

# LEXO-Arm

BIDATA, NTNU

Lærestoffet er utviklet for emnet IDATx1004 Teambasert  
Samhandling

**Date:** 20.11.2025

Erich Johannes Wessel, Ans Muhammad, Karl Hansen, Emil  
Rime og Chris Mulunda Mpinda

# Innhold

<b>1</b>	<b>Prosjektplan</b>	<b>4</b>
1.1	Problembeskrivelse . . . . .	4
1.2	Målbare og styrbare SMART-mål . . . . .	5
1.3	Framdriftsplan . . . . .	5
1.4	Organisering og roller . . . . .	5
1.5	Risikovurdering . . . . .	5
1.6	Kvalitetssikring . . . . .	6
1.7	Omfang og avgrensning . . . . .	6
1.8	Oppsummering . . . . .	6
<b>2</b>	<b>Prosjektrapport</b>	<b>7</b>
2.1	Prosjektoppgave . . . . .	7
2.2	Forord . . . . .	7
2.3	Sammendrag . . . . .	8
2.4	Abstract . . . . .	8
2.5	Introduksjon . . . . .	8
2.5.1	Innhold . . . . .	9
2.6	Presentasjon av Teamets medlemmer . . . . .	9
2.7	Problembeskrivelse . . . . .	11
2.8	Gjennomføring av team-prosjektet . . . . .	12
2.9	Administrative resultater . . . . .	14
2.10	Metode/prosess . . . . .	15
2.11	En kritisk vurdering av/refleksjon rundt arbeidet som er gjort . . . . .	15
2.12	Konklusjon og anbefalinger . . . . .	16
2.13	Bærekraft og samfunns påvirkning . . . . .	16
	Vedlegg . . . . .	17

# Figurer

1.1	LEXO-Arm visjon (ai generert) . . . . .	4
1.2	Framdriftsplan (excel) . . . . .	5
2.1	begynnelse av robot-bygging . . . . .	13
2.2	sluttfase robot-bygging . . . . .	13
2.3	Feilbruk av kode . . . . .	14
2.4	bra kode . . . . .	14

# Tabeller

1.1	Rollefordeling i prosjektgruppen . . . . .	5
1.2	Kompakt risikovurdering . . . . .	6

# Kapittel 1

## Prosjektplan

### 1.1 Problembeskrivelse

I dag er det utallige mennesker som har nedsatt funksjonalitet, mennesker som rett og slett ikke kan utføre helt vanlige arbeidsoppgaver. Snekkere, elektrikere og generelt menn som jobber fysisk, sliter i snitt mye med smerte ettersom de jobber fysisk hardt 5 dager i uken, 240 dager i året. Ifølge (Lein 2015) så tok over 50 prosent av nordmenn smertestillende hver eneste uke og 11 prosent hver eneste dag, da kan man stille seg spørsmålet, hvor ille kan det da være i dag? Dette er åpenbart et samfunnsproblem og vi ønsker å fikse det.

Derfor har vi kommet på ideen LEXO-arm. Dette er en lego prototype som du fester rundt armen din for å få støtte til å utføre bevegelser med motorer som om det var et eksternt skjelett. Dette betyr at mennesker som jobber fysisk eller med nedsatt funksjonalitet vil kunne drastisk senke sannsynligheten for å bli skadet og til og med øke effektivitet. Dette vil også føre til mye mindre kjøp av smertestillende som kan i langsigten være en god økonomisk invitering.

Prosjektet støtter også FNs bærekraftsmål som mål 3 (god helse og livskvalitet), mål 0 (industri, innovasjon og infrastruktur) og mål 8 (anstendig arbeid og økonomisk vekst). Prosjektet skal vise hvordan teknologien kan brukes for å forbedre livskvaliteten og redusere belastningsskader i arbeidslivet.



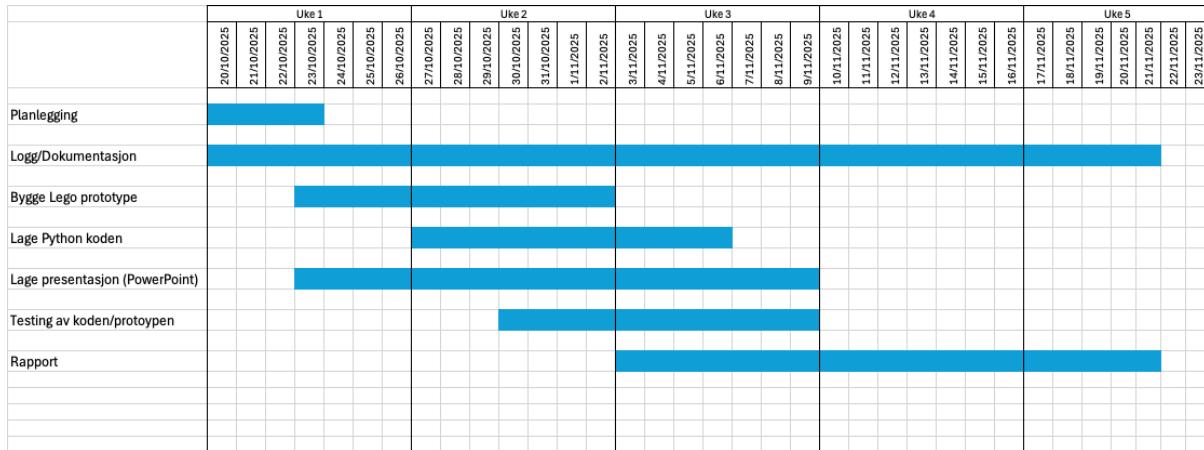
Figur 1.1: LEXO-Arm visjon (ai generert)

## 1.2 Målbare og styrbare SMART-mål

**SMART-mål:** For å sikre at prosjektets mål er konkrete, målbare, oppnåelige, relevante og tidsbestemte, har vi definert følgende SMART-mål:

- **Spesifikt:** Prototypen skal kunne simulere minst en konsentrisk kontraksjon og eksentrisk kontraksjon.
- **Målbart:** Robotens respons skal korrekt bevegelse
- **Oppnåelig:** LEGO Mindstorms og sensorer brukes for å oppnå realistiske bevegelser innen prosjektets tidsramme.
- **Relevant:** Målet støtter prosjektets hovedmål om å demonstrere prinsippene for LEXOARM og helseforbedrende teknologi.
- **Tidsbestemt:** Prototypen skal være funksjonell innen uke 45, og rapport/presentasjon ferdigstilles innen uke 46.

## 1.3 Framdriftsplan



Figur 1.2: Framdriftsplan (excel)

## 1.4 Organisering og roller

Tabell 1.1: Rollefordeling i prosjektgruppen

Rolle	Navn / Ansvar
Prosjektleder	E. Johannes. W – koordinering og fremdrift
Kode ansvarlig	Chris M. M – kode, mekanikk og sensorløsning
Dokumentasjonsansvarlig	Karl J. S. Hansen – rapport, referater, og logg
Presentasjons ansvarlig	Emil Rime – PowerPoint presentasjon og innhold
Test, design og byggansvarlig	Muhammad Ans – kvalitetssikring, prototype design, og funksjonstesting

## 1.5 Risikovurdering

For oversikt og vurdering av prosjektets viktigste risikoer er det utarbeidet en kompakt risikovurdering. Sannsynlighet og konsekvens vurderes fra 1–5, og risikonivå er summen av sannsynlighet multiplisert med konsekvens.

Tabell 1.2: Kompakt risikovurdering

Risiko	Sannsynlighet	Konsekvens	Risikonivå	Tiltak
Tidsmangel	4	4	<b>Høy (16)</b>	Klar ansvarsfordeling og klare mål. Disiplinert arbeid og fullføring innen tidsplan.
Tekniske feil	3	3	<b>Moderat (9)</b>	Tidlig prototype, hyppige tester, backup-planer.
Dårlig kommunikasjon	3	3	<b>Moderat (9)</b>	Aktiv bruk av Teams, fysisk oppmøte, og ukentlige status møter.
Sikkerhetsrisiko ved testing	3	2	<b>Lav (6)</b>	Test med små vekter og kontrollerte bevegelser.
Manglende dokumentasjon	3	5	<b>Høy (15)</b>	Løpende skriving og felles filstruktur.

## 1.6 Kvalitetssikring

- Dokumentasjon med kommentarer for alle funksjoner.
- Jevnlige kodegjennomganger i gruppen.
- Tester for alle motorer, sensorer og bevegelsesfunksjoner.
- Versjonskontroll for å spore endringer og sikre reversering ved behov.

## 1.7 Omfang og avgrensning

Vi utvikler kun en LEGO-basert prototype og ikke en fullskala prototype. Prototypen illustrerer enkle prinsipper for bevegelsesforsterkning og belastningsreduksjon, og gir et grunnlag for videre utvikling. I fremtiden kan ekte eksoskjeletter implementere AI og bedre sensorer for mer presise bevegelser og raskere respons.

## 1.8 Oppsummering

Prosjektet forventes å levere en fungerende LEGO-basert eksoskjelett-prototype som demonstrerer enkle eksentriske og koncentriske arm bevegelser. Prosjektet skal også dokumentere samarbeid, metoder, utfordringer og løsninger som oppstår underveis, slik at erfaringene kan brukes i fremtidige iterasjoner eller videreutvikling av eksoskjelettkonseptet.

# Kapittel 2

## Prosjektrapport

Prosjektrapporten skal dokumentere prosessen som har ført til sluttproduktet. I tillegg skal ulike rapporter/dokumenter som beskriver produktet og prosessen legges ved. Vi tenker da på møteinkallinger, møtereferat, timelister, felles refleksjonsnotat.

### 2.1 Prosjektoppgave

IDATG1004 - Teambasert Samhandling

Gruppe nr: Gruppe 2

Medlemmer:

- Karl Hansen
- Erich Johannes Wessel
- Chris Mulunda Mpinda
- Ans Muhammad
- Emil Rime

### 2.2 Forord

Denne rapporten er utarbeidet som et avsluttende prosjekt i emnet IDATG1004 Teambasert samhandling ved NTNU Gjøvik høsten 2025. Prosjektets primære faglige mål har vært å vise fram teamets evne til å planlegge, gjennomføre og dokumentere et komplekst, tverrfaglig prosjekt.

Gjennom utviklingen av LEXO-Arm, en funksjonell LEGO-prototype av et motorisert ytre skjelett, har vi oppnådd betydelig læring:

- Faglig: Vi har fått dypere innsikt i mekatroniske prinsipper og samspillet mellom mekaniske design, sensorikk og koding. Den tekniske utfordringen med å oppnå presisjonsstyring av motoren tvang oss til å tenke adaptivt rundt kodeimplementering, noe som resulterte i en vellykket overgang til tids-/kraftstyring.
- Samarbeid har vært veldig viktig. Vi la vekt på å ha klare roller og snakke godt sammen. Da vi møtte tekniske problemer, som når bygget ikke var sterkt nok, eller koden ikke fungerte som den skulle, løste vi det sammen. Vi lærte å fikse feil ved å prøve og forbedre (iterativ design). Den største lærdommen fra å jobbe i team var at vi klarte å endre planer og ta igjen tapt tid etter uventede problemer med både byggingen og kodingen. Vi ble flinke til å tilpasse oss.

Prosessens startet med en idemyldring. Vi bestemte oss fort for å gå bort fra enkle miljøløsninger. I stedet valgte vi den vanskeligere oppgaven med å hjelpe mot fysisk slitasje og funksjonsnedsettelse i jobbsammenheng. LEXO-Arm ble valgt fordi det passer godt med FNs bærekraftsmål (spesielt Mål 3: God helse og Mål 8: Anstendig arbeid). I tillegg krevde prosjektet mye arbeid med både mekanikk (byggets styrke) og koding.

Prosjektet hadde fire hoveddeler: ide, planlegging, bygging, koding, testing, og dokumentasjon. Selv om vi slet med å få LEGO-strukturen stabil og hadde problemer med å styre motorene presist, klarte vi å levere en fungerende prototype. Denne prototypen viser grunnprinsippene for en robotarm som kan forsterke kraft.

- 20/11/2025
- Gjøvik NTNU
- Underskrifter:
  - Johannes:
  - Ans:
  - Chris:
  - Emil
  - Karl:

## 2.3 Sammendrag

Denne rapporten beskriver opprettelsen av LEXO-Arm, en LEGO-prototype som demonstrerer prinsippene bak et mekanisk eksoskjelett. Prosjektets formål har vært å undersøke hvordan robotikk kan redusere belastningsskader og hjelpe personer med funksjonsnedsettelse gjennom motoriserte, assisterte bevegelser. Jobben innebefatter idemyldring, prosjektplanlegging, teknisk design, programmering, testing og evaluering.

Gjennom hele prosjektet laget teamet en tydelig problembeskrivelse, etablerte SMART-mål og fulgte en systematisk fremdriftsplan. Risikovurderinger, kvalitetssikringsprosedyrer og løpende dokumentasjon har blitt utført for å bekrefte at produktet fungerer innenfor konteksten av tilgjengelig LEGO-utstyr. Resultatet er en prototype som viser både konsentriske og eksentriske bevegelser, samt hvordan enkle teknologiske løsninger kan bidra til forbedret helse, ergonomi og effektivitet.

## 2.4 Abstract

In this project we had the development of the prototype LEXO-arm, a functional exoskeleton using the LEGO Mindstorms EV3 kit. This external skeleton will be equipped on you with mounted motors that will assist you in any movement you do. Today the lack of affordable and accessible physical assistance for individuals with reduced mobility and the need to mitigate physical strain/injuries in manual labor.

The process involved initial brainstorming, followed by a crucial scope adjustment towards the complex exoskeleton concept. The main technical challenges were the difficulties in achieving stable and precise movement due to the limitations of the EV3 motors when using rotation values. We were able to successfully solve it by transitioning the programming to time and power values controlled by two simple push buttons. This prioritized robust stability over complex digital precision.

The prototype effectively demonstrates the principle of force augmentation and controlled assistive movement. This proves the feasibility of using low-cost educational tools to validate complex engineering concepts related to human assistance technology.

## 2.5 Introduksjon

Denne rapporten er utarbeidet som et endelig prosjekt i Teambasert, utført av studenter ved NTNU Gjøvik i løpet av høstsemesteret (høsten 2025). Prosjektets hovedfokus har vært utviklingen av en innovativ, bærbar robotenhet - LEXO-arm - konstruert med LEGO-komponenter og styrings elektronikk.

Hensikten med dette dokumentet er å dokumentere prosessen, designet, konstruksjonen og de funksjonelle

resultatene knyttet til utviklingen av LEXO-arm. Rapporten skal fungere som en komplett dokumentasjon av prosjektet, og beskrive hvordan en LEGO-basert robotarm kan utformes for å assistere brukeren med å imitere og støtte armbevegelser.

Rapporten beskriver alle faser av prosjektet, fra når vi visualiserte konseptet og valg av komponenter til implementering, koding og testing av den ferdige prototypen. Den vil i detalj redegjøre for de tekniske utfordringene og løsningene knyttet til å skape en funksjonell og ergonomisk robotarm i LEGO.

### 2.5.1 Innhold

En liste på hva brukeren kan forvente å lese om kronologisk igjennom rapporten.

- Gruppe 2 medlemmer
- Problembeskrivelse
- Gjennomføring av team-prosjektet
- Administrative resultater
- Metode/prosess
- vurdering/refleksjon
- konklusjon og anbefalinger
- Bærekraft og samfunns-påvirkning
- Avslutning

## 2.6 Presentasjon av Teamets medlemmer

Navn	Alder	Beskrivelse	Bilder
Erich Johannes Wessel	20	Jeg har bakgrunn fra realfag og IT med erfaring i webutvikling (HTML, CSS, JS) og Python, samt kurs i etisk hacking via TryHackMe. Jeg er initiativrik, kreativ og trives både selvstendig og i samarbeid, hvor jeg også kan ta ansvar ved behov. På fritiden er jeg opptatt av programmering, natur og trening. Målet mitt er å utdanne meg som dataingeniør og utvikle meg videre mot en karriere innen red teaming og penetrasjonstesting. I dette prosjektet har jeg fått et overordnet ansvar sammen med Karl Hansen om å være dokumentansvarlig.	

Navn	Alder	Beskrivelse	Bilder
Karl Jhudiel Silvano Hansen	24	Jeg har gått yrkesfaglig videregående og gått 2.5 år som lærling, før jeg tok fagbrev i dataelektronikkerfaget. Jobbet i et par år som nettverksteknikker hvor jeg driftet og satte opp nettverk. Ble brukt mye Cisco-utstyr og jobbet en del i både Windows og Linux DHCP. Var inne i førstegangstjenesten hos Sambandsbataljonen som teknisk assistent før jeg dro tilbake til sivile arbeidsplassen etter 1 år. Endte opp på dataingeniørstudiet etter å ha funnet ut at jeg vil videreutvikle meg selv innen faget og ta en bachelor. Sammen med Johannes Wessel har jeg for dette prosjektet fått et overordnet ansvar som dokumentansvarlig.	
Emil Rime	18	Jeg gikk to år med yrkesfaglig informasjonsteknologi og medieproduksjon på Gjøvik videregående skole. Der fikk jeg kompetanse i mange forskjellige programmeringsspråk, blant annet Python, Java og C#. Jeg er mer vant til å jobbe på egen hånd, men klarer å jobbe i en gruppe ganske fint. Jeg foretrekker å ikke jobbe som leder, men kan ta stillingen om jeg absolutt må. Jeg pleier å jobbe med det som interesserer meg/det ingen andre har lyst på. Jeg er god på å holde fokus under langvarige prosjekter og er god til å høre kritikk og finne mulige andre/bedre løsninger. I dette prosjektet har jeg fått et overordnet ansvar som presentasjonsansvarlig. Dette betyr at jeg kommer til å jobbe mer med presentasjonen enn de andre og ville kunne lede den biten.	

Navn	Alder	Beskrivelse	Bilder
Chris Mulunda Mpinda	19	Jeg har ikke så mye kompetanse i forhold til BIDATA. Jeg gikk 3 år i studespesialisering på videregående med relevante fag som R1, R2 og Fysikk 1. Jeg liker å lære noe nytt og er veldig nysgjerrig. Jeg tar ikke så mye initiativ med mindre det trengs. Jeg er glad i å jobbe alene, samtidig har jeg ikke noe problem med å jobbe i en gruppe. Jeg har ikke noen preferanser når det gjelder roller i gruppe, men jeg foretrekker nesten aldri lederrolle. Jeg liker matte, idretter og er veldig sosial. Jeg liker å lære nye ting, og jeg syns Dataingeniører hadde vært både en god utfordring og en bra opplevelse. Jeg har fått et overordnet ansvar om å lage selve koden for roboten. Dermed vil jeg jobbe tett med Ans i og med at han har et overordnet ansvar for selve bygningen av roboten.	
Muhammad Ans	20	Jeg gikk elektro og datateknologi på videregående. I stedet for det tredje året valgte jeg å ta forkurs til ingeniørstudier. Der fikk jeg en god og solid grunnlag i realfag. Jeg har også erfaring med programmering, spesielt i språkene C++ og Python. Jeg har jobbet med ulike verktøy og plattformer som Arduino, Anaconda og Microsoft Developer Tools. Gjennom skole og fritid har jeg lært meg å jobbe strukturer og målrettet. Jeg er disiplinert og liker å oppnå resultater. Idrett som fotball og styrketrenings har lært meg å samarbeide og å holde meg motivert. Som person er jeg selvstendig og en god lagsspiller. Jeg er nysgjerrig og liker å lære nye ting. Valget mitt om å studere til dataingeniør er bevisst. Jeg er motivert av teknologi og problemløsning, og ønsker å bruke logisk tenkning og kreativitet til å lage løsninger som er nyttige for andre. I dette prosjektet så har jeg fått et overordnet ansvar om å bygge selve roboten.	

## 2.7 Problembeskrivelse

Vår opprinnelige forståelse av oppgaven var å levere en funksjonell prototype bygget med Lego EV3, der løsningen skulle ha en tydelig kobling til FNs bærekraftsmål og ha et klart potensial for samfunnsnytte. Kriteriene var åpne, men fokuset på bærekraft og skalerbarhet tvang oss til å tenke utenfor de mest åpenbare løsningene.

Mens selve kravene i oppgaven var faste, justerte vi raskt problemområdet vi ønsket å løse. Vi gikk

bort fra generelle miljøutfordringer (som søppelplukking) til å fokusere på en mer spesifikk utfordring knyttet til helse og fysisk belastning. Denne justeringen var nødvendig for å møte kravet om et prosjekt med høy innovasjonspotensial og direkte samfunnsnytte. Endringen reflekterte et skifte fra et bredt bærekraftsmål til et mer direkte fokus på Bærekraftsmål 3: God helse og livskvalitet og Bærekraftsmål 8: Anstendig arbeid og økonomisk vekst.

Den sentrale problemstilling vi forsøke å løse med prosjektet LEXOarm er todelt:

- Mange på tilgjengelig og rimelig fysisk hjelp: Det er et kritisk behov for rimelige, funksjonelle mekaniske hjelpeemidler som kan bedre mobiliteten og livskvaliteten for mennesker med nedsatt funksjonsevne, enten det er grunnet skade, sykdom eller alder. Dagens løsninger er ofte utilgjengelig dyre.
- Fysisk slitasje i arbeidslivet: Vi ønsket også å adressere den betydelige fysiske belastningen og slitasjen som oppstår i mange fysisk krevende yrker. Over tid fører dette til kroniske plager, skader og et urovekkende høyt forbruk av smertestillende medisiner blant mange i disse yrkesgruppene.

Vårt prosjekt søker derfor å svare på følgende: Hvordan kan vi utvikle en tilgjengelig, funksjonell og kraftforsterkende robotisk enhet (ekstra skjelett) for å øke livskvaliteten, mobiliteten og arbeid sikkerheten for mennesker med funksjonsnedsettelse og de fysisk krevende yrker, og dermed bidra til bedre helse og bærekraftige arbeidsforhold?

LEXO-arm presentere vårt forsøk på å demonstrere grunnfunksjonaliteten til et slikt system ved hjelp av en enkel prototype, for å vise at potensialet for rimelig og praktisk fysisk assistanse er stort og bør utforskes videre på.

## 2.8 Gjennomføring av team-prosjektet

Som gruppe 2 fikk vi tildelt prosjektoppgaven uke 43 (2025). Etter å ha blitt tildelt oppgavebeskrivelsen igjennom en rekke presentasjons-slider. Gruppen startet med en idemyldring hvor vi kom med flere ideer. Som oppfattet så måtte det være et prosjekt som kunne vises frem ved å bygge med Lego-settet vi er tildelt (EV3 mindstorm). Det skulle være en løsning som skal kunne innebære noen av FNs bærekraftsmål og noe som kan ekspanderes fra en prototype til et reelt produkt som kan være til gode for samfunnet.

Vi startet med å fylle ut en tabell på miroboard i klasserommet for å komme opp med alle ulike ideer som en gruppe og vi kategoriserte de i forhold til hvor mye de var tverrfaglig og hvor mye de var til nytte for samfunnets fremtid. Vi kom fort opp med ideer som: en robot som plukket søppel, robot som oppfører seg som en førerhund for blinde, en bygning som kan erstatte kraner, resirkuleringsrobot, selvkjørene buss og et motorisert ytre skjelett som skal kunne hjelpe med bevegelser.

Først så tenkte vi at en robot som plukket søppel var et greit prosjekt. Men etter å ha snakket med flaglærer og konkludert med gruppen så innså vi raskt at dette prosjektet var for basic". Det har vært et konsept i mange mange år og ikke noe særlig spennende heller. Da gikk vi videre med prosjektideene.

Til slutt konkluderte vi med at en motorisert robot som hjelper med å bevege kroppen (fungerer som et ytre skjelett) var en ide som virkelig inspirerte oss som en gruppe å få til. Selv om dette allerede er et konsept i verden så er det svært lite utbredt og har veldig mye forbedringspotensiale. I tillegg så er nåværende prosjekter som dette ennå svært dyre for det gjennomsnittlige menneske.

Etter å ha bestemt prosjekt så gjorde vi en øvelse kaldt SWOT-analysis hvor vi kategoriserte prosjektet med ulykker, styrker, trusler og muligheter.

Gjennomføringen av LEXO-arm var sterkt avhengig av digitale ressurser. Disse ble hovedsakelig brukt under to punkter:

- Ide- og konseptutvikling: Vi brukte Google Search og Youtube for å undersøke eksisterende eksoskjeletter-teknologi. Dette hjalp oss med å definere problemet (høy pris, lav utbredelse) og hente inspirasjon til hvordan et slikt system fungerer.
- Konstruksjon og programmering: Vi sökte etter Lego EV3-byggeinstruksjoner og kodeeksempler for å forstå hvordan man best kunne oversette prinsippene til en robust EV3-modell. By benyttet oss av

ulike uofisielle Lego EV3-forum og Youtube-opplæringsvideoer for å lære om motorstyring, spesielt for å oppnå presis rotasjon. Problemet var at det var ingen ferdige EV3-modeller av ekseskjeletter som var tilstrekkelige, de eneste som fantes var de som krevde enormer mengder med legodeler som vi ikke hadde tilgang til. Dette var i tillegg et problem vi forutså i SWOT-øvelsen. Løsningen ble å bruke nettressurser kun som veiledning for individuelle mekanismer, mens selve designet ble en kombinasjon av freestyle og bruk av nettressurser tilpasset våre behov.

Vi hadde begrenset direkte samarbeid med eksterne aktører. Det viktigste eksterne bidraget kom fra faglærer i startfasen. Vedkommende fungerte som en viktig sparringspartner i idefasen, og var med på å konkludere at ideen om en søppelrobot var basic". Dette hjalp oss med å justere fokus til et mer komplekst og innovativt prosjekt.

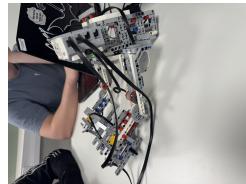
### Mekanisk utfordring: Bygging og stabilitet

- Problem: Å bygge en EV3-prototype som skulle etterligne et ytre skjelett med bevegelighet og samtidig være robust nok til å tale motorkraft, var vanskelig. Vi fant ingen tilstrekkelige eksemplarer på nettet, noe som krevde mye prøving og feiling. Progresjonsbilder...
- Håndtering: Mye av konstruksjonen ble designet og utbedret av design ansvarlig. Vi brukte teknikken iterativ design - vi bygde, testet svakhetsene (f.eks. ledd som bøyde seg eller falt fra hverandre), og forsterket deretter de kritiske punktene med ekstra Lego utstyr. For eksempel så kan du se på vårt første utkast at det var svært tynt og ville ikke kunne tåle mye vekt:



Figur 2.1: begynnelse av robot-bygging

Deretter prøvde vi å stabilisere modellen mer med større legobiter for å støtte armen mer. Dette tok noen timer men her var enderesultatet:



Figur 2.2: sluttfase robot-bygging

Dette sikret at prototypen faktisk kunne bære sin egen vekt og utføre de planlagte bevegelsene.

### Koding og presisjon: Rotasjon og styring

- Problem: Vi opplevde store vansker med testingen av koden. Initalt prøvde vi å styre motorene ved hjelp av gradverdier. Som vist på bilde her:

```

def kjør_innover():
    motor1.reset_angle(0)
    motor2.reset_angle(0)
    motor1.run(RASK, 50)
    motor2.run(RASK, 50)

def kjør_utover():
    motor1.reset_angle(0)
    motor2.reset_angle(0)
    motor1.run(SAKTE, 180)
    motor2.run(SAKTE, 180)

```

Figur 2.3: Feil bruk av kode

Dette førte til at roboten roterte for langt, slik at den ble ødelagt eller satt fast. Dette var en kritisk feil i styringen.

- Håndtering: Vi konkluderte raskt med at gradbasert styring var for upresis for vår konstruksjon. Vi måtte fjerne gradverdiene og heller kjøre med vanlige ttlverdier (tid/kraft) og kontinuerlig motostyring, hvor operatøren manuelt justerer bevegelsen. I tillegg oppdaterte vi brukergrensesnittet fra en enkel knapp til to separate knapper (en for konsentrisk og eksentrisk bevegelse). Dette ga brukeren langt mer nøyaktig og kontrollert styring av LEXO-arm.

```

def kjør_innover() -> None:
    motor1.run(-RASK)
    motor2.run(-RASK)

def kjør_utover() -> None:
    motor1.run(SAKTE)
    motor2.run(SAKTE)

```

Figur 2.4: bra kode

## 2.9 Administrative resultater

### Gruppemøter:

Gruppen gjennomførte jevnlig møter i løpet av perioden vi jobbet med prosjektet.

Den første uken ble det holdt 2 planleggingsmøter; Mandag 20.10.2025 og Torsdag 23.10.2025. Der det ble diskutert og planlagt for hvordan prosjektet skal utføres. I tillegg til å tildele ansvarsområder og roller.

Det ble også holdt ett gruppemøte med student-assistenten Mandag 30.10.2025. Der gikk vi gjennom progresjonen, hvordan vi lå an i forhold til tidsplan, og statusen på de forskjellige oppgavene.

I tillegg til de to planleggingsmøtene og møtet med student-assistenten, ble det holdt ukentlige møter den 06.11.2025 og 12.11.2025. Det ble gått gjennom arbeid utført perioden før, problemer, koden, feilsøkinger, og planla neste periode.

### Forbruk av tid:

Tidsbruken ble fordelt mellom sentrale arbeidsområder.

Dokumentasjonsarbeid inkluderte loggføring, presentasjonen, møtereferater, rapportskriving og oppdatering av prosjektplanet utgjorde cirka 32 timer.

Koding, testing og feilsøking av programvare utgjorde omtrent 8 timer.

Selve robotutviklingen, inkludert bygging, mekaniske tilpasninger og re-design, utgjorde rundt 13 timer.

### Arbeidsfordeling:

Arbeidet ble fordelt etter gruppedellemmene kompetanseområder og preferanser. De forskjellige ansvarsområdene som ble fordelt mellom gruppedellemmene var:

- Koding og programering
- Design, konstruksjon, og testing
- Presentasjon og faglig innhold
- Dokumentasjon og kvalitetsikring
- Ledelse

## 2.10 Metode/prosess

Samlet sett er vi veldig fornøyd med gjennomføring og resultatet av LEXO-arm-prosjektet. Arbeidsmengden var til tider krevende, spesielt under bygging og koding, men takket være en tydelig ansvarsfordeling og jevnlige møter, klarte vi å holde fremdriften. Vi opplevde enkelte ganger at vi hadde knappe tidsfrister, men gruppen utviste god fleksibilitet og fikk løst oppgavene i tide.

### Oppnåelse av SMART-mål

- Spesifikk:  
Prototypen klarte å simulere både konsentrisk og eksentrisk kontraksjon. Den demonstrerte tydelig prinsippet om styrkeforsterkning.
- Målbart:  
Målet om at robotens respons skulle ha korrekt bevegelse ble oppnådd, men krevde en justering i kodeverdiene. Som beskrevet i forrige seksjon, byttet vi fra presise gradverdier til mer fleksible tid/kraft-verdier for å sikre en stabil og skadefri bevegelse. Dette var et kompromiss som sikret funksjonalitet.
- Tidsbestemt:  
Målet om at prototypen skulle være funksjonell innen uke 45 ble overholdt, og den demonstrerbare versjonen av LEXOarm var klar til testing som planlagt.

### Gjennomføring i henhold til Tidsplan og Milepåler

Prosjektet fulgte den generelle tidsrammen:

- Uke 43-45 (Bygge og kode):  
Dette var den mest intensive fasen, og den ble fullført i tide, til tross for uforutsette tekniske utfordringer knyttet til robotens mekanikk og kode. Utfordringene førte til et midlertidlig tidspress, men ved å omfordеле noe arbeid internt, klarte vi å hente inn tapt tid.
- Uke 46 (Test, rapport og presentasjon):  
Takket være god strukturert dokumentasjon og funksjonell prototype fra uke 45, kunne denne fasen gjennomføres effektivt og som planlagt.

### Håndtering av risikofaktorer

- Tekniske problemer:  
Tiltaket om tidlig testing viste seg å være kritisk. Da motorene feilet ved bruk av gradverdier, førte den kontinuerlige testingen til at vi raskt identifiserte feilen og implementerte en backup-plan.
- Dårlig kommunikasjon:  
Bruken av felles kanaler sikret at alle i gruppen til enhver tid var oppdatert på prosesjon og endringer i design/kode (Github og Teams).

## 2.11 En kritisk vurdering av/refleksjon rundt arbeidet som er gjort

### Hva gikk bra?

- Ide prosessen og tverrfaglighet: Gruppen viste sterk evne til å tenke innovativt og tverrfaglig, noe som resulterte i valg av et krevende, men svært relevant prosjekt (LEXO-arm). Dette sikret høy motivasjon.

- Rolleklarhet: Den tydelige ansvarsfordelingen definert i prosjektplanen (Prosjektleder, Teknisk ansvarlig, dokumentasjons-ansvarlig osv.) sikret at alle visste hva de skulle levere, som bidro til god fremdrift.
- Håndtering av tekniske feil: Vi var flinke til å raskt identifisere og løse kritiske feil i koden (overgangen fra gradverdier til tids-/kraft-styring). Dette viste en god evne til problemløsning og adaptiv koding.

#### Hva kunne vært gjort bedre?

- Mer detaljert tidsestimering: Til tross for at vi nådde milepælene, undervurderte vi tiden det ville ta å feilsøke og stabilisere koden. Dette skapte et unødvendig tidspress i uke 45.
- Mer robust kode: Koden som først ble testet, var ikke robust nok, det førte til at den ikke ble funksjonell når vi endret verdier og la til funksjoner, og som igjen førte til mer tid brukt på feilsøking.
- Rapportskriving og vedlegger: Kan bli enda bedre på å skrive rapport og dokumentasjoner. Samt bedre på å logge aktiviteter og bruke GitLab mer aktivt for logging og registrering av timer.

## 2.12 Konklusjon og anbefalinger

Gjennom utviklingen av LEXO-arm prototypen har vi konkludert med at det er fullt mulig å demonstrere sentrale prinsipper for kraftforsterkning og assistanse ved bruk av relativt enkle og rimelige midler, som LEGO Mindstorms EV3.

Prosjektet har bekreftet at den initiale problemstillingen - behovet for tilgjengelige teknologiske hjelpe-midler for å redusere fysisk slitasje i arbeidslivet og forbedre livskvaliteten for funksjonshemmede - er svært relevant. Selv med EV3-settets begrensninger oppnådde vi et funksjonelt konsept som effektivt simulerer bærekraftsmål 3 og bærekraftsmål 8.

Den tekniske kjernekonklusjonen er at robusthet og enkelhet i styring trumfer kompleks presisjon i en prototype. Vår overgang fra usikre gradverdier til stabil tidsbasert styring sikret prosjektets funksjonalitet. Dette viser at fokuset på tidlig utvikling bør ligge på å bekrefte konseptet før man optimaliserer presisjon.

Basert på våre erfaringer fra prosessen og produktutviklingen, gir vi anbefalinger til fremtidige prosjekter, enten de skal bygge videre på prosjektet eller noe lignende.

- Integrerer sensorisk tilbakemelding: implementer trykksensor eller bevegelses sensorer (ikke manuell knappstyring).
- Fokus på ledd-stivhet: skape mindre friksjon og høyere strukturell stivhet.
- Hvis prototypen skal skaleres mye mer burde man fokusere på sterkere motorer osv.

## 2.13 Bærekraft og samfunns påvirkning

Når vi utvikler teknologi, handler det ikke bare om funksjon, det handler også om hvilken rolle teknologien spiller i samfunnet. I dette prosjektet har vi valgt å knytte arbeidet vårt til tre av FNs bærekraft-mål, som vi mener er direkte relevante for både problemstillingen og løsningen.

- **Mål 3 – God helse og livskvalitet:**

Fysisk helse er en grunnleggende forutsetning for livskvalitet. Mange mennesker lever med kroniske smerter eller står i fare for belastningsskader som følge av gjentakende, fysisk krevende arbeid. Vår teknologi er utviklet med tanke på å gi kroppen støtte der den trenger det mest, enten det gjelder rygg, skuldre eller ledd.

Ved å redusere belastningen på muskel- og skjelettsystemet, kan vi bidra til å forebygge skader og forbedre hverdagen for både arbeidstakere og privatpersoner. Dette er ikke bare en teknisk løsning, men et bidrag til et mer helsefremmende samfunn.

- **Mål 8 – Anstendig arbeid og økonomisk vekst:**

Arbeidslivet er i stadig endring, og det er avgjørende at teknologiske løsninger bidrar til tryggere og mer inkluderende arbeidsforhold. Vår prototype er utviklet med særlig fokus på mennesker i fysisk krevende yrker, som bygg, logistikk og helse, samt personer med nedsatt funksjonsevne. Ved å tilby støtte og avlastning, kan teknologien ikke bare redusere risikoen for skader, men også åpne døren for at flere kan delta i arbeidslivet. Dette fremmer både sosial inkludering og økonomisk vekst, og understreker hvordan innovasjon kan være et verktøy for rettferdig utvikling.

- **Mål 9 – Industri, innovasjon og infrastruktur:**

Innovasjon handler ikke bare om å lage noe nytt, det handler om å skape løsninger som er relevante, bærekraftige og inkluderende. Vår prototype representerer en nytenkning innen ergonomisk støtte og arbeidsrelatert teknologi.

Den viser hvordan fremtidens industri kan integrere menneskelige behov i teknologisk utvikling, og hvordan infrastruktur og arbeidsverktøy kan utformes med hensyn til både funksjon og verdighet. Gjennom dette prosjektet ønsker vi å bidra til en industriell utvikling som setter mennesket i sentrum.

## Vedlegg

All dokumentasjon, inkludert kildekode, administrative dokumenter og presentasjonsmateriale, er samlet i følgende GitHub-repositorium:

**Direkte lenke til arkivet:** [Gå til LEXOARM GitHub-repositorium](#)

Repositoriet inneholder følgende vedlegg:

- Arbeidskontrakt
- Møteinkallinger og møtereferater
- Endelig prosjektpresentasjon (PDF/slides)
- Timeliste for prosjektperioden

# Bibliografi

Danmarks Tekniske Universitet, barnabashomola (2020 - 2021). *Danmarks Tekniske Universitet] arm-exoskeleton, GitHub*. Tilgjengelig på nettet. URL: <https://github.com/barnabashomola/arm-exoskeleton> (sjekket 20.11.2025).

FN (2025a). *FNs bærekraftsmål] Mål 3 - God helse og livskvalitet*. Tilgjengelig på nettet. URL: <https://fn.no/om-fn/fns-baerekraftsmaal/god-helse-og-livskvalitet> (sjekket 20.11.2025).

- (2025b). *FNs bærekraftsmål] Mål 8 - Anstendig arbeid og økonomisk vekst*. Tilgjengelig på nettet. URL: <https://fn.no/om-fn/fns-baerekraftsmaal/anstendig-arbeid-og-økonomisk-vekst> (sjekket 20.11.2025).
- (2025c). *FNs bærekraftsmål] Mål 9 - Industri, innovasjon og infrastruktur*. Tilgjengelig på nettet. URL: <https://fn.no/om-fn/fns-baerekraftsmaal/industri-innovasjon-og-infrastruktur> (sjekket 20.11.2025).

Lein, Marthe (2015). *Hvor ofte bruker du smertestillende?* Tilgjengelig på nettet. URL: <https://nhi.no/livsstil/egenomsorg/hvor-ofte-bruker-du-smertestillende>.

Sander, Kjetil eStudie.no; (2023). *eStudie.no] arm-exoskeleton, GitHub*. Tilgjengelig på nettet. URL: <https://estudie.no/prosjektets-ressursplanlegging/> (sjekket 20.10.2025).

Store Norske Leksikon; Rolstadås, Asbjørn (2018). *Store Norske Leksikon - prosjektledelse*. Tilgjengelig på nettet. URL: <https://snl.no/prosjektledelse> (sjekket 18.11.2025).