



Humanoida robotar inom fartygsbyggnation

Fredrik Mogensen och Sofie Sörlin

AVDELNINGEN FÖR INNOVATION | INSTITUTIONEN FÖR DESIGNVETENSKAPER |
LUNDS TEKNISKA HÖGSKOLA | LUNDS UNIVERSITET
2026

EXAMENSARBETE



SAAB



Humanoida robotar inom fartygsbyggnation

Möjligheter och förutsättningar för att använda
humanoida robotar inom militär fartygsbyggnation och
underhåll

Fredrik Mogensen och Sofie Sörlin



LUNDS
UNIVERSITET

Humanoida robotar inom fartygsbyggnation

Möjligheter och förutsättningar för att använda humanoida robotar inom militär fartygsbyggnation och underhåll

Copyright © 2026 Fredrik Mogensen och Sofie Sörlin

Publicerad av

Institutionen för designvetenskaper

Lunds Tekniska Högskola, Lunds universitet

Box 118, 221 00 Lund

Ämne: Produktutveckling (MMKM05)

Avdelning: Innovation

Huvudhandledare: Damien Motte

Bitr. handledare: Yiannis Karayiannidis

Handledare på Saab: Alexander Andersson

Examinator: Glenn Johansson

Abstract

With a shrinking industrial workforce and the rapid advancement of artificial intelligence, many companies are starting to look toward intelligent humanoid robots to aid them in their operations. This thesis explores the current landscape of industrial humanoid robots and outlines how Saab Naval can start the process of integrating them into their shipyard production. Recent advancements and current limitations of humanoid robots are presented, and eleven different models of humanoid robots manufactured in Europe and North America are discussed. Academic literature and reports from manufacturers of humanoid robots are combined with semi-structured interviews and discussions with Saab employees. From the findings, recommendations are given for Saab Naval regarding which humanoid robots to look further into, the humanoids' initial work tasks, the integration into the company's operations, and required further research.

A prevalent challenge is the information availability and reliability regarding the capabilities and development status of the different humanoid robots. This makes it difficult to make accurate assessments of how they can be used and how they compare to each other. The area is also rapidly changing, with frequent announcements of new advancements and upgrades further complicating the task. Another challenge for Saab is finding a way to train and continuously improve the humanoids' AI using their collected data without placing sensitive information at risk.

The conclusion of the thesis is that the currently most well-suited humanoid robots for Saab are, in order, Digit by Agility Robotics, AEON by Hexagon, 4NE1 by NEURA Robotics, and Atlas by Boston Dynamics. Saab's next step on the path to start using humanoid robots is to contact these manufacturers for more information about their humanoids and the potential to conduct trials at Saab's facilities.

Keywords: humanoid robots, automation, Saab, shipbuilding, industrial robots

Sammanfattning

Med en krympande industriell arbetsstyrka och den snabba utvecklingen inom artificiell intelligens, börjar många företag rikta blickarna mot intelligenta humanoida robotar för att understödja dem i deras verksamhet. Denna uppsats utforskar dagens landskap av humanoida robotar och skisserar hur Saab Naval kan påbörja processen av att integrera dem i deras skeppsvarvsproduktion. Nya framsteg och nuvarande begränsningar kring humanoida robotar presenteras, och elva olika modeller av humanoida robotar tillverkade i Europa och Nordamerika diskuteras. Akademisk litteratur och rapporter från tillverkare av humanoida robotar kombineras med semistrukturerade intervjuer och diskussioner med anställda på Saab. Utifrån resultaten ges rekommendationer till Saab Naval gällande vilka humanoida robotar som ska undersökas närmare, humanoidernas initiala arbetsuppgifter, integrationen i företagets verksamhet och nödvändig vidare forskning.

En allmänt förekommande utmaning är tillgängligheten och tillförlitligheten gällande informationen om de olika humanoida robotarnas kapacitet och utvecklingsstatus. Detta gör det svårt att göra korrekta bedömningar av hur de kan användas och hur de jämför sig med varandra. Området förändras också snabbt, med frekventa tillkännagivanden om nya framsteg och uppgraderingar som ytterligare komplicerar uppgiften. En annan utmaning för Saab är att hitta ett sätt att träna och kontinuerligt förbättra humanoidernas AI med hjälp av deras insamlade data utan att utsätta känslig information för risk.

Slutsatsen är att de för närvarande bäst lämpade humanoida robotarna för Saab, i rangordning, är Digit från Agility Robotics, AEON från Hexagon, 4NE1 från NEURA Robotics och Atlas från Boston Dynamics. Saabs nästa steg i processen av att börja använda humanoida robotar är att kontakta dessa tillverkare för mer information om deras humanoider och möjligheten att genomföra tester vid Saabs anläggningar.

Nyckelord: humanoida robotar, automation, Saab, fartygsbyggnation, industriella robotar

Förord

Detta examensarbete genomfördes under våren 2026 på Institutionen för designvetenskaper på Lunds Tekniska Högskola tillsammans med Saab Naval. Arbetet omfattar 30 högskolepoäng och markerar slutet av fem års civilingenjörstudier.

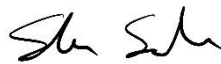
Vi vill börja med att rikta ett enormt tack till Alexander Andersson som har varit vår handledare på Saab. Ditt engagemang, vägledning och värdefulla synpunkter har varit till stor hjälp under hela processen och bidragit mycket till arbetet. Vidare vill vi tacka Anton Ingvert, som varit vår chef på Saab, för din stöttning under processen. Vi uppskattar att du funnits tillgänglig när vi behövt hjälp och att du hjälpt oss komma i kontakt med personer som bidragit med information till arbetet. Vi vill även ge ett stort tack till vår universitetshandledare Damien Motte, både för input längs arbetets gång, och för möjliggörandet att skriva arbetet tillsammans. Dessutom vill vi tacka Yiannis Karayiannidis som funnits där som vår biträdande handledare.

Slutligen vill vi tacka alla vi kommit i kontakt med på Saab, både intervjupersoner och deltagare vid lednings- och kvartalsmöten, för ert engagemang och input. Era tankar och välkomnande atmosfär har varit värdefull för oss, och utan er hade inte arbetet varit möjligt.

Lund, juni 2026



Fredrik Mogensen



Sofie Sörlin

Innehållsförteckning

1	Introduktion	11
1.1	Saab	11
1.1.1	Saab Naval	11
1.2	Syfte	12
1.3	Frågeställning	12
1.4	Avgränsningar	12
2	Metodik	14
3	Humanoida robotar	16
3.1	Metod	16
3.2	Definition av humanoida robotar	17
3.3	Syfte med humanoida robotar	18
3.3.1	Humanoida robotar i industrin	18
3.3.2	Anledningar till humanoid design	18
3.4	Jämförelse med människans fysiologi	19
3.5	Humanoida robotar i dag	20
3.5.1	Status i utvecklingen	20
3.5.2	Egenskaper	20
3.5.3	Humanoidernas uppträning och AI	21
3.5.4	Risker	22
3.5.5	Fraunhofer IPA:s riktmärke	23
3.6	Diskussion	23
4	Utbudet i dag	25

4.1 Metod	25
4.2 Urval.....	26
4.3 EU	28
4.3.1 4NE1	28
4.3.2 Agile One	31
4.3.3 GENE.01.....	33
4.4 USA.....	35
4.4.1 Apollo	35
4.4.2 Atlas	37
4.4.3 Digit.....	40
4.4.4 Optimus.....	42
4.4.5 Persona AI Humanoid.....	44
4.5 Övriga världen.....	47
4.5.1 AEON	47
4.5.2 HMND 01 Alpha.....	50
4.5.3 Phoenix	53
4.6 Jämförelsetabeller	57
4.7 Kinesiska humanoida robotar.....	60
4.7.1 Unitree G1	61
4.7.2 Ubtech Walker S2	63
4.7.3 AgiBot.....	64
4.8 Diskussion.....	68
4.8.1 Utvecklingsfas	68
4.8.2 Fjärrstyrning och transparens.....	69
4.8.3 Media (videor)	69
4.8.4 Föränderligt område.....	70
5 Saab Naval.....	71
5.1 Metod	71
5.1.1 Studiebesök.....	71

5.1.2 Intervjuer.....	71
5.1.3 Kvantitativa data.....	73
5.2 Kort översikt på ubåtsbyggnationen.....	73
5.3 Moment inom produktionen.....	74
5.4 Arbetstidsfördelning.....	75
5.5 Sammanställning av intervjusvar	76
5.5.1 Transport.....	76
5.5.2 Kontroller.....	76
5.5.3 Drömmar.....	77
5.5.4 Bemötande av personal.....	77
5.5.5 AI och hur humanoider interagerar med sin omgivning	78
5.6 Informationssäkerhet.....	78
5.7 Diskussion.....	79
5.7.1 Intervjuernas brister	79
5.7.2 Inkomplett kvantitativa data	79
6 Sammanställning	80
6.1 Metod	80
6.1.1 Ulrich och Eppingers metod för konceptutvärdering.....	80
6.1.2 Diskussioner – Framtagning av kriterier	81
6.1.3 Jämförelse mellan teori och behov	83
6.2 Arbetsmoment hos Saab som passar humanoida robotar	84
6.3 Bortfiltrering av humanoider.....	85
6.3.1 Tillräckligt avancerat utvecklingsstadium	86
6.3.2 Trovärdig.....	87
6.3.3 Autonom	89
6.3.4 Personsäkerhet	90
6.4 Bedömning av humanoider	90
6.4.1 Diskussion kring de fyra sista humanoiderna	91
6.5 Diskussion.....	101

7 Integration av humanoida robotar	102
7.1 Metod	102
7.2 Förutsättningar för integrationen.....	103
7.3 Människa-robot-interaktion och samarbete.....	104
7.4 Exempel på integration av humanoida robotar	104
7.5 Bemötande från personal.....	105
7.6 Hur Saab kan integrera humanoida robotar.....	106
7.6.1 Informationsflöde	106
7.6.2 Uppträning av humanoida robotar	107
7.6.3 Arbetsflöde.....	108
7.6.4 Digitala modeller	109
7.6.5 Säkerhet och samarbete med människor.....	110
7.7 Diskussion.....	111
8 Slutsats.....	113
8.1 Vilka humanoida robotar på marknaden är mest troliga att möta Saabs behov?	113
8.2 Vilka utmaningar finns kring befintligt informationsutbud vid val av humanoida robotar att köpa in?.....	113
8.3 För vilka arbetsuppgifter i Saabs varvsverksamhet kan humanoida robotar vara aktuella?	114
8.4 Hur kan integrationsprocessen för humanoida robotar i Saab Navals varvsverksamhet se ut?	114
8.5 Vidare forskning.....	115
Källförteckning.....	117
Bilaga A: Intervjufrågor	138
Bilaga B: Gantt-scheman.....	139
Bilaga C: Arbetsfördelning.....	141

1 Introduktion

I detta avsnitt ges en introducerande bakgrund till arbetet genom information om Saab samt arbetets syfte, frågeställningar och avgränsningar.

1.1 Saab

Saab som namn har funnits sedan 1937, men verksamhetens ursprung sträcker sig tillbaka till 1600-talet. Vid starten 1937 hade Saab som uppdrag att utveckla stridsflygplan [1], men i dag har företaget flera affärsområden. Organisationen är uppdelad i fyra olika affärsområden: Aeronautics, Dynamics, Surveillance och Naval. Aeronautics ansvarar för luftburna system, Dynamics fokuserar på vapen och vapensystem och Surveillance är området för säkerhetssystem. Naval är från och med april 2026 det nya namnet för det affärsområde som tidigare kallades Kockums och bär ansvar för marina system [2].

1.1.1 Saab Naval

Detta arbete skrivs i samarbete med Saab Naval, vars ansvar inkluderar att bygga och underhålla militära yt- och undervattensfartyg. Kockums, som Naval tidigare hette, blev en del av Saab under mitten av 2010-talet [3], men har en historia som sträcker sig tillbaka till 1840 då Frans Henrik Kockum startade ett gjuteri i Malmö. Under åren har företaget gått från att tillverka landsbruksredskap, spisar och ugnar, vidare till järnvägsvagnar, innan marina fartyg blev en del av verksamheten år 1870. Under 1900-talet skedde en stor expansion av varvsverksamheten, men under 1970-talet uppstod ekonomiska problem som medförde avveckling av delar av företaget, samt att statliga Svenska Varv AB tog över Kockums år 1979. Kort därpå avvecklades även den civila fartygsproduktionen, och fokus lades på marina militära fartyg [4].

År 1999 såldes Kockums till Tyskland [4], men 2014 köpte Saab tillbaka företaget till Sverige [2]. Sedan slutet av 2025 har Saab Kockums sitt huvudkontor i Lund, från att tidigare ha varit belägna i Malmö. Produktion och underhåll sker främst på skeppsvarvet i Karlskrona, men delar av produktionen är även belägen i Landskrona sedan 2024 [5].

1.2 Syfte

Denna studie syftar till att ge Saab Naval en förståelse för humanoida robotar, samt undersöka möjligheten för företaget att underlätta byggandet av militära undervattensfartyg genom att börja använda humanoida robotar i produktionen. Undersökningen ska leda till en rekommendation till företaget för vilka robotmodeller som passar bäst till att stödja verksamheten, samt förslag på hur humanoiderna kan integreras i skeppsvarvet. Förslag på eventuell vidare forskning för att ta projektet vidare ska också ges.

1.3 Frågeställning

De forskningsfrågor som ska besvaras i rapporten är:

- (i) Vilka humanoida robotar på marknaden är mest troliga att möta Saabs behov?
- (ii) Vilka utmaningar finns kring befintligt informationsutbud vid val av humanoida robotar att köpa in?
- (iii) För vilka arbetsuppgifter i Saabs varvsverksamhet kan humanoida robotar vara aktuella?
- (iv) Hur kan integrationsprocessen för humanoida robotar i Saab Navals varvsverksamhet se ut?

1.4 Avgränsningar

Saab har avgränsat vilka länder som anses relevanta att köpa in humanoida robotar från. Endast robotar från Europa, USA och Kanada kommer därmed att ingå i den slutgiltiga rekommendationen. Däremot diskuteras även Kinas marknad för att få en

inblick i hur utvecklingen i ett av de ledande länderna ser ut. Tidsavgränsningen för arbetet är 19 veckor med start 26 januari 2026, och undersöker enbart Saabs verksamhet i Lund och Karlskrona. Både chef och handledare för arbetet på Saab arbetar med utrustningen i ubåtarna, vilket inkluderar konstruktion bland annat av rör. Därför finns information gällande Saabs rörkonstruktion mer tillgänglig än information rörande andra aktiviteter.

2 Metodik

Arbetet är uppdelat i fem delar som utgår från olika metoder för att samla in information. Metodiken består därmed av en kombination av metoder som utgår från både kvalitativa och kvantitativa data. De fem delarna som arbetets struktur utgår från är:

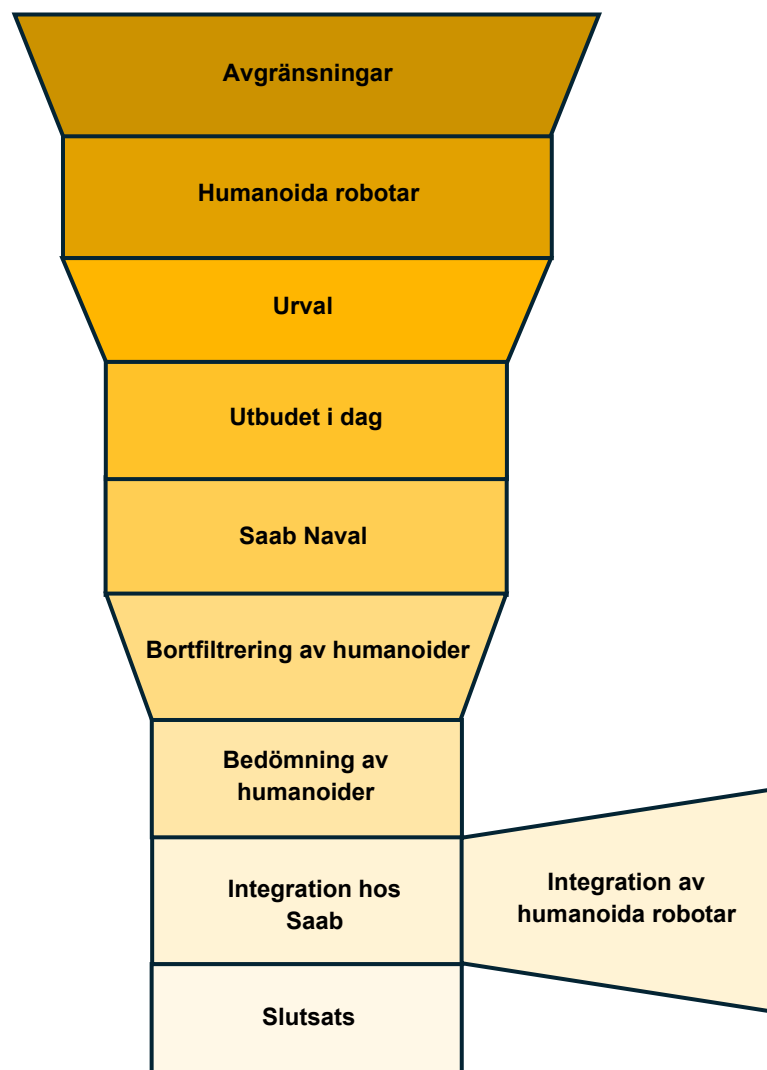
1. Humanoida robotar (generell information om egenskaper och utveckling)
2. Utbudet i dag (analyser av specifika relevanta humanoida robotar)
3. Saab Naval (moment och behov hos Saabs skeppsbyggnation)
4. Sammanställning (Saabs behov jämförs med humanoidernas förmågor)
 - a. Bortfiltrering (humanoider som inte uppfyller rätt krav väljs bort)
 - b. Bedömning (kvarvarande humanoider poängsätts utifrån kriterier)
5. Integration av humanoida robotar (olika aspekter av integration av humanoida robotar hos andra företag och Saab specifikt)

Inledningsvis har en litteraturstudie utförts för att skapa en grundförståelse för ämnet humanoida robotar och varför de används. Denna har utgått från avgränsningar från Saab gällande ursprungsland. Därefter identifierades humanoida robotar som är under utveckling eller redan finns på marknaden utifrån en framtagna definition av humanoida robotar. Urvalet inkluderar dessutom enbart humanoida robotar som är skapade för ett industriellt eller generellt syfte och som planeras bli, eller är, kommersiellt tillgängliga.

I efterföljande avsnitt undersöktes Saabs potentiella behov av humanoida robotar genom utförande av studiebesök, intervjuer och analys av kvantitativa data. När samtlig information kring marknad och behov var insamlad inleddes en bortfiltrering som inspirerats av Ulrich och Eppingers metod för konceptutveckling [6]. De humanoida robotar som inte uppfyllde de kriterier som ansågs avgörande för Saab sorterades bort, och de återstående humanoiderna bedömdes utifrån olika kriterier. Samtliga humanoida robotar diskuterades i relation till teorin för att få en djupare förståelse för fördelar och nackdelar med de olika kandidaterna.

Avslutningsvis utgår det sista avsnittet från en litteraturstudie i kombination med intervjuer för att undersöka vad som krävs för integrationen av humanoida robotar hos Saab, samt hur denna integration kan gå till. Arbetets litteratursökningar har gjorts på Google Scholar och Lunds universitetsbiblioteks litteraturlösningsdatabas, Finn.

En schematisk bild över hur processen har utformats visas i Figur 1, och en mer detaljerad beskrivning av metoderna återfinns som inledning till respektive avsnitt.



Figur 1 Illustrationen visar genom avsmalning var i arbetsprocessen antalet humanoida robotar som ses som kandidater har minskat.

3 Humanoida robotar

Detta avsnitt berör humanoida robotar i allmänhet och inkluderar en definition av begreppet humanoida robotar, anledningar till att använda dessa i industrin samt anledningar till humanoid design. Dessutom jämförs humanoida robotar med människans fysiologi för att sedan ge en inblick i hur utvecklingen ser ut i dag.

3.1 Metod

För att ta fram informationen i detta avsnitt har en litteraturstudie av akademiska artiklar från Finn och Google Scholar genomförts. Dessutom har utlåtanden från företag direkt associerade med humanoida robotar har också använts. För att definiera begreppet humanoid robot gjordes först en litteraturstudie av vetenskapliga artiklar, där återkommande punkter som också bedömts vara relevanta för Saabs ändamål har använts. För litteratursökningen vid bestämmandet av definitionen har sökord som "humanoid robot", "humanoid robot definition", "anthropomorphic robot" och "anthropomorphic robot definition".

I avsnitt 3.3 gjordes litteratursökning för att förstå fördelar med humanoida robotar över robotar med andra former. Då användes sökord som "humanoid robots advantages", "humanoid robots purpose", "reasons for humanoid robots", "humanoid robots industry". För information om människans förmågor i jämförelse med humanoidernas har litteratursökning gjorts på internet efter antalet frihetsgrader samt genomsnittlig gånghastighet hos människan. För att hitta hur tunga lyft människor klarar uppsöktes arbetsriktlinjer för hur tungt människor får att lyfta på arbetsplatser. Det ansågs vara en bra uppskattning då människor på arbetsplatser generellt förväntas klara av att lyfta de vikterna, och får enligt riktlinjer inte regelbundet lyfta tyngre än så.

Sammanställningen som görs i avsnitt 3.5 använder information från vetenskapliga artiklar, som funnits genom litteratursökning med sökord som "humanoid robots", "humanoid robots risks" och "humanoid robots training", filtrerat på artiklar från år

2023 och framåt. Den informationen kombineras med information från webbsidor och artiklar från företag direkt involverade i utvecklingen eller användningen av industriella humanoida robotar. Eftersom antalet vetenskapliga artiklar som berör individuella humanoida robotar är lågt bedömdes företagens egna utlåtanden vara den bästa källan för information om deras humanoider.

3.2 Definition av humanoida robotar

Definitionen av begreppet humanoid robot är ej entydig och beror på till vilket syfte roboten ska användas. Ibland syftar begreppet till en robot vars utseende har vissa människoliknande aspekter, exempelvis bildsensorer som påminner om ögon [7]. Enligt andra definitioner ska en humanoid robot så nära som möjligt efterlikna en människa, både till utseende och i sina rörelser, men också i intelligens, fingerfärdighet och förmåga att lösa en bred variation av problem [8].

Då det inte finns en etablerad entydig definition av humanoida robotar har de i denna rapport definierats som robotar som ska kunna klara av arbete som i grunden är anpassad för människor. Detta innefattar att en humanoid robot bör använda sig av AI för perception, beslutsfattande och utförande. Dessutom innefattar denna rapports definition av humanoida robotar att de ska kunna förflytta sig, ha sensorer som medför att de kan få en bild av omgivningen och finmotoriska händer för att kunna hantera föremål. Nedan visas en sammanställning av de kriterier som ställts för att roboten ska klassas som humanoid och kunna klara av mänskligt anpassade arbetsuppgifter.

- AI för perception, beslutsfattande och utförande
- Förmågan att förflytta sig
- Sensorer för perception
- Finmotoriska händer

3.3 Syfte med humanoida robotar

3.3.1 Humanoida robotar i industrin

Industrisektorn är en av de största sektorerna i Sverige och stod år 2023 för drygt 13 procent av Sveriges BNP [9], [10]. Samtidigt som dagens industriarbetskraft åldras bort väljer allt färre unga arbetare att ge sig in i sektorn, vilket resulterar i ett ökande antal ofyllda jobb världen över. I USA förväntas antalet ofyllda jobb inom tillverkningsindustrin år 2028 uppgå till 2,4 miljoner, vilket motsvarar 454 miljarder dollar i värde för tillverkningsindustrin [11]. Eftersom folk lever längre samtidigt som färre föds sjunker andelen personer som är i arbetsålder. Det resulterar till större behov av automatisering, eftersom produktiviteten per arbetare därför måste öka.

En stor del av industriprocesserna görs i dag med hjälp av konventionella industrirobotar, men dessa behöver assistans, och är begränsade i den mån att de inte själva kan förflytta sig över produktionsgolvet eller anpassa sig efter vad som händer i deras omgivning på samma sätt som människor kan. Möjligheten att fylla dessa tomma jobb med intelligenta humanoida robotar är därför attraktivt för många företag. Med robotar som kan utföra några av uppgifterna som människor annars skulle behövas till, framför allt farliga, slitsamma och repetitiva jobb, kan även risken för arbetsolyckor och skador minska [12].

3.3.2 Anledningar till humanoid design

Anledningen till att forma en robot efter människans utseende varierar beroende på robotens syfte. En robot som ska arbeta nära människor kan gynnas av att ha egenskaper som gör att den lättare förmänskligas, eftersom vagt människoliknande robotar generellt bemöts mer positivt av människor [13]. Detta kan utnyttjas i till exempel utbildningsmiljöer, äldreomsorg eller vid hemhjälp [14].

Förmågan att assistera, och i farliga situationer ersätta, arbetande människor beskrivs ibland som ett av de centrala målen för humanoida robotar [15]. För att lyckas med det behöver robotarna ha liknande förmågor och kroppsdimensioner som människor, och behöver vara anpassade till att lösa en bred variation av problem. De största utmaningarna för utvecklingen av humanoida robotar blir således inte att göra dem så starka, tåliga eller snabba som möjligt, utan i stället att utrusta robotarna med människans styrkor: hög generell intelligens för att kunna

användas i olika miljöer och för olika problem, samt avancerade “händer”, eller änd-effektorer, för komplex finmotorik [14], [16].

Enligt en analys från 2025 av robotar inom bilproduktionsindustrin är humanoida robotar mest användbara för slutmonteringen av bilarna, då uppgifterna varierar och kräver särskild anpassning samt samarbete med mänskliga arbetare [17]. Enligt vissa uppskattningar kan slutmonteringen automatiseras med 75 procent, vilket skulle leda till en stor effektivisering av arbetet om människor då i stället kan fokusera på den resterande fjärdedelen av uppgifterna [12]. En jämförelse mellan humanoida och konventionella industriella robotar konstaterar att industriella icke-humanoida robotar lämpar sig bättre för uppgifter som kräver stora krafter eller repetition med hög precision. Analysen nämner också att målning kan vara en utmaning för humanoider eftersom de då måste bära utrustning som gör att de skyddas från att få färg på sensorer eller andra delar som kan ta skada [17].

3.4 Jämförelse med människans fysiologi

För att humanoida robotar ska kunna utföra samma uppgifter som mänskliga arbetare, kan det finnas krav på en viss nivå av fingerfärdighet eller taktil finkänsla. Därför används ofta antalet frihetsgrader (DoF) i olika kroppsdelar hos humanoiden som ett mått på hur pass finmotoriskt duktig den är. Till exempel, att en robot har två frihetsgrader i en arm innebär att den med sin arm kan nå samma punkt i rummet genom två olika armkonfigurationer, och då från två olika vinklar. Antalet frihetsgrader kan i de flesta fall beräknas som det sammanlagda antalet axlar robotens leder kan rotera runt. I regel, desto fler frihetsgrader en robot har, desto bättre är den på små rörelser med hög precision. Anledningen är att roboten då kan nå punkter i rummet från flera olika håll, och även nå runt föremål som är i vägen [18]. Som referenspunkt har människans hand och arm 27 respektive 7 frihetsgrader. En robot med lika många frihetsgrader som människan ska i teorin kunna utföra lika finmotoriskt avancerade uppgifter. Andra vanligt förekommande beskrivande siffror är hur mycket vikt humanoiden kan bära och dess rörelsehastighet. Enligt brittiska riktlinjer för fysiskt arbete är den högsta tillåtna bärvikten 16 kg för kvinnor och 25 kg för män [19]. Den genomsnittliga gånghastigheten för människor i arbetande ålder är knappt 1,4 m/s [20]. Detta ger en uppfattning av den mänskliga arbetarens förmågor, och således ett riktmärke att jämföra med humanoidernas kapacitet.

3.5 Humanoida robotar i dag

3.5.1 Status i utvecklingen

I takt med att utvecklingen inom artificiell intelligens trappats upp rejält under 2020-talet har humanoida robotar blivit mer avancerade i sin intelligens, där många modeller har börjat testas i industriella miljöer och finns att förbeställa. Under testerna har de humanoida robotarna prövats i sina förmågor att utföra simplare men varierande arbetsuppgifter. Utvecklingen av de humanoida robotarna går fort framåt och stora satsningar görs för att påskynda progressionen [14].

Tesla är ett av de företag som valt att satsa stort på humanoida robotar. Företaget har tagit beslut att avsluta produktionen av två av sina bilmodeller och i stället använda den produktionsytan till att bygga humanoida robotar [21]. Ett annat företag är Hyundai, som är världens största företag inom fartygbyggnation [22]. Hyundai köpte år 2021 upp 80 procent av Boston Dynamics, ett ledande företag inom utvecklingen av humanoida och andra mobila robotar [23].

Utvecklingen av humanoida robotar har i dag flera utmaningar. Att utrusta humanoiderna med den beräkningskraft som behövs för att köra humanoidernas avancerade AI-modeller är både en energi- och kostnadsmässig utmaning. Hårdvaran som behövs är inte bara dyr, utan drar också mycket energi, vilket innebär att humanoidens drifttid förkortas [14].

3.5.2 Egenskaper

De industriella humanoida robotar som kommit längst i utvecklingen i dag har uppnått nästan människolik färdighet i vissa förmågor, men har fortfarande brister i många andra områden. Perception är ett av de områden som sett stora framsteg de senaste åren. Genom kombinationer av sensorer för djup- och färgseende och mikrofoner kan humanoida robotar förstå och skapa detaljerade uppfattningar av sin omgivning. Ett annat område där mycket forskning görs är kring humanoidernas förflyttning. Framsteg inom AI, mekanisk design och reglersystem har lett till att

vissa av de humanoida robotarna som i närtid planeras att nå marknaden är kapabla till att förflytta sig på olika sätt genom varierad terräng [14].

Ett av de områden där humanoida robotar fortfarande behöver utvecklas mer för att komma nära människans nivå är fingerfärdighet och användning av händerna för manipulation av objekt [24]. Humanoidernas fingerfärdighet har dock sett stora framsteg genom utveckling inom bland annat förstärkningsinlärning och taktila sensorer. Taktila sensorer förbättrar humanoidernas föremålshantering eftersom de kan anpassa sitt grepp efter föremålets form och textur på ett bättre sätt än med hjälp av enbart kameror. I dag finns tekniken för att utrusta robothänder med taktila sensorer som presterar ungefär lika bra som en människa i igenkänning av föremål utifrån beröring [14].

Slutligen arbetar dagens humanoida robotar i jämnare tempo än människor, men generellt sett betydligt långsammare. Detta är i vissa fall avsiktligt på grund av säkerhetsskäl [25]. Arbetsuppgifterna humanoida robotar hittills börjat användas för är mestadels inom logistik, exempelvis plockning och transporter av föremål [26], [27]. Inom snar framtid förväntas humanoida robotar börja utföra fler uppgifter inom industri, som exempelvis svetsning [28].

3.5.3 Humanoidernas uppträning och AI

En av de stora anledningarna till framstegen som gjorts inom utvecklingen av humanoida robotar de senaste åren är expansionen av AI. Genom stora språkmodeller har humanoida robotar på senare tid fått förmågan att tolka och översätta instruktioner i naturligt språk till exekverbara robotkommandon [14]. Dessa språkmodeller är AI-modeller som är tränade på stora mängder text för att kunna tolka text från människor och generera texter utifrån instruktioner [29].

Andra områden som sett förbättringar är exempelvis humanoidernas vägplanering, imitationsinlärning och reglersystem för bland annat balans. Dessa förbättringar kommer till följd av framsteg inom olika AI-tekniker, som neurala nätverk och förstärkningsinlärning [14]. Neurala nätverk utgör grunden för många olika maskininlärningstekniker och fungerar genom att olika lager av vad som kan liknas vid neuroner tillsammans lär sig förutsäga resultat utifrån indata [30]. Förstärkningsinlärning kan kortfattat beskrivas som en AI-teknik där modellen till en början slumpmässigt utför handlingar, och sedan antingen bestraffas eller belönas för handlingen beroende på utfall. Genom att kartlägga vilka handlingar som

belönats, och försöka maximera sin belöning, lär modellen sig hur den ska agera i olika situationer [31].

Många av de företag som börjat testanvända humanoida robotar är antingen själva deras tillverkare eller samarbetspartner till tillverkaren. Syftet med mycket av den tidiga användningen har därför varit både att företaget ska få undersöka humanoidernas användbarhet i sin egen verksamhet, och att tillverkaren ska få en möjlighet att träna sina humanoider i en riktig miljö. Humanoiderna har således tränats på att agera i just den miljön [32], [33], [34]. Projekt där humanoida robotar använts utan att först tränas till den specifika miljön har också förekommit. I de situationerna har företagen ibland förlitat sig på den generella träningen humanoiderna utrustats med från tillverkaren för att utföra monotona uppgifter i produktionsmiljöer [35]. Företagen har ibland även själva tränat humanoiderna vidare för att utföra mer specifika uppgifter [36].

För att humanoiderna snabbt ska kunna börja användas efter att de blivit inköpta av kunder, utan att tillverkaren behöver träna upp dem för varje specifik kund, är deras mjukvara vanligtvis tränad till att från början klara av vissa vanligt förekommande uppgifter. Humanoidernas AI ska också kunna lära sig nya uppgifter på olika sätt, exempelvis genom imitationsinlärning och djup förstärkningsinlärning [14], [37]. Hur mycket anpassning från företaget som behövs för att börja använda humanoida robotar i verksamheten varierar mellan olika humanoider. Vissa humanoider ska kunna börja arbeta i en befintlig arbetsmiljö direkt, utan att behöva några särskilda anpassningar [38]. För andra humanoider har kunden behövt strukturera upp produktionsflöden och annan information på ett enhetligt sätt för att de skulle kunna integreras i verksamheten [39].

3.5.4 Risker

En integration av humanoida robotar innebär vissa risker för företagen vad gäller informations- och personsäkerhet. Sårbarheter i humanoidernas mjukvara kan utnyttjas av hackare för att komma åt känslig information eller till och med ta kontroll över de humanoida robotarna [40], [41]. Vid användandet av stora språkmodeller i humanoidernas mjukvara uppstår en risk för hallucinationer, alltså att modellen får för sig saker som inte stämmer [42]. Hallucinationer kan leda till att humanoiden agerar oförutsägbart, vilket kan orsaka olyckor [14], [43].

De humanoida robotarna utgör även säkerhetsrisker för människor då flängande robotarmar eller potentiella fall kan orsaka personskador om en människa befinner

sig i närheten [44]. För att minimera skadan om en olycka skulle ske kan humanoiderna utrustas med säkerhetsfunktioner som exempelvis kraft- och vridmomentssensorer vid lederna med detektion av avvikande värden [14], [45]. Bakdrivbarhet är en annan säkerhetsfunktion som vissa humanoider utrustats med [46]. Bakdrivbarhet innebär att en robots leder går att flytta bakåt genom fysisk kontakt, och gör den således säkrare vid kollisioner med människor [47].

Då humanoida robotar inom industri fortfarande är väldigt nytt har ännu inga säkerhetsstandarder skrivits för deras användning och design ännu. De standarder som i dag är mest relevanta för humanoida robotar riktas egentligen mot andra typer av industrirobotar [48]. Säkerhetsstandarder för industriella mobila robotar, inklusive humanoider, är under utveckling och ska ge tillverkare krav att följa vad gäller säkerhet vid konstruktionen av humanoida robotar [49].

3.5.5 Fraunhofer IPA:s riktmärke

I maj 2026 framtogs ett riktmärke av det tyska Fraunhofer-institutet för produktionsteknik och automation (Fraunhofer IPA) för bedömning av humanoida robotar. Humanoiderna bedöms på sex olika punkter: teknologi och grundläggande förmågor, avancerade förmågor, funktionell säkerhet, energieffektivitet, renlighet samt cybersäkerhet. Tanken med riktmärket är att företag ska kunna anlita forskningsteam att leda humanoida robotar genom olika tester för att sedan ta fram en bedömning av humanoiden eller jämföra den med andra robotar, både humanoida och industriella. Detta ska ge företag möjlighet att få en oberoende bedömning av humanoida robotar innan de gör större investeringar. Riktmärket grundar sig i industriella säkerhetsstandarder för andra typer av robotar, med tillägg för ytterligare punkter som de anser vara relevanta för företagen vid deras bedömningar [50].

Hittills har en humanoid robot hunnits bedömas med riktmärket, Unitree G1 EDU, detta beskrivs i avsnitt 4.7.1. Bedömningen upptäckte flera problem med humanoiden som inte beskrivits av tillverkaren själv [50].

3.6 Diskussion

Att genomföra en litteraturstudie baserat på vetenskapliga artiklar som diskuterar humanoida robotar i allmänhet fungerade väl som metod för att skapa en tydlig

definition av begreppet. Definitionen kunde då baseras på de vanligast förekommande relevanta punkterna från vetenskaplig litteratur om ämnet. Litteraturstudien fungerade även väl för att ta fram syften av att använda humanoida robotar, och varför en humanoid design kan vara fördelaktig för vissa situationer. De artiklar som undersöktes gav en god inblick i olika tillämpningar av humanoiderna och motiveringarna bakom deras form.

De källor som användes för att göra jämförelsen mellan humanoidernas egenskaper och människans gav tydlig information gällande vissa förväntningar som ställs på människor vid fysiskt arbete, vilket var användbart för att ta fram konkreta värden att senare i rapporten jämföra humanoiderna med.

På grund av det låga antalet vetenskapliga artiklar som diskuterar var någonstans i utvecklingen humanoida robotar befinner sig i dagsläget behövdes andra källor, som inte var kvalitetsgranskade och ofta var partiska, användas. I den mån det var möjligt användes då främst källor direkt från företagen bakom humanoiderna för att hämta information om vad de olika humanoida robotarna kan göra. Anledningen till det är att den informationen är officiell och med stor sannolikhet uppdaterad. Eftersom företagen har ett intresse av att sälja sina produkter och vinna investeringskapital är det troligt att informationen de presenterar noga valts ut för att ge en positiv bild av humanoiderna. Därför har det varit viktigt att information som inte har bekräftats, exempelvis genom uppvisning av en förmåga genom genomförande i en riktig arbetsmiljö, ifrågasatts.

Information kring uppträning av humanoidernas AI efter att de levererats till kunder är kraftigt begränsad. En anledning till detta kan vara att användningen av humanoida robotar hos företag är så pass nymodigt att det inte ännu finns tydlig information kring hur uppträningen hos företagen görs. Information kring det ämnet har därför behövts tas från olika tillverkare av humanoider, som sällan går in på detalj kring hur tränade deras humanoider är vid leverans.

Identifieringen av risker genom litteraturstudie och internetsökning efter nyhetsartiklar gav mycket information kring de olika riskmoment som kommer med användning av humanoida robotar. Då teknologin fortfarande är ny och utvecklas snabbt är det troligt att fler risker kommer dyka upp i framtiden.

4 Utbudet i dag

Följande avsnitt undersöker hur marknaden för humanoida robotar ser ut i dagsläget. Först diskuteras urvalet, följt av en presentation av kandidater på marknaden. Det inkluderas även en jämförelsetabell för att underlätta jämförelsen. Dessutom presenteras även hur den kinesiska marknaden ser ut.

4.1 Metod

För att identifiera vilka humanoida robotar som finns på marknaden i dag har en litteraturstudie utförts. Huvudsakligen har robotföretagens egna webbsidor använts som källor, men även utomstående artiklar har använts vid behov. Detta grundar sig i att informationen kring humanoida robotar är begränsad, och framför allt under ständig förändring. Till följd av detta finns det få akademiska artiklar som beskriver de humanoider som finns på marknaden, och många av de akademiska källor som finns innehåller föråldrad information. Då information saknades kontaktades vid olika tillfällen företagen direkt, som ibland gav svar på information som efterfrågades.

I början av datainsamlingsprocessen definierades det hur urvalet skulle ske av de humanoider som finns i marknaden. Syftet med detta var att filtrera bort de humanoider som med stor säkerhet är irrelevanta för Saab och deras verksamhet. Hur urvalet skedde i praktiken presenteras i avsnitt 4.2.

För att få en initial uppfattning av vilka humanoida robotar som finns användes till en början sökord som "humanoid robots", "humanoid robots shipbuilding", "humanoida robotar på marknaden" och "humanoid robots market available". Syftet var att få en bred förståelse av och hitta sammanfattningar av majoriteten av de humanoida robotar som är under utveckling eller finns på marknaden i dag. När en grundkunskap kring humanoiderna fanns, övergick sökorden som användes under informationsinsamlingen till namnet på företaget bakom humanoiden följt av "humanoid robot". I detta steg skedde enbart vidare studier på de humanoida robotar

som var en del av urvalet. Vid läsning av artiklar identifierades även ett fåtal nya humanoida robotar, och i dessa fall har humanoiderna undersökts vidare för att avgöra om de ingår i urvalet eller ej innan vidare undersökning av dessa skedde.

För att underlätta läsningen av texten om de olika humanoida robotarna, har informationen om dem delats upp under fem underrubriker: tillverkare, förmågor, utvecklingsstatus, specifikationer och artificiell intelligens. Denna uppdelning gjordes i efterhand, och de olika underrubrikerna togs fram genom en subjektiv bedömning av hur informationen om de olika humanoiderna bäst delas upp i underrubriker. De olika humanoiderna delades även in i kategorier för att ge avsnittet tydligare struktur. Avsnitt 4.3 innehåller humanoida robotar från EU-länder, avsnitt 4.4 beskriver de amerikanska humanoiderna och avsnitt 4.5 beskriver de humanoider som varken är från ett EU-land, USA eller Kina. Anledningen till uppdelningen var dels för att det gav en tydlig struktur genom att ganska jämnt dela upp humanoiderna, dels på grund av att humanoiderna i de olika avsnitten, till viss del, är från samma region. Ordningen på avsnitten och humanoiderna inuti dem är satta efter bokstavsordning.

Slutet av detta avsnitt beskriver den kinesiska marknaden för humanoida robotar. För detta användes initialt sökord som "leading humanoid robots China" för att identifiera vilka kinesiska humanoider som har flest marknadsandelar och har kommit längst i utvecklingen. När dessa hade fastställts fortsatte sökningar med humanoidens eller robotföretagets namn följt av "humanoid robot" för att samla in mer information om humanoiderna. I de fall som mer information önskades skedde separata sökningar, exempelvis "robots at the spring festival 2026".

4.2 Urval

Trots att upptrappningen främst skett på senare tid finns det många humanoida robotar som antingen är under utveckling eller redan finns på marknaden. Många av dem liknar varandra på flera sätt, men det finns också skillnader gällande bland annat användningsområden och ursprungsland. Då syftet med detta arbete inkluderar att identifiera potentiella humanoida robotar som kan användas inom fartygsbyggnation har humanoider som ska kunna användas i industriellt eller generellt syfte valts ut som relevanta för vidare undersökning. De humanoida robotar som är utvecklade för andra syften, exempelvis för att användas inom underhållning eller vård, har därmed prioriterats bort i detta steg. Dessutom måste

företagen som utvecklar humanoiderna ha som avsikt att göra dem kommersiellt tillgängliga. Vidare är de humanoida robotarnas ursprungsländer en avgränsning i detta arbete, och därmed ses enbart humanoider från Europa, USA eller Kanada som potentiella kandidater. Eftersom Kina kommit långt i utvecklingen av teknologin kan det däremot fortfarande vara givande att få en inblick i deras humanoider, trots att de inte ses som alternativ att införskaffa.

Figur 2 visar vilka kriterier som varit avgörande vid urvalet, där de i det övre högra hörnet ses som potentiella alternativ och de i det övre vänstra hörnet inte ses som alternativ på grund av deras ursprungsland, men som annars hade varit intressanta. De humanoider som placerar sig på den undre raden ses inte som alternativ då de utvecklas för irrelevanta användningsområden.

	Övriga länder	Ursprung från Europa, USA eller Kanada
Industriellt eller generellt syfte		
Övriga syften		

Figur 2 Visualisering av vilka humanoida robotar som övervägts.

De humanoida robotar som anses relevanta och därmed faller i det övre högra hörnet är:

- 4NE1
- Agile One
- GENE.01
- Apollo
- Atlas
- Digit
- Optimus
- Persona AI Humanoid
- AEON
- HMND 01 Alpha
- Phoenix

De kinesiska humanoida robotarna som anses kommit långt i utvecklingen, samt utvecklas för relevanta användningsområden är följande:

- Unitree
- Ubtech
- AgiBot A2 Ultra
- AgiBot G2

4.3 EU

4.3.1 4NE1

4NE1, som visas i Figur 3, är utvecklad för att kunna användas i både vardagliga och industriella sammanhang där den kan bära objekt och agera på muntliga kommandon [52]. Tillverkaren uppskattar prisnivån för den senaste generationen av 4NE1, generation 3.5, att hamna på 98 000 euro vid köp av 19 eller färre enheter, och 60 000 euro vid köp av 20 eller fler enheter [53].



Figur 3 4NE1 (höger) [51]

4NE1 finns i flera olika modeller så att den kan anpassas till olika miljöer och behov. Exempelvis finns versioner på hjul som kan vara lämpade för industrigolv och en mindre version av humanoiden: 4NE1 Mini. Den mindre varianten har samma kognitiva förmågor, och är byggd med samma AI och uppfattningsförmåga som 4NE1, men i ett mindre format och utan stöd för manipulation av föremål med händerna [52].

4.3.1.1 Tillverkare

NEURA Robotics är företaget bakom 4NE1 och grundades 2019 i Tyskland av David Reger som har sin bakgrund i robotik. Utöver 4NE1, tillverkar företaget andra intelligenta industriella robotar. De utvecklar dessutom själva all central teknik bakom 4NE1, exempelvis sensorer, AI och mekaniska komponenter [54].

4.3.1.2 Förmågor

4NE1 ska kunna styras med röstkommandon och genom fjärrstyrning. För en extra kostnad kan humanoiden utrustas med ytterligare sensorer för att upptäcka människor i sin närhet i säkerhetssyfte [55]. NEURA Robotics nämner ingenting om huruvida 4NE1 är bakdrivbar eller inte.

För perceptionen använder 4NE1 sju kameror [56], vilket möjliggör för 360 graders datorseende [55]. Teknologin bakom 4NE1 inkluderar NEURA:s "Omnisensor", lidar och en mikrofon. Dessa hjälper humanoiden att förstå sin egen position i förhållande till sin omgivning så att den kan röra sig utan att slå i något [56]. Omnisensor är en teknologi som kan identifiera omgivande objekt och människor, samtidigt som den skiljer på dessa, oavsett om objekten är stationära eller i rörelse. Sensorn är tillförlitlig även i miljöer med dålig belysning, damm eller vid andra svåra förhållanden, vilket bidrar till ökad säkerhet. Dessutom kan den detektera människor och objekt på upp till fyra meters avstånd på 50 millisekunder [57]. Lidar möjliggör tredimensionell förståelse för objekt med hög precision, till följd av användning av korta våglängder. Dessa sensorer kan både avgöra objekts avstånd och hastighet [58].

Humanoiden ska bli en av de första som har "hud". Med detta menas att den ska kunna känna av beröring med tryck, samt om beröring inte ännu skett men någon eller något är nära. Denna funktion ska appliceras genom att sprayas på humanoiden, och kommer inte att resultera i någon visuell skillnad från de områden som inte fått funktionen applicerad. Troligtvis kommer den att täcka händer, armar och överkropp. Den stora fördelen med denna funktion ska vara att interaktion med människor ska bli säkrare. Eftersom beröring är en viktig del av hur människor

interagerar sinsemellan, skulle funktionen kunna bidra till att göra 4NE1 mer emotionellt intelligent [56].

4.3.1.3 Utvecklingsstatus

4NE1 Mini förväntas finnas på marknaden någon gång under 2026, och den senaste versionen av 4NE1, Gen 3.5, beräknas vara tillgänglig från slutet av 2026 [52]. Under 2025 genomförde humanoiden tester i samarbete med vitvarutillverkaren Bitzer och digitaliseringsföretaget SAP. Under testerna utförde 4NE1 självständigt plockningsuppgifter i en av Bitzers anläggningar [59]. I slutet av 2026 planeras även pilottest av 4NE1 hos Hyundai, där humanoiden ska hjälpa till i företagets skeppsbygge i Sydkorea, för att bemöta en brist på mänskliga arbetare. I projektet ska 4NE1 huvudsakligen utföra farliga arbetsuppgifter. Dessa inkluderar svetsning, där olyckor förekommer, och montering av tunga komponenter. Innan testerna hos Hyundai kan påbörjas behöver 4NE1 vissa modifikationer, bland annat behöver humanoidens hårdvara bli mer robust för att klara de förhållanden som den behöver kunna arbeta i. Dessutom måste dess AI tränas upp för att klara svetsning med hög precision. För att göra detta ska Hyundai ta hjälp av tre andra företag som tillsammans ska ta fram de första prototyperna i slutet av 2026, varpå testerna kan påbörjas [60], [61].

4.3.1.4 Specifikationer

Humanoiden är 180 cm lång, väger 80 kg och kan nå en hastighet på ca 1,4 m/s. Det totala antalet frihetsgrader är 55, där händerna står för 12 av dem. 4NE1 kan lyfta mellan 10 och 100 kg beroende på hur och i vilken kroppsställning lyftet ska utföras. Batteriet går att byta medan strömmen är påslagen, vilket medför oavbruten användning [55]. Någon skyddsklassning, som IP-klassificering eller motsvarande, har inte publicerats för humanoiden.

4.3.1.5 Artificiell intelligens

Den AI som finns i 4NE1 ska utrusta humanoiden med språkmodeller, datorseende, samt förstärkningsinlärning. Dessutom finns det möjlighet för fjärrstyrning av humanoiden [52].

Utöver detta har NEURA ett eget operativsystem, "Neuraverse", som ska stödja deras framtida robotar. Neuraverse ska användas för gemenskap mellan användare, som en läroplattform för att bygga digitala tvillingar och hantera robotar samt som ett ekosystem av modulära verktyg användaren kan integrera i sitt eget system [62].

4.3.2 Agile One

Agile One är designad för industriellt arbete, med målet att den ska vara “din pålitliga medarbetare på produktionsgolvet”. Humanoiden, som visas i Figur 4, ska kunna lösa uppgifter inom flera olika domäner, som logistik och tillverkning [64]. Något pris är ännu inte bestämt [65].



Figur 4 Agile One [63]

4.3.2.1 Tillverkare

Företaget bakom Agile One är Agile Robots, ett tyskt företag med sin bas i München. Agile Robots grundades 2018 av Zhaopeng Chen, som flyttade från Kina till Tyskland för sin doktorsexamen vid The German Aerospace Center (DLR). Utöver Agile One, skapar företaget robotiklösningar som exempelvis robotarmar utrustade med AI [63]. Företaget är tyskt men har ett regionalt huvudkontor i Kina, och har fått stora investeringar från bland annat kinesiska företag [66]. Agile Robots beskriver att de arbetar etiskt i deras verksamhet, och vägrar till exempel att utveckla robotar i militärt syfte [67].

4.3.2.2 Förmågor

Agile One har sensorer för taktil känsel och kraftavkänning i varje led i sina händer [64]. Dess avancerade händer och finmotorik ska möjliggöra för användningen av verktyg [63]. För att läsa av sin omgivning använder humanoiden lidar, kameror och taligenkänning. Dessutom har den en display på bröstet, “uttrycksfulla ögon” och kan även ge respons i tal. Humanoiden kan känna av närhet till människor med hjälp av särskilda sensorer. Detta underlättar samarbete och kommunikation med mänskliga arbetare [64]. Tillverkaren har inte gått ut med någon information om att humanoidens leder ska vara bakdrivbara.

4.3.2.3 Utvecklingsstatus

Humanoiden släpptes sent 2025 som prototyp, och produktion av den är tänkt att påbörjas i München tidigt 2026 [63]. Officiellt ska Agile One lanseras kommersiellt under andra halvan av 2026 [65]. Några tester av humanoiden i industrimiljö har inte offentliggjorts. I april 2026 började Agile One tränas i Europas största AI-fabrik, Telekom Industrial AI Cloud, som uppförts av Deutsche Telekom och NVIDIA i München i syfte av att träna AI för industriella tillämpningar [68].

4.3.2.4 Specifikationer

Agile One är 174 cm hög, väger 69 kg, kan gå i 2 m/s och bära upp till 20 kg. I sina händer har humanoiden 21 rörliga leder [64]. Agile Robots har inte gått ut med någon officiell information om humanoidens batteritid eller om den själv kan byta eller ladda sitt batteri. Humanoidens skyddsklassning har inte heller offentliggjorts.

4.3.2.5 Artificiell intelligens

Agile One är tränad på data hämtad från verkliga industrimiljöer, vilket ska ge den en fördel vid utförandet av industriuppgifter. Då Agile Ones AI konstant uppdateras under tiden den jobbar blir den bättre desto mer erfarenhet den får [64]. Företagets mjukvaruplattform, AgileCore, finns integrerad i företagets alla robotlösningar, inklusive Agile One. Det ska möjliggöra för smidig sam användning mellan företagets robotprodukter [63]. Agile Robots beskriver att de använder AI på ett etiskt sätt, och hanterar information de samlar på sig på ett tryggt och ansvarsfullt sätt [67].

4.3.3 GENE.01

Målet med GENE.01 är att ge företag möjlighet att automatisera uppgifter i arbetsmiljöer som inte ännu är fullt automatiserade och standardiserade, utan fortfarande kräver anpassning till variationer i arbetet. Humanoiden ska utrustas med mänsklig intelligens och vara säker för människor att interagera med [69]. GENE.01 ska kunna användas i många olika situationer och miljöer, exempelvis i fabriker och inom sjukvården. Till vilken sorts verksamhet humanoiden ska anpassas ska gå att välja för kunderna genom att hämta programvara från företagets bibliotek [71]. Ingen information om det framtida priset på humanoiden har rapporterats av företaget. GENE.01 visas i Figur 5.



Figur 5 GENE.01 [72]

4.3.3.1 Tillverkare

GENE.01 skapas av Generative Bionics som har sitt huvudkontor i Genoa, Italien. Företaget grundades i juli 2024 för att utveckla europeiska humanoida robotar, och är en avknoppning från det italienska tekniska institutet (IIT), där de fyra grundarna har sin bakgrund [73]. I januari 2026 hade Generative Robotics runt 80 anställda

och investeringar på sammanlagt 70 miljoner euro från bland annat amerikanska AMD Ventures [69].

4.3.3.2 Förmågor

GENE.01 ska ha sin intelligens fördelad över kroppen genom heltäckande taktill ”hud” med sensorer direkt integrerade, vilket ska möjliggöra för känsel över hela kroppen och vara en fördel när den ska känna av omgivningen och röra sig med hög precision. Att den ska ha känsel över hela kroppen ska även göra att den blir säker för människor att arbeta med [73]. Generative Robotics har inte gått ut med någon information om bakdrivbarhet hos humanoiden.

4.3.3.3 Utvecklingsstatus

GENE.01 finns inte kommersiellt tillgänglig i dag, och det är inte offentliggjort när den förväntas bli det. Generative Robotics planerar under de första månaderna av 2026 att annonsera sina första överenskommelser för industriell utveckling av humanoiden. De planerar också att längre fram utföra pilottester med industriella samarbetspartners [69]. Ett av dessa företag är italienska Fincantieri, som bygger fartyg. Fincantieri har ingått i ett samarbete med Generative Bionics för att utveckla GENE.01 till att kunna utföra uppgifter i deras skeppsvarv, bland annat svetsning [70].

4.3.3.4 Specifikationer

Företaget har inte gått ut med några specifikationer för GENE.01 ännu. Längd, vikt, bärkraft, rörelse, batteritid, antal frihetsgrader och skyddsklass är hittills inte kända.

4.3.3.5 Artificiell intelligens

Generative Bionics beskriver humanoiden som ”fysisk AI”, en sammansvetsning av robotik och artificiell intelligens. Detta karaktäriseras av att humanoiden kan anpassas till specifika arbetsmiljöer och lära sig direkt från sin omgivning. Företaget nämner också användandet av avancerade AI-tekniker som ska göra det möjligt för den humanoida roboten att anpassa sig till svåra förhållanden, som exempelvis höga temperaturer eller utomhusmiljöer [73].

4.4 USA

4.4.1 Apollo

Apollo är tänkt att i närtid jobba i varuhus och produktionsanläggningar, och på sikt även kunna arbeta inom oljesektorn, detaljhandel, äldreomsorg, med hemleveranser och mycket annat [74]. Enligt företaget själva är Apollo den första kommersiella roboten designad för vänskapliga interaktioner, massproduktion, höga belastningar och säkerhet. Målet är att Apollo ska kosta mindre än 50 000 amerikanska dollar [75]. Den finns inte kommersiellt tillgänglig ännu, men planeras bli det inom snar framtid [76]. Bild på Apollo visas i Figur 6.



Figur 6 Apollo [74]

4.4.1.1 Tillverkare

Företaget bakom Apollo är Apptronik, som grundades 2016 som en avknoppning från laboratoriet för Human Centered Robotics Lab vid University of Texas, USA [77]. Grundarna av Apptronik valdes år 2013 ut av NASA för att bygga den

humanoida roboten Valkyrie till tävlingen DARPA Robotics Challenge, och har skapat flera robotar sedan dess. NASA är även ett av företagen som är investerade i utvecklingen av Apollo, tillsammans med bland annat Google, Mercedes-Benz och John Deere [78]. Sammanlagt har Apptronik fått över 935 miljoner amerikanska dollar i finansiering av investerande företag för att utveckla Apollo [79].

4.4.1.2 Förmågor

Apollos delar är utbytbara och gör det möjligt att ha den på två ben, eller ha dess överkropp monterad till en station. Den har LED-skärmar i "munnen", på huvudet och på bröstet som den använder för att kommunicera med människor. Med hjälp av en kamera i huvudet och flera sensorer på överkroppen, har Apollo 360 graders perception [74].

Apptronik förklarar att det är viktigt att Apollo är säker för människorna runtom den. För att garantera människornas säkerhet och förhindra olyckor stannar humanoiden i sitt arbete om den upptäcker något som är i riskzon att kollidera med den. Apollos beteende för hur den ska agera när föremål är utanför den omedelbara kollisionsszonen men ändå i dess närhet kan ställas in för att göra humanoiden ännu säkrare [74]. Företaget nämner inget huruvida humanoiden kan känna av fysisk kontakt med föremål.

4.4.1.3 Utvecklingsstatus

Den kommersiella lanseringen av Apollo har gradvis skjutits framåt från 2023 till 2026, och finns ännu inte tillgänglig på den kommersiella marknaden [76], [78], [80]. En prototyp, Apollo Alpha, presenterades dock 2023 [77]. Även om tanken är att Apollo i framtiden ska kunna agera självant efter verbala instruktioner, ska humanoiden till en början styras av människor från exempelvis surfplattor [80].

Apptronik ingick i mars 2024 ett avtal med Mercedes-Benz som innebar att Apollo skulle användas i ett pilotprojekt i deras fabrik, där biltillverkaren är delaktig i att undersöka användningsområden för den humanoida roboten i fabriksmiljö, med fokus på uppgifter som inte är särskilt avancerade men fysiskt ansträngande, exempelvis transport av komponenter och enklare kvalitetskontroller. Humanoiderna har under pilotprojektet genom bland annat teleoperation lärt sig av de mänskliga arbetarna på Mercedes-Benz [81], [32].

4.4.1.4 Specifikationer

Apollo är 172 cm lång, väger 73 kg, kan jobba i fyra timmar per batteripack och kan bära en last på upp till 25 kg. För laddning använder Apollo utbytbara batteripack,

vilket gör att humanoiden aldrig behöver pausa för att laddas. När batterinivån blir låg behöver batteripacket endast bytas mot ett uppladdat, så kan Apollo fortsätta sin verksamhet [74]. Företaget nämner inget om att Apollo ska kunna utföra sina batteribyten själv. Hur snabbt humanoiden kan röra sig har inte offentliggjorts av Apptronik. Antalet frihetsgrader hos humanoiden finns inte heller tillgängligt från företaget själva, men i en intervju med företagets VD nämndes antalet frihetsgrader för Apollo vara runt 30 [82]. I samma intervju förklaras det att Apollo måste vara tålig mot sin omgivning, men någon skyddsklass eller andra mått på vilka miljöer humanoiden klarar att arbeta i har inte utgivits.

4.4.1.5 Artificiell intelligens

Till Apollo finns särskilt utvecklad mjukvara som används för att styra humanoiden och ge den instruktioner [74]. Företaget samarbetar också med NVIDIA för att förbättra humanoidens AI. NVIDIA:s "Project GROOT" ska bland annat göra det möjligt att ge humanoider instruktioner i form av text, video eller demonstrationer. Apptronik använder sig av NVIDIA:s olika AI-verktyg för att träna upp Apollo. Humanoiden är även utrustad med NVIDIA Jetson moduler för att köra sin AI [83].

4.4.2 Atlas

Atlas, som visas i Figur 7, är ämnad för industriellt arbete, där den ska kunna lösa flera olika uppgifter, bland annat hantering av material och ordrar [85], [86]. Något pris för Atlas har ännu inte publicerats.



Figur 7 Atlas [84]

4.4.2.1 Tillverkare

Företaget som utvecklar Atlas är Boston Dynamics, som grundades 1992 som en avknoppning från Massachusetts Institute of Technology, i Boston, USA. Sedan dess har företaget, utöver Atlas, bland annat skapat mobila robotar i hundform [85]. Företaget ägs sedan 2021 till majoritet av sydkoreanska Hyundai, som investerat över 26 miljarder amerikanska dollar i företaget, bland annat för att bygga en fabrik som ska kunna producera 30 000 Atlas per år [87]. Hyundai har också en plan att ta in 10-tusentals Atlas-robotar till sina egna fabriker [85].

4.4.2.2 Förmågor

Atlas har 360 graders kameraseende och är utrustad med taktila sensorer på handflator och fingrar för att känna av beröring. Den kan operera självgående men kan också fjärrstyras, exempelvis med hjälp av virtuell verklighet [86]. Lederna på Atlas kan rotera kontinuerligt vilket gör att den inte har begränsningar i sin rörlighet.

Då Atlas är tänkt att vara säker för användning runtom människor, är den utrustad med system för att upptäcka människor i dess närhet [88]. Det nämns inte huruvida

Atlas har är bakdrivbarhet. Om Atlas kan kommunicera med människor framgår inte av den tillgängliga informationen som humanoiden.

4.4.2.3 Utvecklingsstatus

Atlas finns inte fullt kommersiellt tillgänglig än, men ska börja testas hos vissa utvalda företag [89]. Leveranser är planerade till Google DeepMind och Hyundai under 2026, och under 2027 ska Atlas kunna levereras till fler kunder [85]. I oktober 2025 pilottestades humanoiden i Hyundais egna fabriker där den autonomt sorterade taktäckesdelar [90].

4.4.2.4 Specifikationer

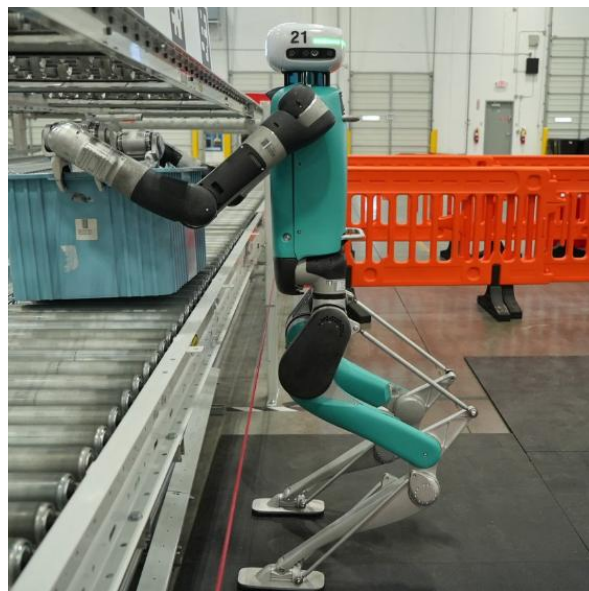
Atlas är 190 cm lång och väger 90 kg. Den klarar att lyfta 50 kg och bära 30 kg, kan röra sig i 2,5 m/s [91] och har sammanlagt 56 frihetsgrader. Batteritiden är 4 timmar och Atlas kan själv byta batteripack när batterinivån blir låg, vilket möjliggör kontinuerlig drift [88]. Med en skyddsklassning på IP67 är Atlas fullt dammtålig och klarar av att tillfälligt vara i vatten ner till 1 meter. Den är gjord för att klara temperaturer mellan -20 och +40 grader Celsius [86].

4.4.2.5 Artificiell intelligens

Boston Dynamics samarbetar med Google DeepMind för att förbättra humanoidens kognitiva förmågor och dess inlärning [92]. När den lärt sig något nytt genom träning, kan det inlärda laddas upp till andra Atlas som då också lär sig det utan att själva behöva tränas [85]. För att styra och följa flottor av företagets robotar i deras arbete har Boston Dynamics en plattform som heter Orbit, som även kan användas för att sammanlänka Atlas med andra system [86].

4.4.3 Digit

Digit, visad i Figur 8, är en humanoid robot som skapats för att användas mångsidigt i produktions- och logistikmiljöer där människor redan arbetar. Till en början är Digit framför allt anpassad till att utföra arbetsuppgifter som är repetitiva, farliga eller påfrestande [38]. Enligt företaget själva är Digit den första humanoida roboten att nå den kommersiella marknaden, men har inte något officiellt fast pris, uppskattningar placerar dock priset på cirka 250 000 amerikanska dollar [94]. Det är möjligt att hyra Digit med tillverkarens modell för ”Robot as a Service (RaaS)”, där kunder kan betala för att använda Digit under en period [95].



Figur 8 Digit [93]

4.4.3.1 Tillverkare

Företaget bakom Digit är Agility Robotics, som har sitt ursprung i Oregon, USA. Företaget startades 2015 från labbet för dynamisk robotik, Dynamic Robotics Lab, vid Oregon State University och har sedan dess fokuserat på att skapa en humanoid robot [96]. Deras tillverkningsfabrik, RoboFab, var världens första att fokusera enbart på produktion av humanoida robotar [38]. För sin utveckling har företaget partnerskap med bland annat NVIDIA, Google Deepmind och Amazon Web Services [96].

4.4.3.2 Förmågor

Ändeffektorerna på Digit är utbytbara för att passa olika arbetsuppgifter. Humanoiden är designad för att klara ansträngande förhållanden och kunna arbeta säkert i samma utrymmen som människor [38]. För att säkerställa detta har Digit utrustats med flera säkerhetsfunktioner, bland annat ett nödstopp som sitter på humanoiden. Utöver säkerhetsfunktionerna följer Digit flera standarder för personsäkerhet hos maskiner [97]. Agility Robotics nämner dock ingenting om bakdrivbarhet hos Digit, och ingen av standarderna humanoiden följer kräver uttryckligen bakdrivbarhet. Däremot måste robotar som följer standarderna på andra sätt undvika att klämma människor [98], [99], [100], [101], [102].

För att ta in information om sin omgivning är Digit utrustad med kameror som ger den ett synfält på 360 grader horisontellt. Digit har också djupkameror för att bedöma avstånd upp till 6 meter, samt lidar som har en räckvidd på 100 m [97]. Dessutom ska den med hjälp av språkmodeller kunna tolka instruktioner givna från röstkommandon [103].

4.4.3.3 Utvecklingsstatus

Digit har sedan juni 2024 använts kommersiellt, då logistikföretaget GXO inhyrde Digit för att utföra svårautomatiserade arbetsuppgifter, med fokus på de som är tråkiga, smutsiga och farliga [95]. Tidigare har humanoiden genomgått tester hos Amazon, där den främst hjälpt anställda med att flytta tillbaka lådor efter att de tömts av personal [104]. Agility Robotics har dessutom slutit avtal med företagen Schaeffler, Mercado Libre och Toyota, som använder Digit för repetitiva och fysiskt ansträngande arbetsuppgifter inom logistik och produktion [35], [105], [106].

4.4.3.4 Specifikationer

Digit är 175 cm hög, väger 93 kg, kan bära 16 kg och har en maxhastighet på 1,2 m/s. Den har 4 timmars batteritid och kan själv ställa sig på laddning när batterinivån blir låg, och det tar ungefär 2 timmar för Digit att ladda upp sig. Humanoiden ska klara att arbeta i temperaturer mellan 0 och 35 grader Celsius, men tillverkaren har inte uppgivit hur många frihetsgrader Digit har, varken i kroppen eller i händerna [97].

4.4.3.5 Artificiell intelligens

Digit ska med hjälp av sin AI kunna anpassas till flera olika behov, och för att förenkla integrationen har Agility Robotics utvecklat en tillhörande molnplattform, Arc. Plattformen ska möjliggöra att flottor av Digits intuitivt kan styras, anpassas

och utvärderas. Arc ska också vara industriledande vad gäller informationssäkerhet, genom att bland annat använda krypterad kommunikation och rollbaserad behörighetskontroll [38].

4.4.4 Optimus

Optimus visas i Figur 9 och är skapad för att vara en mångsidig självgående humanoid robot som ska kunna utföra arbetsuppgifter som för människor är farliga, repetitiva eller tråkiga. Ännu har inget bestämt pris satts, men tillverkaren siktar på att landa på ett pris på 30 000 amerikanska dollar. Tillverkningskostnaderna beräknas däremot till att vara mellan 50 000-100 000 dollar, vilket gjort att många analytiker förväntar sig ett pris på 100 000-150 000 dollar [107].



Figur 9 Optimus [107]

4.4.4.1 Tillverkare

Optimus är utvecklad av bil- och energiföretaget Tesla, som har sitt huvudkontor i Austin, Texas. Företaget, vars huvudverksamhet främst har varit att producera elektriska bilar, uppger att Optimus numera är deras nya fokus. Anläggningar där företaget tidigare producerat bilarna Tesla Model S och Tesla Model X byggs nu om till att tillverka Optimus, med det långsiktiga målet att producera en miljon humanoider per år [108].

4.4.4.2 Förmågor och perception

Tesla har dragit nytta av den kunskap de har inom fordon för att utveckla elektromagnetiska muskler, så kallade aktuatorer, till Optimus. Dessa ska bland annat möjliggöra en högre momentdensitet, precisionskontroll och bakdrivbarhet. Momentdensiteten bidrar till mer kraftfulla rörelser, medan precisionskontrollen kan se till att rörelserna blir mer försiktiga [107].

För att förstå sin omgivning har Optimus åtta kameror för att få en 360-graders vy, samtidigt som den kan avgöra avstånd och djup. Humanoiden kan kartlägga omgivningen i realtid och förstå omgivningen genom att klassificera olika objekt. Dessutom finns sensorer i fötterna som ska hjälpa till med balansen [107].

4.4.4.3 Utvecklingsstatus

Generation 2 av Optimus presenterades under slutet av 2023, och under sommaren 2026 ska massproduktion av Optimus 3, den tredje generationen, påbörjas. Optimus 3 var planerad att presenteras under första kvartalet 2026 [109], men blev försenad då humanoiden ännu inte var helt redo [110]. Datumet för när Optimus 3 förväntas lanseras på den kommersiella marknaden har ändrats flera gånger men bedöms i samband med fördröjningen av presentationen vara i slutet av 2027. En annan utmaning under utvecklingens gång har varit transparens, där Tesla under ett event inte var tydliga med att vissa Optimus-robotar fjärrstyrdes av människor som bar rörelseinspelningsdräkter [107].

4.4.4.4 Specifikationer

Förbättringar från generation 2 till generation 3 inkluderar utformningen av händerna, som hos den senare generationen har 22 frihetsgrader jämfört med de tidigare 11. Optimus totala antal frihetsgrader finns inte tydligt specificerade, men beräknas vara över 40 både för generation 2 och 3. Likaså är längden, batteripaketet och energiförbrukningen densamma på 173 cm, 52 V respektive 2,3 kWh. Däremot är generation 3 lättare, med en vikt på 57 kg i stället för 73 kg, vilket möjliggör för längre perioder i drift och smidigare rörelser. Vidare har den senare generationen en gånghastighet på ca 2,8–3,3 m/s till skillnad från tidigare 2,2 m/s. Optimus batteripack ska räcka 6-8 timmar, och humanoiden ska själv kunna ställa sig på laddning när det börjar bli lågt [107].

4.4.4.5 Artificiell intelligens

För inlärning använder sig Optimus av neurala nätverk som tränas av exempelvis simulering och demonstration, vilket möjliggör att den humanoida roboten kan

utföra olika typer av uppgifter i olika miljöer. Dessutom möjliggör systemet att humanoiden kan hantera oväntade händelser, förbättra sig över tid till följd av ökad erfarenhet samt kan lära sig nya uppgifter snabbare än förprogrammerade system. Tesla utvecklar även förmågan att Optimus ska kunna titta på videor för att lära sig nya uppgifter [107].

Vidare har robotarna utrustats med Teslas "Full Self-Driving"-dator och hårdvaruplattformen AI5, vilket gör att de har mycket kraft för att kunna processa data i realtid. Systemen möjliggör även för trådlösa uppdateringar och säkra system där ett enskilt neuralt nätverk styr alla rörelser [107].

4.4.5 Persona AI Humanoid

Företaget Persona AI har som mål att skapa humanoida robotar som ska kunna användas inom en mängd olika industrier. I dagsläget har Persona AI ingen färdig produkt, men de presenterar både industrier och arbetsuppgifter som humanoiden är tänkt att operera i. För att kunna göra detta ska humanoiderna vara modulärt byggda för att kunna anpassas till olika arbetsplatser och verktyg. En av industrierna som humanoiderna riktas mot är skeppsbyggnation. Företaget presenterar att det finns en brist på kompetent arbetskraft som kan utföra arbeten som exempelvis svetsning och vill därmed utveckla en humanoid robot som kan utföra uppgifter som är svåra, fysiskt utmanande och farliga. De tänkta arbetsuppgifterna inom skeppsbyggnation inkluderar även målning och slipning, där de ska kunna utföra uppgifterna i trånga utrymmen [28]. Persona AI presenterar inte något pris för sina kommande humanoida robotar, som visas i Figur 10.



Figur 10 Persona AI Humanoid [28].

4.4.5.1 Tillverkare

Persona AI är ett startupföretag som grundades i juni 2024 och har sitt huvudkontor i Houston, USA [28], [111]. Ledningen har tidigare erfarenhet från företag som Nauticus Robotics, NASA Dexterous Robotics Lab och Figure. Hos Nauticus och Figure har de haft roller som CEO och CTO [111], [112], [113].

4.4.5.2 Förmågor

I dag finns ingen färdigställd humanoid robot av Persona AI och det finns därmed inte någon information kring vilka sensorer eller kameror som humanoiden använder. Det saknas även information gällande bakdrivbarhet. Däremot är tanken att humanoiden ska använda sig av RGB-ljus och ljud för att kommunicera vad den gör och tänker göra. På så vis ska den kunna kommunicera med människor och öka säkerheten [114]. Tanken med den humanoida roboten är även att de ska ha fingerfärdiga händer för att kunna utföra komplexa rörelser på ett kontrollerat sätt samt kunna hantera industriella verktyg i verkliga miljöer [28].

4.4.5.3 Utvecklingsstatus

För att träna sina humanoider har Persona AI slutit samarbetsavtal som ska låta humanoiderna jobba i, och lära sig av, riktiga miljöer. I september 2025 signerade Persona AI och American Bureau of Shipping en viljeförklaring som innebär ett samarbete där humanoiderna ska anpassas till arbete på skeppsvarv. Under projektet ska även data samlas in för att stödja utvecklingen av nya standarder för att bland annat kunna vägleda framtidens robotdesign. [115]. I januari 2026 slöts ytterligare en viljeförklaring, mellan Persona AI och delstaten Louisiana. Den innebär att Persona AI ska pilottesta prototyper i en stålfabrik. Fokus under pilotprojektet ska vara på förberedelse av svetsande humanoider genom att samla in data kring hur människor arbetar i komplexa miljöer, och hur humanoiderna kan efterlikna detta [116].

4.4.5.4 Specifikationer

Då humanoiderna som Persona AI planerar att utveckla ännu är i ett tidigt stadie har företaget ännu inte gått ut med några specifikationer gällande längd, vikt, lyftkraft, hastighet eller frihetsgrader. Det saknas även tydlig information kring batterier och batteribyte, men företaget säger att det inte ska krävas ett rent rum för att byta batterier på industriella verktyg, och därmed ska batterierna vara lättillgängliga för att minimera nedtiden [114].

4.4.5.5 Artificiell intelligens

Det saknas information kring hur AI kommer att användas i Persona AI:s kommande humanoida robot.

4.5 Övriga världen

4.5.1 AEON

AEON, som visas i Figur 11, är byggd efter en vision att skapa en automatiserad framtid. Humanoidens syfte är att hjälpa till i fabriker, till exempel genom att flytta och granska delar samt ta bilder av föremål för att skapa digitala tvillingar [118]. Något kommersiellt pris för AEON har inte ännu publicerats.



Figur 11 AEON [117].

4.5.1.1 Tillverkare

AEON tillverkas av Hexagon Robotics. Hexagon AB är ett svenskt företag som grundades 1975 och finns över hela världen. Robotikavdelningen, Hexagon Robotics, grundades 2025 för att utveckla AEON, och har sitt huvudkontor i Schweiz [119], [120]. För att utveckla AEON har Hexagon Robotics ingått i partnerskap med bland annat Microsoft och NVIDIA [117].

Hexagon har tidigare mycket erfarenhet av AI, som de använder för att skapa lösningar för bland annat mättekniker och 3D-avbildningar, och jobbar nu för att använda deras kunskap i de domänerna för att utveckla AEON [121]. Företaget erbjuder heltäckande support för sina produkter genom ett globalt nätverk av över 100 supportcenter [122], [123].

4.5.1.2 Förmågor

En sak som skiljer AEON från andra humanoida robotar är att den i stället för fötter har hjul på ändarna av sina ben, se Figur 12. Det möjliggör att den humanoida roboten snabbt kan ta sig framåt på plan mark genom att rulla, samtidigt som den inte fastnar vid trappsteg, då den även ska kunna gå som vanligt genom att använda sina hjul som fötter [124].



Figur 12 AEON:s hjul [120].

Det ska vara möjligt att utrusta AEON med olika sorters händer och verktyg för exempelvis grepp eller skanning [117]. Vidare ska humanoiden vara utrustad med sensorer och kameror som ger den en fullständig bild av dess omgivning [125]. Användandet av en NVIDIA IGX Thor-modul ska göra AEON säker för människor att samarbeta med [126], [127], [128]. Huruvida AEON kan kommunicera med människor på något sätt framgår inte från informationen Hexagon gått ut med. Hexagon nämner heller ingenting om att AEON ska vara bakdrivbar, eller om den ska kunna känna av beröring.

4.5.1.3 Utvecklingsstatus

Hexagon Robotics har sedan december 2025 samarbetat med BMW genom ett testprojekt i biltillverkarens produktionsanläggning i Leipzig, Tyskland. Projektet innebär att AEON ska börja arbeta på fabriksgolvet med uppgifter som batterimontering och komponenttillverkning. Under sommaren 2026 planeras det riktiga pilotprojektet då AEON ska vara fullt integrerad i produktionen [117]. När AEON förväntas finnas kommersiellt tillgänglig har inte offentliggjorts.

Hexagon Robotics har även genomfört lyckade pilottester med Schaeffler, där AEON arbetat i företagets fabriker. Schaeffler är verksamma inom industri- och tekniksektorn och har ett brett sortiment av produkter. Företaget planerar att ha tagit in åtminstone 1000 AEON till sina anläggningar vid 2032. Schaeffler ska också tillgodose Hexagon med högprecisionsaktuatorer till AEON [129]. Hexagon genomför även samarbete med företaget Pilatus för att träna AEON i uppgifter som bland annat maskinbetjäning, komponentinspektion och verklighetsavbildning [125].

4.5.1.4 Specifikationer

Hexagon presenterar att AEON kan röra sig i 2,4 m/s, har en vikt på 60 kg och en längd på 165 cm. Totalt har humanoiden 34 frihetsgrader samt en bärkapacitet på 15 kg under kortare tid, och 8 kg under lång tid. AEON:s batteritid är fyra timmar och den kan själv byta batteripack när dess batteri börjar bli lågt, vilket gör att den inte begränsas av sin batteritid [120].

Några specifikationer angående antalet frihetsgrader i AEON:s händer har inte släppts, mer än att det ska vara möjligt att fästa olika verktyg eller motsvarigheter till händer i humanoiden [117]. Information gällande AEON:s tålighet eller skyddsklass har inte heller offentliggjorts.

4.5.1.5 Artificiell intelligens

Hexagon använder sin tidigare expertis i AI för att skapa AEON. De använder AI i humanoiden för bland annat sensorfusion, spatial intelligens och uppdragskontroll. För utvecklingen av AI används NVIDIA-datorer. För att driva AEON:s AI användes till en början NVIDIA Jetson [125], men under våren 2026 uppgraderade Hexagon till NVIDIA IGX Thor [127]. Modulen är gjord för att bland annat användas av humanoida robotar för att de ska kunna göra snabbare och effektivare beräkningar för AI, kunna läsa av sensordata mycket snabbare och även bidra till att informationen från humanoiden behandlas på ett säkert sätt [130], [131].

4.5.2 HMND 01 Alpha

Det finns två versioner av HMND 01 Alpha: Wheeled, som visas i Figur 13, och Bipedal, i Figur 14. Den stora skillnaden mellan de två är att den förstnämnda har en bas som går på hjul, medan den andra förflyttar sig med hjälp av två ben [134], [135]. Företaget bakom HMND 01 Alpha skiljer inte på modellerna när de kommer till användningsområde, utan framhåller att de utvecklar humanoida robotar som ska vara avancerade och ämnade för generellt syfte [136]. De branscher som humanoiderna främst riktas till är detaljhandel, e-handel, logistik, tillverkning och inom fordonsindustrin [137]. Information om prisklass saknas.



Figur 13 HMND 01 Alpha Wheeled [132]



Figur 14 HMND 01 Alpha Bipedal [133]

4.5.2.1 Tillverkare

HMND 01 Alpha är skapad av företaget Humanoid som är baserat i London, Storbritannien. Den ryskfödde grundaren, Artem Sokolov startade företaget i maj 2024 och har erfarenhet av företagande sedan innan från att ha spenderat mer än ett decennium med att skala upp sin familjs smyckesföretag till en omsättning på en biljon dollar [138], [139].

4.5.2.2 Förmågor

Huvudet på HMND 01 Alpha är utrustat med 360-graders RGB-kameror och två djupsensorer. Dessutom finns även färgkameror i handlederna, sensorer för kraft och vridmoment i sex riktningar samt sensorer för taktil återkoppling på kroppen. Dessutom har humanoiderna utbytbara plagg som ska fungera som skydd och bidra till säkerheten [134], [135]. Den tvåbenta versionen beskrivs även ha en display på huvudet, högtalare och sex mikrofoner [134]. HMND 01 Alpha kan kommunicera

med människor, vilket demonstrerades under konferensen NVIDIA GTC i Mars 2026, där den hjuldrivna versionen tog verbala kommandon från besökare för att utföra uppgifter [136]. Tydlig beskrivning kring huruvida humanoiderna har bakdrivbarhet saknas, även om företaget nämner bakdrivbarhet hos moderna robotar generellt [140].

4.5.2.3 Utvecklingsstatus

Humanoid har under början av 2026 presenterat flertalet lyckade pilotprojekt mellan HMND 01 Alpha Wheeled och olika företag. I slutet av mars 2026 avslutades ett lyckat projekt med SAP och Martur Fompak där humanoiderna hade fått arbeta i en produktionsanläggning med logistik. Arbetsuppgifterna inkluderade att ta emot instruktioner från SAP:s AI-system, navigera i fabriken, hämta rätt låda och föra den vidare i flödet. Instruktionerna kunde med hjälp av Humanoids egna AI-system skickas över internet och krävde därmed inga specialbyggda lokala lösningar [132].

I slutet av januari 2026 presenterades ett avslutat pilotprojekt tillsammans med Ford och deras innovationscenter i Köln. HMND 01 Alpha Wheeled testades där för två arbetsmoment: transport och hantering av lådor samt förflyttning med två armar av stora bildelar i metall. Resultatet för det första momentet blev att den humanoida roboten kunde förflytta lådor på 8 kg autonomt och hade en tillförlitlighet på 97% i autonoma plockmoment. Dessutom var produktiviteten 60% högre än förväntat på 83 enheter per timme och drifttiden översteg förväntningarna med 100% då humanoiden arbetade oavbrutet i en timme. Det andra momentet resulterade i att humanoiden framgångsrikt lokaliserade rätt hylla och metalldel, lyfte den säker och placerade den på korrekt plats [141].

Humanoid har även ingått partnerskap med andra företag. Efter ett lyckat pilotprojekt med Siemens berättade Humanoid i mitten av januari att ett bredare partnerskap skulle inledas mellan företagen för att vidare testa hur humanoider kan användas i verkliga sammanhang [142]. Under samma tidsperiod presenterade Humanoid att de ingått i ett femårigt samarbete med Schaeffler där hundratals humanoider ska införas i Schaefflers fabriker, med start under 2026–2027. Partnerskapet ska leda till att utveckla sättet humanoida robotar används i industrin [143].

4.5.2.4 Specifikationer

Båda modellerna av HMND 01 Alpha har 29 frihetsgrader i kroppen, med ytterligare 12 i vardera hand. Händerna är även utbytbara mot enklare tänger [134], [135].

HMND 01 Alpha Wheeled har en bas som går på hjul, med en människolik överkropp och armar. Den har en längd på 220 cm och en vikt på 300 kg. Humanoiden kan röra sig i alla riktningar i 2 m/s, har en körtid på 4 timmar och kan bära 15 kg [135].

Den tvåbenta varianten av humanoiden, HMND 01 Alpha Bipedal, väger 90 kg och är 179 cm hög. Den kan gå sidledes, baklänges, göra knäböj och är även kapabel till gång i hukad position. Maxhastigheten är 1,5 m/s, med en körtid som uppgår till 3 timmar. Den tvåbenta varianten kan, liksom den hjuldrivna modellen, bära 15 kg [133].

4.5.2.5 Artificiell intelligens

Under början av februari 2026 presenterade Humanoid sitt eget AI-ramverk KinetIQ. Systemet ska kunna styra både de hjuldrivna och tvåbenta humanoiderna och koordinera dem med varandra, och är uppdelat i fyra lager: System 3, 2, 1 och 0 [144]. System 3 koordinerar humanoida robotar och planerar hur uppgifter ska fördelas medan system 2 hanterar de enskilda humanoiderna, vad de ska göra och hur de ska göra det. System 1 hanterar hur instruktioner omvandlas till konkreta rörelser hos humanoiden, och system 0 ser till att rörelserna utförs korrekt och stabilt [145].

4.5.3 Phoenix

Phoenix, se Figur 15, är en humanoid robot som utvecklats med målet att vara generellt användbar för industritillämpningar, och ska därför kunna utföra många av de uppgifter människor i dag måste göra [147]. Tanken är att humanoiden ska vara tillräckligt säker och intelligent för att kunna arbeta sida vid sida med människor [146]. Sanctuary AI, som tillverkar Phoenix, har inte publicerat något officiellt pris för humanoiden, men uppskattningar ligger mellan 100 000 och 250 000 amerikanska dollar [148].



Figur 15 Phoenix [146]

4.5.3.1 Tillverkare

Företaget bakom den humanoida roboten är Sanctuary AI från Kanada, som grundades 2018. Huvudpersonerna bakom företaget har bakgrunderna kommersialisering, strategi och finansiering, respektive AI och ekosystem inom teknologibranschen [149], [150]. Sanctuary AI:s mål med Phoenix är att bemöta växande arbetskraftsutmaningar i industrisektorn [147]. Teknologierna som tillsammans utgör Phoenix är alla skapade och ägda av Sanctuary AI själva [146].

4.5.3.2 Förmågor

Stort fokus läggs på att Phoenix ska ha avancerade händer för finmotorik, taktil återkoppling och skicklig hantering av föremål. Humanoiden utrustas också med en stark överkropp för att klara av industriella arbetsuppgifter [147]. Tack vare Phoenix avancerade AI ska den kunna lära sig nya uppgifter på mindre än 24 timmar [151].

För sin perception används djupkameror och taktila sensorer i fingertopparna [152], [153]. Dessa sensorer ska dels underlätta i situationer då indata från kamerorna är begränsad, dels göra att humanoiderna lättare förstår när de vidrör något. Sanctuary AI nämner inget om bakdrivbarhet hos humanoiden, men beskriver att den ska kunna upptäcka vidröring med taktila sensorer. De taktila sensorerna ska möjliggöra att vidröringen kan detekteras i ett tidigare stadie än om humanoiden enbart var utrustad med kameror, och därmed öka arbetseffektiviteten [153]. Phoenix använder sig också av visuell servostyrning, realtidssimulering och sammankoppling mellan vad humanoiden ser och känner [152].

4.5.3.3 Utvecklingsstatus

Den senaste modellen av Phoenix, som publicerades i december 2024, är företagets åttonde generation. Tidigare generationer av humanoiden har varit antingen statiska och fastkopplade, eller placerad på en fyrhjulig bas, vilket medfört begränsad rörlighet [152]. Trots att den sjätte generationen av Phoenix hade människolika ben, har generation 8 i stället en bas med hjul [154]. Beslutet att överge benen var motiverat av kundåterkoppling som indikerade att de var för svaga för att säkert kunna stötta den kraftiga överkroppen som behövs för att utföra tyngre industriuppgifter [155]. Några videor på när Phoenix förflyttar sig har dock aldrig publicerats.

I början av 2026 genomgick Phoenix ett pilotprojekt där den fick arbeta i en butik ägd av Canadian Tire Corporation. Pilotprojektet pågick under en veckas tid och gick ut på att Phoenix skulle utföra uppgifter i butiken såsom städning, vikning, utplockning, nedpackning samt märkning av varor. Enligt Sanctuary AI själva var testet lyckat, då Phoenix klarade uppgifterna [156].

För att visa vilka uppgifter Phoenix kan utföra har Sanctuary AI publicerat videor på YouTube i en serie de kallar för ”Robots Doing Stuff”. Syftet med serien är att visa att humanoiden kan anta en mängd olika uppgifter. Presentationen sker i form av en oavbruten tagning i realtidshastighet. Sanctuary AI beskriver att deras humanoida robotar kan arbeta autonomt, men att de i de flesta av videorna är fjärrstyrda [157].

4.5.3.4 Specifikationer

Sanctuary AI har inte själva släppt några officiella specifikationer för Phoenix sedan den sjätte generationen, då den fortfarande hade människoliknande ben. Siffrorna som gällde då var att humanoiden är 170 cm lång, väger 70 kg och ska kunna bära upp till 25 kg. Generation 6 skulle kunna röra sig i en hastighet på 1,5 m/s och vara i drift i upp till 5 timmar [154]. De två påföljande generationerna har innefattat uppgraderingar gällande bland annat batteritid, rörlighet och minskad vikt av hydrauliksystemen, men några exakta siffror har inte publicerats [151]. Phoenix har också återgått till en hjuldriven bas i stället för människoliknande ben och har numera 21 frihetsgrader [155]. Hur Phoenix byter batteri eller vilken skyddsklass den har presenteras inte av Sanctuary AI.

4.5.3.5 Artificiell intelligens

Vidare är Phoenix utrustad med mjukvaruplattformen Carbon, som använder sig av moderna AI-teknologier för att översätta naturligt språk till handling hos

humanoiden [154]. Systemet är designat för att efterlikna den mänskliga hjärnan gällande minne, syn, hörsel och känsel, för att Phoenix ska kunna hantera en bredd av mänskliga uppgifter [146]. Dessutom tränas Carbon genom användning av djupinlärning och förstärkningsinlärning, som kombineras med logiska och symboliska resonemang och moderna språkmodeller [154].

4.6 Jämförelsetabeller

I detta avsnitt sammanfattas och jämförs informationen om de olika humanoiderna, fördelade på tre tabeller av läsbarhetsskal. Tabell 1 visar humanoider från EU, Tabell 2 visar humanoider från USA och Tabell 3 visar humanoider från övriga europeiska länder och Kanada.

Tabell 1 Jämförelsetabell över de europeiska humanoida robotarna.

EU	4NE1	GENE.01	Agile One
Tillämpning	Industriuppgifter, till exempel bära föremål	Automatisering av uppgifter inom fabrik och sjukvård	Logistik och tillverkning
Pris	€60 000 – 98 000	-	-
Ursprungsland	Tyskland	Italien	Tyskland
Säkerhet	Sensorer för att upptäcka människor	Taktil "hud"	Sensorer för att upptäcka människor
Kommunikation	Röstkommandon	-	Verbal kommunikation
Har pilottestats	Planeras	Nej	Nej
Kommersiellt tillgänglig	Nej	Nej	Nej
Längd	180 cm	-	174 cm
Vikt	80 kg	-	69 kg
Hastighet	1,4 m/s	-	2 m/s
Bärkapacitet	10 – 100 kg	-	20 kg
Batteriuppladdning	Medan strömmen är påslagen	-	-
Batteritid	-	-	-
Totala frihetsgrader	55 DoF	-	-
Frihetsgrader i händerna	12 DoF	-	21 DoF

Tabell 2 Jämförelsetabell över de amerikanska humanoida robotarna.

USA	Optimus Gen 3	Digit	Atlas	Apollo	Persona AI
Tillämpning	Farliga, repetitiva och tråkiga	Inom produktions- och logistik-miljöer	Industriellt arbete, till exempel material- och order-hantering	Varuhus och produktions-anläggningar, höga belastningar	Många olika industrier, exempelvis skepps-byggnation
Pris	\$30 000 – 150 000	\$250 000	-	< \$50 000	-
Ursprungs-land	USA	USA	USA	USA	USA
Säkerhet	Bak-drivbarhet	Nödstopp, följer standarder för person-säkerhet	System för att upptäcka människor	Stoppar vid kollisionsrisk	Varnar med RGB-ljus
Kommunikation	-	Röst-kommandon	-	LED-skärmar	RGB-ljus
Har pilottestats	-	Ja	Ja	Ja	Ja
Kommersiellt tillgänglig	Nej	Ja	Nej	Nej	Nej
Längd	173 cm	175 cm	190 cm	172 cm	-
Vikt	57 kg	93 kg	90 kg	73 kg	-
Hastighet	2,8 – 3,3 m/s	1,2 m/s	2,5 m/s	-	-
Bärkapacitet	-	16 kg	50 kg	25 kg	-
Batteri-uppladdning	Själv-laddning vid låg batterinivå	Själv-laddning vid låg batterinivå	Själv-ständigt batteribyte	Manuellt utbytbar batteripack	-
Batteritid	6-8 h	4 h	4 h	4 h	-
Totala frihetsgrader	40+ DoF	-	56 DoF	~30 DoF	-
Frihetsgrader i händerna	22 DoF	-	-	-	-

Tabell 3 Jämförelsetabell över de övriga humanoida robotarna.

Övrigt	Phoenix	AEON	HMND 01 Alpha
Tillämpning	Generellt inom industri	Montering, transport, och skapande av digitala tvillingar	Många olika industrier, exempelvis logistik och fordonsindustrin
Pris	\$100 000 – 250 000	-	-
Ursprungsland	Kanada	Schweiz	Storbritannien
Säkerhet	-	NVIDIA IGX Thor	Utbytbara "kläder"
Kommunikation	-	-	Verbala kommandon
Har pilottestats	Ja	Ja	Ja (WHEELED)
Kommersiellt tillgänglig	Nej	Nej	WHEELED: SAP och Martur Fompak, Louisiana, Siemens, Schaeffler
Längd	170 cm*	165 cm	WHEELED: 220 cm BIPEDAL: 179 cm
Vikt	70 kg*	60 kg	WHEELED: 300 kg BIPEDAL: 90 kg
Hastighet	1,5 m/s	2,4 m/s	WHEELED: 2 m/s BIPEDAL: 1,5 m/s
Bärkapacitet	25 kg*	8 – 15 kg	15 kg
Batteriuppladdning	-	Självständigt batteribyte	-
Batteritid	5 h*	4 h	WHEELED: 4 h BIPEDAL: 3 h
Totala frihetsgrader	-	34 DoF	29 DoF
Frihetsgrader i händerna	21 DoF	-	12 DoF

* Phoenix Generation 6

4.7 Kinesiska humanoida robotar

En av de stora aktörerna inom utvecklingen av humanoida robotar är Kina, med företag som UBTech, Unitree och AgiBot [158]. Kina är det land som är ledande gällande antal producerade humanoida robotar, och stod för ungefär 85-90 % av dessa år 2025 [159], [160]. Bland de kinesiska företagen har AgiBot 39 % av marknadsandelarna, Unitree har 32 % och UBTech har 7,7 % [160].

Kina har ett försprång gällande hårdvaran, det vill säga de mer fysiska aspekterna, exempelvis akrobatik och rörlighet. Experter menar dock att USA fortfarande är ledande när det kommer till mjukvara och AI-teknologi. De kinesiska humanoida robotarna blir ständigt smidigare och mer flexibla. I kombination med att Kina kan producera dem i ett högt tempo och med statligt stöd, möjliggörs en lägre prisnivå än vad konkurrenterna kan erbjuda [158], [159]. Den verkställande direktören för Google DeepMind menar även att Kina inte ligger så långt efter i AI-utvecklingen som det kan framstå, utan att det bara handlar om några månader. Däremot säger han att deras styrka främst ligger i att snabbt reducera det tekniska försprånget snarare än att ligga i framkant av utvecklingen [161].

Under 2025 har Kina haft stora framgångar gällande sin utveckling av humanoida robotar, vilket kan ses vid jämförelse mellan uppträdandena 2025 och 2026 på den årliga kinesiska vårfestivalen [160]. Under framträdandet 2025 utförde Unitrees humanoider en enklare dans i olika formationer, och fick responsen att det såg ut som att de nyss lärt sig att gå [162], [160]. Under 2026 års festival var koreografin mer avancerad, och humanoiderna utförde uppträdanden som innehöll kampsport, gymnastik, parkour och dans [163]. En av de mest framträdande humanoida robotarna detta år var producerade av Unitree [159].

En utmaning som de kinesiska robotföretagen står inför är att många av dem utvecklar sina humanoider baserat på liknande tekniska grunder, vilket medför svårigheter att differentiera sig. Det enda kinesiska företag som beskrivs ha lyckats med detta är Unitree, som har en konkurrensfördel gällande teknisk integration och storskalig produktion [160].

För att få en inblick i vilka humanoida robotar som finns på den kinesiska marknaden följer härmed en presentation av några av de marknadsledande humanoida robotarna av kinesiska robotföretag.

4.7.1 Unitree G1

Unitree G1, som visas i Figur 16, är en humanoid robot som ska kunna utföra en bred variation av uppgifter, till exempel kampsport och bakåtvolver, men också hantering mindre objekt som spelkort och ägg [164].

Sedan 2024 finns Unitree G1 tillgänglig på marknaden och går att beställa från företaget själva för 13 500 amerikanska dollar plus frakt [165], [166]. Den mer avancerade G1 EDU har inget officiellt pris, kunder förväntas i stället kontakta företagets försäljningsavdelning för att göra en beställning [164].



Figur 16 Unitree G1 [164]

4.7.1.1 Tillverkare

Unitree är ett av de mest omtalade företagen som tillverkar humanoida robotar i Kina, där försäljningen år 2025 uppgick till drygt 5 000 enheter [167], [168]. De utvecklar flera olika modeller, där G1 är den nyaste [164].

4.7.1.2 Förmågor

Unitree G1 är designad för att använda sig av AI vid både rörelse och hantering av objekt, där de främsta styrkorna inkluderar smidighet och fingerfärdighet. Utöver detta är den humanoida roboten utrustad med industriklassade kullager som möjliggör hög precision och belastning samt en permanentmagnetiserad synkronmotor (PMSM) som ska ge kort reaktionstid och effektiv värmeavledning. För att uppfatta sin omgivning har humanoiden djupkameror och 3D-lidar [169].

4.7.1.3 Utvecklingsstatus

Humanoiden genomgår i dagsläget tester där den hjälper till med bagagehantering på Tokyo-Haneda flygplats i Japan, och planeras börjas användas permanent efter testernas genomförande [170].

Fraunhofer IPA har använt sitt riktmärke för humanoida robotar för att bedöma Unitree G1 EDU. Resultatet var att humanoiden fortfarande var långt ifrån människans förmågor i motorik, och hade dessutom andra brister som exempelvis överhettande aktuatorer [171].

4.7.1.4 Specifikationer

Med en längd på 132 cm och en vikt på ungefär 35 kg är G1 mindre än de flesta andra humanoida robotar som utvecklas i dag. Humanoiden kan bära 2–3 kg i armarna, beroende på modell. De olika modellerna av G1 har totalt 23–43 frihetsgrader fördelat över kroppen, varav de trefingrade händerna utgör upp till nio av dessa [164].

4.7.1.5 Artificiell intelligens

För att köra sin AI är G1 EDU utrustad med en NVIDIA Jetson Orin-modul. Vilken hårdvara ”vanliga” G1 har framgår inte från Unitrees produktbeskrivning. Genom förstärknings- och imitationsinlärning ska humanoiden kunna utvecklas vidare [164].

Sårbarheter hos Unitrees mjukvara för G1 har upptäckts och går att utnyttjas för att ta kontroll över humanoiden utan behörighet [40].

4.7.2 Ubtech Walker S2

Walker S2, som visas i Figur 17, är tänkt att användas i industriella miljöer, för uppgifter som förflyttning av material, montering och inspektioner. Humanoiden finns kommersiellt tillgänglig men inte till något officiellt pris [172]. Uppskattningar sätter prislappen på 160 000 amerikanska dollar [173].



Figur 17 Walker S2 [172]

4.7.2.1 Tillverkare

Ubtech har precis som Unitree flertalet modeller av humanoida robotar, varav tre av dessa är för industriellt bruk: Walker S, Walker S1 och Walker S2 [174]. S2 är den senaste och mest avancerade modellen [172].

4.7.2.2 Förmågor

För att kommunicera är Walker S2 utrustad med fyra mikrofoner, två högtalare och stöd för stora språkmodeller och röststyrning. Humanoiden skapar en uppfattning av omgivningen genom två vidvinkelkameror och två RGB-kameror som tillsammans med AI ska efterlikna människans ögon och ge en förståelse för bland

annat avstånd och djup. Tack vare sin rörlighet ska Walker S2 kunna plocka upp föremål från trånga arbetsytor genom att böja sig med knäna [172].

4.7.2.3 Utvecklingsstatus

I slutet av 2025 levererade Ubtech sina första massproducerade Walker S2, och företaget siktar på 5000 levererade humanoider årligen från och med 2026 [173]. Under ett års tid ska Walker S2 genomföra tester hos den tyska apotekskedjan Rossmann, där den ska avlasta logistikpersonal genom att utföra repetitiva och ergonomiskt ansträngande uppgifter [175].

4.7.2.4 Specifikationer

Walker S2 är 176 cm lång, har en vikt på 70 kg och en gånghastighet på 2 m/s. Totalt har humanoiden 52 frihetsgrader, varav 11 i varje hand. Varje hand består även av en rad av sex taktila sensorer och kan hantera upp till 7,5 kg, medan greppstyrkan för fingrarna är 1 kg. Totalt kan humanoiden därmed bära upp till 15 kg. Midjan kan roteras med 162 grader åt vardera håll, börjas framåt med 90 grader och böjas bakåt med 35 grader, vilket gör humanoiden flexibel. Walker S2 beskrivs vara den första humanoida roboten som kan byta sitt batteri på egen hand, vilket den ska kunna göra på tre minuter. Detta ska möjliggöra kontinuerlig drift [172].

4.7.2.5 Artificiell intelligens

Humanoiden använder multimodala AI-modeller för bland annat språktolkning med stora språkmodeller och perception genom datorseende [172].

4.7.3 AgiBot

Ett annat företag som är ledande i världen gällande försäljning av humanoida robotar är AgiBot. Företaget erbjuder flera olika modeller av humanoida robotar där A2 Ultra och G2 är två av dessa [176]. De är båda kommersiellt tillgängliga, men AgiBot har inte satt något officiellt pris för någon av dem.

4.7.3.1 A2 Ultra

AgiBot A2 Ultra är tänkt att kunna användas till många olika syften och vara en del av den storskaliga kommersialiseringen av humanoida robotar [177]. Humanoiden visas i Figur 18.



Figur 18 A2 Ultra [177]

4.7.3.1.1 Förmågor

A2 Ultra har bland annat blivit uppmärksammas för ett världsrekord i den längsta distansen som en humanoid robot har gått, drygt 106 km. Andra teknologier som är en del av A2 Ultra är högtalare, lidar, RGB-D-kameror, vidvinkelkamera, mikrofon och högtalare, som den kan använda för att utföra handlingar utifrån röstkommandon samt själv uttrycka sig [177].

4.7.3.1.2 Specifikationer

Specifikationsmässigt är A2 Ultra 169 cm lång, väger 69 kg och har en gånghastighet på upp till 1,5 m/s. Dessutom kan den ta sig upp för ramper som har en vinkel på 10 grader. Totalt sätt har A2 Ultra 40 frihetsgrader som är fördelade

över kroppen med sex i varje ben, två i nacken och sju i varje arm. Maxlasten för armarna är 2 kg per arm. Utöver detta har humanoiden händer med sex frihetsgrader per hand [177].

Batteritiden beskrivs variera mellan en och en halv och tre timmar, beroende på om humanoiden går eller står stilla under tidsperioden. Batteriet ska kunna laddas på två olika sätt, där det ena innebär att batteriet kan bytas medan humanoiden är påslagen, vilket möjliggör för kontinuerlig drift [177].

4.7.3.1.3 Utvecklingsstatus

A2 Ultra har certifieringarna CR, CE-MD, CE-RED och FCC, vilket innebär att den uppfyller de produktkrav för trådlös kommunikation som behövs för att få säljas i Kina, EU och USA, samt krav för hälsa, säkerhet och miljö i EU [178], [179], [180].

4.7.3.1.4 AI

För att driva sin AI använder A2 Ultra en processor med 16 kärnor och hög beräkningskapacitet samt beräkningsmodulen NVIDIA Jetson Orin 64G [177].

4.7.3.2 G2

En annan modell av AgiBot är deras G2-humanoid, som visas i Figur 19. Denna modell tar sig fram på hjul i stället för med fötter, men har i övrigt många likheter med A2 Ultra [181].



Figur 19 G2 [181]

4.7.3.1.1 Förmågor

Likt A2 Ultra möjliggörs kontinuerlig drift eftersom batteriet kan bytas medan den är påslagen. Laddningstiden för batterierna är under två timmar och humanoiden kan vara i drift i ungefär fyra timmar, vilket är längre än för A2 Ultra. En annan likhet med A2 Ultra är dess rörelsehastighet, som uppgår till 1,5 m/s. G2 har tre vidvinkelkameror, två sensorer för lidar, RGB-D kameror både på huvudet och handlederna. Vidare har den en rad av mikrofoner på huvudet, samt högtalare på bröstet, en interaktiv display och en stereokamera som kan avgöra avstånd och djup. Humanoiden har knappar för både stopp och ström på ryggen för att kunna stängas av vid behov. Kollisionsdetektion i humanoidens armar ska tillsammans med dess kameror och 360 graders säkerhetsövervakning bidra till att göra den personsäker [181].

4.7.3.1.2 Utvecklingsstatus

Humanoiden har sedan våren 2026 integrerats hos det kinesiska elektronikföretaget Longcheer, som använder G2 i sin tillverkning. Humanoidernas primära arbetsuppgift är att plocka upp surfplattor, transportera dem genom anläggningen och slutligen placera dem på rätt plats med millimeterprecision, samt sortera bort defekta surfplattor [182].

4.7.3.1.3 Specifikationer

AgiBot G2 väger 185 kg och är mellan 122,5 och 179,5 cm lång, beroende på hur sträckt humanoidens led vid basen är. Frihetsgraderna är totalt 26, där två av dem sitter mellan humanoidens bas och kropp, tre utgörs av midjan, ytterligare tre av nacken och sju av varje arm. Armarna kan bära 5 kg vardera, och är även kraftstyrda där kraften kan mätas i alla leder för att uppnå stor kontroll. Basen som humanoiden är placerad på utgör i sin tur fyra frihetsgrader och består av fyra styrbara hjul som möjliggör rörelse i alla riktningar inklusive rotation kring sin egen axel. G2 har, precis som A2 Ultra, fingerfärdiga händer. Dessa har upp till 19 frihetsgrader och taktil känsel, samt ska vara lätta att byta ut vid behov [181].

Materialet som används till G2 ska vara av fordonskvalitet, vilket ska innebära att materialet är av pålitlig kvalitet och har lång livslängd. Skyddsklassificeringen för kroppen är IP42, medan den för armarna är IP50 [181].

4.7.3.1.4 AI

G2 använder sig av beräkningsenheten NVIDIA Jetson T5000 2070 TFLOPS för att driva sin AI [181].

4.8 Diskussion

4.8.1 Utvecklingsfas

Utvecklingsfasen för olika humanoida robotar skiljer sig mycket, där vissa är i ett mycket tidigt stadiet, medan andra redan finns på marknaden. Däremellan finns det många humanoider som håller på att utvecklas och uppges lanseras inom kort. Detta kan innebära allt från att lansering planeras under 2026 till att det kan dröja några år.

Osäkerheten gällande i vilket stadiet humanoiden befinner sig är stor då det i många fall inte presenteras tydligt av företagen. Det kan därmed vara en utmaning att få en bild över när olika alternativ kommer att finnas på marknaden, och således när implementationen av humanoiderna hade kunnat vara möjlig.

4.8.2 Fjärrstyrning och transparens

Då många humanoider har stöd för fjärrstyrning är det i många fall är svårt att säkerställa att de rörelser humanoider utför faktiskt sker autonomt. Fjärrstyrning är något som dykt upp flera gånger under arbetets gång. Som nämnt i avsnitt 4.4.4 har Tesla fått kritik gällande transparens kopplat till fjärrstyrning, och fjärrstyrning är även vanligt hos andra humanoider. Bland annat har Sanctuary AI beskrivit hur deras humanoid Phoenix ofta är fjärrstyrd i de videor de har publicerat på Youtube, vilket även beskrivs i avsnitt 4.5.3. I detta specifika fall är däremot inte transparensen ett problem då Sanctuary AI själva presenterar denna information.

Fjärrstyrning kan ske både i videoformat, och vid mässor där personer kan stå gömda och styra humanoiderna på avstånd. Det gör att det inte går att vara helt säker på att de funktionerna som visas upp går att utföra helt autonomt, även om de personligen bevitnas i realtid. Det saknas därmed i många fall en transparens kring när fjärrstyrning används och inte, vilket kan göra att trovärdigheten för företagen sjunker, samtidigt som det blir svårt för en potentiell kund att fatta beslut kring vilka humanoida robotar som hade varit lämpade för det önskade syftet.

Fjärrstyrning i sig behöver däremot inte alltid vara något negativt, även om det kan vara ett hinder att någon behöver vara placerad bakom styret i stället för att kunna utföra andra arbetsuppgifter. Ett fall då det kan vara fördelaktigt är då arbete behöver utföras i extrema miljöer där människor inte kan befinna sig. Ett praktiskt exempel från Saab är vid svetsning i tankar och torpedtuber där de anställda inte får spendera lång tid innan de måste ta en paus på grund av värmen. Genom användning av humanoider hade detta arbete möjligtvis kunnat fortgå utan avbrott, i vilket fall möjlighet till fjärrstyrning hade varit gynnsamt. Dessutom kan fjärrstyrning vara fördelaktig vid inläring, exempelvis genom imitationsinläring.

4.8.3 Media (videor)

I media syns ofta olika humanoider utföra diverse arbetsuppgifter. Många av dessa upplevs däremot vara konceptuella videor skapade med hjälp av digitala verktyg snarare än verkliga, omanipulerade videor.

Det är därmed viktigt att ha i åtanke att det som finns publicerat på internet och företagens egna hemsidor inte alltid reflekterar hur humanoiderna hade fungerat i en verklig industriell miljö. Exempelvis kan videor klippas samman, omtagningar kan göras och uppspelningshastigheten kan justeras utan att tittaren blir

uppmärksammas på detta. Som nämnt ovan är fjärrstyrning också en risk i videosammanhang, då det är svårt för tittaren att veta om humanoidens rörelse styrs autonomt eller med hjälp av en människa.

Att utgå från video som finns på internet medför därmed en stor risk i och med den osäkerhet som finns gällande videoproduktionen. Detta innebär även att det kan vara en utmaning att dra slutsatser kring vilka humanoider som är lämpliga för fartygsbyggnation då det är svårt att veta hur de presterar i praktiken.

4.8.4 Föränderligt område

Ämnet humanoida robotar och den associerade teknologin är fortfarande tidiga i sin utveckling och har en låg mognadsgrad. Detta medför att informationen kring humanoida robotar är begränsad, och att mycket information kommer från företagen själva. Information från företagen själva har både för- och nackdelar. En fördel är att informationen kommer från en förstahandskälla där utgivarna själva är de som har bäst koll på både funktionerna och teknologierna som används. Däremot blir informationen subjektiv och företagen har ett vinstintresse som kan påverka det som publiceras. De tekniska specifikationerna som företagen presenterar bör läsaren kunna ta som sanning, men det kan också finnas en risk att hur teknologierna, och i sin tur humanoiderna, presterar i verkligheten inte belyser brister och utmaningar. Detta blir återigen en fråga om transparens hos företagen.

De snabba förändringarna kring humanoida robotar medför dessutom att information kontinuerligt tillkommer och uppdateras. Detta innebär att information som är sann i dag inte nödvändigtvis stämmer i morgon, att nya humanoider ständigt tillkommer och att detaljer kring de humanoida robotarna som presenteras i detta arbete snabbt kan bli föråldrade och därmed bör verifieras innan eventuell framtida beställning görs. Det föränderliga landskapet medför däremot att det har varit fördelaktigt att till stor del använda sig av företagets egna hemsidor vid informationsinsamlingen snarare än akademiska artiklar. Detta då de akademiska artiklarna inte är tillräckligt uppdaterade kring den senaste informationen och därmed ofta innehåller föråldrad information.

5 Saab Naval

I detta avsnitt ges en inblick i ubåtsproduktionen med avseende på förekommande moment, hur arbetstidsfördelningen mellan dessa moment ser ut och vilka moment som kan vara lämpliga för humanoida robotar att utföra. Dessutom presenteras en sammanställning av intervjusvar gällande var i produktionen anställda på Saab ser potential för humanoida robotar. Slutligen berörs informationssäkerhet och hur detta relaterar till Saab som företag.

5.1 Metod

För att få en inblick i Saabs verksamhet och inom vilka arbetsmoment humanoida robotar hade kunnat vara relevanta har en kombination av flertalet metoder skett. Dessa inkluderar studiebesök, intervjuer, analys av interna Excel-filer och diskussioner med anställda.

5.1.1 Studiebesök

Den inledande inblicken i Saabs varvsverksamhet gavs av ett studiebesök på skeppsvarvet i Karlskrona där de olika delarna av produktionen besöktes för att skapa en grundförståelse för de olika momenten och hur arbetsmiljön ser ut. Detta studiebesök leddes av arbetets handledare som är anställd på Saab och har en god överblick över varvsverksamheten.

5.1.2 Intervjuer

Information om Saabs behov och önskemål för integrationen av de humanoida robotarna i skeppsvarvet i Karlskrona har samlats genom intervjuer med produktionspersonal i olika företagspositioner.

5.1.2.1 Utformning av intervjuerna

Intervjuerna utformades som semistrukturerade intervjuer vars syfte är att möjliggöra för flexibilitet samtidigt som en lista med förbestämda ämnen och frågor diskuterades. Till skillnad från strukturerade intervjuer är de semistrukturerade mindre strikta och öppnar därmed upp för fler idéer snarare än att söka efter svar på specifika frågor [183]. Då syftet med intervjuerna var att få en förståelse för potentiella användningsområden för humanoida robotar ansågs det viktigt att ge intervjupersonen mycket utrymme i att uttrycka sina tankar och åsikter, vilket möjliggörs av ett semistrukturerat tillvägagångssätt. Den fullständiga mallen som använts bifogas som Bilaga A, men en sammanfattning av strukturen följer nedan:

- 1) Kort introduktion av projektet, där syfte och de frågor som ska besvaras av undersökningen förklaras.
- 2) Den intervjuade får utan mer bakgrundsinformation ge sina förslag och förhoppningar för vilka arbetsuppgifter i varvsverksamheten som de gärna hade sett utförda av humanoida robotar.
- 3) Information ges till den intervjuade om hur industriellt anpassade humanoida robotar används i dagsläget i olika pilotprojekt.
- 4) Intervjupersonen får, nu med kunskap kring vad humanoida robotar används till i dagsläget, besvara frågor kring om liknande arbetsuppgifter hade varit relevanta för varvsverksamheten.
- 5) Arbetsuppgifter som i tidigare intervjuer föreslagits skulle kunna utföras av humanoida robotar diskuteras.
- 6) Avslutningsvis ställs en fråga till den intervjuade om hur en introduktion av humanoida robotar förväntas bemötas av produktionspersonalen.

Vid samtliga tillfällen har samtalen varit personliga intervjuer där enbart en person har blivit intervjuad åt gången. Vid intervjutillfällena har det varit två personer som leder intervjun och en person som varit åskådare. Åskådaren har varit arbetets handledare på företaget.

5.1.2.2 Hantering av insamlad information

Under intervjuernas gång har löpande anteckningar gjorts, och efter intervjuerna har en diskussion förts tillsammans med arbetets handledare på företaget för att sammanfatta de viktigaste insikterna. Vid ett enstaka fall har denna information även verifierats av litteratur i efterhand.

5.1.2.3 Val av intervjupersoner

Valet av intervjupersoner har utgått från målet att samla in kvalitativa data och idéer kring var humanoida robotar kan användas i produktionen. Därmed har ett explorativt urval gjort i stället för ett representativt urval som i stället fokuserar på att samla in data som kan representera populationen som helhet [183].

Vidare har ett subjektivt urval gjorts där arbetets handledare på företaget har varit delaktig i att välja ut intervjupersoner som är relevanta för ämnet och har kunskap kring hur olika delar av produktionsvarvet fungerar [183]. Totalt har tre olika personer intervjuats, en projektingenjör, en projektledare och en utvecklingsledare, som samtliga har mycket kunskap om varvsverksamheten i Karlskrona.

5.1.3 Kvantitativa data

För att få en inblick i hur arbetsmomentfördelningen på produktionsvarvet ser ut kontaktades två anställda på produktionsvarvet i Karlskrona. De hade tillgång till data på tidsåtgång för rörproduktionen respektive ubåtsproduktionen i helhet. Anledningen till att information om just rörproduktionen undersöktes var för att den fanns tillgänglig, och då rörproduktionen utgör en relativt stor del av ubåtsproduktionen är det relevant för undersökningen hur mycket tid som spenderas på de olika arbetsmomenten inom rörproduktionen.

Som inledande introduktion till den kvantitativa datan gav anställda på Saab två presentationer kring hur rörproduktionen går till respektive hur datan kring ubåtsproduktionen bör tolkas av. Därefter delades bilder och Excel-filer med kvantitativa data. Den kvantitativa datan analyserades genom att beräkna andelen tid som var avsedd för olika moment inom respektive aktivitet.

5.2 Kort översikt på ubåtsbyggnationen

Att bygga en ubåt är en komplex process med många olika moment som utförs både parallellt och sekventiellt. Först konstrueras skrovet som byggs av stora metallplåtar som skärs och valsas till rätt form. Insidan av skrovet förstärks sedan genom att spant svetsas på. De olika sektionerna av skroven byggs parallellt och svetsas sedan samman. Kablage, rör och övrig utrustning monteras därefter på skrovet. Ubåtens inre struktur utgörs av stora plattformar, som består av flera balkar som svetsas ihop.

Därefter monteras all invändig utrustning på plattformarna. Slutligen placeras plattformarna i skrovet.

Mycket av ubåtens utrustning monteras i trånga utrymmen mellan plattform och skrov, till exempel kablar, rör och stötdämpande fjädrar. De senare stegen i produktionen, där färdiga komponenter monteras på plats inuti skrovet, sker inuti ubåtssektionerna. De sitter upphöjda med ställningar vars trappor har korta steg och lågt i tak. Inuti ubåtssektionerna är många arbetsytor trånga eller av andra anledningar svåråtkomliga, vilket gör att vissa uppgifter ställer krav på rörlighet och hög anpassningsförmåga vad gäller arbetsställning och vinkel.

5.3 Moment inom produktionen

Under processens gång utförs många olika arbetsmoment. Under skrovtillverkningen används plasma- och vattenskär för att skära till metallplåtar. Då placeras plåtar av olika stor- och tjocklekar på skärbordet och maskinen ställs in av en person som övervakar skärningen. Eftersom plåtarna kan vara väldigt stora och tunga använder personal ofta traverser för att placera plåtarna för skärning. För att plåtarna ska få rätt form böjs de genom valsning. Plåtarna placeras i valsmaskinen med hjälp av travers och sedan ställs önskad böj in. Maskinen startas och körs under övervakning av en maskinoperatör. För skarpare böjningar används rörböckningsmaskiner, där metall placeras på rätt plats i maskinen, en maskinoperatör startar maskinen som böjer till metallen.

Som nämnt i avsnitt 5.2 kräver flera av momenten under produktionen svetsning. Några exempel på svetsmoment är sammansvetsningen av skrovets olika sektioner, spant som svetsas på insidan av skrovet, balkarna som svetsas ihop till plattformarna, sammansvetsning av rör och fastsvetsning av fästen på insidan av skrovet. En del av svetsningen görs i trånga utrymmen inuti ubåtssektionerna där det är svårt att komma åt, medan mycket annan svetsning görs på produktionsgolvet, där utrymmet är större.

Vissa komponenter beställs från leverantörer, exempelvis skåp, medan andra saker byggs ihop på varvet, som hållare till rör. De används till att hålla fast mindre rör som finns i ubåten, och består av flera mindre komponenter som monteras ihop av produktionspersonal. För att säkerställa tillräcklig kvalitet görs testning av komponenterna innan de monteras.

Det genomförs även moment under fartygsbyggnationen som inte har med själva produktionen att göra. Ett exempel är transport av föremål i produktionsanläggningen. Transport görs av föremål av olika storlekar och tyngder och sker både utomhus mellan byggnader och inomhus i samma byggnad. Lättare föremål kan flyttas manuellt medan fordon används för transport av tyngre eller otympliga föremål.

5.4 Arbetstidsfördelning

Av informationssäkerhetsskäl finns endast begränsad information om tidsåtgången av olika arbetsmoment tillgänglig. Från den information som är tillgänglig finns dock indikationer på att fler arbetstimmar spenderas på vissa arbetsmoment än andra.

För båtproduktionen i helhet är svetsning en aktivitet som stor del av tiden går till. Enligt produktionsdata från 2017 till 2022 står svetsning för ungefär två tredjedelar av den totala produktionstiden för en av tillverkningsaktiviteterna i båtproduktionen. I tiderna som rapporterats som svetsning ingår även tid för transport och förberedelser inför svetsningen, som står för en okänd andel av den rapporterade tiden. Andra aktiviteter, exempelvis montering, har lägre andel av tiden i svetsning och större del i arbetsmoment som montage.

Då fler än 10 000 rör behövs tillverkas för att bygga Saabs båtar är rörproduktionen en process som tar mycket tid i produktionen. Saab har en intern applikation som beräknar tidsåtgången för de olika aktiviteterna vid rörproduktion, beroende på egenskaper som tjocklek, antal svetsar och svetsklass. Programmet berättar både den totala beräknade tidsåtgången för produktionen av röret och hur lång tid som går åt de olika stegen, som exempelvis bockning, svetsning och kontroll. Utifrån programmets utdata från tidsberäkning av två olika rör kan det konstateras att svetsning, följt av arbetsmomentet efterkapning och fogning är de två aktiviteter som tar mest tid vid rörproduktionen. Sammanlagt går uppskattningsvis ungefär hälften av den totala rörproduktionstiden åt till dem. De arbetsmoment som tar minst tid i rörproduktionen är enligt programmets utdata dimensionskontroller och bockning av röret. Enligt uppskattningen står de tillsammans för mindre än 10 procent av den totala tidsåtgången.

5.5 Sammanställning av intervjusvar

5.5.1 Transport

Ett återkommande område där intervjupersonerna ser att humanoida robotar hade kunnat användas är inom transport. Det beskrivs att det är mycket som tenderar att försvinna under transportsträckor, även då sträckorna är korta, och därför ses en möjlighet att använda humanoida robotar som inte blir distraherade lika lätt. Från intervjuerna framgår det att Saab kategoriserar transporter i yttre respektive inre spridning, där yttre spridning syftar på transporter utanför byggnaderna och inre spridning är transporter innanför byggnaderna. Båda dessa typer av transporter nämns som önskemål att de humanoida robotarna skulle kunna utföra, men fokusområdet tycks ligga på inre spridning. Konkreta arbetsuppgifter som lyfts är lagerhantering, förflyttning av pallar samt förberedande och transporterande av kit med komponenter.

5.5.2 Kontroller

Olika typer av kontroller är också ett område som framhålls av intervjupersonerna. Främst lyfts olika typer av kvalitetskontroller som de tror hade gynnats av att hanteras av humanoider, bland annat avsyning och mätning av detaljer. Ett av de föreslagna användningsområdena är att humanoider skulle kunna jämföra detaljer med 3D-ritningar för att kontrollera att de överensstämmer. Vidare ses även kontroller av artiklar i både antal och typ som en möjlig arbetsuppgift. Ett exempel som tas upp är kopplade till kit. I dag räknas artiklarna i kiten manuellt, men uppgiften nämns som något som hade kunnat automatiseras. Här ses därför en möjlighet att använda humanoida robotar för att förbereda och kontrollera att alla komponenter i lådan är korrekta. Det nämns även av en intervjuperson att detta möjligtvis hade kunnat kombineras med självkörande truckar för att transportera kiten. Under en av intervjuerna nämns däremot att andra typer av robotar, som inte är humanoider, skulle kunna vara snabbare på plockning och därmed vara mer fördelaktiga för dessa arbetsuppgifter.

En annan typ av kontroll är kopplad till skanning av föremål vid olika stationer. En intervjuperson lyfter att det i dag finns personer som har som arbetsuppgift att skanna detaljer vid olika stationer, exempelvis då den tas ut ur brännmaskinen och

när den sedan når slipmaskinen. Detta ses därför som ytterligare en arbetsuppgift som humanoida robotar hade kunnat ta över.

5.5.3 Drömmar

Under intervjuerna diskuterades även arbetsuppgifter som intervjupersonerna hade önskat att humanoida robotar kunde utföra, men som de i dagsläget inte tror är möjliga. Ett av de mest framhävda önskemålen var att humanoiderna skulle kunna svetsa, då det ofta är ett obekvämt arbete som sker frekvent på varvet i Karlskrona och kräver att personal använder skyddsutrustning som tar tid att ta på och av. Vidare ses blästring och målning som potentiella områden, där målning lyfts för att vara en uppgift som både är tidskrävande och där skyddsutrustning krävs, något som intervjupersonen menar att humanoida robotar antagligen inte behöver på samma sätt. Under produktionen sker flertalet arbetsuppgifter i trånga utrymmen där arbetsställningen för de anställda blir obekväm och kan tära på kroppen. Om humanoida robotar hade kunnat ta över uppgifter som utförs i trånga utrymmen, som exempelvis bakom dieselmotorerna, så hade det varit uppskattat och underlättat mycket enligt intervjupersonerna.

5.5.4 Bemötande av personal

Att införa humanoida robotar på produktionsvarvet innebär att de kommer att arbeta i nära kontakt med de anställda. Enligt intervjupersonerna kan integrationen av humanoida robotar vara kontroversiell, och de tror att bemötandet från golvpersonalen inte hade varit positivt. Det beskrivs att många kan ha en konservativ inställning till humanoida robotar, och att införandet av dessa hade kunnat vara konfliktfyllt till en början. En intervjuperson nämner att humanoiderna kan komma att konkurrera ut vissa av de anställda, vilket kan vara en anledning till den negativa inställningen.

Ett förslag från en av intervjuerna var att testa att använda humanoida robotar i Landskrona till en början. Detta då det är en ny produktionssajt och att personalen därmed skulle kunna vara mer mottagliga för förändring där än vid de mer etablerade rutinerna i Karlskrona.

5.5.5 AI och hur humanoider interagerar med sin omgivning

Under intervjuerna lyftes även flera utmaningar med humanoida robotar och införandet av dessa. För att humanoiderna ska kunna få den information de behöver om verksamheten menar en intervjuperson att Saab skulle behöva sin egen AI. Personen syftar på att dagens humanoida robotar använder sig av artificiell intelligens vars källkod ofta är öppen. Att Saab skulle utveckla en egen AI till humanoiderna menar personen skulle vara en del av att säkerställa säkerheten. Under intervjun framkommer det däremot att Saab tidigare har haft partnerskap med utländska AI-företag. Samma person lyfter även allvaret av att de humanoida robotarna inte får för mycket egna tankar eller intelligens så att de utgör säkerhetshot, likaså betonas vikten av att den humanoida roboten ska kunna stängas av om något går fel.

För att få en bättre inblick i hur humanoiderna beter sig i verksamheten, vilka platser den befinner sig på och vilka föremål den interagerar med önskas dessutom automatisk loggning av dessa enligt en av de intervjuade.

5.6 Informationssäkerhet

Saab har som tidigare nämnt strikta krav på hur de hanterar sin information och vilka de kan dela den med. Humanoida robotar samlar stora mängder data i form av video, ritningar och digitala modeller. Mycket av den informationen kan vara säkerhetsklassad och får därför inte delas med personer och företag utanför Saab. Tillverkaren av de humanoider Saab skulle använda får alltså inte ta del av informationen humanoiderna samlar på sig under sin träning och verksamhet hos Saab.

Saab arbetar tillsammans med ett kanadensiskt AI-företag, Cohere, för lösningar till bevakningssystem för luftrum. Saab beskriver i samband med samarbetet att Cohere erbjuder säkerhet och datasekretess av den högsta graden [184]. Vidare arbetar Saab även med flera svenska och europeiska företag för AI-lösningar till bland annat stridsflygplan [185], [186].

5.7 Diskussion

5.7.1 Intervjuernas brister

Antalet intervjuer är lågt till antalet, och inkluderar inte någon intervju med personal vars nuvarande arbetsuppgifter inkluderar manuellt arbete på produktionsgolvet, vilket innebär att vissa perspektiv och insikter kring de humanoida robotarnas integration kan ha missats. Hade fler intervjuer utförts hade resultatet troligtvis blivit mer representativt för Saab.

Det som uppmärksammades mest under intervjuerna var däremot att intervjupersonerna för det mesta inte var insatta i humanoida robotar och deras industriella tillämpningar utöver den verbala information de fick under intervjun. Det är möjligt, om intervjupersonerna sedan innan vore bättre bekanta med humanoida robotar, att de hade kunnat se fler möjligheter och tillämpningar för humanoiderna i varvet och således kunna bidra med mer grundade förslag.

5.7.2 Inkomplett kvantitativa data

Delar av den kvantitativa data som ligger till grund för avsnitt 5.4 berör enbart en av väldigt många aktiviteter vid ubåtstillverkningen vilket innebär att det inte går att dra några slutsatser utifrån detta. Datan kan därmed enbart användas i kombination med andra informationskällor för att ge en indikation kring vilka aktiviteter som är mest tidskrävande. Exempelvis kunde en kombination mellan datan, intervjusvaren och allmän kännedom av produktionsmomenten visa att svetsning är en aktivitet som mycket tid läggs på, trots att datan inte kunde verifiera detta på egen hand.

Tillgången till kvantitativa data begränsades av kontaktpersonen som menade att analys av samtliga data skulle bli ett övermäktigt arbete.

6 Sammanställning

Sammanställningen inleds med en beskrivning av arbetsmoment som passar humanoida robotar utifrån teorin. Därefter filtreras och bedöms de olika kandidaterna för att sedan diskuteras genom att jämföra Saabs behov med tillgänglig information om de humanoida robotarna.

6.1 Metod

I detta avsnitt har en variant av Ulrich och Eppingers metod för konceptutvärdering används i kombination med diskussioner med arbetets handledare på företaget. Dessutom har en jämförelse mellan teori och Saabs behov utförts för att motivera fördelar och nackdelar med de olika humanoida robotarna.

6.1.1 Ulrich och Eppingers metod för konceptutvärdering

Ulrich och Eppingers metod för konceptutvärdering är uppdelad i två olika steg. Det första steget är en sällning som utgår från att samtliga koncept utvärderas utifrån ett antal kriterier för att ta fram de mest lovande alternativen. Dessa kriterier utvärderas därefter utifrån en referenspunkt genom att bedömas med ett +, ett – eller 0. De alternativen med högst total efter att summan beräknats behålls i processen [6].

Nästa steg av metoden är en poängsättning och innefattar att bedöma alternativen mer specifikt genom att vikta de olika kriterierna. Kriterierna kan i detta steg modifieras och utvecklas för att få ett mer specifikt resultat. Varje kriterium får sedan ett betyg mellan 1 och 5 jämfört med referenspunkten, samt en procentandel av 100 procent för att vikta kriteriet. Slutligen beräknas totalpoängen genom att summera produkten av vikten och betyget för varje kriterium för respektive alternativ enligt den förenklade formeln nedan [6].

$$Totalpoäng = \sum vikt \cdot betyg$$

Slutligen bedöms det alternativ med högst totalpoäng vara bäst lämpad för att ta fram en vinnande lösning [6].

6.1.1.1 Applicering och modifiering av konceptutvärderingen

För att utvärdera vilka humanoida robotar som är bäst lämpade för Saabs verksamhet har bortfiltreringen av humanoider utgått från Ulrich och Eppingers metod för konceptutvärdering. Däremot har metoden modifierats och förenklats till följd av att informationen kring de humanoida robotarna på många håll är inkomplett och under ständig förändring.

I praktiken innebar det första steget att humanoiderna bedömdes utifrån sex olika kriterier som ansågs vara diskvalificerande faktorer. Om dessa samtliga kriterier var fullt uppnådda gick humanoiden vidare till nästa steg, men om minst ett kriterium inte var uppfyllt ansågs denna humanoid inte längre vara en kandidat. Hur dessa kriterier beslutades beskrivs i avsnitt 6.1.2.

I nästa steg valdes nio olika kriterier ut som ansågs viktiga för Saab, men som inte var diskvalificerande faktorer. Dessa tilldelades därmed en vikt mellan 1 och 5, beroende på hur viktigt kriteriet ansågs vara för Saab. Att kriterierna inte jämfördes med en referenspunkt beror på att området kring humanoida robotar fortfarande är nytt och att det därmed är svårt att definiera en referens att utgå från. En avvägning gjordes därför att simplificera metoden i stället för att använda procentuella vikter. Humanoiderna fick för varje kriterium samma antal poäng som kriteriets vikt om det uppfylldes, annars noll poäng. Hur kriterierna togs fram beskrivs i avsnitt 6.1.2.

6.1.2 Diskussioner – Framtagning av kriterier

För att ta fram samtliga kriterier, både de diskvalificerande och de som viktades, hölls diskussioner med arbetets handledare på Saab, som är insatt i arbetet och därmed kunde ge betydelsefulla förslag. Kriterierna togs fram i dialog med handledaren på företaget, där både författarna och handledaren kom med förslag på egenskaper som var önskvärda hos humanoiderna. Därefter bestämdes vilka av kriterierna som var diskvalificerande om de inte uppnåddes, genom att arbetets handledare fick peka ut de egenskaper som ansågs kritiska från Saabs perspektiv. Därefter viktsattes de resterande kriterierna genom att handledaren fick göra en bedömning för varje enskilt kriterium. Handledaren hade den avgörande talan för vilka vikter som skulle sättas, men fattade dessa beslut i diskussion med författarna. Gränserna för rörelsehastighet och bärkapacitet, 1,4 m/s respektive 20 kg, har satts

genom jämförelse med människors generella egenskaper, som approximerats utifrån statistik och riktlinjer för fysiskt arbete. De humanoider som rör sig snabbare eller kan bära mer än människor har alltså fått poäng. Då området humanoida robotar är nytt för Saab ansågs involvering av ytterligare personer i sammanställning av kriterier och vikter mindre relevant. De diskvalificerande kriterierna som sattes upp visas i Tabell 4, och de viktade kriterierna visas i Tabell 5.

Tabell 4 Krav som måste uppfyllas av de humanoida robotarna för att övervägas som kandidater.

Krav
Tillräckligt avancerat utvecklingsstadium
Trovärdig
Autonom
Personsäkerhet
Utföra relevanta uppgifter för Saab
Kunna skilja på och identifiera objekt

Tabell 5 Kriterier som används för att rangordna de humanoida robotarna som uppfyller samtliga krav.

Bedömning	
Kriterier	Vikt
Kommersiellt tillgänglig	4
Klarar lyft på ≥ 20 kg	3
Hastighet på $\geq 1,4$ m/s	2
Kan byta batterier/ladda sig själv	2
Kommunikation med människor	3
EU-land	2
Redovisar informationssäkerhet	3
Tidigare lyckade pilottester	4
Erbjuder reparation	4
Totalt	27

6.1.3 Jämförelse mellan teori och behov

Slutligen har samtliga humanoida robotar diskuterats genom att göra jämförelser mellan teori och Saabs behov.

För de humanoider som filterades bort på grund av att de inte uppfyllde samtliga diskvalificerande kriterier skedde en diskussion kring den information som finns om humanoiden och varför den diskvalificerades. Dessutom jämfördes informationen om humanoiden med Saabs behov och krav för att skapa en förståelse kring om den hade kunnat vara relevant för Saab om det eller de kriterierna som inte var uppfyllda skulle uppfyllas i framtiden.

De humanoida robotar som blev bedömda utifrån viktade kriterier diskuterades genom att jämföra teori och intervjusvar med respektive kriterium. Detta för att skapa djupare förståelse kring de olika kriterierna, och varför de uppfylldes eller ej. Dessutom diskuterades övrig teori kring humanoiderna som hade kunnat vara av intresse för Saab genom att jämföra dessa med företagets behov.

6.2 Arbetsmoment hos Saab som passar humanoida robotar

Arbetsuppgifterna senare i produktionsprocessen, som utförs inuti ubåtssektionerna, är utmanande för dagens humanoida robotar eftersom många av dem inte ännu besitter tillräckligt avancerade och tillförlitliga förmågor att bestiga svåra trappor, klättra stegar eller ta sig fram genom trånga utrymmen.

Nere på produktionsgolvet utförs däremot många arbetsuppgifter i öppna miljöer på plant golv. Exempel på uppgifter som utförs är betjäning av maskinerna för valsning, rörböckning och skärning. Då maskinerna för det mesta är ganska lättbetjänade är det möjligt att det är en lämplig arbetsuppgift för humanoida robotar. Det är dock möjligt att en övervakande människa fortfarande skulle behöva befinna sig i närheten utifall att något skulle gå fel. Det skulle ändå vara en effektivisering om en människa samtidigt kunde övervaka flera maskiner som kontrolleras av humanoider.

En del humanoida robotar som utvecklas i dag, bland annat de från Persona AI, ska kunna svetsa. Om utvecklingen går som utlovat hade humanoida robotar kunnat ta över vissa av svetsmomenten som utförs nere på golvet. Hittills har dock inga pilotprojekt med svetsande humanoider utförts, så utvecklingen måste avancera längre innan det kan bli en verklighet.

I de pilotprojekt som har utförts med humanoida robotar i produktionsmiljöer har de bland annat använts för att hämta material, utföra enklare kvalitetskontroller och placera metallplåtar för svetsning. Dessa uppgifter utförs även på Saab Kockums i stor utsträckning och tyder därför på att humanoida robotar skulle vara till nytta för verksamheten i skeppsvarvet. En annan process humanoiderna eventuellt skulle kunna utföra på Saab för att vara till hjälp är sammansättningen av kabelhållare. Själva processen är inte avancerad, men kräver flera olika komponenter som måste transporteras.

Dagens humanoida robotar kan i flera fall röra sig snabbare än genomsnittlig mänsklig gånghastighet, och därför skulle det kunna vara till en fördel att använda för transport av lättare föremål. För sträckor som går över flera rum krävs det dock att humanoiderna kan öppna och ta sig genom låsta dörrar, vilket skulle kunna innebära säkerhetsrisker, exempelvis om någon utan behörighet instruerar humanoiden att öppna en stängd dörr.

6.3 Bortfiltrering av humanoider

Tabell 6 och Tabell 7 visar vilka krav som uppfylls och inte av de olika humanoiderna. En grön bockmarkering innebär att kravet är fullt uppnått, och ett rött kryss innebär att det inte är det. Bedömningarna för respektive krav och humanoid är gjorda av arbetets författare. Om ett kryss eller en bock skulle placeras bestämdes genom en subjektiv bedömning utifrån den tillgängliga informationen.

Tabell 6 Uppfyllda krav för 4NE1, Agile One, GENE.01, Apollo, Atlas och Digit.

	4NE1	Agile One	GENE.01	Apollo	Atlas	Digit
Tillräckligt avancerat utvecklingsstadium	✓	✓	✗	✓	✓	✓
Trovärdig	✓	✗	✓	✓	✓	✓
Autonom	✓	✓	✓	✗	✓	✓
Personsäkerhet	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Utföra relevanta uppgifter för Saab	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Kunna skilja på och identifiera objekt	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Tabell 7 Uppfyllda krav för Optimus, Persona AI Humanoid, AEON, HMND 01 Alpha och Phoenix.

	Optimus	Persona AI Humanoid	AEON	HMND 01 Alpha	Phoenix
Tillräckligt avancerat utvecklingsstadium	✓	✗	✓	✓	✓
Trovärdig	✗	✓	✓	✓	✗
Autonom	✓	✓	✓	✓	✓
Personsäkerhet	✓	✗	✓	✗	✗
Utföra relevanta uppgifter för Saab	✓	✓	✓	✓	✓
Kunna skilja på och identifiera objekt	✓	✓	✓	✓	✓

6.3.1 Tillräckligt avancerat utvecklingsstadium

Utifrån informationen i avsnitt 4 går det att utläsa att två av humanoiderna är i ett tidigare stadiet än de andra. Dessa två är GENE.01 och Persona AI humanoid. Att dessa befinner sig i ett tidigt stadiet resulterar i att de i dagsläget inte ses som kandidater då de inte kommit tillräckligt långt i sin utveckling för att uppvisa tillräckligt goda färdigheter. Å andra sidan har företagen bakom dessa humanoider stora visioner och tankar kring hur humanoiderna ska fungera, och lyckas de med detta kan humanoiderna bli mer intressanta för Saab i framtiden. Nedan följer en tydligare presentation av de båda humanoiderna som utesluts i detta steg, men även varför de kan bli intressanta i ett senare skede.

6.3.1.1 GENE.01

GENE.01 är en humanoid robot som beskrivs vara anpassningsbar utifrån kundens behov, och ska på så vis kunna fungera i flera olika industrier. Likt många andra humanoider som presenterats finns inte GENE.01 kommersiellt tillgänglig i dagsläget, men ska påbörja sina första tester i slutet av 2026. Testerna förväntas pågå i ett par år efter det innan humanoiden lanseras kommersiellt. Den långa tidshorisonten i kombinationen med att specifikationerna för GENE.01:s mått och förmågor saknas medför svårigheter att ta ställning kring humanoidens lämplighet

för Saabs verksamhet i dagsläget. Om det i ett senare skede konstateras att GENE.01 kan göra det som den planeras kunna så har den fördelar i att den ska kunna fungera i skeppsvarv och i miljöer med höga temperaturer och utföra uppgifter som är attraktiva för Saab, som svetsning. Att den ska klara av att arbeta i extrema miljöer med höga temperaturer hade också varit en fördel för Saab då det sker svetsning i tankar och torpedtuber där arbetstiden är begränsad för människor på grund av värmen. Däremot räcker det inte med att humanoiden skulle klara höga temperaturer, den behöver också visa att den kan utföra de arbetsuppgifter som krävs i dessa miljöer för att vara lämplig.

6.3.1.2 Persona AI Humanoid

Den andra humanoida roboten som avfärdas som alternativ på grund av att den är i ett tidigt stadie är Persona AI Humanoid. I teorin hade denna humanoida robot kunnat vara en av de främsta kandidaterna till Saab då den ska kunna anpassas till en mängd olika industrier, däribland skeppsbyggnation. Där ska den bland annat kunna måla, slipa och svetsa, vilket är önskemål som har lyfts från anställda på Saab. Persona AI Humanoid ska även kunna operera i trånga utrymmen vilket hade varit en stor fördel för Saab då flera arbetsmoment sker där plats är begränsad och de anställda behöver arbeta i påfrestande arbetsställningar. För denna humanoid saknas det däremot videor som visar hur den rör sig och vilka arbetsuppgifter den kan utföra. Dessutom finns inga planer på när den ska lanseras, enbart att viljeförklaringar kring framtida pilotprojekt skrivits på sedan september 2025. Specifikationerna kring humanoiden saknas också på företagets hemsida. Som mest beskrivs visioner kring vad de vill att den ska kunna göra. Persona AI skriver dessutom själva att de ännu inte har någon färdig produkt, men de har många tankar kring vad den ska kunna göra i framtiden. Därför anses Persona AI Humanoid fortfarande vara mer av ett koncept snarare än en humanoid robot som visat på att den har potential att uppnå sina mål. Men om företaget i framtiden kommer att lyckas med detta kan Persona AI Humanoid vara en stark kandidat för Saab. Persona AI uppfyller inte heller kriteriet personsäkerhet, vilket kan bero på det tidiga utvecklingsstadiet. Att den varnar med RGB-ljus anses inte tillräckligt för att uppfylla kriteriet.

6.3.2 Trovärdig

För att kunna fatta ett beslut om en humanoid robot är lämplig att köpa in för ett företag behöver informationen som tillverkaren går ut med vara pålitlig och tillräckligt omfattande för att beslutet inte ska vara en chansning. Trovärdighet från

företagets sida kan vara speciellt viktig för Saab, då deras verksamhet berör nationell säkerhet. Det innebär att fullständig transparens kring hanteringen av information som humanoiderna samlar på sig är kritisk för att Saab ska kunna gå framåt med en humanoid robot.

6.3.2.1 Phoenix

Sanctuary AI, företaget bakom Phoenix, har lagt ut mycket information om sin humanoid, men knappt några specifikationer för de två senaste generationerna av humanoiden. Den senaste generationen med omfattande specifikationer är generation 6. Då hade Phoenix fortfarande två ben i stället för en hjuldriven bas, som den senaste generationen har. Som tidigare nämnts har inga videor på när Phoenix förflyttar sig publicerats, och av de videor som har publicerats på humanoiden när den utför uppgifter fjärrstyrs den i nästan samtliga. Detta resulterar i att det inte är särskilt tydligt vad Phoenix är kapabel till, än mindre vad den klarar av att göra på egen hand. Därför går det inte i nuläget att rekommendera Phoenix som en humanoid robot att användas för Saabs skeppsbyggnation.

Phoenix har dock uppvisat lovande handmotorik och taktill känsel, och har också genomgått ett lyckat test hos Canadian Tire Corporation. Om frågetecknen kring humanoidens förmåga att ta sig runt samt agera utan fjärrstyrning klarnas upp kan Phoenix eventuellt bli aktuell för användning.

Utöver trovärdigheten uppfyller Phoenix inte heller kriteriet för personsäkerhet då information kring detta inte tydligt presenteras. I detta fall väger däremot trovärdighetsaspekten tyngre då information kring personsäkerhet saknas till skillnad från påvisade brister kring trovärdigheten.

6.3.2.2 Optimus

Teslas Optimus har visat upp fler förmågor än vad Phoenix har, men har också haft problem som gör att informationen kring humanoiden inte helt går att lita på. Både presentationen av Optimus 3 och datumet för när den ska finnas kommersiellt tillgänglig har skjutits på flera gånger, vilket ger ett intryck av att de specifikationer och egenskaper som utlovats av Tesla inte ännu har blivit verklighet. Dessutom har Tesla tidigare inte varit helt transparenta med att demonstrationer av Optimus har använt fjärrstyrning. Detta bidrar ytterligare till intrycket av att Optimus inte kommit så långt i utvecklingen som företaget planerat, och att Optimus då riskerar att inte leva upp till förväntningarna som Tesla skapat. Av dessa anledningar kan Optimus i nuläget inte rekommenderas att tas in till Saabs skeppsvarv.

Optimus är förvisso numera Teslas största fokus enligt de själva, och företaget har från deras biltillverkning erfarenhet av storskalig produktion och AI. Då humanoiden ska vara kapabel till industriarbete och utrustad med säkerhetsfunktioner som bakdrivbarhet hade den annars varit en möjlig kandidat till att understödja Saab Naval i produktionen.

6.3.2.3 Agile One

En annan humanoid robot vars bakgrund presenterar utmaningar gällande trovärdighet är Agile One, som tillverkas av Agile Robots. Anledningen är att företaget delvis är finansierat av kapital från ett land som inte ingår i arbetet efter avgränsningarna, vilket kan medföra problem rörande lojalitet. Agile Robots skulle kunna hamna i intressekonflikter mellan sina investerare och Saab. Exempelvis skulle en situation kunna uppstå där investerarna vill ha tillgång till information Agile Robots har samlat in om Saab i samband med en överenskommelse mellan företagen, och hota med att dra in finansiering om de inte får den. Därför kan trovärdigheten av Agile One ifrågasättas även om de själva säger att känslig information som exponeras för dem förvaras tryggt och inte kommer att spridas vidare. Av den anledningen är det är tryggare val för Saab att gå vidare med andra kandidater vid valet av humanoid robot till sin skeppsbyggnation.

Även om Agile Robots vid ett senare skede skulle uppfylla kravet på trovärdighet, är det möjligt att Agile One fortfarande inte kan vara en kandidat på grund av företagets policy att inte utveckla humanoida robotar i militära syften. Eftersom Saab tillverkar militär utrustning, är det därför möjligt att Agile Robots skulle vägra att sälja till dem.

6.3.3 Autonom

6.3.3.1 Apollo

En av de egenskaper som satts som hårt krav vid bedömningen av de humanoida robotarna är autonomi. Med det menas att humanoiden kan utföra arbetsuppgifter utan mänsklig styrning. Apptronik satsar i nuläget inte på att deras humanoida robot, Apollo, ska vara helt autonom, utan att den fortfarande till stor del ska vara beroende av att människor fattar dess beslut. Av den anledningen räknas Apollo inte i nuläget som en potentiell kandidat för Saab.

Då Apollo till slut ska bli fullt autonom är det troligt att den i framtiden kan övervägas som en kandidat, då den ska vara industriellt lämpad och utrustad med funktioner som gör den säker att arbeta med.

6.3.4 Personsäkerhet

6.3.4.1 HMND 01 Alpha

HMND 01 Alpha saknar tillfredsställande information gällande funktioner för säkerhet. Den säkerhetsfunktion som humanoiden beskrivs besitta är ”klädesplagg för skydd och säkerhet”. Exakt hur dessa klädesplagg ska göra humanoiden säker framgår inte. Det går därför inte att utesluta att dessa klädesplagg endast syftar till att förmildra kollisioner genom att göra humanoidens utsida mjukare. Detta anses inte vara tillräckligt säkerhetsgaranterande för att humanoiden ska kunna arbeta i närhet med människor. Saab har uttryckt att eventuella humanoida robotar de tar in måste ha funktioner för personsäkerhet som minimerar risker för skador på företagets personal. Därför kan inte HMND 01 Alpha övervägas vidare som en kandidat i bedömningsprocessen.

Det är inte omöjligt att HMND 01 Alpha trots bristen på information ändå har säkerhetsfunktioner, men att dessa utelämnats från beskrivningarna av humanoiden. Det finns dock inget som pekar på att det är fallet. Då humanoiden fortfarande är under utveckling är det troligt att den utrustas med ordentliga säkerhetsfunktioner innan den blir kommersiellt tillgänglig, i vilket fall den åter igen skulle kunna övervägas som en kandidat. Genom sitt pilotprojekt hos Ford har den uppvisat god förmåga att utföra logistikuppgifter, vilket skulle kunna göra den användbar för Saab.

6.4 Bedömning av humanoider

Efter att sju av humanoiderna filterades bort till följd att de inte uppnådde de krav som sattes upp för att de ska vara relevanta för Saab bedömdes de kvarstående fyra utifrån viktade kriterier. Resultatet visade att Digit är den humanoida roboten som får flest poäng med ett resultat på 20, följt av AEON på 15 poäng, 4NE1 på 14 poäng och slutligen Atlas på 11 poäng. Antal kriterier som uppfylls av humanoiderna är 6, 5, 5 respektive 4. Det fullständiga resultatet presenteras i Tabell 8.

Tabell 8 Betygsättning av de humanoider som uppfyllde samtliga krav.

		4NE1	Atlas	AEON	Digit
<u>Kriterier</u>	<u>Vikt</u>	<u>Betyg</u>	<u>Betyg</u>	<u>Betyg</u>	<u>Betyg</u>
Kommersiellt tillgänglig	4	0	0	0	4
Klarar lyft på ≥ 20 kg	3	3	3	0	0
Hastighet på $\geq 1,4$ m/s	2	2	2	2	0
Kan byta batterier/ladda sig själv	2	0	2	2	2
Kommunikation med människor	3	3	0	0	3
EU-land	2	2	0	0	0
Redovisar informationssäkerhet	3	0	0	3	3
Tidigare lyckade pilottester	4	4	4	4	4
Erbjuder reparation	4	0	0	4	4
Totalt	27	14	11	15	20

Resultatet visar att enbart ett kriterium uppfylls av samtliga humanoida robotar, detta var ”Tidigare lyckade pilottester”. Två av kriterierna uppfylls av alla humanoider utom en, de är ”Hastighet på $\geq 1,4$ m/s” och ”Kan byta batterier/ladda sig själv”, som inte uppfylls av Digit respektive 4NE1.

Därefter är det fyra kriterier som uppfylls av hälften av humanoiderna. ”Klarar lyft på ≥ 20 kg” uppfylls av 4NE1 och Atlas, och ”Kommunikation med människor” uppfylls av 4NE1 och Digit. ”Erbjuder reparation” och ”Redovisar informationssäkerhet” uppfylls av AEON och Digit.

Digit är den enda som inte uppfyller ”Hastighet på $\geq 1,4$ m/s”. Den enda som inte kan byta batterier eller ladda sig själv är 4NE1, som också är den enda humanoiden som kommer från ett EU-land.

6.4.1 Diskussion kring de fyra sista humanoiderna

6.4.1.1 Atlas

Atlas är den humanoida roboten som fick lägst antal poäng av de som inte hade filtrerats bort i ett tidigare stadie. Den uppfyllde fyra av de uppsatta kriterierna,

medan fem var ouppfyllda. De som uppfylldes var "Klarar lyft på ≥ 20 kg", "Hastighet på $\geq 1,4$ m/s", "Kan byta batterier/ladda själv" och "Tidigare lyckade pilottester".

6.4.1.1.1 Uppfyllda kriterier

Att Atlas ska klara av att lyfta 50 kg och bära 30 kg är en fördel då mänskliga arbetare enligt brittiska riktlinjer får bära max 16 respektive 25 kg beroende på kön. Detta innebär att Atlas ska kunna lyfta betydligt tyngre än vad en människa bör lyfta. Dessutom är en fördel med humanoider jämfört med människor att de inte har muskler som tröttnar ut, och kan därmed bära tunga föremål under en längre period.

Atlas är den snabbaste humanoiden av de återstående kandidaterna, och den näst snabbaste av samtliga kandidater som presenterats i denna rapport, med en maxhastighet på 2,5 m/s. Om man jämför med en människas genomsnittliga gånghastighet som är knappt 1,4 m/s kan Atlas därmed uppnå en betydligt högre hastighet. Även om det kan anses orättvist att jämföra människans genomsnittliga gånghastighet med humanoidens maxhastighet då detta kan innebära att humanoiden springer anses det ändå som en rimlig jämförelse. Detta beror på att på produktionsgolvet rör sig människorna i gånghastighet, och på så vis är det den hastigheten det är relevant att jämföra med. Klarar humanoiden att uppnå den hastighet som en människa genomsnittligt går i så anses detta tillräckligt, och klarar den mer så är det en fördel.

Atlas kan dessutom självständigt byta batteripack när batterinivån blir låg. Detta är en fördel om man vill uppnå kontinuerlig drift jämfört med att behöva mänsklig assistans, men även jämfört med att ställa sig på laddning. Anledningen till detta är att om det skulle behövas mänsklig assistans skulle humanoiden vara beroende av att det finns en människa som kan hjälpa till då batteriet blir lågt. Om Saab skulle vilja att humanoiderna opererar även på nätter eller helgdagar är detta då en nackdel då den skulle bli stillastående när batteriet är urladdat. Ett bättre alternativ om man vill uppnå kontinuerlig drift är då att humanoiden kan ställa sig själv på laddning när batterinivån blir låg. Detta gör att den kan fortsätta operera även utan att en människa är på plats. Däremot kommer de ske uppehåll under de timmar som humanoiden behöver laddas. Fördelen med att Atlas kan byta batteripack själv är därmed att den inte behöver stå still under någon period, utan kan operera kontinuerligt. Däremot finns ingen tydlig information kring hur uppladdning av de urladdade batteripacken sker, och det finns en risk att humanoiden då blir beroende av mänsklig assistans för att kunna ladda batteripacken och därmed inte kan operera kontinuerligt och självständigt under en längre tid.

Atlas har pilottestats i Hyundais egna fabriker och fick då i uppgift att sortera taktäckesdelar. Det ses som en fördel att humanoiden har pilottestats då det visar på att den klarar att utföra uppgifter i en verklig miljö. Nackdelen i detta fall är däremot att pilottesterna är gjorda i en fabrik som ägs av företaget som äger Atlas. Detta skapar en beroendeställning och minskar trovärdigheten jämfört med om testerna hade skett hos ett utomstående företag. Fördelen med testerna är däremot att Atlas visade på att den klarar av sorteringsuppgifter, något som hade kunnat vara relevant för Saab.

6.4.1.1.2 Uppfyllda kriterier

En nackdel med Atlas är det saknas en del viktig information. Exempelvis finns det inte beskrivet om, och i sådana fall hur, Atlas kommunicerar med människor. Att humanoiden kan kommunicera med människor ses som en relativt viktig aspekt för Saab för att arbetet mellan människa och humanoid ska fungera bra. Att den informationen saknas innebär inte nödvändigtvis att den inte kan kommunicera med människor, men att informationen inte har framhållits ger en indikation på att förmågan inte är något företaget vill framhäva. Däremot finns information kring att Atlas kan upptäcka människor i närheten.

Likasa saknas information om informationssäkerhet. Detta anses också vara en relativt viktig aspekt för Saab då det är viktigt att den information som humanoiden samlar in inte sprids. Det finns inte heller någon information om huruvida Boston Dynamics kommer att erbjuda reparation när Atlas finns på marknaden, eller när den kommer att bli kommersiellt tillgänglig. Priset för Atlas presenteras ej, vilket gör det svårt att dra en slutsats kring dess prisvärdhet.

Slutligen kommer Atlas inte från ett EU-land vilket kan bidra till utmaningar gällande riktlinjer, lagar och handel.

6.4.1.1.3 Övrigt intressant

En annan fördel med Atlas är förmågan att kunna överföra inlärda färdigheter till andra Atlas. Detta kan leda till stora tidsbesparingar om man har flera Atlas-humanoider då enbart en av humanoiderna behöver tränas på en viss uppgift för att alla ska kunna utföra den.

Vidare är Atlas den enda av kandidaterna som presenterar en skyddsklassning vilket är en stor fördel då det visar på hur humanoiden klarar av olika miljöer. Den skyddsklassningen som Atlas har, IP67, visar på att den är dammtålig och klarar av att vara i vatten på en djup på en meter. Att den är vattentålig är inte en egenskap

som i dagsläget är relevant för de uppgifter som en humanoid skulle utföra på skeppsvarvet. Däremot är dammtåligheten en fördel i produktionsmiljön, och en skyddsklassning visar på att humanoiden ska klara detta. Dessutom presenteras temperaturtåligheten som visar att Atlas klarar temperaturer mellan -20 och +40 grader Celsius. För Saab är det av större vikt att humanoiden ska klara höga temperaturer än låga. Däremot inkluderar önskemålen att humanoiden ska kunna svetsa i tankar och torpeder, och för detta räcker det inte att Atlas klarar av +40 grader Celsius.

6.4.1.2 4NE1

4NE1 uppfyllde fem av kriterierna. Dessa kriterier var däremot viktade tyngre vilket ledde till att 4NE1 fick ett poäng mer än Atlas och därmed landade på totalt 14 poäng. De kriterier som uppfylldes var ”Klarar lyft på ≥ 20 kg”, ”Kommunikation med människor”, ”EU-land” och ”Tidigare lyckade pilottester”. Skillnaden mellan Atlas och 4NE1 är därmed att 4NE1 kan kommunicera och kommer från ett EU-land i stället för att gå snabbt och kunna batterier självständigt.

6.4.1.2.1 Uppfyllda kriterier

Bärkapaciteten för 4NE1 varierar från 10 till 100 kg och beror på vilken kroppsställning humanoiden befinner sig. Skulle humanoiden ha en låda som väger 20 kg framför sig så kan den bära denna och därmed är kriteriet ”Klarar lyft på ≥ 20 kg” uppfyllt, även om lådan inte kan lyftas i alla ställningar. Att bärkapaciteten är så stor är en fördel om humanoiden ska arbeta på produktionsvarvet då flera av detaljerna som tillverkas är tunga. Precis som Atlas är 4NE1 kapabel till att bära betydligt tyngre vikter än vad en människa får enligt de brittiska riktlinjerna. Detta i kombination med att den inte har några muskler som kan bli uttröttade gör den fördelaktig i denna aspekt.

4NE1 ska kunna kommunicera med människor genom att agera på röstkommandon. Att humanoiden kan kommunicera med människor ses som en fördel då det underlättar interaktioner sinsemellan och gör humanoiden mer lik en människa i sitt beteende. Funktionen kan bland annat medföra att de mänskliga arbetarna enbart ska behöva säga till 4NE1 att göra något för att uppgiften ska utföras, och att den därmed inte behöver vara förprogrammerad för att utföra arbetsuppgifter.

Att 4NE1 kommer från ett EU-land kan medföra flera fördelar. Dels är Sverige politiskt sammanbundna med andra EU-länder på ett annat sätt än med övriga världen vilket kan medföra att handel mellan länderna är smidigare än vad det hade varit med USA eller andra länder utanför EU. Dessutom är sannolikheten att Sverige

och Tyskland, som 4NE1 kommer från, har gemensamma riktlinjer gällande humanoida robotar större än för länder utanför EU. Dessutom kan den geografiska närheten vara en fördel om företaget erbjuder service och reparation av 4NE1.

Det sista kriteriet som 4NE1 fick poäng för var ”Tidigare lyckade pilottester”. Under 2025 utfördes pilottester som visade att humanoiden har förmågan att självständigt utföra plockningsuppgifter, något som hade kunnat vara relevant för Saab. Det som är mer intressant är däremot ett kommande pilotprojekt hos Hyundai där 4NE1 ska hjälpa till med skeppsbyggnation genom att exempelvis svetsa och montera. Dessa arbetsuppgifter är högst aktuella hos Saab, där framför allt svetsning är något som önskas av flera anställda. Däremot behöver humanoiden modifieras innan testerna utförs för att kunna klara av förhållandena och uppnå en hög precision. 4NE1 har därmed ännu inte klarat tester i skeppsbyggnationsmiljön hos Hyundai, men beroende på utfall kan humanoiden blir mer eller mindre relevant för Saab i framtiden.

4NE1 har en hastighet på 1,4 m/s, vilket motsvarar en människas genomsnittshastighet. Detta gör att detta kriterium uppfylls, men utan marginal. Fördelen är att den då kan röra sig i en människas hastighet och därmed operera i samma tempo. Däremot har den ingen marginal och sticker därmed inte ut även om kriteriet är uppfyllt.

6.4.1.2.2 Uppfyllda kriterier

Det saknas information kring om 4NE1 självständigt kan byta batterier. Den information som presenteras säger att batterierna kan bytas medan strömmen är påslagen vilket ska möjliggöra för kontinuerlig drift. Om 4NE1 själv skulle kunna byta batterier skulle det vara en fördel då ingen människa skulle behöva vara inblandad för att humanoiden ska kunna operera. Batteritiden är dessutom okänd vilket medför osäkerheter kring hur länge 4NE1 kan operera innan en människa behöver byta dess batteri. Däremot ses detta inte som en av de viktigaste aspekterna för Saab och bör därmed inte anses som en allt för stor nackdel.

Att det saknas information kring informationssäkerhet och om företaget kommer att erbjuda reparation är humanoiden blir kommersiellt tillgänglig är nackdelar med humanoiden. Informationssäkerhet är viktigt för Saab för att säkerställa att ingen hemlig information lämnar de med behörighet, och reparationen är viktig för att säkerställa att livslängden för humanoiden blir lång.

Även om 4NE1 ännu inte finns kommersiellt tillgänglig har ett pris presenterats och kommer landa på 98 000 euro vid köp av 19 eller färre enheter, och 60 000 euro vid

köp av 20 eller fler enheter för generation 3.5. Jämfört med Digit, som är den enda andra av de återstående tre humanoiderna som redovisar ett pris, anses dessa humanoider därmed vara billiga.

6.4.1.2.3 Övrigt intressant

Något som sticker ut med 4NE1 är däremot att den ska ha en "hud" som ska bidra till en ökad säkerhet och underlätta interaktionen med människor. Huden, som ska medföra tryckkänslighet och känna av om någon eller något är nära, kan ses som en fördel när humanoiden ska arbeta i anslutning till människor i produktionen på Saab eftersom den ska motverka olyckor och göra interaktionen mer säker. Då personsäkerhet är en väldigt viktig aspekt för Saab, vilket visades i avsnitt 6.3, ses denna hud som en stor fördel då det gör 4NE1 mer medveten om sin omgivning även om sikten skulle vara begränsad. Huden ska appliceras genom att sprayas på humanoiden, och ska inte påverka ytan visuellt, men därefter är informationen begränsad. Det finns därmed osäkerheter kring hur teknologin skulle fungera, men även hur långt den har kommit i utvecklingen och när den kan förväntas fungera.

Slutligen finns det flera versioner av 4NE1, både varianter på hjul och en mindre version av humanoiden. Att det finns flera versioner är en fördel för att kunna anpassa den fysiska utformningen efter Saabs behov. Beroende på om humanoiden ska kunna röra sig på ojämna ytor eller på ett plant golv kan en tvåbent respektive hjuldriven version vara fördelaktig. Fördelen med den mindre versionen är att den skulle kunna operera i trängre miljöer. Om 4NE1 har ett lyckat pilotprojekt hos Hyundai och i framtiden kommer att klara av att svetsa kan därmed den mindre varianten vara intressant för Saab.

6.4.1.3 AEON

AEON uppfyllde fem av kriterierna, som sammanlagt bar större vikt än de fem som uppfylldes av 4NE1, vilket resulterade i att den når en andraplats i rangordningen med 15 poäng. Kriterierna som uppnåddes var "Hastighet på $\geq 1,4$ m/s", "Kan byta batterier/ladda sig själv", "Redovisar informationssäkerhet", "Tidigare lyckade pilottester" samt "Erbjuder reparation". AEON är alltså, trots den korta tid som passerat sedan presentationen av humanoiden i juni 2025, en stark kandidat till att stötta Saab i deras produktion.

6.4.1.3.1 Uppfyllda kriterier

En av AEON:s styrkor är dess höga hastighet den kan röra sig med tack vare sina hjul. Med förmågan att förflytta sig i 2,4 m/s är AEON snabbare än de flesta andra humanoider. Att humanoiden kan röra sig snabbare än normal gånghastighet kan

vara en fördel när föremål ska transporteras mellan stationer. Denna hastighet gäller dock för plana golv, då AEON uppnår den genom att rulla på sina hjul. Golv i produktionsanläggningar är generellt sett plana, men för utomhustransport, exempelvis över asfalt mellan byggnader, är det inte säkert att AEON kan rulla på samma sätt. Om transport av föremål utomhus är en högt prioriterad arbetsuppgift för humanoiderna borde AEON:s förmåga att förflytta sig över ojämn mark därför granskas noggrant innan investeringar görs.

AEON har förmågan att byta sina batterier själv, vilket gör att den kan arbeta utan att en människa behöver finnas tillgänglig för att utföra batteribytet. Detta är en fördel då AEON kan arbeta dygnet runt oavsett bemanningstimmar, och på arbetsplatser där människor inte finns omedelbart tillgängliga. Det kan också vara säkrare att humanoiden byter sitt eget batteri jämfört med om det behövs en människa för det, eftersom det minskar mängden fysisk kontakt mellan humanoid och människa, där personolyckor kan uppstå.

Gällande AEON:s informationshantering ska dess NVIDIA IGX Thor-modul säkerställa att den information som humanoiden interagerar med hanteras på ett säkert sätt genom hela dataflödet med hjälp av olika databeskyddande teknologier.

Det avslutade pilottestet hos Schaeffler resulterade i att företaget nu planerar att införskaffa över 1000 AEON under de kommande åren. Det visar på att de var nöjda med AEON:s prestationer och ser att användandet av humanoiden i deras anläggningar är värt stora investeringar. Det bådär positivt för att AEON:s egenskaper skulle vara till nytta för även andra företags produktionsmiljöer, som exempelvis Saabs skeppsvarv.

Hexagon förklarar att de erbjuder support och reparationer för samtliga av deras produkter. Även om de inte uttryckligen nämner att AEON inkluderas är det ett realistiskt antagande att den gör det, då det är en av Hexagons produkter. Om det skulle visa sig att AEON av någon anledning inte täcks av samma policy som resten av Hexagons produkter skulle det sänka AEON:s poäng till 13, vilket sätter den mellan Atlas och 4NE1.

6.4.1.3.2 Ouppfyllda kriterier

Precis som både Atlas och 4NE1 är AEON ännu inte kommersiellt tillgänglig. Humanoiden har dock använts i pilotprojekt hos flera företag, vilket indikerar att den inte är så långt borta, eller att det är möjligt att få tillgång till den genom att ingå i partnerskap med Hexagon.

AEON får inga poäng för dess bärkapacitet, som ligger på 15 kg för lyft och 8 kg för att bära föremål under längre tid. Detta gör AEON till den svagaste humanoida roboten i bedömningen. Om ett primärt syfte med införskaffandet av humanoida robotar är att de ska kunna utföra lyft som upplevs som tunga av människor, kan AEON därför inte rekommenderas. Om det är mindre viktigt för ett företag att deras humanoida robot klarar tunga lyft är AEON fortfarande aktuell.

En av bristerna i beskrivningarna av AEON är frågetecknen kring dess förmåga att kommunicera med människor. Det framgår inte alls från Hexagon huruvida AEON kan avläsa mänskligt tal eller kroppsspråk, inte heller om den på något sätt kan kommunicera status eller annan information till människor i dess omgivning. Därför bör antagandet att humanoiden saknar dessa förmågor tas tills vidare. Effektiv kommunikation mellan människor och humanoider bidrar till att delade arbetsmiljöer blir säkrare. I många situationer är det dock inte nödvändigt för människor och humanoider att kunna kommunicera. Om humanoider och människor exempelvis arbetar i olika utrymmen finns det ingen anledning till att de ska kunna kommunicera med varandra. För att utföra sina uppgifter självständigt behöver humanoiden inte heller kunna kommunicera med människor, även om det skulle kunna vara en fördel om människor bland annat kunde avläsa status på humanoiden för att se att inget gått fel eller om humanoiden bedömer att en människa är för nära.

Hexagon är ett svenskt företag, men då deras robotikavdelning som skapar AEON är schweizisk har humanoiden i denna bedömning inte uppfyllt kriteriet om att vara från EU. Syftet med att ha kriteriet är att Saab gjort bedömningen att det är lite tryggare att handla med företag inom EU. Då Hexagon är svenskt är det inte omöjligt att det i AEON:s fall inte är ett hinder att den kommer från ett land utanför EU. Om AEON hade tagit poäng för att vara från ett EU-land hade dess placering i rangordning inte påverkats, då den hade landat på 17 poäng, vilket fortfarande är lägre än Digit.

6.4.1.3.3 Övrigt intressant

Då AEON är den enda industriella humanoiden som utvecklas av ett svenskt företag, även om själva utvecklingen görs av dotterbolaget Hexagon Robotics i Schweiz, kan det vara särskilt attraktivt för Saab. Att arbeta med svenska företag i stället för utländska skulle kunna minska risken för exponering av känslig information om Sveriges militär mot utländska länder.

Ett av syftena som Hexagon lyft fram för AEON är användandet av humanoiden för att skapa digitala tvillingar, vilket inte angivits som syfte för många andra humanoider. Anledningen till att Hexagon satsat på att ge AEON den egenskapen är antagligen för att Hexagon från sin övriga verksamhet har kompetens inom 3D-modellering, avancerad mätteknik och AI, och är därmed kapabla till att utrusta AEON med den teknologin. Möjligtvis har de också bedömt att humanoida robotar som kan användas för att skapa digitala tvillingar vore användbara i företagets egen verksamhet. Det är därför möjligt att AEON:s förmåga att skapa digitala tvillingar av föremål gör Hexagons humanoid särskilt attraktiv, jämfört med andra humanoider för företag som har stor nytta av den tekniken.

6.4.1.4 Digit

Digit är den humanoid som både fick flest poäng och uppfyllde flest kriterium. Resultatet landade på 20 poäng där de uppfyllda kriterierna var "Kommersiellt tillgänglig", "Kan byta batterier/ladda sig själv", "Kommunikation med människor", "Redovisar informationssäkerhet", "Tidigare lyckade pilottester" och "Erbjuder reparation".

6.4.1.4.1 Uppfyllda kriterier

Digit är den enda av samtliga humanoida robotar som presenterats i denna rapport som finns kommersiellt tillgänglig i dagsläget, och detta väger tungt för Saab eftersom det då är säkerställt att humanoiden är färdig och kan utföra de uppgifter som utlovas. Dessutom finns inga osäkerheter kring lanseringsdatum som i många fall annars blir framflyttade.

Precis som Atlas så uppfyller Digit kriteriet "Kan byta batterier/ladda sig själv". Däremot ställer sig Digit på laddning när batterinivån blir låg i stället för att byta batteripack. Fördelen med detta är att den blir oberoende av människor och kan på så vis operera självständigt. Nackdelen är dock att operationen inte är kontinuerlig då den behöver ladda i ungefär två timmar innan den kan arbeta i fyra. Detta avbrott i arbetet är en stor nackdel då humanoiden inte kan utnyttjas en tredjedel av tiden och därmed riskerar att vara stillastående under tidpunkter den behövs. För att hantera detta hade det därmed behövts flera humanoider för att kunna se till att minst en alltid kan vara i drift, alternativt ett tydligt planerat schema som göra att verksamheten inte påverkas av att humanoiden behöver laddas.

Kommunikationen med människor ska ske med hjälp av språkmodeller som ska ge Digit förmågan att tolka verbala kommandon. Precis som för 4NE1 är detta en fördel gällande interaktionen mellan humanoid och människa där tolkandet av

kommandon kan göra det smidigt att muntligt ge humanoiden en uppgift som den sedan genomför. Utan möjligheten att kommunicera med människor är det svårt att få humanoiden att anpassa sig efter situationer samt samarbeta och reagera på kommandon från människor i sin närhet.

Vidare presenteras information kring Digit och personsäkerhet på ett tydligt sätt. Den ska vara integrerad med molnplattformen Arc som bland annat använder sig av krypterad kommunikation och rollbaserad behörighetskontroll för att säkerställa att information hanteras säkert. Informationssäkerhet hos humanoiderna i allmänhet är väsentligt för Saab då det är viktigt att ingen säkerhetsklassad information lämnar företaget. Därmed är det en fördel att detta presenteras tydligt för Digit.

Digit uppfyller även kriteriet ”Tidigare lyckade pilottester” vilket visar på att den kan utföra de uppgifter som utlovas. Exempelvis har humanoiden använts för repetitiva och ansträngande arbetsuppgifter inom logistik och produktion, samt assisterat anställda genom att flytta tillbaka lådor. Detta hade kunnat vara relevant för Saab för exempelvis transport av föremål mellan olika platser i produktionen.

6.4.1.4.2 Uppfyllda kriterier

Digit är en av de svagaste humanoiderna av alla som har presenterat sin bärkapacitet. Den klarar av att bära 16 kg, vilket motsvarar den högst tillåtna bärvikten för kvinnor. Däremot är den högst tillåtna bärvikten för män, samt genomsnittet av dessa, högre än 16 kg vilket gör att Digit inte klarar detta kriterium. Det anses inte tillräckligt att klara under genomsnittet eftersom det i sådana fall hade varit mer fördelaktigt att ha en mänsklig anställd i detta avseende.

Likaså är Digit den långsammaste humanoiden av samtliga kandidater med en hastighet på 1,2 m/s. Även detta ligger under det mänskliga genomsnittet på ungefär 1,4 m/s och ses därmed som en nackdel då en människa kan röra sig över produktionsgolvet i ett snabbare tempo. Däremot tar humanoider inte spontana pauser på samma sätt som människor gör, och det finns därmed en möjlighet att den långsammare hastigheten vägs upp av det oavbrutna arbetet under en längre period.

Precis som Atlas kommer Digit från USA i stället för ett EU-land vilket kan medföra utmaningar gällande både handel, riktlinjer och lagar.

6.4.1.3.3 Övrigt intressant

Digit är precis som Atlas en av få humanoider som har temperaturlågheten presenterad. I detta fall klarar humanoiden mellan 0 och 35 grader, något som passar i produktionsmiljön på varvet. I övrigt är detta spann inte något som sticker ut eller

möjliggör för andra relevanta arbetsuppgifter, som exempelvis arbete i tankar och torpedtuber.

Något som är unikt med Digit är att den erbjuds som "Robot as a Service". Detta innebär att det är möjligt att betala för att använda Digit under en viss period. För Saab hade detta kunnat vara fördelaktigt om man vill testa Digit, som annars är dyr, för att se hur den fungerar i produktionen. Nackdelen med detta är däremot att det skulle kunna uppstå risker med att Saab inte själva äger humanoiden utan lånar den från robotföretaget.

Digit är dessutom den enda humanoiden som tydligt presenteras vara utrustad med nödstopp. Då säkerheten är något som är en avgörande faktor för Saab är denna funktion en fördel då det möjliggör för en säkrare interaktion mellan humanoid och människa där människan har kontroll.

6.5 Diskussion

Då informationen kring de humanoida robotarna ständigt uppdateras kan totalpoängen för respektive humanoid ändras i framtiden. Även om Digit i dagsläget har flest poäng så innebär detta därmed inte automatiskt att det är den bäst lämpade humanoiden för Saab. Exempelvis krävs det endast att 4NE1 eller AEON lanseras kommersiellt i kombination med ett annat uppfyllt kriterium, exempelvis att de redovisar informationssäkerhet respektive får poäng för att den är från ett EU-land, för att någon av dessa humanoider ska få högst totalpoäng.

Resultatet bör därmed ses som en indikation snarare än en absolut sanning, och detta i kombination med att humanoiderna ständigt utvecklas och fyller fler kriterier leder till att det anses relevant att diskutera hur samtliga kandidater kan bidra till Saab.

7 Integration av humanoida robotar

I detta avsnitt utforskas aspekter av integrationen av humanoida robotar hos företag. Dessa aspekter inkluderar förutsättningar för integrationen, interaktionen mellan människa och robot och bemötande från personal. Dessutom ges exempel på integration av humanoida robotar, samt en djupare inblick kring hur Saab kan integrera dem i sin verksamhet.

7.1 Metod

För att ta fram information kring integration av humanoida robotar i industriella miljöer gjordes en litteraturstudie. Vetenskaplig litteratur kombinerades med information från involverade företag och industristandarder för att skapa en helhetsbild av integrationen hos företagen. För att koppla informationen till Saabs eventuella integration drogs paralleller till intervjuvären.

I litteraturstudien användes sökord som "humanoid robots industry integration", "humanoid robots cooperation", "humanoids collaboration", "humanoid robots hri" och "humanoid human robot interaction" för att hitta vetenskapliga artiklar. I kombination med vetenskapliga artiklar användes exempel från företag för att hitta information om integrationen. Nyhetsartiklar och produktbeskrivningar från utvecklare av specifika humanoida robotar användes som informationskällor för konkreta exempel.

Vid undersökningen av aspekter gällande samarbetet mellan människor och humanoida robotar användes, utöver vetenskapliga artiklar och information från företag, säkerhetsstandarder som berör robotar i industrimiljö. Dessa användes eftersom de ger inblick i vilka säkerhetskrav industriella robotar som används nära människor behöver uppfylla. De ger således en indikation på de säkerhetsfunktioner humanoida robotar sannolikt kommer att utrustas med, och då hur människor och humanoider kan samexistera på ett säkert sätt.

Slutligen användes svar från intervjupersoner tillsammans med tidigare information om humanoida robotar och deras integration för att föra en diskussion kring hur Saab kan planera en eventuell integration av humanoida robotar i sin verksamhet. Intervjusvaren användes som inblick i hur situationen hos Saab ser ut i dagsläget och vilka anpassningar från Saab som bedöms vara nödvändiga och realistiska utifrån det.

7.2 Förutsättningar för integrationen

Innan integrationen av humanoida robotar i en produktionsmiljö kan fullbordas behövs effektiva dataflöden, uppträning av både humanoider och personal samt tester, utvärderingar och pilotprojekt [39], [187].

För att integrera humanoida robotar i en industriell miljö där de självgående ska utföra olika arbetsuppgifter behöver system finnas på plats som möjliggör för humanoiderna att interagera med produktionens informationsflöde [39], [45], [187]. Utöver åtkomst till informationssystem behöver de humanoida robotarnas AI tränas till att lösa de tänkta uppgifterna. För mer komplexa uppgifter är uppträning av AI kostsamt på den nivån att endast stora företag har råd med de investeringar som krävs. Kostnader för datacenter har snabbt ökat under de senaste åren och berör bland annat hårdvaran, men även områden som energi, molntjänster och personalkostnader [188]. Många av företagen som i dag tillverkar humanoida robotar får genom partnerskap hjälp med sin uppträning av stora teknologiföretag som Google DeepMind, Microsoft och NVIDIA [96], [117]. De företag som hittills har börjat använda humanoida robotar har framför allt gjort det i samband med pilotprojekt, där humanoidernas tillverkare använt pilottesterna hos företagen för att träna sina humanoider [189], [190].

Ett föreslaget ramverk för hur integration av humanoida industrirobotar kan gå till beskriver att de existerande problem som skulle lösas av humanoida robotar ska kartläggas, och ett koncept för hur de ska arbeta utvecklas. Även målen med införandet av humanoida robotarna ska definieras. Från det första steget ska en lista med mål, koncept och kriterier för att integrationen ska vara lyckad kunna tas fram. I bedömningen för lämplighet av arbetsuppgifter för humanoida robotar tas flera saker i beaktning. De komponenter arbetsuppgiften berör ska analyseras utifrån deras material, form och hur de presenteras till humanoiden. Hur varierad uppgiften

är och skaderisker för människor runtom den humanoida roboten tas också med i bedömningen [191].

7.3 Människa-robot-interaktion och samarbete

För att humanoida robotar ska kunna integreras i produktionen behöver samarbetet mellan humanoider och mänskliga arbetare fungera väl, och för det krävs ömsesidig anpassning och förståelse från båda parter [191].

För att undvika kollisioner mellan humanoider och människor är det viktigt att humanoiderna är utrustade med avancerad perception som säkerställer att människor i närområdet upptäcks [192]. I säkerhetsstandarden för samverkande robotar kan fler förslag på säkerhetsfunktioner hittas. Standarden kräver bland annat att robotarna har en avstängningsknapp, saktar ned eller stannar upp om en människa är för nära och kan styras av en människa som manuellt leder roboten under körtid [48], [191]. Standarden omfattar inte humanoida robotar, då de har rörlig bas, och en ny standard är under utveckling som ska inkludera humanoida robotar i industrimiljöer [48], [49].

Kommunikationen mellan människor och humanoida robotar kan förbättras ytterligare om humanoiderna kan uppfatta och korrekt tolka människors tal och kroppsspråk, och även kommunicera själva [191], [193].

Andra aspekter som påverkar integrationen är skillnader i arbetssätt mellan humanoider och människor. Humanoida robotar har exempelvis inte behov av raster på samma sätt som människor, men behöver däremot ladda eller byta batterier under arbetsskiftens gång [120]. De olika sätten det hanteras på av de olika humanoiderna är antingen genom att de självmant kan ställa sig på laddning, självständigt kan byta ut sitt batteripack mot en fulladdat, eller genom att en människa behövs till att byta batteriet [51], [74], [120].

7.4 Exempel på integration av humanoida robotar

Ett exempel på en integrationsprocess av humanoida robotar i en industrimiljö är bilföretaget BMW:s användning av den humanoida roboten AEON. Biltillverkarens produktionsanläggning i Leipzig genomför under 2026 tester och pilotprojekt med

AEON, skapad av Hexagon Robotics. BMW har under de föregående åren omformat sin produktionsmodell till en enhetlig datamodell. Detta har möjliggjort för AI att komma åt och hantera vissa arbetsuppgifter i systemet, bland annat skapandet av digitala tvillingsmodeller och självstyrning av transporter innanför anläggningen. De humanoida robotarna som införs i produktionen får tillgång till datasystemet och blir på så vis smidigt integrerade i arbetsflödet [39]. AEON, som presenterades i juni 2025, genomgick först en teoretisk utvärdering och laborietester, därefter ett första test i produktionsmiljö hos BMW i Leipzig i december 2025. Vidare produktionstest planeras som ska säkerställa fullskalig integration på fabriksgolvet inför ett slutgiltigt pilotprogram som planeras till sommaren 2026 [117].

Ett annat företag som börjat testanvända humanoida robotar är Amazon, som uppger att de i sin globala produktion använder över 750 000 mobila robotar för sin verksamhet. Deras första helt självgående mobila robot är Proteus, som inte är en humanoid, utan är formad mer som en robotdammsugare. Robotens uppgift är att lyfta och transportera stora hjulvagnar runt om i delar av företagets anläggningar [194]. Robotarna integreras i verksamheten genom att nya robotar först testas i en mindre process på en anläggning för att utvärdera hur väl samarbetet mellan roboten och de anställda fungerar. När det konstaterats att robotarna fungerar bra i den processen testas de i en annan process på samma anläggning, och på det sättet integreras robotarna vidare inom företaget [195].

7.5 Bemötande från personal

Robotföretagen bakom de humanoida industrirobotarna betonar att deras humanoider inte är här för att ta jobb från människor. Det poängteras i stället att de ska lösa den ökande arbetsbristen inom industrisektorn eller frigöra människor från repetitiva, tråkiga och slitsamma arbetsuppgifter. Detta ska möjliggöra att människor kan fokusera på mer stimulerande uppgifter som kräver mer abstrakt tänkande eller anpassning till variation [39], [196], [197], [198]. Ändå uttrycker många personer skepticism och ogillande mot att humanoida robotar fasas in på arbetsplatser för att utföra arbetsuppgifter människor tidigare ansvarade för. Rädslan för att förlora jobb är en stor oro bland de som uttrycker negativa åsikter [199].

Enligt BMW underlättades integrationen av AEON i deras produktionsanläggning av att personalen redan var bekanta med avancerade teknologier, vilket även bidrar till positivare attityd mot robotar [39], [199], [200].

För att integrationen av humanoida robotar på en arbetsplats ska lyckas krävs det att personalen på arbetsplatsen inte tror att humanoiderna kommer konkurrera bort dem. Det är också nödvändigt att de anställda inte har känslor av rädsla eller misstro mot dem [199].

7.6 Hur Saab kan integrera humanoida robotar

För att Saab ska kunna börja använda humanoida robotar i sin varvsverksamhet behövs vissa förutsättningar. Innan humanoiderna kan börja hjälpa till i produktionen måste bland annat personal utbildas, humanoidernas AI tränas och informationsflöden anpassas. Det är också viktigt att integrationen följer en konkret plan med tydliga milstolpar.

7.6.1 Informationsflöde

För att integrera Hexagons humanoida robot AEON, hade BMW under de föregående åren systematiskt byggt om sitt produktionssystem till att bli ett enhetligt datasystem. Information från olika flöden har standardiserats och samlats i en gemensam plattform. Det är troligt att Saab skulle behöva göra en liknande omstrukturering av sina informationsflöden för att humanoida robotar ska kunna kopplas in i arbetsflödet. Humanoiderna behöver tillgång till system bland annat för att hitta eller själva identifiera arbetsuppgifter som ska utföras, och sedan logga dessa när de påbörjats och avslutats. De kan också behöva information från loggningssystem för att veta var någonstans olika komponenter befinner sig eller vilka arbetsuppgifter som ska utföras.

Saab Naval använder olika system för olika delar av produktionskedjan. Beroende på hur mycket olika uppgifter humanoiderna helt självgående ska kunna utföra kan det innebära att Saab Naval troligtvis skulle behöva förena dessa till ett gemensamt system. Om humanoiderna däremot inte ska arbeta med olika delar i produktionen kan det eventuellt vara tillräckligt att endast koppla in dem i det system som hanterar just den arbetsprocessen. Men då ett av de primära syftena med att använda humanoida robotar är att de ska vara allmänt kapabla och kunna automatisera

arbetsuppgifter som inte går att automatisera med ”vanliga” industrirobotar, är det fördelaktigt om humanoiderna får möjlighet att arbeta mellan olika delar av produktionen.

Av den anledningen kan det vara värt för Saab att utveckla och sammankoppla sina befintliga informationssystem, för att anpassa produktionskedjan till de humanoida robotarnas AI. För att definiera de exakta kriterierna som de anpassade systemen behöver uppfylla för att möjliggöra integrationen av humanoida robotar, och vilka förändringar som behövs göras för att de kriterierna ska uppfyllas, behövs vidare undersökning.

7.6.2 Uppträning av humanoida robotar

För att humanoider ska kunna lösa olika uppgifter behöver deras AI tränas till att kunna identifiera arbetsverktyg och komponenter, fatta rätt beslut om vad som ska göras och slutligen styra sina leder och armar på rätt sätt för att utföra den beslutade handlingen. Saab behöver antingen göra uppträningen själva, förlita sig på den träning humanoiderna kommer utrustade med från tillverkaren eller ingå i avtal eller samarbete med stora teknologiföretag för att nyttja deras resurser till att träna humanoidernas AI.

Att Saab själva från grunden skulle bygga egna datacenter för att träna AI-modeller är troligtvis inte aktuellt i dagsläget. Anledningen är att datacenter är väldigt dyra att bygga och dyra i drift då de konsumerar stora mängder energi, och Saab verkar inte ha tillräckligt stora behov av specialiserade datacenter för att rättfärdiga en sådan investering. Detta skulle dock kunna ändras i framtiden om AI fortsätter att bli allt viktigare, och Saab får större anledning till att ha ett eget datacenter för AI-träning.

De humanoida robotarna som går att köpa eller förbeställa är redan vid leverans tränade att kunna gå runt utan att trilla samt till att utföra olika arbetsuppgifter, men om det är tillräckligt för att humanoiderna direkt ska kunna bidra till verksamheten i ett skeppsvarv likt Saabs är inte självklart. Om humanoiderna i varvet exempelvis ska använda andra verktyg eller sortera föremål den inte stött på under sin träning kan ytterligare träning vara nödvändig. Många av de humanoider som tidigare nämnts är utrustade med förstärkningsinlärning, och ska kunna fortsätta lära sig kontinuerligt medan den arbetar. För att en eventuell förstärkningsinlärning ska ge resultat krävs dock att det finns system eller personal som kan bedöma humanoidens handlingar, och antingen belöna eller bestraffa AI-modellen beroende på om

uppgiften löstes korrekt eller inte. Det är möjligt att även denna vidareträning skulle kräva för mycket resurser för att vara lönsam för Saab. För att skaffa en god förståelse för hur den eventuella fortsatta träningen skulle se ut för de olika humanoiderna, och hur resurskrävande den skulle vara för dem, krävs vidare undersökning.

Att ingå i avtal med något av de stora teknikföretag som har den infrastruktur som behövs för att träna stora AI-modeller skulle kunna möjliggöra för Saab att träna humanoidernas AI, utan att behöva investera det kapital som behövs för att ta fram helt egna träningsresurser. Det hade också eventuellt varit möjligt för Saab att i samband med en investering i de humanoida robotarna, ingå i ett samarbete med tillverkaren av humanoiderna där Saab och tillverkaren tillsammans jobbar för att träna humanoiderna till att kunna arbeta i Saabs skeppsvarv. En utmaning med att ta hjälp av andra företag för AI-träningen är informationssäkerhetsaspekten. Som tidigare nämnts är det viktigt att känslig information inte läcker ut från Saabs verksamhet. Med flertalet humanoida robotar i skeppsvarvet som spelar in video och samlar data om Saabs olika arbetsmoment, och sedan skickar den datan till ett företag utomlands för att låta dem utföra uppträningen av humanoidernas AI, uppstår en risk för läckage av känslig information. Saab har som tidigare nämnt slutit avtal med ett kanadensiskt företag, för just AI-samarbete, för teknologi till flygplan. Det indikerar att det kan finnas möjlighet för liknande samarbeten i syfte av att träna AI även åt humanoider, trots de krav som finns på informationssäkerhet.

För att programmera och träna de humanoida robotarna skulle Saab troligtvis behöva anställa personal med kompetens inom de ramverk humanoiderna använder, och god förståelse och erfarenhet av att arbeta med humanoida robotar med artificiell intelligens. Mer exakt vilka kompetenser som behövs hos personalen beror på vilka ramverk och plattformar de humanoida robotarna som väljs använder, och behöver en djupare analys för att sammanställas.

7.6.3 Arbetsflöde

Då humanoida robotar kan hålla jämnare arbetstempo än människor ska planeringar och tidsuppskattningar bli bättre och lättare att ta fram. Men för att kunna dra fördel från detta behöver arbetsflödena vara välplanerade, så att humanoiderna spenderar minimal tid med att vänta och inte hamnar för nära mänskliga arbetare. När humanoida robotar och människor kommer för nära varandra måste humanoiderna stoppa sitt arbete för att inte riskera människans säkerhet. Därför skulle

arbetsflödena för arbetsstationer som används av både humanoider och människor behöva utformas så att mängden tid som människor och humanoider arbetar nära varandra blir minimal. Alternativt kan arbetsstationerna delas upp mellan humanoida robotar och mänskliga arbetare, så att människor och humanoider segregeras och inte riskerar att kollidera. Det skulle eventuellt kunna möjliggöra för högre arbetstempo hos humanoiderna, eftersom de inte skulle behöva vara försiktiga att inte orsaka några personskador. Olyckor mellan humanoida robotar och arbetsutrustning eller humanoider sinsemellan skulle dock fortfarande vara en risk, så deras arbetstempo skulle inte kunna skruvas upp hur högt som helst.

Likt Amazons integrationsupplägg kan det vara en bra idé att gradvis integrera humanoiderna i Saabs produktion, med ett eller ett fåtal arbetsmoment åt gången. Om integrationen skulle misslyckas och exempelvis orsaka fördröjningar, skulle en långsam stegvis integration minimera de negativa effekterna då endast en liten del av produktionen skulle påverkas direkt. Detta i kontrast mot om de humanoida robotarna skulle börja arbeta med flera arbetsmoment i samma steg, då ett förhinder skulle kunna sätta stopp för en mycket större del av produktionen. Den gradvisa integrationen kan också vara en fördel om humanoiderna ska tränas upp parallellt medan de jobbar. Då kan de lära sig en arbetsuppgift åt gången, och utöka sina kompetenser i takt med att integrationen i företagets produktion expanderar.

7.6.4 Digitala modeller

För att humanoida robotar självständigt ska kunna utföra arbetsuppgifter som svetsning eller montering behöver de ha tillgång till ritningar och digitala modeller som beskriver hur arbetet ska utföras. Dessa behöver även kunna tolkas korrekt, vilket innebär att de måste vara skapade i ett format humanoider kan förstå. Exakt vad det innebär framgår inte tydligt från företagen som ligger bakom humanoiderna. Exempelvis beskrivs Digit kunna integreras direkt i befintliga arbetsmiljöer utan anpassningar från företagets sida. De arbetsuppgifter som Digit hittills utfört hos olika företag har dock varit mer logistiska än industriella, och humanoiden verkar inte ha utfört några arbetsuppgifter där det kan förväntas att humanoiden behöver kunna tolka digitala modeller eller ritningar. Exempel på arbetsuppgifter där humanoiden skulle förväntas behöva gör det är svetsning, där den skulle behöva tolka en svetsinstruktion, och bockning, där den skulle behöva läsa var bockningen ska göras, förutsatt att det inte är på samma ställe varje gång. Två av de humanoida robotarna som under pilotprojekt ska utföra mer industriella uppgifter är AEON och 4NE1.

AEON pilottestas hos bland annat BMW i Tyskland, där den utför arbetsuppgifter som batterimontering och komponenttillverkning. Det framkommer inte huruvida AEON använder befintliga digitala modeller eller ritningar för att utföra dessa arbetsuppgifter, men BMW har förklarat att de har anpassat sina digitala informationsflöden för deras produktion till att följa en enhetlig modell. Detta ska ha möjliggjort integrationen av AEON i deras produktion. Om BMW:s anpassning även inkluderar ritningar och digitala modeller eller inte är okänt. Det är därför svårt att veta om AEON behöver att ritningar och digitala modeller anpassas för att kunna arbeta med dem, eller om AEON kan tolka dem över huvud taget.

Under pilottesterna som ska äga rum i slutet av 2026 hos Hyundai i Sydkorea förväntas 4NE1 bland annat utföra svetsning och montering. Hyundai förklarar dock att humanoiderna inte är redo ännu. Till exempel saknar humanoiderna i dagsläget den AI som behövs för att kunna utföra svetsningen. Att Hyundai väljer att använda 4NE1 till dessa uppgifter snarare än Atlas från Boston Dynamics, som de själva till majoritet äger, tyder på att 4NE1 trots bristerna är närmre att kunna utföra mer industriella arbetsuppgifter än Atlas, även om detta inte är bekräftat av Hyundai.

Sammanfattningsvis verkar dagens humanoida robotar inte ännu vara kapabla till att arbeta utifrån ritningar och digitala modeller, och därför går det ännu inte att säga om eller hur Saab måste anpassa sina digitala modeller för att de ska kunna tolkas av de humanoida robotar som ska arbeta utifrån dem.

7.6.5 Säkerhet och samarbete med människor

Människorna som arbetar i produktionen och kan komma i kontakt med humanoiderna i sitt arbete behöver få utbildning innan humanoiderna kan börja arbeta bredvid dem, för att förebygga olyckor och utrustas med den kunskap som krävs för ett säkert och effektivt samarbete mellan människa och humanoid. Personalutbildningen kan infatta exempelvis hur kommunikation med de humanoida robotarna görs på effektivast sätt och vilket avstånd som måste hållas till humanoiderna för att inga säkerhetsrisker ska uppstå eller att humanoidens arbete avbryts eller saktas ner. Utbildningen kan också vara viktig för att göra personalens attityd mer positiv mot humanoiderna, exempelvis genom att ge en förståelse för syftet med de humanoida robotarna och vad planen med integrationen skulle vara på lång sikt. Om attityden från produktionspersonalen är allt för negativ riskerar en integration av humanoida robotar att få en effekt motsatt den önskade. Om syftet är att kompensera för personalbrist, eller komplettera med extra

arbetskraft, är det inte önskvärt om stora delar av den befintliga arbetskraften säger upp sig i samband med satsningen. En idé från intervjupersonerna som skulle kunna vara en bra lösning är att börja testa de humanoida robotarna i Saabs nya varv i Landskrona. Personalen på det nya varvet har inte funnits på plats lika länge, och skulle därför kunna vara mer öppna för nya teknologier och sätt att bedriva verksamheten.

7.7 Diskussion

Informationen kring hur humanoida robotar kan integreras i industriella arbetsmiljöer är begränsad i den vetenskapliga litteraturen, troligtvis till stor del på grund av att det inte finns så många exempel att dra information från. Även då den vetenskapliga litteraturen kombineras med information från tillverkarna av humanoiderna och företagen de integrerats hos, är inte informationen tillräckligt detaljerad för att skapa en tydlig bild över integrationens alla aspekter. Den information som har kunnat hämtas har använts för att ge en indikation på hur enskilda processer gått till, och hur de kan komma att se ut i allmänhet och för Saabs del. Ett möjligt tillvägagångssätt för att få fram mer information är att titta på integrationer av andra nya teknologier i industriella miljöer. Det hade kunnat fungera som en uppskattning för hur integrationen av humanoida robotar skulle kunna gå till, och en diskussion kring vad som gissningsvis skulle vara likadant och annorlunda skulle kunna hållas.

Litteratursökningen för att hitta utmaningar för integrationen vad gäller samarbete mellan människor och humanoider resulterade i mycket information om ämnet. Risker, säkerhetsfunktioner och kommunikation mellan humanoid och människa är aspekter som diskuteras relativt mycket både i litteraturen och av utvecklarna av humanoiderna själva. Ämnet är som tidigare nämnt fortfarande nytt, och det är troligt att fler aspekter av säkerheten och samarbetet kommer dyka upp allt eftersom teknologin utvecklas vidare. När säkerhetsstandarden för industriella humanoida robotar publicerats blir det förmodligen lättare att veta vilka säkerhetsåtgärder som är nödvändiga att vidta, både för utvecklarna av humanoiderna och för företagen som använder dem.

Intervjusvaren som användes för att koppla integrationsinformationen till Saabs verksamhet gav flera idéer på risker, fördelar och saker att tänka på vid en eventuell integration hos Saab, men uttryckte själva bristande kunskap i ämnet från deras sida.

Då intervjupersonerna inte var experter inom varken humanoida robotar eller integration av ny teknik är det därför möjligt att relevant information missats. För att få ett mer trovärdigt resultat hade fler intervjuer med personer med expertis i humanoida robotar kunnat genomföras.

8 Slutsats

I detta avsnitt besvaras de fyra forskningsfrågorna och förslag på vidare forskning ges.

8.1 Vilka humanoida robotar på marknaden är mest troliga att möta Saabs behov?

De fyra humanoida robotarna som bäst möter Saabs behov är i dagsläget Digit, AEON, 4NE1 och Atlas. Utifrån de utsatta bedömningskriterierna var Digit högst presterande, och bedöms därför som den i dagsläget bästa kandidaten. Av tidigare diskuterade anledningar innebär det dock inte nödvändigtvis att Digit faktiskt är bäst lämpad. Därmed är rekommendationen att Saab bör ta kontakt med Boston Dynamics, NEURA Robotics, Hexagon Robotics och Agility Robotics, som tillverkar Atlas, 4NE1, AEON respektive Digit, för att få en djupare förståelse för humanoiderna och deras tillgänglighet och lära känna företagen bakom dem. Möjligheter för framtida pilotprojekt tillsammans med tillverkarna bör också undersökas då detta tidigare varit ett framgångsrikt sätt för företag att börja använda humanoida robotar.

8.2 Vilka utmaningar finns kring befintligt informationsutbud vid val av humanoida robotar att köpa in?

För att kunna fatta definitiva beslut gällande inköp av och anpassning för humanoida robotar behövs mer information om de olika humanoiderna och företagen som tillverkar dem. Förslag på lösning till detta är att Saab kontakter de olika företagen direkt samt kontakter Fraunhofer IPA angående användning av deras riktmärke för humanoider för att få en opartisk och konkret bild av deras egenskaper.

Angående informationssäkerhetsaspekten av integrationen måste Saab försäkra sig om att den information som samlas in av humanoiderna bevaras säkert. Hur Saab kan samarbeta med företagen bakom humanoiderna för uppträning och kontinuerlig förbättring av deras AI utan att riskera känslig information om företagets verksamhet är en utmaning som inte har en tydlig lösning i dagsläget.

8.3 För vilka arbetsuppgifter i Saabs varvsverksamhet kan humanoida robotar vara aktuella?

Som ett första steg anses det relevant att börja testa humanoiden på simplare arbetsuppgifter hos Saab, eftersom dessa liknar de uppgifter som tidigare utförts under pilotprojekt. Dessa uppgifter inkluderar att känna igen, sortera och transportera olika typer av föremål för att säkerställa att grunderna fungerar bra i Saabs produktionsmiljö. Om 4NE1 eller Digit köps in bör även kommunikation med människor testas då båda dessa humanoider ska kunna ta verbala kommandon och agera utifrån det. Slutligen kan det vara relevant att undersöka om den inköpta humanoiden kan utföra kvalitetskontroller, exempelvis genom att jämföra två föremål med varandra. Eftersom det saknas information kring huruvida de humanoida robotarna kan läsa av digitala modeller kan det vara intressant att undersöka detta vidare om en humanoid robot ska integreras i verksamheten. För att göra detta rekommenderas en dialog med robotföretaget kring vilka möjligheter som finns.

8.4 Hur kan integrationsprocessen för humanoida robotar i Saab Navals varvsverksamhet se ut?

Det finns i dagsläget inte några detaljerade ramverk för, eller många exempel på, integrationsprocesser av humanoida robotar i industriella arbetsmiljöer. Därför är rekommendationen att genomföra integrationen tillsammans med tillverkaren av de humanoider som ska integreras för att humanoiderna ska kunna tränas upp korrekt tillsammans med personal som är experter på dem. Om det inte är möjligt att samarbeta med tillverkaren rekommenderas att ta in personal med erfarenhet inom ämnet, som sakta gradvis kan integrera humanoiderna i fler och fler moment. Om möjligt bör Saab utföra sina första tester med humanoida robotar i sitt nya

skeppsvarv i Landskrona, då det är troligt att den nya personalen är mindre negativt inställd till dem.

I dialog med tillverkaren bör Saab också undersöka vilka anpassningar av informationsflöden, ritningar och digitala modeller som är nödvändiga för att de humanoida robotarna ska kunna integreras i Saabs fartygsproduktion och underhåll.

Saab bör också tillse att användningen av humanoida robotar i sin produktion och underhåll inte bemöts allt för negativt av befintlig personal. Det är inte produktivt att personal säger upp sig på grund av eller aktivt motarbetar integrationen. För att tillse att det inte inträffar rekommenderas Saab att vara tydliga med målet med integrationen och också utbilda personalen om humanoiderna, då det generellt sett resulterar i mer positiv och samarbetsvillig inställning mot dem. Utbildning är också viktig ur ett säkerhetsperspektiv, för att minimera risken för skador på människor och utrustning.

8.5 Vidare forskning

Eftersom informationen kring humanoida robotar är begränsad och under ständig förändring finns det flera områden som Saab bör undersöka vidare.

Det första området som bör undersökas vidare är digitala modeller och ritningar. Eftersom information kring hur eller om humanoida robotar kan hantera dessa saknas ses det som en relevant punkt. Förslagsvis kan en djupare undersökning kring detta specifika område göras, exempelvis genom att analysera olika system hos humanoiderna djupare, och kontakta robotföretagen för att få mer information kring möjligheterna till detta.

Vidare är informationssäkerhet en punkt som är viktig för Saab och således ett område för vidare forskning. Det hade varit fördelaktigt att undersöka hur informationsflödet ser ut och vilka parter som får tillgång till den informationen humanoiden samlar in. Om det hade varit möjligt att behålla informationen som samlas in internt inom Saab i stället för att skicka i väg den till externa parter bör undersökas då det hade kunnat underlätta säkerhetsaspekten.

Avslutningsvis finns det även flera etiska aspekter kring humanoida robotar. Ingen etisk aspekt av humanoida robotar berörts i detta arbete, och det hade därmed med fördel kunnat utforskas. En fråga som kan ställas är huruvida det är rätt att ersätta mänskliga arbetare med humanoida robotar. Här kan det även diskuteras hur

människorna i humanoidens omgivning kommer att påverkas av integrationen, exempelvis om människor ska anpassa sig efter humanoider eller vice versa. En annan viktig etisk aspekt är övervakning. Då humanoiderna är utrustade med kameror för att kunna läsa av sin omgivning innebär detta även att människor kommer att synas i dessa. Frågan blir då om det är etiskt rätt att ständigt övervaka människor på detta sätt. Ett annat dilemma kan uppstå om den humanoida roboten skulle orsaka skada på människor eller omgivning, då det inte alltid är lätt att veta vems ansvar det är. Därmed är det viktigt att fundera över vem som bär ansvar för humanoidens agerande. Slutligen är miljöfrågan en viktig aspekt att belysa. AI-modeller kräver stora mängder energi och har en stor miljöpåverkan. Hur Saab ställer sig till detta är något som bör diskuteras.

Källförteckning

- [1] Saab AB, "Vår historia," u.å. [Online]. Tillgänglig: <https://www.saab.com/sv/markets/sweden/om-saab-i-sverige/var-historia> (hämtad: 2026-03-12).
- [2] Saab AB, "Over 400 years of history," u.å. [Online]. Tillgänglig: <https://www.saab.com/about/company-in-brief/history> (hämtad: 2026-03-13).
- [3] Saab AB, "Operations and employees on all continents," u.å. [Online]. Tillgänglig: <https://www.saab.com/about/company-in-brief/organisation> (hämtad: 2026-03-12).
- [4] Malmö Stad, "Kockums," 2024. [Online]. Tillgänglig: <https://malmo.se/Uppleva-och-gora/Arkitektur-och-kulturarv/Malmos-historia/Foretag-och-organisationer/Kockums.html> (hämtad: 2026-03-12).
- [5] Landskrona Stad, "Saab," u.å. [Online]. Tillgänglig: <https://ilandskrona.se/etablera/naringsliv/saab/> (hämtad: 2026-03-13).
- [6] K. T. Ulrich, S. D. Eppinger, *Product design and development*, 5. uppl., New York, NY, USA: McGraw-Hill, 2011.
- [7] E. Phillips, X. Zhao, D. Ullman, och B. F. Malle, "What is human-like?," i *Proceedings of the 2018 ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction*, Chicago, USA, 2018, doi: <https://doi.org/10.1145/3171221.3171268>.
- [8] Y. Tong, H. Liu, and Z. Zhang, "Advancements in humanoid robots: A comprehensive review and future prospects," *IEEE/CAA Journal of Automatica Sinica*, vol. 11, nr. 2, ss. 301–328, 2024, doi: <https://doi.org/10.1109/jas.2023.124140>.

- [9] Statistikmyndigheten SCB, "Sveriges BNP," 2025. [Online]. Tillgänglig: <https://www.scb.se/hitta-statistik/sverige-i-siffror/samhallets-ekonomi/bnp-i-sverige/> (hämtad: 2026-03-13).
- [10] Statistikmyndigheten SCB, "BNP från produktionssidan (ENS2010), löpande priser, mnkr efter näringsgren SNI 2007 och år," 2025. Sökning: "C10-C33 tillverkningsindustrin", "2023". [Online]. Tillgänglig: https://www.statistikdatabasen.scb.se/pxweb/sv/ssd/START_NR_NR0103_NR0103E/NR0103ENS2010T06NA/table/tableViewLayout1/ (hämtad: 2026-03-13).
- [11] C. Giffi, P. Wellener, B. Dollar, H. A. Manolian, L. Monck, och C. Moutray, "2018 Deloitte and The Manufacturing Institute skills gap and future of work study," Deloitte, London, Storbritannien, Deloitte Insights, 2018. [Online]. Tillgänglig: <https://www.themanufacturinginstitute.org/wp-content/uploads/2020/03/MI-Deloitte-skills-gap-Future-of-Workforce-study-2018.pdf>, Hämtad: 2026-05-11.
- [13] Sunday Robotics, "Sunday robotics | The helpful robotics company," 2026. [Online]. Tillgänglig: <https://www.sunday.ai/> (hämtad: 2026-01-29)
- [14] W. Li, G. Yang, J. Wu, C. Pan, L. Sheng, Q. Zhang, "A comprehensive review on humanoid robots: Perspectives from academia and industry," *Engineering Information Technology & Electronic Engineering*, vol. 27, ss. 1-37, 2026, doi: <https://doi.org/10.1631/ENG.ITEE.2025.0105>
- [15] K. Fründ, F. Beck, A. Shu, F. Loeffl och J. Lee, "Bipedal running: Bioinspired fundamentals for versatile humanoid robot locomotion," *2023 IEEE-RAS 22nd International Conference on Humanoid Robots (Humanoids)*, Austin, TX, USA, 2023, ss. 1-8, doi: <https://doi.org/10.1109/Humanoids57100.2023.10375238>
- [16] Złotowski, J. m.fl., "Anthropomorphism: Opportunities and challenges in human–robot interaction," *International Journal of Social Robotics*, vol. 7, 2015, ss. 347–360, <https://doi.org/10.1007/s12369-014-0267-6>.
- [17] I. Karabegović, "A comparative analysis of the role of industrial and humanoid robots as drivers of efficiency and flexibility in the automotive industry," *International Journal for Vehicle Mechanics, Engines and Transportation Systems*, vol. 51, nr. 1. 2025, doi: <https://doi.org/10.24874/mvm.2025.51.01.03>.

- [18] Standard Bots, “What are degrees of freedom in robotics? Complete guide”, 2025. [Online]. Tillgänglig: <https://standardbots.com/blog/degrees-of-freedom> (hämtad: 2026-02-18).
- [19] Health and Safety Executive, “Health and safety executive manual handling at work a brief guide,” 2020. [Online]. Tillgänglig: <https://www.hse.gov.uk/pubns/INDG143.pdf> (hämtad: 2026-02-18)
- [20] R. Bohannon, A. Andrews, “Normal walking speed: A descriptive meta-analysis,” *Physiotherapy*, vol. 97, nr. 3, ss. 182-189, 2011, doi: <https://www.doi.org/10.1016/j.physio.2010.12.004>
- [21] Tesla, “Tesla Q4 and full year 2025 financial results and Q&A webcast,” *YouTube*, Jan. 28, 2026, [Video]. Tillgänglig: <https://www.youtube.com/watch?v=oK0UZEE9GPo>
- [22] Wikipedia, ”HD Hyundai Heavy Industries”. [Online]. Tillgänglig: https://en.wikipedia.org/wiki/HD_Hyundai_Heavy_Industries (hämtad: 2026-04-22).
- [23] Hyundai, “Hyundai Motor Group completes acquisition of Boston Dynamics from SoftBank,” 2021. [Online]. Tillgänglig: <https://www.hyundai.com/worldwide/en/newsroom/detail/hyundai-motor-group-completes-acquisition-of-boston-dynamics-from-softbank-0000000516> (hämtad: 2026-04-22).
- [24] McKinsey, ”Humanoid robots: Crossing the chasm from concept to commercial reality,” 2025. [Online]. Tillgänglig: <https://www.mckinsey.com/industries/industrials/our-insights/humanoid-robots-crossing-the-chasm-from-concept-to-commercial-reality> (hämtad: 2026-05-04).
- [25] M. Faccio, I. Granata, och R. Minto, ”Task allocation model for human-robot collaboration with variable cobot speed,” *Journal of Intelligent Manufacturing*, vol. 35, ss. 793-806, 2024. doi: <https://doi.org/10.1007/s10845-023-02073-9>.
- [26] J. Koetsier, ”Digit gets a job: Agility Robotics and Toyota sign robots-as-a-service deal,” *Forbes*, [Online]. Feb. 19, 2026. Tillgänglig: <https://www.forbes.com/sites/johnkoetsier/2026/02/19/digit-gets-a-job-agility-robotics-and-toyota-sign-robots-as-a-service-deal/> (hämtad: 2026-04-01).
- [27] Sanctuary AI, “Sanctuary AI deploys first humanoid general-purpose robot commercially,” 2026. [Online]. Tillgänglig:

<https://www.sanctuary.ai/blog/sanctuary-ai-deploys-first-humanoid-general-purpose-robot-commercially> (hämtad: 2026-03-13).

[28] Persona AI, "Persona AI," u.å. [Online]. Tillgänglig: <https://persona.ai/> (hämtad: 2026-04-01).

[29] C. Stryker, "What are large language models (LLMs)?," *IBM*, u.å. [Online]. Tillgänglig: <https://www.ibm.com/think/topics/large-language-models> (hämtad: 2026-05-12).

[30] F. Lee, "What is a neural network?," *IBM*, [Online], u.å. Tillgänglig: <https://www.ibm.com/think/topics/neural-networks> (hämtad: 2026-05-12).

[31] R. S. Sutton, A. G. Barto, *Reinforcement learning: An introduction*. 2. uppl., London, England: The MIT Press, 2015.

[32] Mercedes-Benz, "AI and humanoid robots," 2025. [Online]. Tillgänglig: <https://group.mercedes-benz.com/company/production/production-network/mbdfc-humanoid-robots.html> (hämtad: 2026-05-11).

[33] G. Kay, "Inside the glass-walled Tesla lab where workers train the Optimus robot to act like a human," *Business Insider*, [Online], Nov. 2, 2025. Tillgänglig: <https://www.businessinsider.com/tesla-optimus-humanoid-robot-training-elon-musk-2025-11> (hämtad: 2026-05-12).

[34] AWS, "How Agility Robotics scales AI model training for next-generation humanoid robots using AWS," u.å. [Online]. Tillgänglig: <https://aws.amazon.com/solutions/case-studies/agility-ai-case-study/> (hämtad: 2026-05-11).

[35] Agility Robotics, "Agility Robotics announces commercial agreement with Toyota Motor Manufacturing Canada," Feb. 19, 2026. [Online]. Tillgänglig: <https://www.agilityrobotics.com/content/agility-robotics-announces-commercial-agreement-with-toyota-motor-manufacturing-canada> (hämtad: 2026-04-15).

[36] T. Gilgen, "How BMW's new centre for physical AI works," *Automotive manufacturing solutions*, [Online], Mar. 9, 2026. Tillgänglig: <https://www.automotivemanufacturingsolutions.com/automation/how-bmws-new-centre-for-physical-ai-works/2627157> (hämtad: 2026-05-27).

[37] Humanoid, "Imitation learning," u.å. [Online]. Tillgänglig: <https://thehumanoid.ai/glossary/imitation-learning/> (hämtad: 2026-05-12).

- [38] Agility Robotics, "Solutions," u.å. [Online]. Tillgänglig: <https://www.agilityrobotics.com/solutions> (hämtad: 2026-02-05).
- [39] BMW, "Leipzig debut: BMW Group introduces humanoid robots – a first in Germany," 2026. [Online]. Tillgänglig: <https://www.bmwgroup.com/en/news/general/2026/humanoid-robot-in-leipzig.html> (hämtad: 2026-03-09).
- [40] Bin4ry, "UniPwn," *GitHub*, [Online], Okt. 21, 2025. Tillgänglig: <https://github.com/Bin4ry/UniPwn> (hämtad: 2026-05-18).
- [41] Recorded Future, "The future of Humanoid Robotics," 2025. [Online]. Tillgänglig: <https://www.recordedfuture.com/research/future-humanoid-robotics> (hämtad: 2026-05-12).
- [42] Z. Ji m.fl., "Survey of hallucination in natural language generation," *ACM Computing Surveys*, vol. 55, nr. 12, ss. 1-38, 2023, doi: <http://doi.org/10.1145/3571730> (hämtad: 2026-05-12).
- [43] P. Gawley, "Humanoid robot turned on handlers at factory in 'dystopian' attack," *VICE*, Maj, 15, 2025. [Online]. Tillgänglig: <https://www.vice.com/en/article/humanoid-robot-turned-on-handlers-at-factory-in-dystopian-attack/>, Hämtad: 2026-05-12.
- [44] V. Turk, "Why humanoid robots need their own safety rules," *MIT Technology Review*, [Online]. Jun. 2025. Tillgänglig: <https://www.technologyreview.com/2025/06/11/1118519/humanoids-safety-rules/> (hämtad: 2026-05-12).
- [45] T. Uthai, "Opportunities challenges and roadmap for humanoid robots in construction," *Scientific Report*, vol. 16, nr. 905, 2026, doi: <https://doi.org/10.1038/s41598-025-30252-6>.
- [46] Botinfo.ai, "Tesla Optimus: Complete analysis of AI, specs & future outlook," 2026. [Online]. Tillgänglig: <https://botinfo.ai/articles/tesla-optimus> (hämtad: 2026-02-09).
- [47] Q. Du m.fl., "A review of powered backdrivability of robot actuators for human-robot interaction," *2021 IEEE 16th Conference on Industrial Electronics and Applications (ICIEA)*, pp. 1115–1120, Aug. 2021, doi: <https://www.doi.org/10.1109/ICIEA51954.2021.9516160>.

- [48] *Robots and robotic devices – Collaborative robots*, 15066, ISO/TC 299, England, 2016.
- [49] *Robotics — Safety requirements for dynamically stable industrial mobile robots (legged, wheeled, or other forms of locomotion) Part 1: Robots*, 25785-1, ISO/TC 299.
- [50] Fraunhofer IPA, "Fraunhofer IPA develops standardized analyses for application-relevant criteria of humanoid robots," 2026. [Online]. Tillgänglig: https://www.ipa.fraunhofer.de/en/press-media/press_releases/benchmark-for-humanoid-robots.html (hämtad: 2026-05-27).
- [51] NEURA Robotics, "NEURA Robotics launches technological revolution," 2025. [Online]. Tillgänglig: <https://neura-robotics.com/neura-robotics-launches-technological-revolution/> (hämtad: 2026-04-01).
- [52] NEURA Robotics, "4NE1 your next gen humanoid teammate," 2025. [Online]. Tillgänglig: <https://neura-robotics.com/products/4ne1/> (hämtad: 2026-02-12).
- [53] NEURA Robotics, "4NE1 reservation," 2026. [Online]. Tillgänglig: <https://neura-robotics.com/product/4ne1-reservation/> (hämtad: 2026-02-12).
- [54] NEURA Robotics, "About us," u.å. [Online]. Tillgänglig: <https://neura-robotics.com/company/> (hämtad: 2026-04-01).
- [55] *4NE1 gen 3*, Munich, Germany: NEURA Robotics GmbH, 2026. [Online]. Tillgänglig: https://neurarobotics.px.media/plk/cE/NEURA_Robotics_4NE1_Datasheet_Web.pdf, Hämtad: 2026-02-12.
- [56] J. Koetsier, "Most powerful humanoid robot? 4NE-1 can lift 220 pounds," *Forbes*. [Online]. Jun. 27, 2025. Tillgänglig: <https://www.forbes.com/sites/johnkoetsier/2025/06/27/this-humanoid-robot-can-lift-220-pounds-but-has-super-sensitive-skin/> (hämtad: 2026-02-12).
- [57] NEURA Robotics, "NEURA OmniSensor," u.å., [Online]. Tillgänglig: <https://neura-robotics.com/omnisensor/> (hämtad: 2026-02-12).
- [58] N. Li m.fl., "A progress review on solid-state LiDAR and nanophotonics-based LiDAR sensors," *Laser & Photonics Reviews*, vol. 16, nr. 11, s. 2100511, 2022, doi: <https://www.doi.org/10.1002/lpor.202100511>.

- [59] L. Ostrowski, "SAP expands physical AI partnerships and demonstrates success of new robotics pilots," *SAP*, [Online]. Nov. 5, 2025. Tillgänglig: <https://news.sap.com/2025/11/sap-physical-ai-partnerships-new-robotics-pilots/> (hämtad: 2025-11-05).
- [60] O. Bunte, "Hyundai tests German humanoid robot Neura 4NE1 in shipbuilding," *Heise*, [Online]. Jul. 2025. Tillgänglig: <https://www.heise.de/en/news/Hyundai-tests-German-humanoid-robot-Neura-4NE1-in-shipbuilding-10489370.html> (hämtad: 2026-05-14).
- [61] Maritime Executive, "HD Hyundai tests out a humanoid welding robot in a real shipyard," 2025. [Online]. Tillgänglig: <https://maritime-executive.com/article/hd-hyundai-tests-out-a-humanoid-welding-robot-in-a-real-shipyard> (hämtad: 2026-05-14).
- [62] Neuraverse, "Neuraverse. The global robotics brain connecting people, robots and data.," 2026. [Online]. Tillgänglig: <https://neuraverse.com/> (hämtad: 2026-02-12).
- [63] Agile Robots, "Agile Robots launches humanoid robot for industry: Agile ONE," 2025. [Online]. Tillgänglig: <https://www.agile-robots.com/en/news/detail/agile-robots-launches-humanoid-robot-for-industry-agile-one/> (hämtad: 2026-02-23).
- [64] Agile Robots, "The next evolution in physical AI: Agile ONE," 2026. [Online]. Tillgänglig: <https://www.agile-robots.com/en/solutions/agile-one/> (hämtad: 2026-02-23).
- [65] Agile Robots Team, privat kommunikation, Apr. 2026.
- [66] Reuters, "German-Chinese startup Agile Robots raises \$220 million from investors," 2021. [Online]. Tillgänglig: <https://www.reuters.com/technology/german-chinese-startup-agile-robots-raises-220-million-investors-2021-09-09/> (hämtad: 2026-05-10).
- [67] Agile Robots, "About us," u.å. [Online]. Tillgänglig: <https://www.agile-robots.com/en/about-us/> (hämtad: 2026-05-22).
- [68] Agile Robots, "Agile ONE powers up Europe's largest AI factory," 2026. [Online]. Tillgänglig: <https://www.agile-robots.com/en/news/detail/agile-one-powers-up-europes-largest-ai-factory/> (hämtad: 2026-04-14).

- [69] Generative Bionics, "Media kit," 2026. [Online]. Tillgänglig: https://gbionics.ai/downloads/fincantieri/PressKit_EN_GB.pdf (hämtad: 2026-04-14).
- [70] Fincantieri, "Fincantieri and Generative Bionics launch an industrial partnership to develop a humanoid welding robot for shipyards," Feb. 11, 2026. [Online]. Tillgänglig: <https://www.fincantieri.com/en/newsroom/press-releases/2026/fincantieri-and-generative-bionics-launch-an-industrial-partnership-to-develop-a-humanoid-welding-robot-for-shipyards> (hämtad: 2026-05-29).
- [71] Generative Bionics, "GENE.01 is our product DNA," 2026. [Online]. Tillgänglig: <https://gbionics.ai/gene01/> (hämtad: 2026-02-23).
- [72] Startupbusiness, "GENE.01, the first humanoid robot from Generative Bionics," Jan. 6, 2026. [Online]. Tillgänglig: <https://www.startupbusiness.it/en/gene-01-the-first-humanoid-robot-from-generative-bionics/148980/> (hämtad: 2026-04-14).
- [73] Generative Bionics, "Press release: Generative Bionics raises €70 million to build a new generation of intelligent 'Made in Italy' humanoid robots," Genoa, Dec. 9, 2025. [Online]. Tillgänglig: https://gbionics.ai/downloads/PRESS_RELEASE.pdf (hämtad: 2026-04-14).
- [74] Apptronik, "Apollo," 2025. [Online]. Tillgänglig: <https://apptronik.com/apollo> (hämtad: 2026-02-12).
- [75] B. Heater, "Apptronik, which makes humanoid robots, raises \$350M as category heats up," *TechCrunch*, Feb. 13, 2025. [Online]. Tillgänglig: <https://techcrunch.com/2025/02/13/apptronik-raises-350m-to-build-humanoid-robots-with-help-from-google/> (hämtad: 2026-04-16).
- [76] B. Heater, "This is Apptronik's humanoid robot, Apollo," *TechCrunch*, Aug. 23, 2023. [Online]. Tillgänglig: <https://apptronik.com/news-collection/this-is-apptroniks-humanoid-robot-apollo> (hämtad: 2026-04-16).
- [77] Apptronik, "About us," u.å. [Online]. Tillgänglig: <https://apptronik.com/about-us> (hämtad: 2026-03-24)
- [78] Apptronik, "Austin-based Apptronik inks partnership with NASA for humanoid robots," Sep. 20, 2022. [Online]. Tillgänglig: <https://apptronik.com/news-collection/austin-based-apptronik-inks-partnership-with-nasa-for-humanoid-robots> (hämtad: 2026-04-16)

- [79] Apptronik, "Apptronik closes over \$935 million series a with new \$520 million wxtension round," Feb. 11, 2026. [Online]. Tillgänglig: <https://apptronik.com/news-collection/apptronik-closes-over-935-million-series-a> (hämtad: 2026-05-12).
- [80] A. Strickland, "Meet Apollo, the 'iPhone' of humanoid robots," *CNN*, [Online]. Aug. 23, 2023. Tillgänglig: <https://edition.cnn.com/2023/08/23/world/apptronik-apollo-humanoid-robot-scen> (hämtad: 2026-05-12).
- [81] Apptronik, "Apptronik and Mercedes-Benz enter commercial agreement," Mar. 15, 2024. [Online]. Tillgänglig: <https://apptronik.com/news-collection/apptronik-and-mercedes-benz-enter-commercial-agreement>. (hämtad: 2026-02-12).
- [82] B. Heater, "Apptronik readies its humanoid robot for a summer unveil," *TechCrunch*, [Online]. Maj. 23, 2023. Tillgänglig: <https://apptronik.com/news-collection/apptronik-readies-its-humanoid-robot-for-a-summer-unveil> (hämtad: 2026-04-16).
- [83] Apptronik, "Apptronik collaborates with NVIDIA," Mar. 18, 2024. [Online]. Tillgänglig: <https://apptronik.com/news-collection/apptronik-collaborates-with-nvidia>. (hämtad: 2026-02-12).
- [84] Boston Dynamics, "Atlas goes hands on," *YouTube*, Okt. 30, 2024. [Video]. Tillgänglig: https://www.youtube.com/watch?v=F_7IPm7f1vI (hämtad: 2026-02-12).
- [85] Boston Dynamics, "Boston Dynamics unveils new Atlas robot to revolutionize industry," Jan. 5, 2026. [Online]. Tillgänglig: <https://bostondynamics.com/blog/boston-dynamics-unveils-new-atlas-robot-to-revolutionize-industry/> (hämtad: 2026-02-12).
- [86] Boston Dynamics, "Atlas | Boston Dynamics," Jan. 5, 2026. [Online]. Tillgänglig: <https://bostondynamics.com/products/atlas/> (hämtad: 2026-02-12).
- [87] Boston Dynamics, "Hyundai Motor Group completes acquisition of Boston Dynamics from Softbank," Jun. 21, 2021. Tillgänglig: <https://bostondynamics.com/news/hyundai-motor-group-completes-acquisition-of-boston-dynamics-from-softbank/> (hämtad: 2026-05-10).

- [88] *Atlas spec sheet*: Boston Dynamics, 2025. [Online]. Tillgänglig: <https://bostondynamics.com/wp-content/uploads/2026/01/atlas-spec-sheet.pdf> (hämtad: 2026-04-17).
- [89] Boston Dynamics, "Enterprise robotics, redefined," u.å. [Online]. Tillgänglig: <https://bostondynamics.com/blog/enterprise-robotics-redefined/> (hämtad: 2026-04-21).
- [90] J. Meyers, "Atlas clocks in at Hyundai's smart factory," *TechnologyAdvice*, [Online], Jan. 06, 2026. Tillgänglig: <https://link.nl.technologyadvice.com/public/43371520> (hämtad: 2026-05-04).
- [91] Boston Dynamics, "Ask a roboticist: Q&A with Josh," u.å. [Online]. Tillgänglig: <https://bostondynamics.com/blog/ask-a-roboticist-qa-with-josh-a-mechanical-engineer-at-boston-dynamics/> (hämtad: 2026-04-17).
- [92] Boston Dynamics, "Boston Dynamics & Google DeepMind form new AI partnership to bring foundational intelligence to humanoid robots," Jan. 05, 2026. [Online]. Tillgänglig: <https://bostondynamics.com/blog/boston-dynamics-google-deepmind-form-new-ai-partnership/> (hämtad: 2026-02-12).
- [93] Agility Robotics, "GXO signs industry-first multi-year agreement with Agility Robotics," Jun. 27, 2024. [Online]. Tillgänglig: <https://www.agilityrobotics.com/content/gxo-signs-industry-first-multi-year-agreement-with-agility-robotics> (hämtad: 2026-04-15).
- [94] Loona, "The complete list: Every humanoid robot for sale on the market today," Nov. 14, 2025. [Online]. Tillgänglig: https://keyirobot.com/en-se/blogs/buying-guide/the-complete-list-every-humanoid-robot-for-sale-on-the-market-today?srltid=AfmBOop4GtAx1g-gxDk2BkHqSpl9CItZCLAwtqGjpxt_jt8216C7hQBbs (hämtad: 2026-04-15).
- [95] Agility Robotics, "Digit deployed at GXO in historic humanoid RAAS agreement," Jun. 5, 2024. [Online]. Tillgänglig: <https://www.agilityrobotics.com/content/digit-deployed-at-gxo-in-historic-humanoid-raas-agreement> (hämtad: 2026-05-10).
- [96] Agility Robotics, "Company", u.å. [Online]. Tillgänglig: <https://www.agilityrobotics.com/company> (hämtad: 2026-04-01).
- [97] The Agility Team, "Digit spec sheet," opublicerad.

- [98] *Maskinsäkerhet - Allmänna konstruktionsprinciper - Riskbedömning och riskreducering*, ISO 12100:2010, Maskinsäkerhet, SIS/TK 282, 2010.
- [99] *Maskinsäkerhet - Säkerhetsrelaterade delar av styrsystem - Del 1: Allmänna konstruktionsprinciper*, ISO 13849-1:2023, Maskinsäkerhet, SIS/TK 282, 2023.
- [100] B. Kelechava, "ANSI B11.19-2019: Safeguarding and machinery risk reduction," American National Standards Institute, [Online]. Jan. 16, 2020, Tillgänglig: <https://blog.ansi.org/ansi/ansi-b11-19-2019-safeguarding-machinery-risk/> (hämtad: 2026-04-15).
- [101] *Robotics — Safety requirements — Part 1: Industrial robots*, ISO 10218-1:2025, ISO, 2025.
- [102] *Industrial mobile robots - Safety requirements - Part 1: Requirements for the industrial mobile robot*, ANSI/RIA R15.08-1-2020, American National Standards Institute, 2020.
- [103] Agility Robotics, "Using an LLM to direct Digit," Maj. 30, 2023. [Online]. Tillgänglig: <https://www.agilityrobotics.com/videos/using-an-llm-to-direct-digit> (hämtad: 2026-04-15).
- [104] S. Dresser, "Amazon announces 2 new ways it's using robots to assist employees and deliver for customers," *Amazon News*, [Online], Okt. 18, 2023. [Online]. Tillgänglig: <https://www.aboutamazon.com/news/operations/amazon-introduces-new-robotics-solutions> (hämtad: 2026-04-15).
- [105] Agility Robotics, "Agility Robotics announces strategic investment and agreement with motion technology company Schaeffler Group," Nov. 13, 2024. [Online]. Tillgänglig: <https://www.agilityrobotics.com/content/agility-robotics-announces-strategic-investment-and-agreement-with-motion-technology-company-schaeffler-group> (hämtad: 2026-04-15).
- [106] Agility Robotics, "Mercado Libre and Agility Robotics announce commercial agreement to deploy humanoid robots," Dec. 10, 2025. [Online]. Tillgänglig: <https://www.agilityrobotics.com/content/mercado-libre-and-agility-robotics-announce-commercial-agreement> (hämtad: 2026-04-15).
- [107] I. Ali, "Tesla Optimus humanoid robot will be able to thread a needle in a year, says Elon Musk," *Tesla Oracle*, Dec. 22, 2023, [Online]. Tillgänglig: <https://www.teslaoracle.com/2023/12/22/tesla-optimus-humanoid-robot-will-be-able-to-thread-a-needle-in-a-year-says-elon-musk/> (hämtad: 2026-04-09).

- [108] Tesla, "Tesla Q4 and full year 2025 financial results and Q&A webcast," *YouTube*, Jan. 28, 2026, [Video]. Tillgänglig: <https://www.youtube.com/watch?v=oK0UZEE9GPo>
- [109] Tesla, "2025 Q4 quarterly update deck," 2026. [Online]. Tillgänglig: <https://assets-ir.tesla.com/tesla-contents/IR/TSLA-Q4-2025-Update.pdf> (hämtad: 2026-04-09).
- [110] E. Musk, "Optimus 3 is walking around, but needs some finishing touches before it's ready to be shown," *X*, [Online]. Mar. 31, 2026. Tillgänglig: https://x.com/elonmusk/status/2038890797760934115?ref_src=twsrc%5Etfw%7Ctwcamp%5Etweetembed%7Ctwterm%5E2038890797760934115%7Ctwgr%5Eb79d1f27bc2c6d5355c394edc8955ae6e66165f8%7Ctwcon%5Es1_ref_url=https%3A%2F%2Fwww.teslarati.com%2Felon-musk-announces-disappointing-tesla-optimus-update%2F (hämtad: 2026-04-09).
- [111] N. Radford, "Nicolaus Radford," *LinkedIn*, [Online]. u.å. https://www.linkedin.com/in/nicolaus-radford?utm_source=share_via&utm_content=profile&utm_medium=member_ios (hämtad: 2026-04-16).
- [112] J. Akinyode, "Jide Akinyode," *LinkedIn*, [Online]. u.å. https://www.linkedin.com/in/jideakinyode?utm_source=share_via&utm_content=profile&utm_medium=member_ios (hämtad: 2026-04-16).
- [113] J. Pratt, "Jerry Pratt," *LinkedIn*, [Online]. u.å. https://www.linkedin.com/in/jerry-pratt?utm_source=share_via&utm_content=profile&utm_medium=member_ios (hämtad: 2026-04-16).
- [114] Persona AI, "Industrial design," u.å. [Online]. Tillgänglig: <https://persona.ai/industrial-design/> (hämtad: 2026-04-16).
- [115] Business Wire, "ABS and Persona AI partner to bring humanoid robotics to shipyards, advancing safety and productivity", 2025. Tillgänglig: <https://www.businesswire.com/news/home/20250923457571/en/ABS-and-Persona-AI-Partner-to-Bring-Humanoid-Robotics-to-Shipyards-Advancing-Safety-and-Productivity> (hämtad: 2026-02-26)
- [116] Persona AI, "State of Louisiana and Persona AI launch humanoid pilot at SSE Steel Fabrication," 2026. [Online]. Tillgänglig: <https://www.globenewswire.com/news-release/2026/01/22/3224229/0/en/State-of->

[Louisiana-and-Persona-AI-Launch-Humanoid-Pilot-at-SSE-Steel-Fabrication.html](#)
(hämtad: 2026-04-16).

[117] Hexagon, "BMW deploys the humanoid robot AEON in production sites in Germany," 2026. [Online]. Tillgänglig: <https://robotics.hexagon.com/bmw-deploys-AEON-hexagon-robotics-humanoid/> (hämtad: 2026-03-05)

[118] Hexagon, "Hexagon Robotics' AEON wins the if design award 2026," 2026. [Online]. Tillgänglig: <https://robotics.hexagon.com/hexagon-robotics-wins-the-if-design-award-2026/> (hämtad: 2026-03-05).

[119] Hexagon, "Hexagon launches new robotics division to drive next-generation autonomy," 2025. [Online]. Tillgänglig: <https://hexagon.com/company/newsroom/press-releases/2025/hexagon-launches-new-robotics-division-to-drive-next-generation-autonomy> (hämtad: 2026-04-14).

[120] Hexagon, "AEON," u.å. [Online]. Tillgänglig: <https://robotics.hexagon.com/product/> (hämtad: 2026-03-05)

[121] Hexagon, "About," u.å. [Online]. Tillgänglig: <https://robotics.hexagon.com/about/> (hämtad: 2026-03-05).

[122] Hexagon, "System maintenance," u.å. [Online]. Tillgänglig: <https://hexagon.com/support-success/manufacturing-intelligence/metrology-support/system-maintenance> (hämtad: 2026-05-13).

[123] Hexagon, "Technical support," u.å. [Online]. Tillgänglig: <https://hexagon.com/support-success/manufacturing-intelligence/metrology-support/system-maintenance/technical-support> (hämtad: 2026-05-13).

[124] Hexagon, "Building an autonomous future," u.å. [Online]. Tillgänglig: <https://robotics.hexagon.com/> (hämtad: 2026-03-05).

[125] Hexagon, "Hexagon launches AEON, a humanoid built for industry," 2025. [Online]. Tillgänglig: <https://hexagon.com/company/newsroom/press-releases/2025/hexagon-launches-aeon-a-humanoid-built-for-industry> (hämtad: 2026-03-05).

[126] M. Huang, "Hexagon taps NVIDIA Robotics and AI software to build and deploy AEON, a new humanoid," *NVIDIA*, [Online]. Jun. 17, 2025. Tillgänglig: <https://blogs.nvidia.com/blog/hexagon-robotics-ai-software-aeon-humanoid/> (hämtad: 2026-05-14).

- [127] Hexagon, "Industrial autonomy accelerates: Hexagon Robotics pushes physical AI forward with NVIDIA," 2026. [Online]. Tillgänglig: <https://robotics.hexagon.com/industrial-autonomy-hexagon-robotics-nvidia-physical-ai/> (hämtad: 2026-05-22)
- [128] NVIDIA, "NVIDIA GTC 2026: Live updates on what's next in AI," 2026. [Online]. Tillgänglig: <https://blogs.nvidia.com/blog/gtc-2026-news/#igx-thor> (hämtad: 2026-05-13).
- [129] Hexagon, "Hexagon and Schaeffler to deploy a fleet of AEON humanoids across global factory network," 2026. [Online]. Tillgänglig: <https://hexagon.com/company/newsroom/press-releases/2026/hexagon-schaeffler-deploy-aeon-humanoids-across-global-factory-network> (hämtad: 2026-05-13).
- [130] NVIDIA, "NVIDIA Jetson Thor," u.å. [Online]. Tillgänglig: <https://www.nvidia.com/en-us/autonomous-machines/embedded-systems/jetson-thor/> (hämtad: 2026-05-13).
- [131] NVIDIA, "NVIDIA IGX Thor," u.å. [Online]. Tillgänglig: <https://www.nvidia.com/en-us/edge-computing/products/igx/> (hämtad: 2026-05-13).
- [132] Humanoid, "HMND 01 Alpha goes to work: Humanoid completes automotive manufacturing logistics POC with SAP and Martur Fompak," 2026. [Online]. Tillgänglig: <https://thehumanoid.ai/hmnd-01-alpha-goes-to-work-humanoid-completes-automotive-manufacturing-logistics-poc-with-sap-and-martur-fompak/> (hämtad: 2026-04-15).
- [133] The Robot Report, "Introducing the humanoid HMND 01 Alpha Bipedal," *YouTube*, Dec. 02, 2025. [Video]. Tillgänglig: <https://www.youtube.com/watch?v=b6--2UeDx58>
- [134] Humanoid, "HMND 01 Alpha Bipedal," u.å. [Online]. Tillgänglig: <https://thehumanoid.ai/hmnd-01-alpha-bipedal/> (hämtad: 2026-02-23).
- [135] Humanoid, "Introducing HMND 01 Alpha Wheeled," u.å. [Online]. Tillgänglig: <https://thehumanoid.ai/hmnd-01-alpha-wheeled/> (hämtad: 2026-02-23).
- [136] Humanoid, "Humanoid brings voice-activated multi-robot collaboration powered by KinetIQ to life at NVIDIA GTC," 2026. [Online]. Tillgänglig:

<https://thehumanoid.ai/humanoid-brings-voice-controlled-robotic-fulfillment-powered-by-kinetiq-to-life-at-nvidia-gtc/> (hämtad: 2026-04-15).

[137] Humanoid, "About us," u.å. [Online]. Tillgänglig: <https://thehumanoid.ai/about-us/> (hämtad: 2026-04-14).

[138] I. Martin, "A former russian jewelry magnate's humanoid robot startup is in talks to raise \$200 million," *Forbes*, [Online]. Feb. 05, 2026. Tillgänglig: <https://www.forbes.com/sites/iamartin/2026/02/05/a-former-russian-jewelry-magnates-humanoid-robot-startup-is-in-talks-to-raise-200-million/> (hämtad: 2026-04-14).

[139] A. Sokolov, "Artem Sokolov", *LinkedIn*, [Online]. u.å. Tillgänglig: https://uk.linkedin.com/in/artem-sokolov-s?original_referer= (hämtad: 2026-04-14).

[140] Humanoid, "Joints," u.å. [Online]. Tillgänglig: <https://thehumanoid.ai/glossary/joints/> (hämtad: 2026-04-14).

[141] Humanoid, "Humanoid shows how robots will work in tomorrow's factories," 2026. [Online]. Tillgänglig: <https://thehumanoid.ai/humanoid-shows-how-robots-will-work-in-tomorrows-factories/> (hämtad: 2026-04-24).

[142] Humanoid, "Humanoid and Siemens completed a proof of concept to test humanoid robots in industrial logistics," 2026. [Online]. Tillgänglig: <https://thehumanoid.ai/humanoid-and-siemens-completed-a-proof-of-concept-to-test-humanoidrobots-in-industrial-logistics/> (hämtad: 2026-04-15).

[143] Humanoid, "Humanoid and Schaeffler announce strategic technology partnership," 2026. [Online]. Tillgänglig: <https://thehumanoid.ai/humanoid-and-schaeffler-announce-strategic-technology-partnership/> (hämtad: 2026-04-15).

[144] Humanoid, "Introducing KinetIQ," 2026. [Online]. Tillgänglig: <https://thehumanoid.ai/introducing-kinetiq/> (hämtad: 2026-04-15).

[145] Humanoid, "KinetIQ," u.å. [Online]. Tillgänglig: <https://thehumanoid.ai/ai/> (hämtad: 2026-04-15).

[146] Sanctuary AI, "Building machines that think like people," u.å., [Online]. Tillgänglig: <https://www.sanctuary.ai/technology> (hämtad: 2026-02-04).

[147] Sanctuary AI, "Meet the future of work," u.å. [Online]. Tillgänglig: <https://www.sanctuary.ai/> (hämtad: 2026-04-07).

- [148] D. Frankhauser, “Sanctuary AI Phoenix review (2026): Price, Specs & Is It Worth It?,” *Robozaps*, [Online]. Maj. 13, 2026. Tillgänglig: <https://blog.robozaps.com/b/sanctuary-ai-phoenix-review> (hämtad: 2026-04-17).
- [149] Sanctuary AI, “James Wells,” u.å. [Online]. Tillgänglig: <https://www.sanctuary.ai/james-wells> (hämtad: 2026-04-08).
- [150] Sanctuary AI, “Olivia Norton,” u.å. [Online]. Tillgänglig: <https://www.sanctuary.ai/olivia-norton> (hämtad: 2026-04-08).
- [151] Sanctuary AI, “Sanctuary AI unveils the next generation of AI robotics,” 2024. [Online]. Tillgänglig: <https://www.sanctuary.ai/blog/sanctuary-ai-unveils-the-next-generation-of-ai-robotics> (hämtad: 2026-04-08).
- [152] F. R. Noreils, “Humanoid Robots at work: Where are we ?,” *arXiv preprint*, 2024, doi: <https://www.doi.org/10.48550/arXiv.2404.04249>.
- [153] Sanctuary AI, ” Sanctuary AI equips general purpose robots with new touch sensors for performing highly dexterous tasks,” 2025. [Online]. Tillgänglig: <https://www.sanctuary.ai/blog/sanctuary-ai-equips-general-purpose-robots> (hämtad: 2026-03-10).
- [154] Sanctuary AI, “Sanctuary AI unveils Phoenix™ - A Humanoid General-Purpose Robot Designed for Work,” 2023. [Online]. Tillgänglig: <https://www.sanctuary.ai/blog/sanctuary-ai-unveils-phoenix-a-humanoid-general-purpose-robot-designed-for-work> (hämtad: 2026-02-04).
- [155] Sanctuary AI, “Sanctuary AI releases new generation of AI robots for high quality data capture,” 2024. [Online]. Tillgänglig: <https://www.sanctuary.ai/blog/sanctuary-ai-releases-new-generation-of-ai-robots-for-high-quality-data-capture> (hämtad: 2026-04-08).
- [156] G. Korstrom, “Vancouver's Sanctuary AI reveals newest Phoenix humanoid robots,” *Business in Vancouver*, [Online]. Apr. 25, 2024. Tillgänglig: <https://www.biv.com/news/technology/vancouver-s-sanctuary-ai-reveals-newest-phoenix-humanoid-robots-8653571> (hämtad: 2026-05-28).
- [157] Sanctuary AI, “Honesty in technology communications, marketing, and storytelling,” 2023. [Online]. Tillgänglig: <https://www.sanctuary.ai/blog/honesty-in-technology-communications-marketing-and-storytelling> (hämtad: 2026-03-11).

- [158] B. Lam, "US vs. China: Who is winning the humanoid robot race?," *VnExpress International*, [Online], Mar. 13, 2025. Tillgänglig: <https://e.vnexpress.net/news/tech/tech-news/us-vs-china-who-is-winning-the-humanoid-robot-race-4860792.html> (hämtad: 2026-03-18).
- [159] D. Butts, M. Chin, "Who's laughing now? China's humanoid robots go from viral stumbles to kung fu flips in one year," *CNBC*, [Online]. Feb. 20, 2026. Tillgänglig: <https://www.cnn.com/2026/02/20/china-humanoid-robots-spring-festival-gala-unitree-tesla-ai-race.html> (hämtad: 2026-03-18).
- [160] Vietnam.vn, "Chinese robots are rapidly improving, astonishing the world.," 2026. [Online]. Tillgänglig: <https://www.vietnam.vn/en/robot-trung-quoc-len-trinh-chong-mat-the-gioi-kinh-ngac> (hämtad: 2026-03-18).
- [161] NyTeknik, "Google Deepmind-chefen varnar: Kina kommer i kapp snabbt inom AI," 2026. [Online]. Tillgänglig: <https://www.nyteknik.se/tech/google-deepmind-chefen-varnar-kina-kommer-ikapp-snabbt-inom-ai/4427748#:~:text=Google%20Deepmind%2Dchefen%20varnar:%20Kina%20kommer%20ikapp%20snabbt%20inom%20AI> (hämtad: 2026-03-18).
- [162] CGTN Europe, "2025 Spring Festival Gala: What can robots do?," *YouTube*, Jan. 28, 2025. [Video]. Tillgänglig: https://www.youtube.com/watch?v=JIq_AM4q534
- [163] CGTN, "Happy Chinese new year! A selection of the 2026 CMG Spring Festival Gala," *YouTube*, Feb. 17, 2026. [Video]. Tillgänglig: https://www.youtube.com/watch?v=1O0TB6QL_al
- [164] Unitree, "Unitree G1," u.å. [Online]. Tillgänglig: <https://www.unitree.com/g1> (hämtad: 2026-03-30).
- [165] D. Frankhauser, "Unitree G1 review: Price (\$16,000), specs & performance [2026]," *Robozaps*, [Online]. Maj. 13, 2026. Tillgänglig: <https://blog.robozaps.com/b/unitree-g1-review> (hämtad: 2026-05-17).
- [166] Unitree, "Unitree shop," u.å. [Online]. Tillgänglig: <https://shop.unitree.com/> (hämtad: 2026-05-17).
- [167] N. Conte, "Ranked: The companies shipping the most humanoid robots," *Visual Capitalist*, [Online], Mar. 17, 2026. Tillgänglig: <https://www.visualcapitalist.com/ranked-the-companies-shipping-the-worlds-humanoid-robots/> (hämtad: 2026-03-30).

- [168] J. Koetsier, "Top 10 humanoid robot companies by shipments revealed," *Forbes*, [Online]. Jan. 09, 2026. Tillgänglig: <https://www.forbes.com/sites/johnkoetsier/2026/01/09/top-10-humanoid-robot-companies-by-shipments-revealed/> (hämtad: 2026-03-30).
- [169] Unitree, "Unitree G1," u.å. [Online]. Tillgänglig: <https://shop.unitree.com/products/unitree-g1> (hämtad: 2026-05-17).
- [170] O. Bünte, "Unitree's humanoid G1 robot works at Japanese airport," *Heise*, [Online]. Apr. 29, 2026. Tillgänglig: <https://www.heise.de/en/news/Unitree-s-humanoid-G1-robot-works-at-Japanese-airport-11275987.html> (hämtad: 2026-05-18).
- [171] W. Kraus, S. Schmidt, T. Jacobs, "Fraunhofer IPA offers new test benchmark for humanoids," *The Robot Report*, [Online]. Maj. 17, 2026. Tillgänglig: https://www.therobotreport.com/fraunhofer-ipa-offers-new-test-benchmark-for-humanoid-robots/?_cf_chl_tk=psKuG2Ymo1GquvziiWeCMe2HCC3_k9o1F3K8NhvwaCo-1779102401-1.0.1.1-zllv5eeD3tyVcQEKxc8tL6ifQGI9dRZLzJNLxuegq_A (hämtad: 2026-05-18).
- [172] UBTECH, "Walker S2," u.å. [Online]. Tillgänglig: <https://www.ubtrobot.com/en/humanoid/products/walker-s2> (hämtad: 2026-03-30).
- [173] Robots Europa, "UBTECH Walker S2 industrial humanoid robot + Free delivery anywhere in Europe," u.å. [Online]. Tillgänglig: <https://www.robotseuropa.com/UBTECH-Walker-S2.htm> (hämtad: 2026-05-18).
- [174] UBTECH, "UBTECH," u.å. [Online]. Tillgänglig: <https://www.ubtrobot.com/en/> (hämtad: 2026-03-30).
- [175] N. J. Engelking, "Rossmann tests first humanoid robot in logistics," *Heise*, [Online]. Mar. 27, 2026. Tillgänglig: <https://www.heise.de/en/news/Rossmann-tests-first-humanoid-robot-in-logistics-11228277.html> (hämtad: 2026-05-18).
- [176] AGIBOT, "AGIBOT showcases full humanoid robot portfolio at MWC 2026," 2026. [Online]. Tillgänglig: <https://www.agibot.com/article/231/detail/44.html> (hämtad: 2026-03-31).
- [177] AGIBOT, "AGIBOT A2 Ultra," u.å. [Online]. Tillgänglig: https://www.agibot.com/products/A2_Ultra (hämtad: 2026-03-31).

- [178] JL Safety, "Hur ska ett robotsystem CE-märkas och varför?," u.å. [Online]. Tillgänglig: <https://www.jlsafety.se/hur-ska-ett-robotsystem-ce-markas-och-varfor/> (hämtad: 2026-05-18).
- [179] H.B Compliance Solutions, "The complete guide to FCC certification: Ensuring compliance for your products," u.å. [Online]. Tillgänglig: <https://hbcompliance.com/the-complete-guide-to-fcc-certification-ensuring-compliance-for-your-products/> (hämtad: 2026-05-18).
- [180] Law Insider, "CR certificate," u.å. [Online]. Tillgänglig: <https://www.lawinsider.com/dictionary/cr-certificate> (hämtad: 2026-05-18).
- [181] AGIBOT, "AGIBOT G2," u.å. [Online]. Tillgänglig: <https://www.agibot.com/products/G2> (hämtad: 2026-03-31).
- [182] AGIBOT, "AGIBOT and Longcheer Technology achieve world's first embodied AI deployment in consumer electronics precision manufacturing mass-production line," 2026. [Online]. Tillgänglig: <https://www.agibot.com/article/231/detail/60.html> (hämtad: 2026-05-18).
- [183] M. Denscombe, *Forskningshandboken: För småskaliga forskningsprojekt inom samhällsvetenskaperna*. 4. uppl., Lund, Sverige: Studentlitteratur AB, 2018.
- [184] Saab AB, "Saab and Cohere sign memorandum of understanding on advanced AI collaboration," 2026. [Online]. Tillgänglig: <https://www.saab.com/newsroom/press-releases/2026/saab-and-cohere-sign-memorandum-of-understanding-on-advanced-ai-collaboration> (hämtad: 2026-05-12).
- [185] Saab AB, "Saab signs strategic cooperation agreement and makes investment in Helsing," 2023. [Online]. Tillgänglig: <https://www.saab.com/newsroom/press-releases/2023/saab-signs-strategic-cooperation-agreement-and-makes-investment-in-helsing> (hämtad: 2026-05-12).
- [186] Saab AB, "WASP: Shaping the future of Swedish industry," 2020. [Online]. Tillgänglig: <https://www.saab.com/newsroom/stories/2020/april/wasp-shaping-the-future-of-swedish-industry> (hämtad: 2026-05-12).
- [187] V. Kekshin, S. Ponomar, M. Sarkans, V. Kuts, S. Pavlov, "Collaboration between industrial, collaborative, humanoid robots and humans," *Journal of Machine Engineering*, vol. 13, nr. 2, ss. 100-110, 2025, doi: <https://www.doi.org/10.36897/jme/203790>.

- [188] B. Cottier m.fl., "The rising costs of training frontier AI models," *arXiv preprint*, 2025, doi: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2405.21015>.
- [189] Agile Robots, "Agile Robots and Google DeepMind partner to bring intelligence to robotics," 2026. [Online]. Tillgänglig: <https://www.agile-robots.com/en/news/detail/agile-robots-and-google-deepmind-partner-to-bring-intelligence-to-robotics/> (hämtad: 2026-05-05).
- [190] Agility Robotics, "Agility Robotics expands relationship with NVIDIA," 2025. [Online]. Tillgänglig: <https://www.agilityrobotics.com/content/agility-robotics-expands-relationship-with-nvidia> (hämtad: 2026-05-05).
- [191] A. A. Malik, T. Masood, A. Brem, "Intelligent humanoid robots in manufacturing," *Companion of the 2024 ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction*, ss. 20-27, 2024, doi: <https://doi.org/10.1145/3610978.3640765>.
- [192] A. Roychoudhury, S. Khorshidi, S. Agrawal och M. Bennewitz, "Perception for humanoid robots," *Current Robotics Reports*, vol. 4, ss. 127-140, 2023, doi: <https://doi.org/10.1007/s43154-023-00107-x>.
- [193] K. E. Kovács m.fl., "A systematic review of emotion recognition and non-verbal communication in human-robot interaction," *2025 IEEE 16th International Conference on Cognitive Infocommunications*, ss. 183-190, 2025, doi: <https://www.doi.org/10.1109/CogInfoCom66819.2025.11200706>.
- [194] Amazon, "Meet Proteus," 2024. [Online]. Tillgänglig: <https://www.aboutamazon.com/stories/amazon-robotics-autonomous-robot-proteus-warehouse-packages> (hämtad: 2026-03-24).
- [195] Amazon, "How Amazon deploys collaborative robots in its operations to benefit employees and customers," 2023. [Online]. Tillgänglig: <https://www.aboutamazon.com/news/operations/how-amazon-deploys-robots-in-its-operations-facilities> (hämtad: 2026-03-24).
- [196] Figure, "The future of home help is here," u.å. [Online]. Tillgänglig: <https://www.figure.ai/> (hämtad: 2026-04-15).
- [197] Agility Robotics, "Humanoid robots. Proven results.," u.å. [Online]. Tillgänglig: <https://www.agilityrobotics.com/> (hämtad: 2026-04-15).
- [198] Apptronik, "Building robots for humans," u.å. [Online]. Tillgänglig: <https://apptronik.com/> (hämtad: 2026-03-24).

- [199] N. Savela, R. Latikka, R. Oksa, S. Kortelainen, A. Oksanen, “Affective attitudes toward robots at work: A population-wide four-wave survey study,” *International Journal of Social Robotics*, vol. 14, ss. 1379–1395, 2022, doi: <https://www.doi.org/10.1007/s12369-022-00877-y>.
- [200] S. Zabel, N. E. Neef, X. Yang, C. F. Heinze och S. Otto, “Assessing attitude towards collaboration with robots in the workplace – One element of optimizing robot engagement,” i *HCI International 2025 Posters. HCII 2025. Communications in Computer and Information Science*, vol. 2524, ss. 412-423, 2025, doi: https://www.doi.org/10.1007/978-3-031-94156-6_42.

Bilaga A: Intervjufrågor

Kort presentation av syftet med intervjun, att ge en bild av vilka arbetsmoment Saab skulle vilja använda humanoida robotar till.

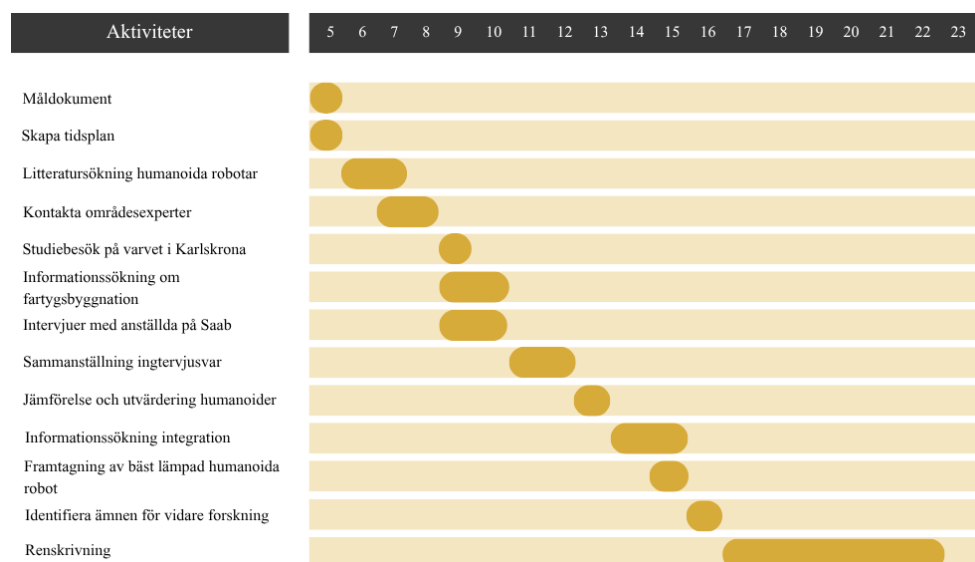
- 1) Om du får tänka helt fritt, vilka arbetsmoment i varvhallarna skulle du helst se kunde utföras av humanoida robotar i stället?
 - Varför just de arbetsmomenten?
 - Hur mycket tid uppskattar du läggs på de arbetsmomenten i dag?
 - Vilka arbetsuppgifter skulle de som inte längre behöver utföra de arbetsmomenten göra i stället?

Information presenteras om hur humanoida robotar används i pilottester hos andra företag. Några exempel som ges är transport av material mellan lager och produktionslinje, positionering av plåtar för svetsning samt utförandet av uppgifter som är fysiskt ansträngande och repetitiva.

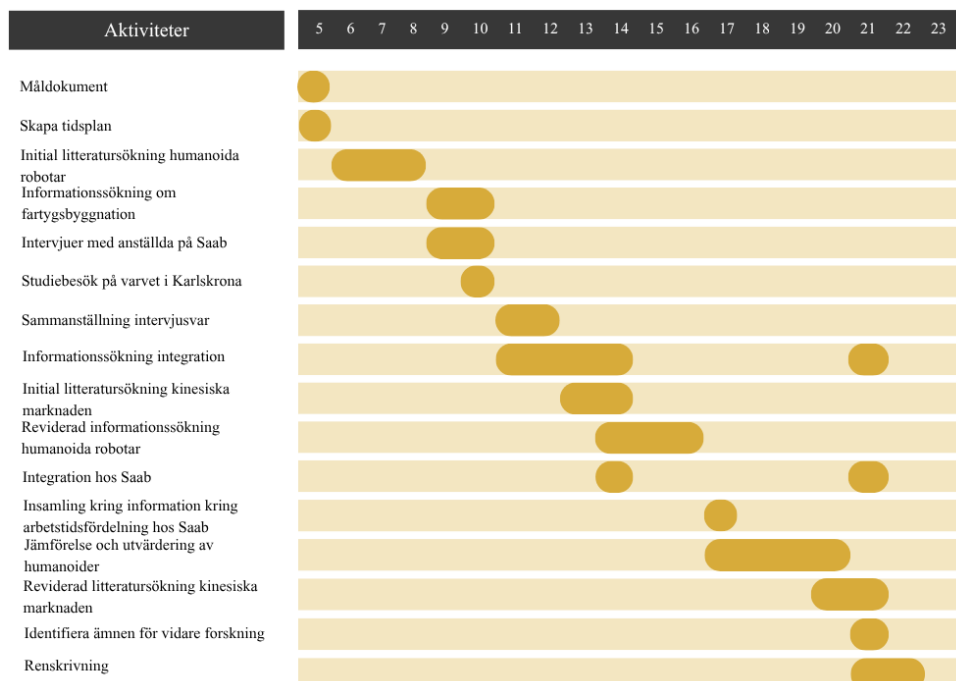
- 2) Finns det ett behov att utföra samma eller liknande arbetsuppgifter i varvet i större utsträckning?
- 3) Tror du att det finns potential för humanoida robotar att hjälpa till i hallarna?
- 4) Hur tror du att introduktionen av humanoida robotar skulle bemötas av personalen i hallarna?

Bilaga B: Gantt-scheman

Nedan visas två Gantt-scheman för den planerade arbetsprocessen respektive utfallet. Schemana är skapade med hjälp av en mall från Canva.



Figur B.1 Gantt-schema för den planerade arbetsprocessen.



Figur B.2 Gantt-schema för arbetsprocessens utfall.

Bilaga C: Arbetsfördelning

Arbetsuppgifterna har inte avsiktligt delats upp mellan de två författarna. Däremot har författarna haft olika mycket inblick i de olika avsnitten. De avsnitt som berör metod och bedömningen av humanoider har Sofie arbetat mer med. Hon har även tagit ansvar för diskussionen kring humanoida robotar på marknaden samt sammanställningen av intervjusvar. Fredrik har arbetat mer med avsnittet kring humanoida robotar generellt och den litteraturbaserade delen av Saab Naval. Dessutom har han haft ansvar för avsnittet kring integration. Arbetet har i de resterande kapitlen delats ungefär lika.