustic Sensors - Underwater

Research to evaluate and analyse non-acoustic sensors for mine detection in very shallow water/surf zone and for MCM reconnaissance. Also includes work to understand non-acoustic sensor technology for application to underwater weapon homing and fuzing, and as a non-acoustic UW sensor to complement acoustic sensors. Also includes work to understand behaviour of non-acoustic sensors in the military oceanographic environment. Also includes wake detection systems and biodetection (biologics) techniques for underwater non-acoustic detection systems.

B06.11 - Electrical & Electrochemical Sensors

Research to understand and develop underwater electric potential (UEP) sensor technology.

B06.12 - Magnetic Sensors

Research to understand integration of novel magnetic material with silicon circuitry to provide smart micro-magnetic sensors. Also includes work to understand magnetic sensor application to weapon systems and to fuzing systems in all weapons (except underwater) and in land mine detection systems.

B06.13 - CB Sensor Systems

Research to support and maintain expertise in CB sensor systems which monitor the level of the hazard, identify the agent and identify exposure retrospectively. Also includes work to apply genetic engineering and amplification, antibody/antigen interactions, gene probes and biosensor transduction to CB detection systems.

B06.14 - Explosive Detection Sensors

Research to understand application of EDS to very shallow water/surf zone mine detection and to land mine detection. Also includes work to enhance detection system performance for explosives.

B06.15 - Microsensor Systems for Active Control of Structures

Research to understand silicon microsystems technology for sensors and transducers, and use of fibre probes using frequency selective RAM. Also includes work to exploit smart/functional material technology to control the shape of intelligent structures, including sound damping applications. Includes structural applications of micro-electronic and mechanical systems (MEMS) technology to active structures.



B06.16 - Motion Sensor systems

Research into new approaches to gyroscopic control systems and other inertial sensors for platforms and weapons, particularly those based on solid-state devices. Also includes associated work on the relevant signal processing element of motion sensor systems. Also includes work on techniques to measure structural vibration.

B06.17 - Environmental Monitoring Systems

Research to support the design of systems to monitor atmosphere quality in submarines and crew spaces in other military platforms and installations. Also includes work to determine and analyse noise levels in crew spaces.

B07 Guidance and Control systems for Weapons and Platforms

B07.01 - Navigation systems

Research to understand integration and application of navigation systems to missile seekers, AFV fire control systems, and MCM and reconnaissance systems. Also includes work to apply silicon microsystems technology for micro-accelerometers and micro-gyros, including embedded control and signal processing electronics. Also includes work to understand "obsolescence management" and technology insertion in the context of navigation systems.

B07.02 - Weapon Guidance and Control systems

Research to evaluate and analyse use of guidance and control technology to remote guidance techniques for underwater weapons, and to integrated precision attack techniques, MLRS and other ballistic systems. Also includes work to understand the application of silicon microsystems technology to precision G&C systems employed in missiles. Also includes work to understand "obsolescence management" and technology insertion in the context of G&C systems. Seekers/Homers (both above and underwater) - Research to evaluate and analyse seeker/homer systems used in both air-launched and underwater weapon systems and attack platforms. Also includes work to exploit advanced focal plane arrays and related image processing and data fusion techniques. Also includes work to evaluate and analyse seeker guidance system tests using dynamic infra-red scene projectors. Also includes work to understand small RF phased arrays and multispectral (radar & IR) sensors in the seeker context. Also includes research to exploit acoustic sensor technology for precision homing systems.

B07.03 - Platform Guidance and Control systems

Research to evaluate and analyse G&C systems, including avionics and vetronics, in the context of platforms, AFV fire control systems, autonomous underwater vehicles, and in relation to integrated precision attack techniques. Also includes work to exploit HFI technology for control systems in crew spaces/cockpits. Also includes work on multivariable, discrete, non-linear control design methods and relevant image processing and data fusion technology. Also includes work to understand attitude and orbit control systems employed in satellites.

B07.04 – *Not in use*

B07.05 - Display systems

Research to understand characteristics of displays used in or for helmet systems, missile seekers, AFV fire control systems, torpedo track information displays, and related display information on target/environmental conditions. Also includes work to apply novel display science to military display systems. Also includes work on displays in the context of "obsolescence management" and technology insertion.



B07.06 - Stores and Weapons Release/Discharge systems

Research to understand, evaluate and analyse the factors involved in release/discharge of stores and weapons from land, sea and air platforms. Includes model and full scale experiments and predictive modelling.

B08 Simulators, Trainers and Synthetic Environments

B08.01 - Skills Training systems

Research to understand skills training, and application of synthetic environments to skills training systems for all service environments. Also includes application of hardware-in-the-loop and PC-based systems to skills trainers.

B08.02 - Tactical/Crew Training systems

Research to understand synthetic theatre of war (STOW) and the application of synthetic environments, including virtual reality techniques in simulators to reflect the critical cues provided by the real platform. Also includes application of hardware-in-the-loop and PC-based systems to tactical/crew trainers.

B08.03 - Command & Staff Training systems

Research to understand command level training systems, STOW and the use of speech for interactive training. Also includes work to understand the application of synthetic environments to command level training systems and computer assisted staff training systems. Also includes application of hardware-in-the-loop and PC-based systems to command and staff trainers.

B08.04 – *Not in use*

B08.05 - Virtual Reality

Research to evaluate and analyse virtual crew stations as a tool for procurement and training. Also includes work to understand integration of 3-D imaging and display technology in the fields of remote telepresence, and cognitive aspects of operator performance. Also includes work to assess the physiological impact imposed by man, the task, and the environment. Also includes work to understand techniques for measuring performance in VR environments. Also includes work to understand the nature of physiological and psychological interactions between humans and VR, and the value of VR in design and training systems.

[↑Top of page](#)

B08.06 - Synthetic Environments - Synthetic Force Generation

Research to understand synthetic environments for such purposes as; training, OA, procurement, requirements capture process, platform and weapons systems, sensor systems and relevant countermeasure systems. Also includes work to understand the use of stimulators and simulators, system performance, design, testing, validation, acceptance and use, and environments. Also includes work to understand the nature of physiological and psychological interactions between humans and SEs. Also includes work to assess the value of SEs in design, selection and training activities.

B08.07 - Synthetic Environments - Natural Environment Generation

Research to understand SEs for natural environment generation. Includes work to facilitate the rapid generation of geotypical terrain and feature/cultural data. Includes work to understand Variable Representation in support to simulation systems. Also includes research on the application of models to generate internal wave wake for the prediction of surface wave modulations.



B08.08 - Synthetic Environments - Management systems

Research to include the management of databases covering terrain, environment, dynamic models, and other relevant databases. Work on developments arising from the SEDRIS programme. Also work on the configuration management and maintenance of models and software for SEs. Also includes work to exploit HLA, languages and AI for SEs.

B09 Integrated Systems Technology

B09.01 - Systems Engineering and Integrated Systems Design

Research to understand system engineering, integrated system and platform (and propulsion systems) design, architecture of weapons systems and weapon systems integration processes. Includes EW systems integration and Sensor integration. Also includes work to evaluate and analyse combat systems, software system design, display technology, system architectures, and flight trials techniques. Also includes work to understand multiple vehicle installations. Also includes work to understand thermal management of platform and weapon systems. Also includes work to understand definition and integration of user requirements into specifications for manned systems including Human Factors Integration, MANPRINT procedures and design standards for the procurement of future manned systems. Also includes work to integrate disparate information systems, computer systems and communications systems. Also includes research to improve systems performance analysis at the systems level. Also includes work to achieve multi-disciplinary optimisation.

B09.02 - Interoperability Standards

Research to evaluate and analyse UKAD airborne early warning systems, including combat identification and operating environment. Also includes work to interpret national and international standards for all technologies in a defence context. Also includes work to understand weapon system interoperability issues, including interoperability of small arms ammunition. Also includes work to understand standards for cable and connectors, including specification writing. For CIS: Research to understand communications methods and networks, including network management techniques, to support end-to-end connectivity via the integration of terrestrial bearers with HF and Satcom systems. Also includes work to evaluate civil networks and relevant testing methods. Also includes work to understand system interoperability across the digitized battle space, particularly for comms. systems, protocols, software and COTS issues.

B09.03 - Radiation Hardening

Research to understand integrated system design, particularly weapon system vulnerabilities against EMP. Also includes work to evaluate and analyse integrated hardening, reconfiguration and electronic monitoring techniques. Also includes work to understand protection against space radiation, and radiation hardening of ICs.

B09.04 - Robotics and Automated systems in Operational Systems

Research to understand automated systems for remote underwater EOD and engineering systems. Also includes work to understand applications of various technologies to remotely controlled sea, land and air equipment. Also include research on autonomous systems for uninhabited air vehicles, particularly the integration of technologies like embedded computing, comms. and sensor fusion.



B09.05 - Reliability and Maintainability of Systems

Research to understand probabilistic structural analysis on reliability of aircraft, helicopters, mechanical systems and other engineering systems. Also includes work to monitor and predict all types of platform reliability and durability issues. Also includes work to understand configuration control, and identifying alternative components. Also includes work to understand reliability of PC boards within systems under systems conditions. Also includes work to understand cost-effectiveness, fitness for purpose and environmental impact of military packaging.

B09.06 - Health Monitoring systems

Research to understand integrated systems for health monitoring of all engineering systems. Also includes work to evaluate and analyse electronic monitoring techniques.

B09.07 - Safety systems

Research to understand all engineering systems characteristics and unsafe system testing procedures, particularly of weapon systems. Also includes work to evaluate and analyse reliable fire detection (early stages particularly), and chemical products released during overheating/early stages using robust sensors providing unambiguous indications.

B09.08 - System Repair Technologies

Research to understand the consequences of repair schemes and procedures on system performance and system durability.

B09.09 - Electromagnetic Compatibility

Research to understand EMC issues in integrated system design, particularly in weapon system. Includes research into experimental methods to quantify electromagnetic phenomena in military systems including material property measurement, and antenna measurement. Includes work to identify and overcome electromagnetic hazards, and improved designs to allow equipment to function in the presence of lightning strikes. Also includes research to understand the consequences of lightning strikes on all defence equipment. Also includes associated predictive modelling. Also includes work to evaluate and analyse EMC interference and failure.

B09.10 - In-Service Data Capture systems

Research to improve techniques for the capture and analysis of in-service operational data.

B09.11 - Integrated System Testing and Evaluation

Research to develop improved cost-effective whole-system tests and evaluation methods.

B09.12 - Middleware systems

Research to ensure that the most appropriate forms of middleware are fully exploited in datawarehousing activities and message-oriented applications relevant to defence applications.



B10 Communications and CIS-related Technologies

B10.01 - Communications Systems - Below Microwave Frequencies

Research to understand the requirements for, and design of architectures for tactical communications systems below microwave frequencies. Also includes work to evaluate and analyse design of systems working at frequencies from ELF through HF to SHF and EHF. Also includes work to understand operations, environment and the transmission media. Also includes work to understand the vulnerability of systems at the RF modulation, coding and protocol level. Also understand systems management issues in the context of threat and countermeasures. Also includes work to understand the requirements for tactical and trunk management systems and the interaction at network and systems level. Also includes work to evaluate and analyse EHF for satellite payloads and ground stations. Also includes research to understand and optimise long haul communications systems in the context of SATCOM and STRATCOM.

B10.02 - Communications Systems - Micro and Millimetre Wave

Research to understand low cost phased array technology for communications links. Also includes work to design architectures for tactical and strategic communications systems including antenna subsystems. Also includes work to understand supporting generic technology like MMICs and solid state microwave sources in the context of communication system design. Also includes work to evaluate and analyse designs for high power microwave tubes for transmitter systems. Also includes work relevant to SATCOM.

B10.03 - Communications Systems - IR/Visible/UV

Research to evaluate and analyse miniature laser device technology in the context of understanding novel optical communications systems.

B10.04 - Communications Systems - Acoustic

Research to understand acoustic communications system design for UUV to submarine communications, and for off-platform sensors, also for multi-static operations design, underwater navigation design, and for speech and signal intelligibility system design. Also includes work on communications systems for interacting with man in airborne systems.

B10.05 – *Not in use*

B10.06 - Communications & CIS Security Systems

Research to understand system vulnerabilities, infosec and information warfare techniques. Also includes work to model degraded systems and to gain an understanding of security policy and architectures. Also includes work to evaluate and analyse COMSEC.

B10.07 - Command & Information Systems Integration

Research to evaluate and analyse combat management systems C2, surveillance and satcoms systems, and intelligence systems and their integration at all levels. Also includes work to study CIS concepts development, prototyping and CIS systems definition. Also includes work to exploit data fusion, speech and special systems CIS. Also includes work to understand efficiency, vulnerability and survivability of communications networks. Also includes work to understand open systems, JCSI architecture and test bed processes, information management and infosec. Also includes work to evaluate and analyse distributed systems. Also includes research to improve modelling capabilities in the context of communications systems.



B10.08 – *Not in use*

B10.09 - Non-Co-operative Target Recognition

Research to exploit novel technologies for thermal imaging systems and secure communication systems. Also includes work to understand combat ID systems (IFF), and radar systems for Non-Co-operative Target Recognition (NCTR) systems, and for NATO identification systems.

B10.10 – *Not in use*

B10.11 - Geographic Information Systems

Research to develop expertise in geographic information systems, particularly using digital map processing facilities. Also work to optimise the use of space data in GIS.

B10.12 - Optimisation, Planning & Decision Support Systems

Research to support a Battlespace Spectrum Management System. Includes work to aid the tactical decision making process to contribute to improved survivability and operational effectiveness using approaches which derive "measures of effectiveness". Also work to demonstrate that decision support systems can be used to formulate Staff Targets/Requirements. Also work to investigate the provision of a global optimisation for service to all users across the JBD environment. Also includes work to develop and improve mission support systems.

B10.13 - Infrastructure to Support Information Management & Dissemination

Research to aid the validation of the UCS concept using the Integrated CIS Infrastructure Demonstrator. Also work to integrate BISA with CIBIS and UCS concept research. Also includes work to get existing information sources to appropriate users taking advantage of advanced dissemination management systems. Also includes work to model the behaviour of complex network-based systems.

B10.14 - Network Management systems

Research to improve the understanding of network management requirements and techniques, including data links to all potential users.

B10.15 - Air Traffic Control systems

Research to gain knowledge of airspace management issues applicable to all defence air platforms including UAVs. Also includes work to improve air traffic control systems and concepts.

B11 Personnel Protection Systems

B11.01 - Physical Protection systems - Threat

Research to understand the issues involved in the design, selection and evaluation of specialist clothing and equipment to protect individuals and groups operating in military threat situations. Also includes work to understand human protection and survival systems in environmental extremes including radiological, thermal, and sensory threat conditions. Also includes work to understand EOPM for bare eyes. Also includes work on body armour systems and related behind-armour protective clothing systems.



B11.02 - Physical Protection systems - Environment

Research to understand the short and long term effects of exposure to high altitude and other extreme environments on human physiology in applications like aircrew escape systems, diving systems, and submarine escape systems. Also includes work to understand maintenance of physical and visual performance with effective communication in high ambient noise environments. Also includes work to design, select and evaluate specialist clothing and individual equipment, and investigations of the degradation in individual and collective performance. Also includes work to understand protection for MCM diving, safety and support systems and decompression tables. Also includes work on on-board oxygen generating systems, breathing regulator technology, anti-G systems, air conditioning for humans and equipment, and internal noise control for habitability purposes.

B11.03 - CB & N Protection systems - Physical

Research to understand the construction, performance and utilisation of individual and collective protection equipment (IPE & COLPRO), decontamination systems and contamination management, and chemical hardening processes. Also includes work to exploit surface chemistry technology and airflow cleaning and management systems. Also includes work to optimise the handling of supertoxic chemicals. Also includes work to understand the HFI issues associated with the design, selection and evaluation of NBC protective systems. Also includes work to understand integration of COLPRO systems onto land vehicles. Also includes work to evaluate and analyse the statutory requirements regarding ionising radiation environments.

B11.04 - CB & N Countermeasures - Medical

Research to understand the identification, efficacy, licensing and military acceptability of NBC medical countermeasures. Also includes work to analyse effectiveness of pre-treatments (drugs and vaccines) and therapy (drugs and procedures) for all materials that comprise the CB threat spectrum. Also includes work on anti-emetic drugs used to combat deleterious effects of radiation. Also includes work which exploits biotechnology, pharmacology, toxicology and pathology for the protection of military personnel from CB threats.

B12 Manufacturing Processes/Design Tools/Techniques

B12.01 - Design for Improved Reliability & Maintainability

Research to understand interface requirements and applicability of data employed in system engineering to the industrial process. Also includes work to understand reliability modelling of land vehicles and equipment, satcom systems, and aircraft and helicopter structures and systems where dynamic characteristics under vibration conditions is important. Also includes work to understand open systems, high integrity systems and device reliability design concepts. Also includes work to evaluate, analyse and produce Asics, interconnects and packaging for cryptographic ICs.

B12.02 - Cost Engineering

Research to understand the integration of structural, aerodynamic, signature and control techniques for cost optimisation at the design stage. Also includes work on structural design and materials requirements in the context of cost reductions. Also includes work on cost modelling and analysis for land vehicles, equipment, and for space surveillance and satcom systems. Also includes work to understand minimisation of cost in instances where there are technology obsolescence implications. Also includes design for improved affordability.

B12.03 - Concurrent Engineering and Reduced Design Cycle

Research to understand the implications of configuration control at all levels from IC board to platform. Also includes work to understand concurrent engineering design tools



B12.04 - Advanced Prototyping

Research to understand device prototyping and of rapid prototyping tools for software developments. Also includes work to understand the implications of a virtual manufacturing approach. Also includes rapid prototyping in an air system context.

B12.05 - Techniques and Systems for Production Manufacturing

Research to understand, analyse and evaluate techniques and systems for production manufacturing of defence equipment. Examples include, flexible assembly, robotics/automation, IT systems, "just-in-time" provision of components and subsystems, reduced emissions manufacture, etc. Includes work to minimise systems installation problems during the later stages of assembly. Examples include; use of robotics, modular systems, multiplexing, improved interfaces/connectors, operator support tools for installation and remedial functions, and visualisation tools.

B12.06 - Project Management and Control

Research to understand, analyse and evaluate improved project management and control techniques and associated factors. Also includes human resource management, cultural issues, IT applications to communication and programme control, error budget management, etc.

B12.07 - Manufacturing Process Simulation

Research into all aspects of the manufacturing process that are amenable to advanced simulation techniques in order to identify potential problem areas and cost effective remedial solutions. Also includes relevant aspects of material behaviour modelling.

B12.08 - Lean Manufacturing

Research to evaluate techniques which minimise delays in component supply and insertion into the manufacturing and assembly processes.

B12.09 - Process Control Technology

Research on methods of real time process control applied to manufacture of all defence products. Examples are cure monitoring of composites, weld process monitoring, and on-line tolerance measurement and control. Also includes relevant aspects of material behaviour modelling.

B12.10 - Environmentally Friendly Factory Processes

Research to understand and aid implementation of environmentally friendly (EF) materials and processes wherever possible in the manufacturing cycle, so that adverse human effects caused by chemical effluent sources or noise transmission are minimised. Also includes work to meet the requirements of the Montreal Protocol and other international agreements in the context of EF factory processes and product behaviour.

B12.11 - Knowledge-based Engineering

Research to maximise the effective use of existing data and know-how contained in libraries of past experience.

C01 Defence Analysis

C01.01 Policy, force development and balance of investment studies

No further details.



C01.02 Combined operational effectiveness and investment appraisals

No further details.

C01.03 Platform and system concept studies

No further details.

C01.04 Requirement definition studies

No further details.

C01.05 Scenario generation

No further details.

C01.06 Tactical development and support to operations and training

No further details.

C01.07 Other effectiveness and performance studies

No further details.

C01.08 Military doctrine analysis

No further details.

C01.09 Wargaming and Combat Simulation

No further details.

C02 Integrated Platforms

C02.01 No longer in use

No further details.

C02.02 Undersea platforms

No further details.

C02.03 Fighting land vehicles

No further details.

C02.04 Logistic, command and surveillance land vehicles

No further details.

C02.05 Combat aircraft

No further details.

C02.06 Logistic, support and surveillance aircraft

No further details.



C02.07 Helicopters

No further details.

C02.08 Unmanned land / sea / air vehicles

No further details.

C02.09 Lighter-than-air platforms

No further details.

C02.10 Communications satellites

No further details.

C02.11 Surveillance and navigation satellites

No further details.

C02.12 Other satellites

No further details.

C02.13 Space launchers

No further details.

C02.14 Fighting sea surface platforms

No further details.

C02.15 Logistic and support sea surface platforms

No further details.

C03 Weapons

No further details.

C03.01 – *Not in use*

C03.02 - *Not in use*

C03.03 - Mines - Land

No further details.

C03.04 - *Not in use*

C03.05 - Missiles - Anti Air

No further details.



C03.06 - Missiles - Anti Surface (Sea)

No further details.

C03.07 - Gun Systems - Platform Mounted

No further details.

C03.08 - Gun Systems - Hand Held

No further details.

C03.09 - Directed Energy Weapons

No further details.

C03.11 - *Not in use*

C03.10 - Non-Lethal Weapons

No further details.

C03.12 - Mines - Sea

No further details.

C03.13 - Missiles - Anti Ground (Land)

No further details.

C03.14 - Torpedoes - Anti Surface

No further details.

C03.15 - Torpedoes - Anti Submarine

No further details.

C04 Installations and Facilities

No further details.

C04.01 Ground stations

No further details.

C04.02 Fortifications / defences

No further details.

C04.03 Battlefield engineering

No further details.

C04.04 T&E facilities

No further details.



C04.05 Site decontamination

No further details.

C05 Equipped Personnel

No further details.

C05.01 Equipped men

No further details.

C05.02 Recruitment, selection and allocation

No further details.

C05.03 Training and education

No further details.

C05.04 Health and well-being

No further details.

C06 Miscellaneous Defence Functions and Policy Support

No further details.

C06.01 *Not in use*

C06.02 International Security

No further details.

C06.03 No longer in use

No further details.

C06.04 Equipment disposal

No further details.

C06.05 Non-proliferation

No further details.

C06.06 Hazard assessment

No further details.

C06.07 *Not in use*

C06.08 Logistics

No further details.



C06.09 Counter stealth

No further details.

C07 Battlespace Information

No further details.

C07.01 Information infrastructure

No further details.

C07.02 Information Warfare

No further details.

C07.03 Command & Control

No further details.

C07.04 Digitization of the battlespace

No further details.

C07.05 ISTAR (= Intelligence, Surveillance, Target Acquisition & Reconnaissance)

No further details.

C07.06 Military intelligence

No further details.

C08 Business Process

No further details.

C08.01 Requirements capture

No further details.

C08.02 Concepts and product definition

No further details.

C08.03 Product supportability

No further details.

C08.04 Whole-life cycle improvement

No further details.

C08.05 Business process simulation

No further details.



C08.06 Benchmarking and Best Practice

No further details.

C08.07 Lean enterprise models

No further details.

C08.08 R&T management

No further details.

C08.09 Design in the extended enterprise

No further details.

C08.10 Procurement and contracting processes

No further details.

(Some Technology Taxonomy Numbers are not in use.)