

Bacheloroppgave 2023: Forprosjekt

**Karoline Margrethe Mørkeng
Renate Heierstad Klemetsdal
Astrid Meen Wold**



NTNU

Innhold

1	Innledning	2
1.1	Bakgrunn	2
1.2	Oppgavetekst	2
1.3	Definisjoner	2
1.4	Rapportens oppbygging	3
2	Teknisk	4
2.1	Problemstilling	4
2.2	Prosjektmål	4
2.2.1	Effektmål	4
2.2.2	Resultatmål	5
2.2.3	Prosessmål	5
2.3	Prosjektbeskrivelse	6
2.3.1	Tilberedning	6
2.3.2	Servering	9
2.3.3	Sensorsystemet	10
2.4	Anvendelse, sikkerhet og komfort	15
2.4.1	Sikkerhet	15
2.4.2	Sluttbruker og komfort	17
2.4.3	Spesifikasjoner	17
2.5	Arbeidspakker	18
3	Prosjektorganisering	21
3.1	Prosjektdeltagere	21
3.1.1	Karoline Margrethe Mørkeng	21
3.1.2	Renate Heierstad Klemetsdal	21
3.1.3	Astrid Meen Wold	21
3.2	Utstyr og ressurser	22
3.3	Prosjektleveranser	24
3.4	Tids- og kostnadsplan	24
3.5	Kvalitetssikring	24
4	Referanser	26
5	Vedlegg	27
5.1	Risikodiagram	28
5.2	Risikoanalyse for pleiere og beboere	29
5.3	Risikoanalyse for mennesker og omgivelser	31
5.4	Risikoanalyse for prosjektfremgang	32
5.5	Gantt-diagram	33
5.6	Arbeidspakker	34
5.7	Adress- og kontaktliste	43

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

Mangel på helsefagarbeidere og sykepleiere er et stadig større problem for å kunne tilby en god og verdig eldreomsorg i tiden fremover. Norge vil om bare 12 år, i 2035, mangle 40 000 sykepleiere i eldreomsorgen. [1] Mangelen på pleiere fører til et behov for ny teknologi som kan bidra til å løse dette problemet. Dette prosjektet skal videreutvikle PPMs Nursing Home Lab (NHL) ved å programmere industriroboten NACHI MZ04 til å tilberede kaffe og kaker til beboerne på sykehjem, og serviceroboten Kompaï K3 til å servere, for å demonstrere hvordan ny teknologi kan avlaste pleiere på sykehjemmet. Slik vil pleierne i stedet kunne bruke tiden sin til å ta vare på beboerne.

1.2 Oppgavetekst

Oppgavetittelen er “Fremtidens sykehjem med service-roboter og informasjonsteknologi – Oppgave 2 Robotisert tilberedning av kaffe og kaker”[1], og oppdragsgiver er PPM Robotics AS (PPM) med Trygve Thomessen som veileder og kontaktperson. Intern veileder er Sigurd Gossé. Oppgaven består av å videreutvikle PPMs Nursing Home Lab (NHL) med et automatisk robotbasert system for servering av kaffe og kake. Systemet skal settes opp i NHL og fungere som en demonstrator for hvordan fremtidens kjøkken kan effektiviseres for å gjøre arbeidet på sykehjem mer effektivt. Oppdragsgiver definerer følgende arbeidsoppgaver:

- Sette opp MZ04-roboten i NHL
- Utvikle gripere med nødvendige sensorer
- Utvikle strategi for henting, avlevering med nødvendig sensorstyring
- Programmere MZ04-roboten til følgende oppgave:
 - Hente kake/brødslice
 - Legge på krem/pålegg
 - Legge kaken/brødslice på et brett
 - Hente kopp og sette denne inn under kaffemaskinen
 - Aktivere kaffemaskinen
 - Ta ut koppen med kaffe og plassere den på et brett
- Brettet skal hentes av en servicerobot, som skal levere ut kaffe og kake til pasientene. Studentene må også programmere serviceroboten til denne oppgaven.

1.3 Definisjoner

Videre i rapporten vil det bli benyttet en rekke forkortelser, produktnavn og fagbegreper:

PPM PPM Robotics

NHL Nursing Home Lab

NACHI	MZ04	Industriroboten MZ04 fra NACHI
	Kompaï K3	Serviceroboten K3 fra Kompaï
F&P Robotics	Lio	Serviceroboten Lio fra F&P Robotics
	ROS	Robot Operating System
	RMU	Robot Monitoring Unit
	GUI	Graphic User Interface (brukergrensesnitt)
	RPi	Raspberry Pi
Altium		Kretskortdesign-program
	NX	CAD-verktøy for 3D-modellering
	CAD	Computer-Aided Design
	SLIM	Standard Language for Industrial Manipulator, industrielt kodespråk brukt av NACHI-roboter
OMRON	OS32C	Laserskanner utformet for sikkerhetsapplikasjoner
	VM	Virtuell maskin
	MCU	Microcontroller unit (mikrokontroller)
	SBC	Single-Board Computer
	PCB	Printed Circuit-Board (kretskort)
	PLS	Programmerbar logisk styring
	AI	Artificial Intelligence (kunstig intelligens)
	SMD	Surface-mounted Device (overflatemontert komponent)
	ToF	Time-of-Flight

1.4 Rapportens oppbygging

2 Teknisk del

Denne delen vil redegjøre for all teknisk informasjon som er nødvendig for å forstå prosjektoppgaven. Her defineres problemstillingen og målsetningene for prosjektet, samt en beskrivelse av det arbeidet som må utføres for at prosjektet skal lykkes.

3 Arbeidspakker

I denne delen foreligger det en inndeling av arbeidet som skal utføres, med beskrivelse av nødvendige detaljer.

4 Prosjektorganisering

Her er forholdene rundt prosjektets organisering beskrevet. Alle deltagere og komponenter som inngår i prosjektet er redegjort for, og oppgavene satt i en tidsplan. Denne delen inneholder også andre viktige dokumenter som oversikt over leveranser, kvalitetssikring og risikovurdering.

5 Referanser

Referanser og kilder er oppgitt her.

6 Vedlegg

Følgende vedlegg skal være lagt til i forprosjektrapporten:

Arbeidspakker (9 sider), *Gantt-diagram* (1 side), *Risikovurdering* (5 sider),
Adress-/kontaktliste (1 side).

2 Teknisk

2.1 Problemstilling

PPMs Nursing Home Lab er satt opp som et rom egnet for en eldre beboer med omsorg- og assistansebehov. I dette rommet foretar PPM utprøving av nye teknologiske løsninger for eldreomsorg. Rommet har en åpen løsning med eget kjøkken, hvor majoriteten av aktivitetene som inngår i dette prosjektet vil foregå. I dette prosjektet skal det utvikles en robotisert løsning for tilberedning og servering av kaffe og kake i NHL. Løsningen skal fungere som en demonstrasjon av hvordan fremtidens kjøkken kan effektiviseres for å avlaste pleiere på sykehjem. En industrirobot (NACHI MZ04) skal tilberede kaffe/kake og plassere dette på et serveringsbrett, og en servicerobot (Kempaï K3) skal videre servere beboerne. Det skal tas hensyn til sikkerhet og spesielle hensyn som må tas i en eldreomsorgskontekst.

Oppgaven består altså av å utvikle et system for robotisert tilberedning/servering av kaffe/kake, og å få dette til å fungere i praksis. Dette har ikke blitt satt opp i NHL tidligere. Automatisert tilberedning og servering av matvarer har blitt mer utbredt de siste årene. Blant annet i restaurantbransjen er det nokså blitt vanlig med automatiserte løsninger for servering. Det er også utforsket en del på automatisert tilberedning av mat, men disse løsningene er ofte mer spesialiserte og kan sies å være en mindre universell teknologi. I dette prosjektet skal både tilberedning og servering automatiseres ved hjelp av roboter, med en tiltenkt kontekst i eldreomsorgen. Automatisering av arbeidsoppgaver i eldreomsorgen er veldig nytt, og per nå er det ingen automatisert tilberedning- og serveringsløsning som dette som blir benyttet i eldreomsorgen i Norge.

2.2 Prosjektmål

2.2.1 Effektmål

Demonstrere hvordan fremtidens kjøkken og servering kan automatiseres på et sykehjem.

Ved ferdigstilling av systemet skal det kunne brukes som en demonstrasjon for hvordan robotiserte løsninger kan benyttes på kjøkkenet i sykehjem for å avlaste pleier og frigjøre verdifull tid.

2.2.2 Resultatmål

Utvikle en laboratoriedemo på et robotisert system for automatisk tilberedning og servering av kaffe og kake til beboere på sykehjem

Ha et ferdig produkt før mai

Systemet skal være ferdig slik at testskjema/demonstrasjon kan fullføres før mai.

Levere en rapport og relevante dokumenter innen 22. mai 2023

Fristen for prosjektrapporten skal overholdes, og all relevant dokumentasjon må foreligge i god tid.

2.2.3 Prosessmål

Administrasjon og planlegging av større prosjekter

Bestemme oppgavens omfang, utforme og konkretisere problemstillingen samt dele opp prosjektet i mindre deler samt oppfølging av dette.

Lære masse om robotsystemer

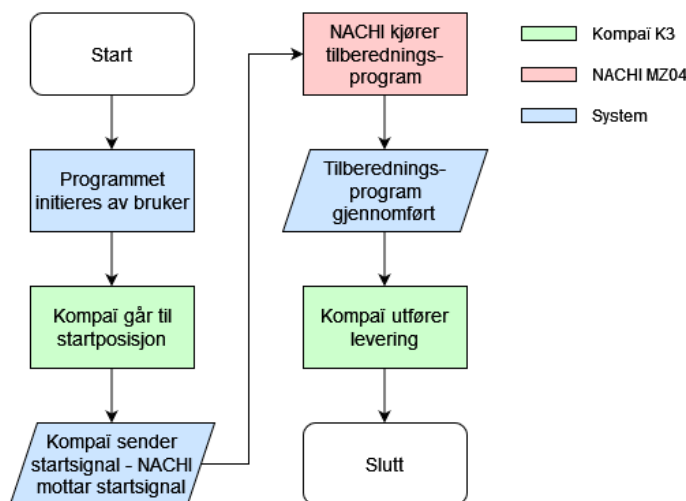
Få nye erfaringer og tilegne oss kunnskap innenfor roboter, sensorer, gripere, ROS, robotteknikk og 3D-modellering for å kunne sette sammen systemet.

Få et velfungerende prosjekt med gode resultater

Gruppen ønsker å gjøre en innsats for å få til en bra bacheloroppgave.

2.3 Prosjektbeskrivelse

Prosjektets sentrale mål er å utarbeide et automatisk system som tilbereder kaffe og kake og leverer det til mottaker. Det er et adaptivt prosjekt med mye frihet i hvordan det skal gjennomføres, og det er derfor mange beslutninger som må tas. Det innebærer at omfanget til prosjektet blir ganske stort. Prosjektet vil kunne grovt deles inn i to deler: tilberedning og servering. Tilberedning vil da omtale alt som angår tilberedning av kaffe og kake, fra plukking til plassering på serveringsbrett. Dette vil utføres av NACHI MZ04. Servering er alt som går fra å ta imot det NACHI tilbereder, til å levere de tilberedte produktene til mottaker. Dette gjøres av Kompaï K3. Inndelingen mellom tilberedning og servering vil benyttes videre for å differensiere de to hoveddelene. Systemet skal bestå av et tilberedningsprogram og et leveringsprogram, utført av henholdsvis NACHI MZ04 og Kompaï K3. I figur 1 er systemets sekvens illustrert i et diagram. Begrepet “runde” benyttes for å omtale alt som skjer fra start til slutt i dette diagrammet. Altså har det blitt utført én runde når et brett med kaffe og kake har blitt tilberedt og levert én gang.



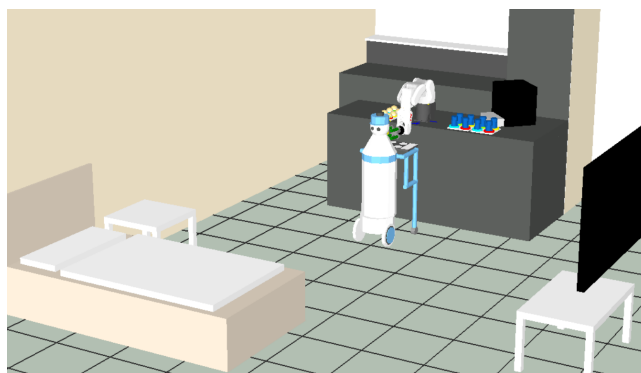
Figur 1: Grov inndeling av programsekvensen til en runde

2.3.1 Tilberedning

Tilberedningen skal utføres av NACHI MZ04, og arbeidet skal forholde seg til kjøkkenbenken i NHL (illustrert i figur 3). Det er på kjøkkenbenken at infrastrukturen vil bli satt opp, og kjøkkenbenkens mål må tas hensyn til da den skal ha plass til alle de nødvendige komponentene. Infrastrukturen består av komponenter for magasinerings, sensorsystemer (både for kontroll og sikkerhet) og alt som kreves for at NACHI skal være i stand til å utføre oppgaven. Benken er foreløpig tom, med unntak av en kaffemaskin. Det må altså utformes en



(a)



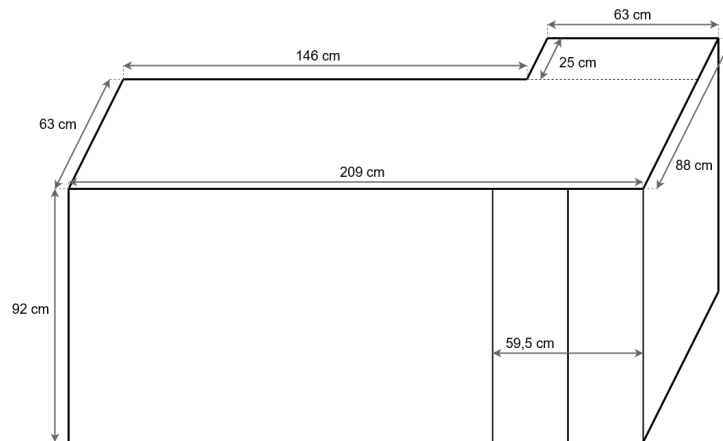
(b)



(c)

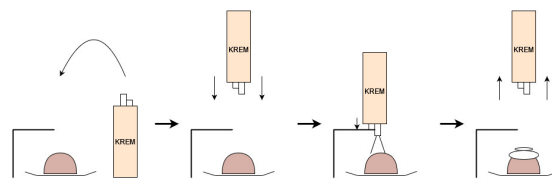
Figur 2: Modellering av systemets oppsett i NHL (modellert i FDonDesk).

løsning for hele infrastrukturen NACHI skal interagere med, samt at NACHI må monteres på benken. NACHIs arbeidsområde og rekkevidde vil sette begrensninger som må tas i betraktning når infrastrukturen utarbeides. Gruppen må også bestemme og montere griper. Griperen vil ha en påvirkning på hvordan infrastrukturen vil se ut. NACHI har vært lite benyttet av oppdragsgiver tidligere, og vil være den roboten med mest omfattende forarbeid. Først når infrastrukturen og alt av posisjonering er fullført, vil det være mulig å programmere roboten. Fordi roboten ikke tidligere har vært programmert til å utføre denne oppgaven, vil det måtte utarbeides et nytt program.

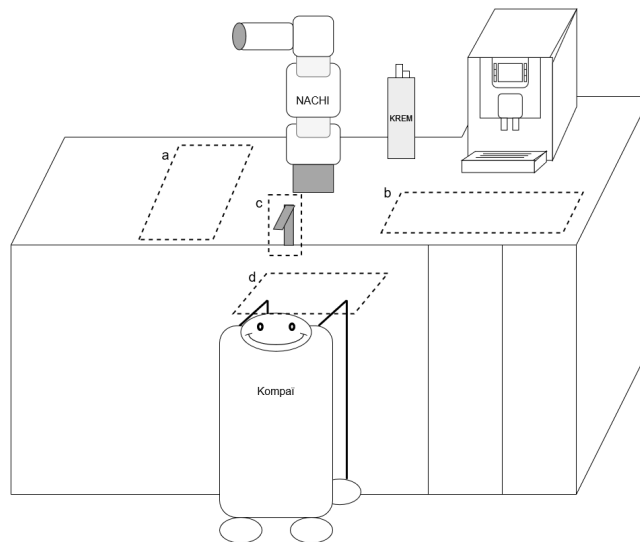


Figur 3: Målene til kjøkkenbenken på NHL

En foreløpig plan for infrastrukturen som skal eksistere rundt NACHI er illustrert i figur 5. Det er markert områder for spesifikke deler av infrastrukturen. Feltene a og b skal inneholde henholdvis kake- og koppholder. Dette er hovedstrukturen for magasintering. NACHI er avhengig av at alt som skal håndteres har faste koordinater, og dette er hensikten med kake- og koppholderne. De er modellert i figur 7 og 8. Det er også hensiktsmessig at NACHI har informasjon om status for magasinene, så det er planlagt et sensorsystem. Dette er beskrevet i seksjon 2.3.3. I feltet markert med c, er hjelpefingeren. Dette er en løsning for å gjøre NACHI i stand til å påføre krem fra sprayboks. I figur 4 er løsningen illustrert.

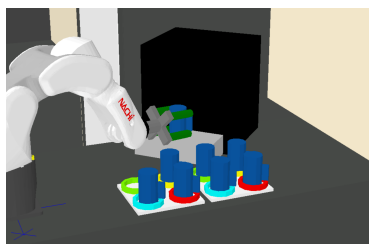


Figur 4: Illustrasjon av løsning for kremdispensering



Figur 5: Illustrasjon av kjøkkenbenken på NHL med plan for oppsett

Programmet for NACHI må plassere kaken på serveringsbrettet, fylle kaffe i koppene og plassere koppene på serveringsbrettet. Noen illustrasjoner er vedlagt under.



(a)



(b)

Figur 6: Modellering av funksjonalitet.

2.3.2 Servering

Servering skal som sagt gjennomføres av Kompai K3. Denne roboten er spesielt utformet for å utføre slike oppgaver, og oppdragsgiver har utført mye arbeid på og med denne roboten. Den er kalibrert til å kunne orientere seg ganske nøyaktig i NHL, og har allerede et godt grunnlag for å programmeres til oppgaven. Mye av arbeidet på Kompai vil bestå av å utforme en utvidelse av roboten som er i stand til å holde serveringsbrettet. Kompai må stå i riktig posisjon mens NACHI utfører tilberedning, slik at serveringsbrettet står riktig med tanke på NACHI's koordinatsystem. Det var også mulighet for å benytte serviceroboten

F&P Robotics Lio til prosjektet, men denne har man foreløpig gått bort fra, på grunn av utviklingsmangler som gjør den upålitelig. Ikke minst var Kompai sin utforming bedre med tanke på å frakte kaffe og kake stabilt, med nøyaktig posisjonering.

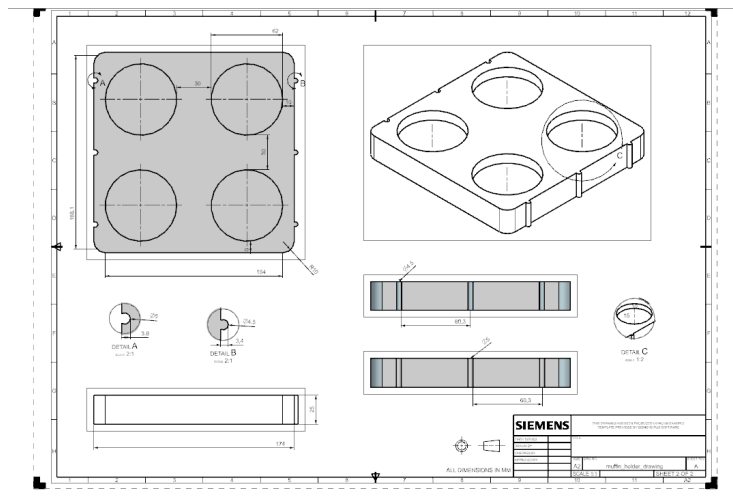
2.3.3 Sensorsystemet

3D-modeller: Serveringsbrett

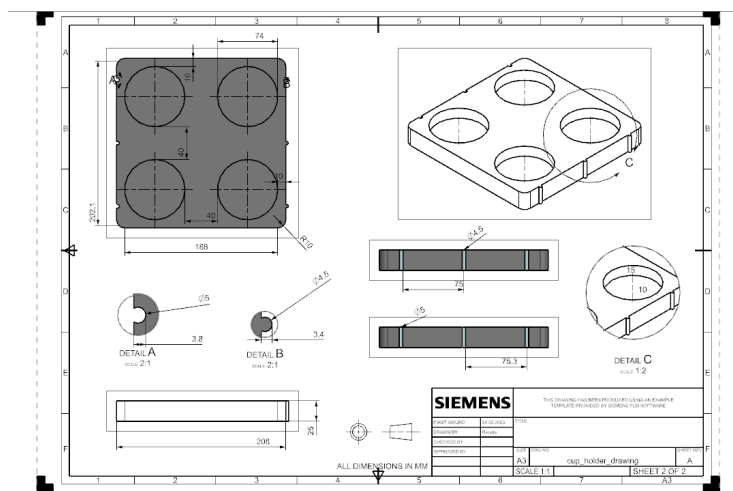
Serveringsbrettet skal være et kombobrett med plass til både kaffe og kaker. Serveringsbrettet må utformes med hensyn til at det skal monteres på Kompai, da den skal være fastmontert på serviceroboten. Løsningen må bestå av en festemekanisme og støtter for at den skal kunne sitte stabilt. Det skal være fire kopper i midten av brettet, og to kaker på hver side. Kompai har en skjerm montert på samme side som serveringsbrettet skal monteres, og det må tas hensyn i designet slik at skjermen og serveringsbrettet ikke interagerer på uheldige måter. Når Kompai svinger vil skjermen svinge relativt i forhold til serveringsbrettet, så for å forhindre at skjermen velter en kaffekopp eller muffins trengs litt beskyttelse.

3D-modeller: Kopp- og kakeholdere

For magasinerings av kopper og kaker er det utarbeidet en løsning bestående av kopp- og kakeholdere. De er illustrert i henholdsvis figur 8 og 7. Disse skal stå på kjøkkenbenken og har som hensikt å holde koppene og kakene som NACHI skal interagere med. På denne måten vil koppene og kakene alltid plasseres i samme bestemte posisjon. Det vil i tillegg være intuitivt for operatør å gjennomføre påfyll av magasinet. Alle koppene skal ha hanken sin på skrå i samme retning. Dette er for at det skal bli mest mulig plass for griperen, og slik at griperen kan ta den opp fra siden fra den symmetriske (runde) siden. I tillegg vil det bli merket på 3D-modellene hvilken orientering koppene skal ha. Kakene løftet overfra og trenger dermed mindre plass mellom hverandre. Ellers er forskjellene mellom kopp- og kakeholderne at førstnevnte har større diameter. I tillegg er det utarbeidet en festemekanisme med tre plastfester på sidene, slik at flere kake- eller koppholdere kan monteres sammen. På denne måten følger magasineringsen av kopp og kake en modulær utforming som gjør at systemet kan utvides senere i prosjektet.



Figur 7: 3D-modell av kakeholder

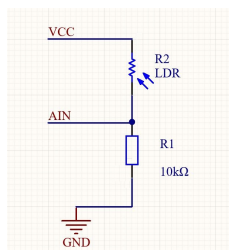


Figur 8: 3D-modell av koppholder

Lyssensor under koppene og kakene

Sensorene som inngår fiksturene (kopp- og kakeholder, serveringsbrett) vil være lyssensorer som skal detektere antallet kopper og kaker som står på de ulike fiksturene. Sensorenes plassering vil være i midten under koppene og kakenes planlagte posisjon. Lyssensoren skal detektere lysnivået, og ut ifra dette bestemme hvorvidt det står en kopp/kake i posisjonen. Det vil være nødvendig å finne en god grenseverdi som fungerer godt under ulike lysforhold. Hver fikstur vil være en enkeltstående enhet, slik at ledninger ikke vil gå mellom de ulike

enhetene, men kun gå internt. For kopp- og kakeholderne benyttes sensorene for å detektere feilplasserte kopper, samt å gi NACHI informasjon om magasinens tilstand. Sensorene på serveringsbrettet benyttes for å bekrefte mottatt kopp/kake fra NACHI. Videre skal sensorene detektere når kaffe og/eller kake er tatt av serveringsbrettet, slik at Kompai automatisk kan detektere når mottakeren har mottatt leveransen. På denne måten er Kompai i stand til å selvstendig bestemme når de skal fortsette programmet og servere neste person/returnere til startposisjon. Denne løsningen er valgt på bakgrunn av at Kompai skal servere beboere på sykehjem, som ikke kan garanteres å være i stand til å operere roboten selv. Det vil derfor være en fordel å redusere mengden direkte interaksjoner mellom Kompai og beboere under serveringsprogrammets utførelse. Ledninger mellom sensorene og eventuelle ROS1-kompatible mikrokontrollere vil bli integrert i designet av brettene. Det blir antakelig en type Arduino eller Raspberry Pi, ettersom det er det som er mest tilgjengelig og noe gruppen har erfaring med fra før. Det tenkes at det skal være koblet ledning/kobberbane mellom sensoren og Arduinoen/RPi-en, som skal være under kopp- og kakeholderne samt serveringsbrettet.



Figur 9: Lyssensorkrets med spenningsdeler

Sammensetning av sensorsystemet

Designet for fiksturene med sensorer er foreløpig utformet slik at det er en åpning midt i hver av fordypningene hvor koppene og kakene skal stå. Det vil plasseres en lyssensor i hver av disse åpningene. I tillegg vil det på det fysiske designet bestå av integrert LED-lys, som indikerer status. Dette vil tilrettelegge for enklere debugging, da status kan leses av visuelt uten oppkobling til PC. Videre vil det oppnå bedre brukervennlighet, og det vil hjelpe pleierne i stand til å oppdage eventuelle feil i systemet.

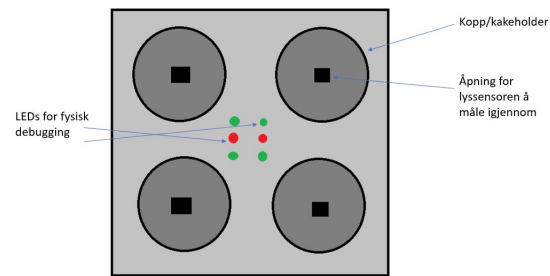
På baksiden av det øverste laget skal det være et avtrykk som PCB-en skal passe inn i. Åpningen skal ha plast rundt seg slik at andre lyskilder ikke kommer til og forstyrrer lyssensoren. Det er en rekke designutfordringer for å få alt til å passe inn på liten plass, og det må tas hensyn til dette i valg av batteri.

Det midterste laget er selve PCB-en. Her skal mikrokontrolleren stå i midten, ettersom 3D-modellene er symmetriske. Mikrokontrollere har ofte tilkobling til PC på den korte siden, og man ønsker å ha den lett tilgjengelig for programmering og testing. Derfor er mikrokontroller plassert slik som vist i figur 10c). Foreløpig plan for plassering for LED-ene er å ha de rundt mikrokontrolleren. De

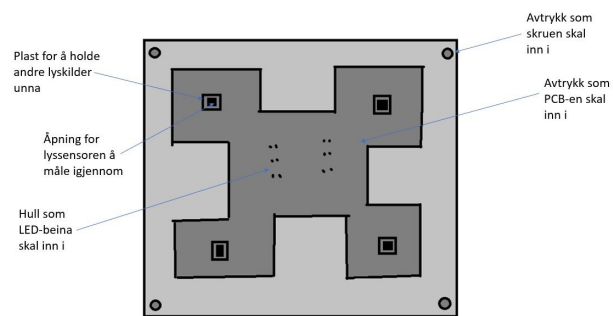
må installeres med motstander for å sikre god funksjon. Foreløpig er det tenkt å plassere batteriet over mikrokontrolleren av designmessige årsaker, siden det antakelig er best plass der.

Det skal være en lyssensor og en motstand til hvert av hullene under korpene/kakene. Siste lag er bunnplaten, som er utformet med skruehull i hvert av hjørnene slik at den kan fastmonteres. Bunnplaten skal holde alt på plass og beskytte de interne komponentene. Det vil bli laget noe tilsvarende for serveringsbrettet som festes på Kompai.

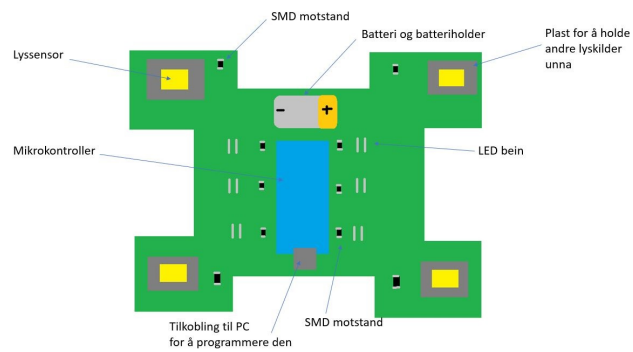
Det er utarbeidet skisser som illustrerer utformingen, presentert i figur 10. Her er sammensetningen av PCB-en og 3D-modellen konkretisert som et førsteutkast. Foreløpig er ingen av målene, plasseringene eller annet, bestemt. Det må foretas flere valg, undersøkelser og en del testing til før 3D-modell-, PCB- og mikrokontrollerplanen er ferdigstilt. Derfor er endring forventet.



(a)



(b)



(c)

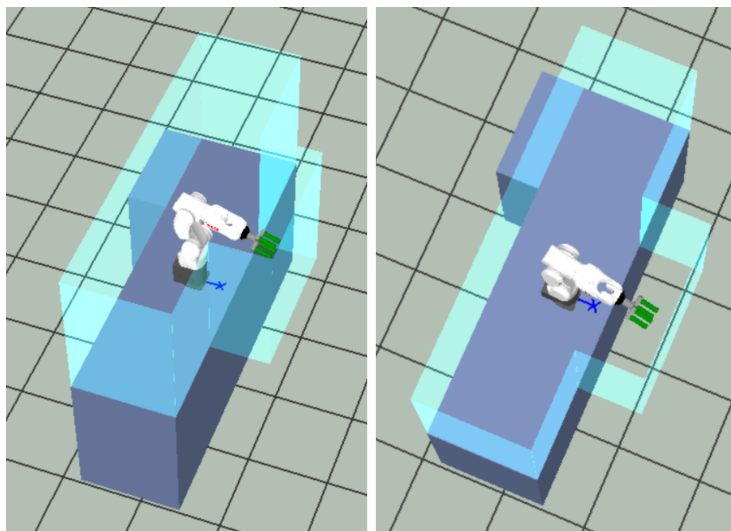
Figur 10: Ideskisser av hvordan integrere PCB inni kaffe/kakeholderne

2.4 Anvendelse, sikkerhet og komfort

2.4.1 Sikkerhet

Med utgangspunkt i eldreomsorgskonteksten, er det nødvendig med et solid system for sikkerhet rundt robotene og deres interaksjon med omgivelsene. Det har ikke blitt benyttet en slik løsning i norsk eldreomsorg tidligere. Derfor må det utføres grundige analyser og innføres gode sikkerhetstiltak som sikrer at det ikke kan forekomme personskade.

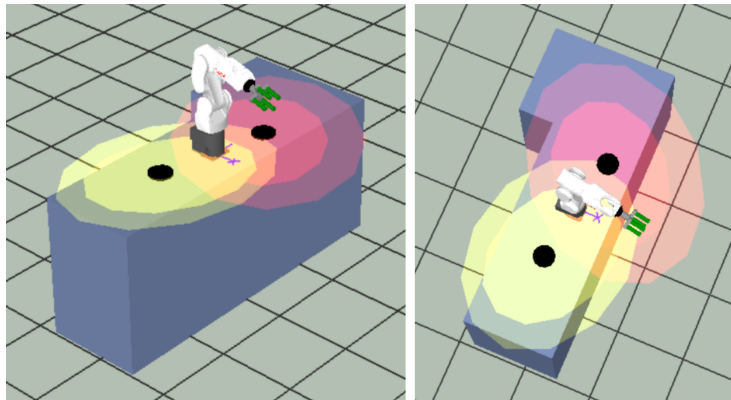
NACHI MZ04 skal operere uten bur, og må derfor møte høye krav for sikkerhet. Roboten har en RMU (Robot Monitoring Unit) som sikrer nøyaktig overvåkning av robotens bevegelser og posisjon til enhver tid. NACHI vil altså motta doble sikkerhetssignaler, og RMU-en garanterer at robotens bevegelser alltid følger programmet. Virtuelle gjerder kan implementeres internt i NACHI's programvare, og regnes som et sikkerhetstiltak. De virtuelle gjerdene avgrensar robotens bevegelsesområde etter oppgitte parametre. I figur 11 er FDonDesk benyttet til å visualisere virtuelle gjerder på kjøkkenbenken i NHL. De riktige parametrene må utarbeides i prosjektet, så figuren er kun en illustrasjon for å demonstrere konseptet. Her er bevegelsessonen på kjøkkenbenken, samt en utstikker hvor Kompai vil stå med serveringsbrettet og motta kaffe/kake. Dette vil sørge for at NACHI's bevegelser er forutsigbare, og bevegelsesområdet intuitivt å forstå.



Figur 11: Skjerm bilde fra FDonDesk som illustrerer virtuelle gjerder på kjøkkenbenken rundt NACHI

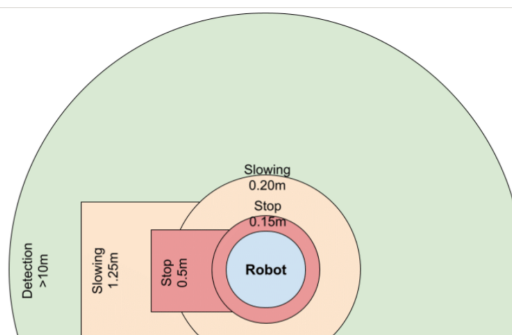
Det andre sikkerhetstiltaket er laserskannere, som er eksterne enheter koblet til RMU-en gjennom PLS. Laserskanneren baserer seg på Time-of-Flight (ToF) prinsippet, altså at den måler avstanden ved å se på tiden det tar fra lyset den sender ut å komme tilbake igjen. Den kan maksimalt se 270 grader opptil

15 m unna seg[2]. Man kan justere hva slags form området den skal passe på har, f. eks. kan det være en halvsirkel, rektangel eller annen mangekant. Altså vil det fungere som “light curtains”. Man kan koble seg til laserskanneren for å endre innstillingene og sjekke statusen dens ved bruk av Ethernet-kabel[2]. I tillegg kan man definere to faresoner og en sikkerhetssone og kontrollere robot-hastighet eller varslingslyder innenfor disse. Mens hvis noen beveger seg innenfor sikkerhetssonen, så stopper roboten helt med å bevege seg.



Figur 12: Skjerm bilde fra FDonDesk som illustrerer et oppsett med to laserskannere

Kompaï vil interagere direkte med beboerne ved avlevering av kaffe og kaker. Dermed er sikkerhet kritisk. Roboten har innebygde sensorer som sørger for at den ikke kolliderer med omgivelsene, men det er usikkerhet knyttet til blindsonene dens. Kompaï har to blindsoner foran og to bak. Dersom man er under 10 m unna Kompaï vil sensorene dens merke det. Ved 1,25 m vil roboten senke farten og ved 0,5 m stopper den. Dette er illustrert i figur 13. Av sikkerhetsmessige grunner kjører Kompaï med en maksfart på 1m/s[3].



Figur 13: Kompaï sikkerhetssoner [3]

For å sørge for at sikkerhetshensyn blir ivaretatt, er det nødvendig å gjennomføre risikoanalyser. Det skal være en risikoanalyse for pleiere og beboere, som skal oppdateres fortløpende gjennom prosjektet ettersom det oppdages nye risikoer. I vedlegget under 5.2 er risikoanalysen for pleiere og beboere. Risikoanalysen er gjort etter risikodiagrammet i vedlegg 5.1.

2.4.2 Sluttbruker og komfort

PPM Robotics oppgave handler om en robotisert løsning som skal utvikles med tiltenkt bruksområde i effektivisering av eldreomsorg. Derfor er det spesielle hensyn å ta med tanke på brukervennlighet og kommunikasjon fra robotenes side. NACHI skal avlaste pleierne ved å tilberede kaffe/kake, så det må tas hensyn til at det vil være pleiere som utfører den daglige operasjonen av roboten. Altså må systemet tilrettelegges for å bli operert av personer uten teknisk bakgrunn. Funksjonaliteten skal være tilgjengelig og intuitiv å operere, og det vil være nødvendig å utarbeide et brukergrensesnitt i FlexGUI. Det samme gjelder for Kompai, men siden denne roboten skal interagere direkte med beboere vil det være ekstra hensyn å ta. Det må sørges for at Kompai går fram med leveringen på en god og forutsigbar måte, slik at beboere kan føle seg trygge rundt roboten. Kompai har innebygd funksjonalitet for kommunikasjon, blant annet i form av tale, og dette skal benyttes for å sørge for at robotens intensjoner kommuniseres godt. En komfortanalyse skal foretas for å sikre for at riktige faktorer blir tatt i betraktning under utviklingen.

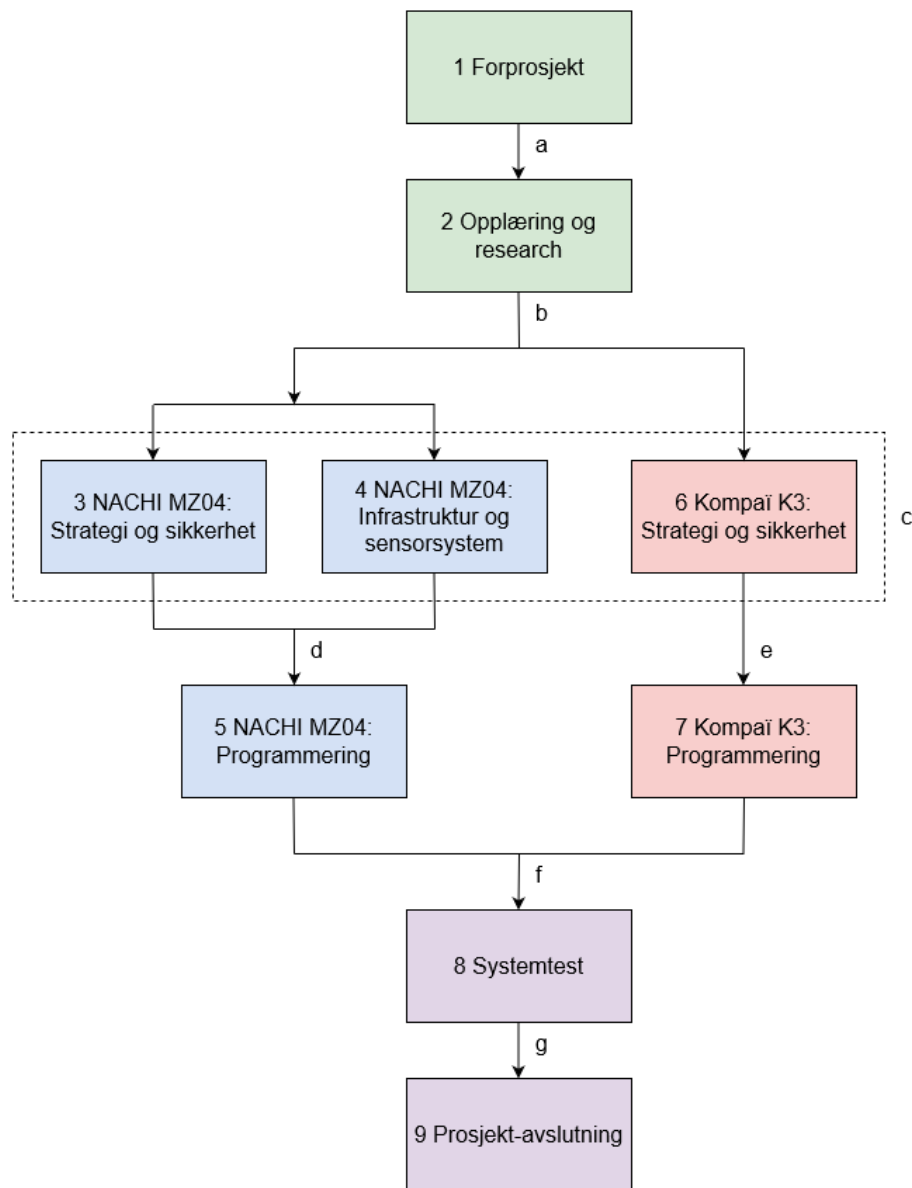
2.4.3 Spesifikasjoner

RMU-en til NACHI møter standardene “Category 4 of ISO 13849-1 Ple” og “IEC 61508 SIL3”. NACHI vil altså operere med høy sikkerhet. Industrieroboten med RMU er også utformet i henhold til ISO10218-standard, som sikrer at den er godkjent til å samarbeide med mennesker.[4] Videre vil maskindirektivet være veiledende for systemets krav til dokumentasjon, og det vil utformes en instruksjonsmanual for å legge til rette for videre arbeid med å imøtekomme kravene i direktivet.

Kompai har et integrert sett med lidar-sensorer for å hjelpe med navigasjonen og oppdage hindringer. Kompai er godkjent for bruk innendørs. Kompai er CE sertifisert og møter de europeiske standardene for 2006/42/EC på maskineri, og 2006/95 /EC på elektronisk utstyr som kan brukes med lav spenning.[3]

2.5 Arbeidspakker

Prosjektet er delt inn i ni arbeidspakker, som er vedlagt på slutten av dokumentet. De er illustrert i figur 14 og kommentert på neste side.



Figur 14: Oppsett av arbeidspakker visualisert i diagram

Dette prosjektet er sammensatt av mange ulike deler og har et veldig bredt

omfang. Det vil derfor være mye som skal gjøres på kort tid, og det er nødvendig at mange av arbeidspakkene løper parallelt. Illustrasjonen er veiledende og kun ment for å gi en viss oversikt, og i virkeligheten vil arbeidspakkene henge sammen på en mer innviklet måte enn illustrert. Derfor er det benyttet kommentarer, markert med bokstaver i figur 14, for å unngå en uoversiktlig illustrasjon.

- (a) Arbeidspakke 1 løper to uker før oppstart av arbeidspakke 2, men utover dette foregår de parallelt.
- (b) Arbeidspakke 2 Research vil pågå i hele forprosjektperioden, men trenger ikke være avsluttet før arbeidspakke 3, 4 og 6 kan påbegynnes. Denne arbeidspakken inneholder mye viktig for arbeidet med forprosjektet, og må derfor påbegynnes i god tid før avslutningen av arbeidspakke 1.
- (c) Arbeidspakke 3, 4 og 6 vil løpe parallelt med hverandre slik at hele systemet blir strukturert samtidig. Dette vil gjøre at systemet blir lettere å sette sammen. De vil påbegynnes før forprosjektets innlevering, da det er en del som inngår i disse arbeidspakkene som også trengs for å fullføre planen som skal defineres i forprosjektet.
- (d) Arbeidspakke 5 NACHI MZ04: Programmering vil påbegynnes når arbeidspakke 3 og 4 er i slutfasen. Deler av programmet vil være før avslutningen av arbeidspakke 3 og 4, og det vil være en fordel å begynne programmeringen så fort dette er klart.
- (e) Arbeidspakke 7 Kompai K3: Programmering vil følge samme logikk som i punkt d, altså vil den påbegynnes noe før avslutningen av den foregående arbeidspakken (arbeidspakke 6).
- (f) Deler av arbeidspakke 8, som utforming av testskjema, kan påbegynnes før avslutningen av arbeidspakke 5 og 7.
- (g) Arbeidspakke 9 Prosjektavslutning er den eneste arbeidspakken som vil foregå fra start til slutt uten at det er andre arbeidspakker som løper parallelt. Påbegynnelsen av denne pakken vil også kreve at arbeidspakke 8 er gjennomført.

Sammendrag av arbeidspakker

1 Forprosjekt

Dette er den første arbeidspakken, og er dedikert til utarbeiding og ferdigstilling av forprosjektet. Den løper fra semesterstart 9. januar til innleveringsfrist for forprosjektrapporten 3. mars. Forprosjektet skal legge rammeverket for resten av prosjektet. Det skal defineres arbeidsoppgaver, planer for tid og ressurser, målsetninger og prosjektbeskrivelse. Videre skal det foretas risikoanalyser som legger grunnlag for videre arbeid.

2 Research

Det er satt opp en egen arbeidspakke for opplæring og research på bakgrunn av omfanget av alt utstyret som skal benyttes i prosjektet. Det inkluderer opplæring på de tre disponible robotene, og i programvaren/systemene som skal benyttes. Videre skal det samles dokumentasjon om utstyr.

3 NACHI MZ04: Strategi og sikkerhet

Denne arbeidspakken tar for seg utformingen av hovedfunksjonaliteten rundt NACHI, samt sikkerhet og laserskannersystem. Det går hovedsaklig ut på planlegging av oppsettet til NACHI (benkposisjon, posisjon til andre enheter) og simulering av robotens oppgaver.

4 NACHI MZ04: Infrastruktur og sensorsystem

NACHI MZ04 trenger fiksturer for blant annet magasinering for å fungere. Fikstur for å holde kake og kopp skal utvikles i denne arbeidspakken, og tilhørende sensorsystem og kommunikasjon må settes opp.

5 NACHI MZ04: Programmering

I denne arbeidspakken skal NACHI programmeres etter planen som er utarbeidet i arbeidspakke 3 og 4.

6 Kompai K3: Strategi og sikkerhet

Det skal planlegges hvordan Kompai K3 skal utføre sin oppgave, med spesielt fokus på komfort og sikkerhet i interaksjon med roboten.

7 Kompai K3: Programmering

Kompai K3 skal programmeres etter planen som er lagt i arbeidspakke 6.

8 Systemtest

Først i denne arbeidspakken skal testskjema utformes, og det skal foretas tester av systemet internt i gruppen. Systemet skal deretter testes i en demonstrasjon hvor testskjema skal gjennomgås sammen med oppdragsgiver og intern veileder, like etter påskeferien.

9 Prosjektavslutning

Prosjektets avslutningsfase vil hovedsaklig bestå av å utarbeide den endelige prosjektrapporten og det som hører til prosjektets innlevering (vedlegg, plakat og presentasjon).

3 Prosjektorganisering

3.1 Prosjektdeltagere

Prosjektgruppen består av et tverrfaglig team, med to studenter fra Elektronikk og sensorsystemer, og én student fra Automasjon og robotikk.

3.1.1 Karoline Margrethe Mørkeng

- Automasjon og robotikk: Elektroingeniørstudiet med retning automasjon og robotikk danner et grunnlag for å arbeide videre med PLS og robotteknikk.
- Industri: Har 6 års (deltid) erfaring som produksjonsmedarbeider på Elko AS, og har erfaring med å operere et mangfold automatiserte løsninger for produksjon.
- Programmering: I dette prosjektet vil egenskapene jeg har i Python og PLS-programmering være mest sentralt.
- Tidligere prosjektarbeid: Erfaring med prosjektarbeid fra automasjonsprosjektet (regulering av vanntank). Var ansvarlig for brukergrensesnittet, og utviklet både HMI og SCADA.

3.1.2 Renate Heierstad Klemetsdal

- Programmering: Diverse mikrokontrollere i C/C++, skrevet Python og VHDL på FPGA. Kan grunnleggende Linux
- Elektronikk og sensorer: har programmert flere sensorer og utformet tester for sammenlikning avstandssensorer. I tillegg har jeg laget tre kretskortdesign i Altium
- Har grunnleggende kunnskaper i reguleringsteknikk
- Har 3D-modellert i SolidWorks tidligere og vært på MAKE NTNU kurs i Fusion360 og 3D-printing

3.1.3 Astrid Meen Wold

- Programmering: Python, C/C++ på diverse mikrokontrollere, VHDL.
- Har grunnleggende kunnskap innenfor reguleringsteknikk
- Har erfaring med flere kretskortdesign i Altium.
- 3D-printing (MAKE kurs)
- Har jobbet som assistent på demensavdeling på sykehjem i 1,5 år.

3.2 Utstyr og ressurser

Roboter

- **Industriroboten NACHI MZ04:** Industriell robotarm med seks frihetsgrader, som skal programmeres til å utføre de oppgavene som inngår i tilberedningen av det som serveres. Roboten kan kontrolleres med en *teach pendant* som man lager programmer i SLIM på og har FlexGUI installert. Man kan bevege armen og lagre posisjonene for å lære den ulike operasjoner. NACHI MZ04 benytter seg av *Safe Robot*-teknologi og skal kunne opereres utenfor sikkerhetsgjerder. Robotmanipulatoren er koblet til en CFD-kontroller og RMU-en som begge er styringsbokser [5]
- **Serviceroboten Lio:** Den ene av servicerobotene som kan programmeres til servering og transport fra NACHI til sluttbruker. Lio er en mobil hjelperobot laget for å kunne hjelpe omsorgsarbeiderne med rutinearbeid og underholdning av beboerne. Roboten består av en lang griper på en stor plattform, og kommer med kurv til frakting av gjenstander og skjerm. I tillegg har Lio flere kameraer og mange AI-funksjonaliteter som ansikt-, objekt- og menneskelig positur-gjenkjenning[6].
- **Serviceroboten Kompaï K3:** Den andre av servicerobotene som kan programmeres til servering og transport fra NACHI til sluttbruker. Kompaï er en mobil robot med mulighet til å gå rundt og se etter beboerne og som samler inn informasjon til hjelp for pleierne. Flere kameraer og lidarar benyttes og roboten har et kart inni seg. Den kan også annonsere beskjeder. Ikke minst har den gästøtte for beboerne og en skjerm for å underholdning og interaksjon med beboerne[7].
- **Kalibreringsutstyr** for roboter.
- **RMU:** Robot Monitoring Unit.
- **Kontroller for robotstyring:** Begge de mobile robotene Lio og Kompaï kan styres med hver sin spillkonsoll.

Programvare

- **Robot Operating System (ROS):** Program mellom applikasjonene og operasjonssystemet brukt for programmering av roboter. En sensor eller en MCU/SBC er en node, og kan kjøres uavhengig av hverandre. Alle nodene styres i ROS, de kan kommunisere seg i mellom (messages/topics) og utføre operasjoner basert på hverandres meldinger (actions/services)[8]. Man kan skrive nodene både i Python og C++. Versjonen man i hovedsak kommer til å bruke er ROS1 Noetic Ninjemys, som er versjonen med mest dokumentasjon og omfang i 2023
- **FlexGUI 4.0:** Brukergrensesnitt utviklet av PPM Robotics basert på ROS. De har satt opp alle robotene sine til å fungere med dette
- **FDonDesk:** Simuleringsprogram fra NACHI der man kan programmere og bevege NACHI MZ04 i et egetdesignet miljø ved bruk knapper og SLIM-kommandoer på *teach pendant*-en den er tilkoblet
- **PPMs VM:** Virtuell maskin med Ubuntu 20.04, ROS1 Noetic Ninjemys, FlexGUI, VSCode og skript for styring av NACHI, Lio og Kompaï allerede

installert

- **Altium:** CAD-verktøy for design av kretskort
- **Dropbox:** Skytjeneste som bedriften bruker til deling av manualer/datablader, filer og informasjon med oss

Gripere, sensorer og MCU/SBC-er

- **Gripere:** De to griperne PPM Robotics har fra før av er firkantet klo og sugekopp. Det har blitt bestilt en ny (og mindre) griper med fingre, som er FDA-godkjent for å være i kontakt med mat.
- **Sikkerhetssensorer og -utstyr:** laserskanner, glassbur, lysgitter (“light curtains”)
- **Andre sensorer:** Kraftsensor, radar, nærhetssensor
- **Raspberry Pi 2B**
- **Lufttrykk utstyr**

Utstyr spesifikt til problemstillingen

- Kake i muffinsformer
- Kopper
- Kaffemaskin

3D-modellering og -printing

- **Siemens NX:** CAD-verktøy mye brukt til å lage 3D-modeller og arbeidstegninger
- **Ultimaker 3:** 3D-printer som kan brukes til å printe ut nye gripere eller serveringsbrett for å feste på robotene
- **Ultimaker Cura:** Programvare for 3D-printing med integrasjon til NX

Diverse materiell

- PC, skjerm, mus og tastatur
- Kabler og rutere
- PLS-er
- Loddeutstyr
- Skruer, muttere ol.
- Verktøy

I tillegg har gruppen flere andre komponenter, mikrokontrollere og programvare lett tilgjengelig fra elektrostudiet

Arealer

- **NHL:** Rom med kjøkken og seng som skal forestille et forenklet sykehusværelse
- **Kontor:** Sted der gruppa kan skrive og diskutere prosjektet
- **Garasje:** Lagerrom med alt mulig av verktøy, PC-utstyr, robotarmer og mye mer

Ressurspersoner

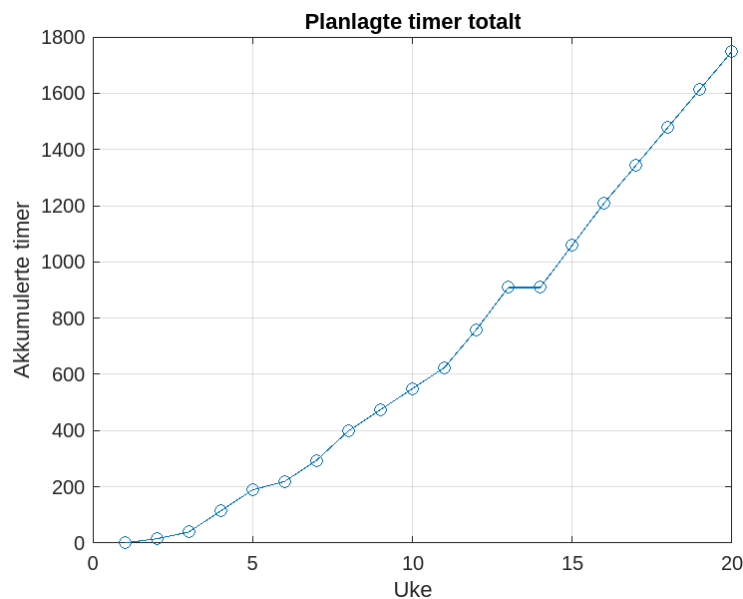
- Trygve Thommesen
- Sigurd Gossé
- Bálint Tahi

3.3 Prosjektleveranser

Hovedleveransen i prosjektet vil bestå av ulik programvare/kode for både NACHI MZ04 og Kompai K3, som skal gjøre robotene i stand til å utføre oppgavene lagt fram i prosjektbeskrivelsen. Fiksturen som er lagt fram i prosjektbeskrivelsen skal også leveres som fysiske komponenter. Dokumenter som risikoanalyser, dokumentasjon/bruksanvisning og prosjektrapport er også en del av leveransen.

3.4 Tids- og kostnadsplan

Det er utarbeidet et S-skjema for tidsbruken i prosjektet, presentert i figur 15. Timetallet for de første syv ukene tar utgangspunkt i tiden som faktisk er brukt i prosjektet hittil. På bakgrunn av at prosjektdeltagerne også tar del i emnet INGT2300 fram til eksamen 20. mars, er det lagt færre timer i uka fram til dette tidspunktet. I ukene etter eksamen er det lagt til ekstra timer for å kompensere. Det er også tatt utgangspunkt i at prosjektdeltagerne ikke jobber i påskeferien.



Figur 15: S-skjema

3.5 Kvalitetssikring

Kvaliteten i prosjektet skal sikres gjennom følgende tiltak:

Grundig forprosjekt

I forprosjektet skal det defineres tydelige mål og arbeidspakker. Dette vil medføre at problemløsningen går lettere når man står midt i det, siden man allerede har tenkt på og kanskje forutsett problemet på forhånd. I tillegg skal det bidra til å minimere usikkerhet om hva den enkelte skal gjøre samt forhindre at man tar forhastede slutninger. Det blir avsatt to uker til sluttrapporten for å ha nok tid til å lese igjennom rapporten flere ganger og kvalitetssikre den.

Dokumentasjon, møtereferater og kommunikasjon av kunnskap

God dokumentasjon og møtereferater skal brukes gjøre det lettere å skrive hovedrapporten ved f. eks. begrunnelser for metodevalg og etterprøvbarehet. Det skal også gjøre at man under prosjektet får oversikt over hva man vet og ikke samt for å få gjøre kunnskapen tilgjengelig for de andre gruppe-medlemmene slik at man ikke skal bruke timesvis på det noen andre allerede har funnet ut eller gjort fra før.

Toukersskjemaer

Hver andre uke skal det fylles ut et toukersskjema. I toukersskjemaet skal det dokumenteres oppnådde milepæler, eventuelle avvik og tidsforbruk for perioden toukersrapporten gjelder. Videre skal rapporten inneholde planlagte oppgaver for neste periode.

Logg for tidsbruk

Når gruppe-medlemmer bruker tid på prosjektrelaterte aktiviteter, skal dette oppføres i loggen for tidsbruk. Hver økt skal dokumenteres og følge formatet som er lagt i dokumentet. Formatet inneholder punkt for dato, timebruk og beskrivelse av hva tiden i økten ble brukt til. Denne loggen vil holde orden på gruppe-medlemmenes individuelle timebruk, samt informasjon om hvem som har gjort hva til hvilken tid.

Sikkerhetslogg

Sikkerhet for sluttbruker og operatør er av høyeste prioritet, og det skal føres kontinuerlig dokumentasjon i sikkerhetsloggen. Hvert innlegg i loggen følger formatet dato for oppføring, trussel, konsekvenser, sikkerhetsfunksjon, dato for implementering og kommentar. Hver robot har sin egen logg, og så fort det oppdages en sikkerhetstrussel skal det oppføres i loggen sammen med potensielle konsekvenser. Når det er implementert en sikkerhetsfunksjon for å sikre at problemet ikke kan oppstå skal denne oppføres i skjemaet samt datoen den ble implementert. Dersom det er nødvendig med ekstra informasjon kan dette føres inn i kommentarfeltet.

Testskjema

Det skal utvikles testskjema for systemets endelige funksjonalitet, hvor systemets funksjoner og sikkerhet skal testes. Dette endelige testskjemaet skal legge grunnlag for en grundig test som gjennomføres etter programmering av systemet/etter påske. Sikkerhetsfunksjoner skal testes grundig. Før gruppen skal demonstrere det ferdige resultatet, skal gruppen gjen-

nomføre flere prøvedemoer og tester for å forsikre seg om at alt fungerer som det skal.

Risikovurderinger

For å sikre kvalitet og trygghet under prosjektet ble det foretatt en risikovurdering for sikkerheten til mennesker og omgivelsene under prosjektgjennomføringen, samt en risikovurdering for risiko for forsinkelser. De ligger i vedlegg 5.3 og 5.4. Risikovurderingene er vurdert etter skalaen i risikodiagrammet i vedlegg 5.1. Alle risikovurderingene foretatt i dette prosjektet er inspirert av mal fra arbeidsgiver.

4 Referanser

Referanser

- [1] PPM Robotics, 2022, Fremtidens sykehjem med service-roboter og informasjonsteknologi – Oppgave 2 Robotisert tilberedning av kaffe og kaker”, ”Alle oppgaveforslag for bacheloroppgave «elektroingeniør» i Trondheim”, 2022/2023”, 13.11.2022, s. 71-74
- [2] OMRON, Safety Laser Scanner OS32C”, 2020, [Internett], hentet fra https://www.ia.omron.com/data_pdf/cat/os32c_z298-e1_14_4_csm2602.pdf?id=2717, lastet ned 27.02.2023
- [3] Kompaï robotics, ”User manual Kompaï-CARE”, side 4 og 16, utgitt 15.12.2021
- [4] Association for Advancing Automation, Robot Monitoring Unit, NACHI Robotics Systems Inc.”, 2023, [Internett], hentet fra <https://www.automate.org/products/nachi-robotic-systems-inc/robot-monitoring-unit>, lastet ned 27.02.2023
- [5] NACHI Robotic Systems INC, ”MZ04”, 2023, [Internett], hentet fra <https://www.nachirobotics.com/product/mz04/>, lastet ned 27.02.2023
- [6] F&P Personal Robotics, Lio – More time for human care”, 2023, [Internett], hentet fra <https://www.fp-robotics.com/en/lio/>, lastet ned 27.02.2023
- [7] Kompaï robotics, Kompaï robots”, 2023, [Internett], hentet fra <https://kompai.com/robot-kompai/>, lastet ned 27.02.2023
- [8] The Robotics Back-End, ”What is ROS?”, ukjent dato, [Internett], hentet fra <https://roboticsbackend.com/what-is-ros/>, lastet ned 03.03.2023

5 Vedlegg

- 5.1 Risikodiagram
- 5.2 Risikoanalyse for pleiere og beboere
- 5.3 Risikoanalyse for mennesker og omgivelser
- 5.4 Risikoanalyse for prosjektfremgang
- 5.5 Gantt-diagram
- 5.6 Arbeidspakker
- 5.7 Adress- og kontaktliste

	Risikodiagram				
Sannsynlighet	Svært ofte/ svært høy sannsynlighet	4	8	12	16
	Ofte/ høy sannsynlighet	3	6	9	12
	Sjeldent/ lav sannsynlighet	2	4	6	8
	Svært sjeldent/ svært lav sannsynlighet	1	2	3	4
		Ubetydelig	Mindre alvorlig	Alvorlig	Svært Alvorlig
	Konsekvens				

Risikoanalyse for pleiere og beboere

Uønskede hendelser	Sannsynlig konsekvens	Sannsynlig årsak	Implementerte farereduserende tiltak	Mulige forbedringer av farereduserende tiltak	Konsekvens	Sannsynlighet	Risiko	Kommentar
Kopper står stablet oppå hverandre	Om to eller flere kopper er stablet oppå hverandre, vil NACHI løfte opp den nederste koppen og dermed løfte alle koppene. Tårnet av kopper vil være for høyt for å bli plassert inni kaffemaskinen og føre til at den/de koppene som NACHI ikke holder vil ramle.	Menneskelig feil da koppene ble plassert	Retningslinjer på å ikke stable koppene		1	3	3	
Sikkerhetssensor svikt (RMU/laserskanner)	Skade på personer eller omgivelser	Teknisk feil	Doble sikkerhetssystemer		1	4	4	
Strømmen kan gå mens NACHI jobber	NACHI vil ikke være i stand til å gjennomføre oppgaven sine Om NACHI holder noe, kan gjenstanden mistes eller knuses.	Sikring som har gått		Nullstille systemet	2	1	2	

Det kan bli sølt kaffe på Kompai	Sannsynligvis vil man kun søle på serveringsbrettet eller på delene av Kompai som er lukket, men i verste fall kan Kompai kortslutte	Kompai har kjørt med for brå bevegelser	Ha stødige kopper, la Kompai kjøre en rute i et fornuftig tempo	Lage koppholdere til å ha på Kompai Få lukket panelt bak på Kompai, da dette vil minske risikoen for at Kompai kortslutter, men da panelet er åpent for å være koblet til boksen for å kunne styres med en kontroller, så er dette et tiltak som vil være vanskelig å gjennomføre uten at det går på bekostning av Kompais funksjonalitet	2	1	2	Det er stor forskjell mellom den mildeste konsekvensen av å søle kaffe (må tørke opp kaffen) og det verst tenkelige utfallet (ødelegge Kompai grunnet kortslutning)
NACHI stabler kopper oppå hverandre på Kompai	Koppene vil ramle når Kompai kjører eller det blir stablet mer enn 2-3 kopper i høyden. Dette kan gjøre at koppene knuser og/eller at kaffe søles på Kompai som i verste fall fører til kortslutning	Feil i sensorsystemet som fører til at Kompai feilaktig oppgir at alle koppene er borte	Nøye testing av sensorsystemet	Mulig at sensorer av høyere kvalitet blir valgt	2	1	2	
Kompai kjører på stokken til en beboer	Beboeren ramler, og kan i verste fall brette noe	Kompai sine blindsoner			4	2	8	

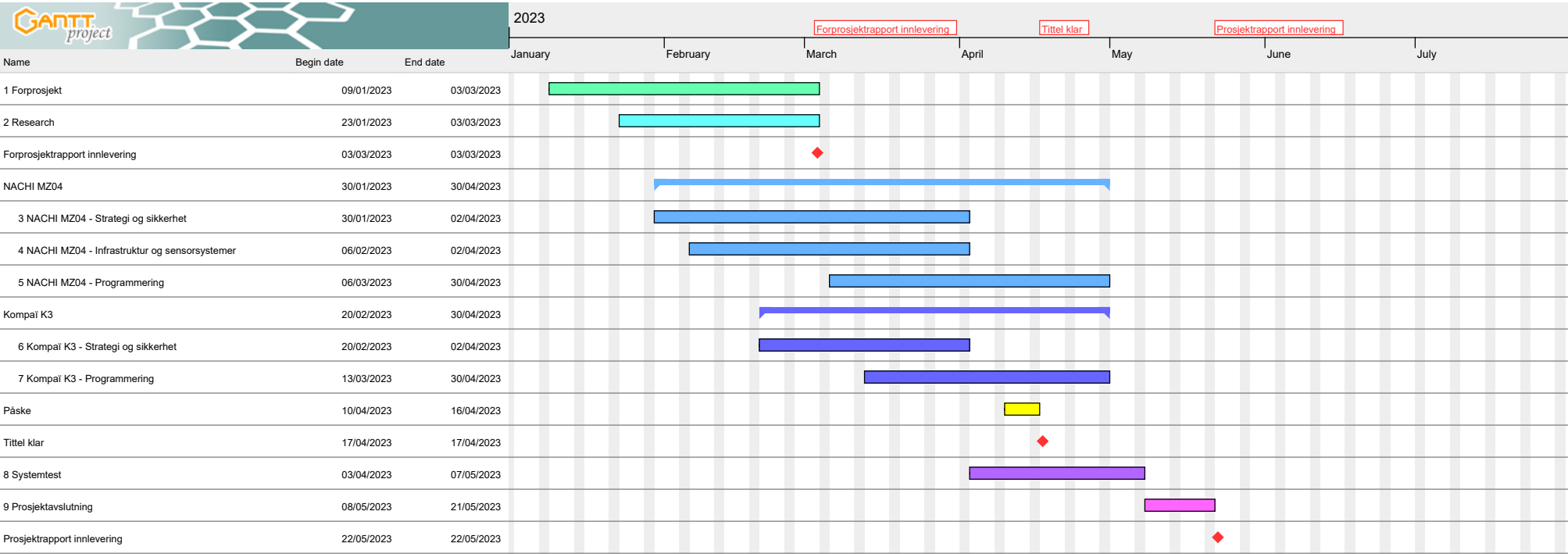
Risikoanalyse for sikkerheten til mennesker og omgivelser

Uønskede hendelser	Sannsynlig konsekvens	Sannsynlig årsak	Implementerte farereduserende tiltak	Mulige forbedringer av farereduserende tiltak	Konsekvens	Sannsynlighet	Risiko	Kommentar
Når NACHI er i manuell og styrt av et gruppemedlem, kan gruppemedlemmet glemme å følge med på NACHI og istedet se ned på kontrolleren når de skal styre NACHI	Ofte vil dette ikke ha noen konsekvenser, men det er en sikkerhetsrisiko, fordi det kan føre til skade på personell eller omgivelsene	Forglemmelse/ usikkerhet på hva man skal trykke på på kontrolleren vil føre til at man på automatikk ser mer ned på kontrolleren enn ønskelig	Gruppemedlemmene har fått opplæring i at man alltid skal se på NACHI når man styrer industriroboten.		2	4	8	Vil antagelig forekomme mest i begynnelsen da det er lettere å glemme seg før man har fått rutine på det
Kompaïs blindsoner kan gjøre at den kjører over gjenstander	Det som kjøres over av Kompaï kan potensielt ødelegges. I tillegg kan det medføre at Kompaï søler kaffe dersom den transporterer det	Kompaï sine blindsoner	Sørge for å kun bruke Kompaï i henhold med brukermanualen, samt å sørge for at gulvet der Kompaï skal kjøre er fritt for ting som er små nok til å havne i blindsonene		2	2	4	
Det kan bli sølt kaffe på Kompaï	Sannsynligvis vil man kun søle på serveringsbrettet eller på delene av Kompaï som er lukket, men i verste fall kan Kompaï kortslutte	Kompaï har kjørt med for brå bevegelser	Ha stødige kopper, la Kompaï kjøre en rute i et fornuftig tempo	Lage koppholdere til å ha på Kompaï Få lukket panelet bakpå Kompaï, da dette vil minske risikoen for at Kompaï kortslutter, men da panelet er åpent for å være koblet til boksen for å kunne styres med en kontroll, så er dette et tiltak som vil være vanskelig å gjennomføre uten at det går på bekostning av Kompaïs funksjonalitet	3	1	3	Det er stor forskjell mellom den mildeste konsekvensen av å søle kaffe (må tørke opp kaffen) og det verst tenkelige utfallet (ødelegge Kompaï grunnet kortslutning)
NACHI kan miste grepet om en kopp	Om NACHI mister en kopp uten kaffe kan koppen i verste fall knuses. Hvis koppen inneholder kaffe som blir sølt utover Kompaï, kan den i verste fall kortslutte	Feilplassering av kopp eller at NACHI ikke har fått ordentlig grep om koppen	Koppholder med faste plasser til koppene, teste grepet med NACHI med tomme kopper		3	2	6	
Sikkerhetssensor svikt (RMU/laserskanner)	Skade på personer eller omgivelser	Teknisk feil	Doble sikkerhetssystemer		4	1	4	
Kopper står stablet oppå hverandre	Om to eller flere kopper er stablet oppå hverandre vil NACHI løfte opp den nederste koppen og dermed løfte alle koppene. Tårnet av kopper vil være for høyt for å bli plassert inni kaffemaskinen hvilket vil føre til at den/de koppene som NACHI ikke holder vil ramle.	Menneskelig feil da koppene ble plassert	Retningslinjer om å ikke stable koppene		2	1	3	
Når Kompaï svinger blir brettet skrått i forhold til skjermen	Kan føre til at ting på brettet velter	Måten Kompaï er laget gjør at skjermen svinger når Kompaï svinger	Sikkerhetsmargin på brettet for å sikre avstand fra Kompaï		1	2	2	

Risikoanalyse for prosjektfremgang

Uønskede hendelser	Sannsynlig Konsekvens	Sannsynlig årsak	Implementerte farereduserende tiltak	Mulige forbedringer av farereduserende tiltak	Konsekvens	Sannsynlighet	Risiko
Benkarealet som NACHI når, kan være for lite	NACHI vil ikke nå alle kopper/kaker og dermed ikke kunne utføre oppgavene sine	NACHI sin rekkevidde er begrenset av egne dimensjoner	Simulering av NACHI sitt arbeidsområde og nøye planlegging før NACHI blir montert på kjøkkenbenken		3	2	6
Sen levering på gripere	Fremgangen på prosjektet vil bli forsinket	Mangel på lager eller treg postgang	Spørre leverandør om estimert leveringstid		4	2	8
Kompaï kan få problemer med svinge gjennom dører og smale ganger, fordi den blir betydelig lenger med brettet festet på seg	Brettet på Kompaï kolliderer med dørkarmer	For å forhindre at skjermen til Kompaï skal dytte ting på brettet når Kompaï svinger trenger brettet en sikkerhetssone på 24 cm. Dette gjør at brettet blir ganske langt	Testkjøre Kompaï for å finne best mulig måte for Kompaï å svinge på uten at brettet kolliderer med dørkarmer eller vegger		2	2	4
At en eller flere av lyssensorene blir for varme grunnet kaffekoppene over seg	Forsinkelse i prosjektgjennomføring, fordi vi må utvikle en måte å holde lyssensorene kjølige nok til å fungere	Siden kaffekoppen er varm og skal stå oppå lyssensorene kan det overføres varme til sensorene	Research på lyssensorene før kjøp og ha avstand mellom kaffekoppen og sensoren i form av plast eller luft		2	2	4
Sykdom	Vil føre til nedsatt arbeidskapasitet i perioden noen er syke i	Virus/bakterier	God hygiene		2	3	6
Sen levering på sensorene	Fremgangen på prosjektet vil bli forsinket	Mangel på lager eller treg postgang			4	2	8

Gantt Chart



Fag: IELET2920 Bacheloroppgave		Dato: 03.03.2023
Prosjekt: Fremtidens sykehjem med service-roboter og informasjonsteknologi - Oppgave 2 Robotisert tilberedning av kaffe og kaker		
Aktivitet: Forprosjekt		Aktivitet nr: 1
Startdato: 09.01.2023	Sluttdato: 03.03.2023	
Avhengighet:	Foregående aktiviteter:	
	Etterfølgende aktiviteter: 2 Research	
Mål: Utføre forprosjekt og andre forberedelser		
Arbeidsbeskrivelse: <ul style="list-style-type: none">- 1a Forprosjektrapport: Forprosjektrapporten skal utarbeides og prosjektdetaljer skal tydelig avklares.- 1b Arbeidsoppgaver: Prosjektet skal brytes ned til arbeidspakker og alle arbeidsoppgaver som inngår i prosjektet skal defineres.- 1c Tids-, ressurs- og kostnadsplan: Det skal utarbeides tids- og kostnadsplan (Gantt- og S-diagram).- 1d Målsetninger: Prosjektets mål, scope og planlagt resultat skal defineres.- 1e Avtaler: Standardavtale og konfidensialavtale mellom prosjektdeltagere, oppdragsgiver, intern veileder og NTNU må signeres av alle parter.- 1f Prosjektbeskrivelse: Alt som inngår i prosjektets praktiske del skal kartlegges og defineres i en prosjektbeskrivelse som skal medfølge forprosjektrapporten.- 1g Risikoanalyse: Det skal foretas to risikoanalyser i forprosjektet, en med hensyn til risikoen som går utover prosjektutførelsen, og en for risikoen til prosjektdeltagernes sikkerhet.		
Timeverk: 180	Fordeling: RK/AW/KM: 60/60/60	
Kostnader:		
Ressurser: -		
Risiko: Dårlig forarbeid kan forsinke fremgangen i prosjektet		
Faglig ansvarlig:		
Prosjektmedarbeidere: Renate Klemetsdal, Karoline Mørkeng, Astrid Wold		

Fag: IELET2920 Bacheloroppgave		Dato: 03.03.2023
Prosjekt: Fremtidens sykehjem med service-roboter og informasjonsteknologi - Oppgave 2 Robotisert tilberedning av kaffe og kaker		
Aktivitet: Research		Aktivitet nr: 2
Startdato:	23.01.2023	Sluttdato: 03.03.2023
Avhengighet:	Foregående aktiviteter:	Påbegynt: 1 Forprosjekt
	Etterfølgende aktiviteter:	3 NACHI MZ04 – Strategi og sikkerhet
Mål: Gjennomføre opplæring på roboter og datasystemer, og samle informasjon og dokumentasjon		
Arbeidsbeskrivelse: <ul style="list-style-type: none">- 2a Kartlegging: Gruppemedlemmene skal gjøre seg kjent med robotenes funksjonalitet og nødvendige aspekter ved robotteknikk.- 2b Opplæring: Det skal gjennomføres opplæring organisert av oppdragsgiver i bruk av følgende roboter:<ul style="list-style-type: none">• NACHI MZ04• Kompai K3• F&P Robotics Lio- 2c ROS: Gruppen skal være i stand til å bruke ROS-systemet hos oppdragsgiver.- 2d Utstyr: Det må kartlegges hvilket utstyr som er nødvendig for å utføre prosjektet, og utarbeides en oversikt over dette.- 2e Dokumentasjon: Nødvendig dokumentasjon må hentes inn og samles i en organisert struktur. Det må også kartlegges hvilken dokumentasjon som bør følge med som vedlegg til hovedrapporten.- 2f Griper: Nødvendig research i forbindelse med griperen NACHI skal benytte må gjennomføres. Det innebærer en plan for hvilken griper som skal benyttes, og eventuelt anskaffelse av griperen.		
Timeverk: 90		Fordeling: RK/AW/KM: 30/30/30
Kostnader:		
Ressurser: PPMs VM, FDonDesk, teste og researche diverse		
Risiko: Brudd på sikkerhetsprosedyrene til NACHI		
Faglig ansvarlig:		
Prosjektmedarbeidere: Renate Klemetsdal, Karoline Mørkeng, Astrid Wold		

Fag: IELET2920 Bacheloroppgave		Dato: 03.03.2023
Prosjekt: Fremtidens sykehjem med service-roboter og informasjonsteknologi - Oppgave 2 Robotisert tilberedning av kaffe og kaker		
Aktivitet: NACHI MZ04 – Strategi og sikkerhet		Aktivitet nr: 3
Startdato:	30.01.2023	Sluttdato: 02.04.2023
Avhengighet:	Foregående aktiviteter:	Påbegynt: 2 Research
	Etterfølgende aktiviteter: 5 NACHI MZ04 - Programmering	
Mål: Utarbeide komplett plan for NACHI MZ04s funksjonalitet, og infrastrukturen roboten skal interagere med.		
Arbeidsbeskrivelse: <ul style="list-style-type: none">- 3a Kartlegging: Gruppemedlemmene skal gjøre seg kjent med robotens funksjonalitet og nødvendige aspekter ved robotteknikk.- 3b Utforming: NACHI MZ04 skal settes opp i NHL og kalibreres. Det skal lages en detaljert plan for robotens posisjon og posisjonen til nødvendige eksterne enheter (for eksempel kaffemaskin). Videre skal basis koordinatramme og virtuelle gjerder planlegges.- 3c Simulering: NACHI skal simuleres i FDonDesk.- 3d Griper: Nødvendige forberedelser i forbindelse med griperen NACHI benytter skal gjennomføres. Dette innebærer å få griperen til å fungere med NACHI.- 3e Feilhåndtering: Feil som angår NACHI med griper må ha en tydelig plan for håndtering.- 3f Montering: NACHI og infrastrukturen på benken i NHL skal monteres.- 3g Sikkerhetsfunksjoner: Det skal foretas en kartlegging over nødvendige sikkerhetsfunksjoner som må inngå i programmeringen av NACHI MZ04.- 3h Sikkerhetssensorer: Det må foreligge en plan for hvordan sensorsystemet som angår sikkerhet, skal utføre sin funksjon.		
Timeverk: 360		Fordeling: RK/AW/KM: 60/60/240
Kostnader:		
Ressurser: NACHI, FDonDesk, sikkerhetssensorer		
Risiko: Brudd på sikkerhetsprosedyrene til NACHI, forsinkelse på tidligere arbeidspakker vil føre til forsinkelse. Feil på planen for sikkerhetssensorene kan senke sikkerheten for prosjektet		
Faglig ansvarlig: Karoline Mørkeng		
Prosjektmedarbeidere: Renate Klemetsdal, Karoline Mørkeng, Astrid Wold		

Fag: IELET2920 Bacheloroppgave		Dato: 03.03.2023
Prosjekt: Fremtidens sykehjem med service-roboter og informasjonsteknologi - Oppgave 2 Robotisert tilberedning av kaffe og kaker		
Aktivitet: NACHI MZ04 – Infrastruktur og sensorsystem		Aktivitet nr: 4
Startdato: 06.02.2023	Sluttdato: 02.04.2023	
Avhengighet:	Foregående aktiviteter:	Påbegynt: 3 NACHI MZ04 – Strategi og sikkerhet
	Etterfølgende aktiviteter:	5 NACHI MZ04 - Programmering
Mål: Utarbeide komplett plan for sikkerhetssystem og tilhørende sensorer, samt en kartlegging av øvrige sensorer.		
Arbeidsbeskrivelse: <ul style="list-style-type: none"> - 4a Krav og regelverk: Krav, regelverk og standarder for operasjon av industriroboter (uten bur) må undersøkes. Det skal legges til rette for forskriftsmessig utvikling og sikkerhetsfunksjoner. - 4b Infrastruktur: Enhetene NACHI skal interagere med må planlegges og utformes. Dette gjelder blant annet fiksturer for å holde kake/kopp, samt struktur for kremapplikasjon. - 4c Sensorer: Det skal planlegges hvilke sensorer som skal benyttes i sensorsystemet. - 4d Sensorsystem: Sensorsystemet for infrastrukturen må planlegges og utformes. - 4e Modellering: Fiksturer må planlegges og 3D-modelleres. - 4f Kommunikasjon: Fiksturene må være i stand til å kommunisere sensordata til NACHI. - 4g Feilhåndtering: Det skal foreligge en tydelig plan for feilhåndtering innen det som angår sikkerhetssystemer og eksterne sensorer. 		
Timeverk: 360		Fordeling: RK/AW/KM: 240/60/60
Kostnader:		
Ressurser: Altium, sensorer, mikrokontroller, NX Siemens, Ultimaker Cura		
Risiko: Feil med sensorene vil gjøre at robotene gjør feil. Forsinkelse med levering av PCB/sensorer.		
Faglig ansvarlig: Renate Klemetsdal Prosjektmedarbeidere: Renate Klemetsdal, Karoline Mørkeng, Astrid Wold		

Fag: IELET2920 Bacheloroppgave		Dato: 03.03.2023
Prosjekt: Fremtidens sykehjem med service-roboter og informasjonsteknologi - Oppgave 2 Robotisert tilberedning av kaffe og kaker		
Aktivitet: NACHI MZ04 - Programmering		Aktivitet nr: 5
Startdato: 06.03.2023	Sluttdato: 30.04.2023	
Avhengighet:	Foregående aktiviteter:	3 NACHI MZ04 – Strategi og sikkerhet, 4 NACHI MZ04 – Infrastruktur og sensorsystemer
	Etterfølgende aktiviteter:	8 Systemtest
Mål: Programmere NACHI MZ04 til å utføre de nødvendige oppgavene, med planlagte sikkerhetstiltak		
Arbeidsbeskrivelse: <ul style="list-style-type: none"> - 5a Griper: Griperen må programmeres til å fungere med NACHI og være i stand til å gripe de nødvendige objektene. - 5b Programsekvens: Den planlagte programsekvensen for tilberedning av kaffe og kake skal programmeres etter planen fra simuleringen. - 5c Interaksjon med Kompai: Den tilberedte kaken og kaffekoppen skal plasseres på Kompai når det er klart for servering. Det må forekomme kommunikasjon mellom de to enhetene slik at de kan synkronisere arbeidet. - 5d Sensorer: Sensorer som interagerer med NACHI må programmeres og settes opp til å fungere med NACHI's programvare. - 5e Sikkerhet: Planlagte sikkerhetsfunksjoner skal programmeres. - 5f Feilhåndtering: Planer om feilhåndtering må realiseres. 		
Timeverk: 270		Fordeling: RK/AW/KM: 135/0/135
Kostnader:		
Ressurser: NACHI, ROS, FlexGUI 4.0, griper, sensorsystem		
Risiko: Brudd på sikkerhetsprosedyrene til NACHI, forsinkelse på tidligere arbeidspakker vil føre til forsinkelse.		
Faglig ansvarlig: Karoline Mørkeng		
Prosjektmedarbeidere: Renate Klemetsdal, Karoline Mørkeng, Astrid Wold		

Fag: IELET2920 Bacheloroppgave		Dato: 03.03.2023
Prosjekt: Fremtidens sykehjem med service-roboter og informasjonsteknologi - Oppgave 2 Robotisert tilberedning av kaffe og kaker		
Aktivitet: Kompai K3 – Strategi og sikkerhet		Aktivitet nr: 6
Startdato: 20.02.2023	Sluttdato: 02.04.2023	
Avhengighet:	Foregående aktiviteter:	Påbegynt: 2 Research
	Etterfølgende aktiviteter:	6 Kompai K3 - Programmering
Mål: Etablere en strategi for servicerobotens henting og avlevering av serveringsbrett		
Arbeidsbeskrivelse: <ul style="list-style-type: none"> - 6a Sikkerhet: Utviklingen av Kompai skal ta utgangspunkt i at roboten vil oppholde seg rundt beboere på sykehjem. Det er derfor nødvendig med en grundig plan for sikkerhet, for å forhindre at potensielle farlige situasjoner. - 6b Komfort: På bakgrunn av samme begrunnelse som i 6a, må det legges en plan for hvordan Kompai skal opptre for å fremstå som forutsigbar og trygg for de som interagerer med roboten. - 6c Koordinator og navigasjon: Det skal utarbeides en plan for hvor Kompai skal være og hvordan roboten skal navigere i utførelsen av sine oppgaver. - 6d Kommunikasjon: Kompai har mulighet for å kommunisere med tale, og bruken av denne funksjonaliteten skal planlegges. - 6e Henting og levering av kaffe/kake: Plan for henting og levering av kaffe/kake må utarbeides. For henting av kaffe/kake må det være en plan som tar interaksjonen med NACHI i betraktning. - 6f Krav og regelverk: Krav, regelverk og standarder for bruk av serviceroboten til interaksjon med beboere på sykehjem, må kartlegges og tas med i utarbeiding av planen. - 6g Serveringsbrett: Serveringsbrettet som skal brukes av Kompai må utformes og monteres. 		
Timeverk: 270		Fordeling: RK/AW/KM: 0/270/0
Kostnader:		
Ressurser: Kompai, 3D-modell av serveringsbrett		
Risiko: Kompai sine blindsoner, søl av kaffe på Kompai kan føre til kortslutning		
Faglig ansvarlig: Astrid Wold Prosjektmedarbeidere: Renate Klemetsdal, Karoline Mørkeng, Astrid Wold		

Fag: IELET2920 Bacheloroppgave		Dato: 03.03.2023
Prosjekt: Fremtidens sykehjem med service-roboter og informasjonsteknologi - Oppgave 2 Robotisert tilberedning av kaffe og kaker		
Aktivitet: Kompai K3 - Programmering		Aktivitet nr: 7
Startdato:	13.03.2023	Sluttdato: 30.04.2023
Avhengighet:	Foregående aktiviteter:	5 Kompai K3 – Strategi og sikkerhet
	Etterfølgende aktiviteter:	8 Systemtest
Mål: Fullføre programmering av serviceroboten slik at den kan hente og levere serveringsbrett		
Arbeidsbeskrivelse: <ul style="list-style-type: none"> - 7a Sikkerhet: Kompai skal programmeres med hensyn til sikkerheten til brukerne, med hensiktsmessige sikkerhetsfunksjoner. - 7b Komfort: Utviklingen av Kompai må følge planen for en forutsigbar og trygg fremtoning. - 7c Koordinater og navigasjon: Punkter og system for navigasjon skal programmeres slik at Kompai beveger seg slik som planlagt. - 7d Kommunikasjon: Kommunikasjonen fra Kompai til brukeren må programmeres etter planen. - 7e Henting og levering av kaffe/kake: Programmet må ta hensyn til interaksjon med NACHI i henting av kaffe/kake, slik at det går etter planen. 		
Timeverk: 90		Fordeling: RK/AW/KM: 15/60/15
Kostnader:		
Ressurser: Kompai, PPMs VM, FlexGUI 4.0, sensorsystem		
Risiko: Kompai sine blindsoner, søl av kaffe på Kompai kan føre til kortslutning		
Faglig ansvarlig:		
Prosjektmedarbeidere: Renate Klemetsdal, Karoline Mørkeng, Astrid Wold		

Fag: IELET2920 Bacheloroppgave		Dato: 03.03.2023
Prosjekt: Fremtidens sykehjem med service-roboter og informasjonsteknologi - Oppgave 2 Robotisert tilberedning av kaffe og kaker		
Aktivitet: Systemtest		Aktivitet nr: 8
Startdato: 03.04.2023	Sluttdato: 07.05.2023	
Avhengighet:	Foregående aktiviteter:	5 NACHI MZ04 – Programmering, 7 Kompai K3 – Programmering
	Etterfølgende aktiviteter:	9 Prosjektavslutning
Mål: Teste systemets robusthet og foreta kvalitetssjekk og demonstrasjon		
Arbeidsbeskrivelse: <ul style="list-style-type: none"> - 8a Testskjema: Det skal utarbeides et testskjema som skal brukes til demonstrasjon av systemet. Testskjemaet skal være grundig og sørge for at alle funksjoner fungerer som de skal. Testskjemaet kan deles inn i: <ul style="list-style-type: none"> • Hovedfunksjonalitet: Det som angår utførelsen av oppgavene til systemet, altså tilberedning og servering av kaffe og kake. • Sikkerhet: De funksjonene som angår sikkerhet i menneskelig interaksjon med robotene. • Feilhåndtering: Systemets håndtering av feil som oppstår. - 8b Kvalitetstest: Testing av systemet skal utføres av gruppen for å sikre at systemet er robust og utfører det som er planlagt, med repeterbare resultater. - 8c Sikkerhetstest: Alle sikkerhetsfunksjonene til systemet skal testes grundig. - 8d Feilhåndtering: Funksjoner for feilhåndtering skal testes. - 8e Demonstrasjon: Systemet skal demonstreres ved bruk av testskjema. Demonstrasjonen skal foregå med oppdragsgiver og intern veileder tilstede. - 8f Etterarbeid: Dersom det oppstår avvik under demonstrasjonen er det satt av tid til å håndtere disse. 		
Timeverk: 90		Fordeling: RK/AW/KM: 30/30/30
Kostnader:		
Ressurser: NACHI, Kompai, FlexGUI 4.0, griper, sikkerhetssensorer, sensorsystem		
Risiko: Forsinkelser i tidligere arbeidspakker.		
Faglig ansvarlig:		
Prosjektmedarbeidere: Renate Klemetsdal, Karoline Mørkeng, Astrid Wold		

Fag: IELET2920 Bacheloroppgave		Dato: 03.03.2023
Prosjekt: Fremtidens sykehjem med service-roboter og informasjonsteknologi - Oppgave 2 Robotisert tilberedning av kaffe og kaker		
Aktivitet: Prosjektavslutning		Aktivitet nr: 9
Startdato:	08.05.2023	Sluttdato: 21.05.2023
Avhengighet:	Foregående aktiviteter: 8 Systemtest	
	Etterfølgende aktiviteter:	
Mål: Leverer alle kravene til bacheloroppgaven og avslutte prosjektet		
Arbeidsbeskrivelse: <ul style="list-style-type: none">- 9a Prosjektrapport: Prosjektrapporten skal være ferdig innen 22.05.2023.- 9b Dokumentasjon: Nødvendig dokumentasjon skal gås gjennom og samles i en mappe klar for innlevering.- 9c Plakat: Prosjektets resultat skal oppsummeres i en plakat i A3-format.- 9d Innlevering: Prosjektrapport, dokumentasjon og plakat skal leveres inn i en samlet zip-fil.- 9e Presentasjon: Det skal utarbeides en muntlig presentasjon om bacheloroppgaven, med manus og PowerPoint.		
Timeverk: 90		Fordeling: RK/AW/KM: 30/30/30
Kostnader:		
Ressurser: -		
Risiko: Forsinkelse i tidligere arbeidspakker kan føre til for dårlig tid		
Faglig ansvarlig:		
Prosjektmedarbeidere: Renate Klemetsdal, Karoline Mørkeng, Astrid Wold		

Adress- og kontaktliste

Prosjektgruppe

Renate H. Klemetsdal
Tlf. 46905535
renatkle@stud.ntnu.no

Karoline M. Mørkeng
Tlf. 91340744
karolmmo@stud.ntnu.no

Astrid M. Wold
Tlf. 95002619
astrimw@stud.ntnu.no

Oppdragsgiver

Trygve Thomessen
Tlf. 92242189
trygve.thomessen@ppm.no

Intern veileder NTNU

Sigurd Gossé
Tlf: 91766106
sigurd.gosse@gmail.com