

BACHELOROPPGAVE

Vanningssystem for biokontor

Martinius Hæreid

Marius Aurmo

Øystein Olsen

6. juni 2016

Digital elektronikk
Ingeniørfag



 **Høgskolen i Østfold**

Avdeling for ingeniørfag

PROSJEKTRAPPORT

Prosjektkategori: Bacheloroppgave	Fritt tilgjengelig <input checked="" type="checkbox"/>
Omfang i studiepoeng: 20	Fritt tilgjengelig etter:
Fagområde: Elektronikk	Tilgjengelig etter avtale med samarbeidspartner <input type="checkbox"/>

Rapporttittel: Vanningssystem for biokontor	Dato: 6. Juni 2016 Antall sider: 82 Antall vedlegg: 13
Forfattere: Øystein Olsen, Martinius Hæreid og Marius Aurmo	Veileder: Reidar Nordby, Per Thomas Huth og Magne Kaspersen
Avdeling / linje: Ingeniørfag elektronikk	Prosjektnummer: B16E07

Utført i samarbeid med: BioOffice	Kontaktperson hos samarbeidspartner: Jørn Viumdal
--------------------------------------	--

Ekstrakt: Utvikling av et vanningssystem for biokontor som reduserer servicetiden til BioOffice.

3 emneord:	Vanningssystem
	Mikrokontroller
	Kommunikasjon

Forord

Bacheloroppgaven bygger på ideer fanget av Magne Kaspersen etter samtaler med Jørn Viumdal som driver firmaet BioOffice. Dette er et firma som leier ut Biokontor og plantevegger til bedrifter, skoler og sykehus for forbedring av innemiljø og arbeidsmiljø. Disse anleggene krever service og vanning. Kaspersens ideer om at det må være mulig å spare inn servicetid ved hjelp av teknologi resulterte i denne bacheloroppgaven.

Agro Data v/Magne Kaspersen og BioOffice har bistått med økonomisk støtte til innkjøp av komponenter og utstyr som har vært nødvendig for å utvikle prototype til prosjektet.

Vi vil rette en spesiell takk til Hanne Eriksen som driver FabLab i Moss, for hjelpen med å designe vannbeholder til prototypen. Vi ønsker også å takke Per Thomas Huth, Reidar Nordby og Geir Huth for all hjelp og veiledning under prosjektperioden.

For å organisere arbeidet har det blitt benyttet et program som heter Trello, som er et program basert på Kanbanmetodikken. Dette er en metodikk som har blitt utviklet av Toyota og går ut på å visualisere arbeidsflyten. Arbeidets gang blir delt opp i ulike foldere og arbeidsoppgaver flyttes fortløpende ettersom arbeidet skrider fram. Deltakerne får lett oversikt over hva som skal gjøres og hva de andre jobber med.

Bacheloroppgaven er utført av studentene Marius Aurmo, Martinius Hæreid og Øystein Olsen.

6. juni Fredrikstad

Marius Aurmo

Martinius Hæreid

Øystein Olsen

Sammendrag

Denne bacheloroppgaven handler om utvikling av et vanningsystem for biokontor som firmaet BioOffice leier ut og bedriver service på. Et biokontor består av en plantekasse kombinert med en lysarmatur. Målet er å redusere servicetiden som blir brukt til vanning ved hjelp av et automatisert vanningsystem.

Oppgaven omfatter en prototype for vanning som består av sentralnode, sensornode, ventilnode, server og en vannbeholder. Det har blitt sett på LoRa teknologi som kommunikasjonsform, men det er benyttet ZigBee på grunn av leveringsproblemer.

Løsningen er enkel å implementere i eksisterende produkter. Et varslingsystem kan redusere kostnadene som blir brukt til vanning i dag, ved at behovet for servicepersonell blir mindre.

Summary

This bachelor report concern the development of a watering system for bio office as BioOffice rents and engages service. The bio office contains a plant crate combined with a light fixture. The goal of the assignment is to reduce the service time that is used for watering by using an automatic watering system.

The assignment includes a prototype for a watering system consisting of central node, sensor node, valve node, a server and a water container. LoRa technology has been discussed as a form of communication, but because of delivery problems ZigBee has been used.

The solution is easy to implement in existing products. A warning system can reduce the cost used today for watering because the need for service personnel is reduced.

Innholdsfortegnelse

Forord	III
Sammendrag	IV
Summary	V
Figurligste	IX
Tabelliste	X
1 Introduksjon	1
1.1 <i>Prosjektdeltakere</i>	1
1.2 <i>Innledning</i>	2
1.3 <i>Bakgrunn for oppgaven</i>	2
1.4 <i>Definisjon av et Biokontor</i>	3
3 Prosjektdefinisjon	4
3.1 <i>Presentasjon av oppdragsgiver</i>	4
3.1.1 <i>Hvordan BioOffice bedriver service</i>	4
3.1.2 <i>Beskrivelse av plantekassene</i>	4
3.2 <i>Problemstilling</i>	5
3.3 <i>Krav fra oppdragsgiver</i>	5
3.4 <i>Prosjekt mål</i>	5
3.4.1 <i>Resultatmål</i>	5
3.4.2 <i>Effekt mål</i>	5
3.5 <i>Rammer og avgrensninger</i>	6
3.5.1 <i>Oppgaven omfatter</i>	6
3.5.2 <i>Avgrensninger</i>	6
3.5.3 <i>Økonomiske rammer</i>	6
3.6 <i>Leserveiledning</i>	7
3.6.1 <i>Rapportens oppbygning</i>	7
4 Teori	8
4.1 <i>Biokontor og filosofien bak</i>	8
4.2 <i>Jordfuktighetsmåling</i>	9
	VI

4.2.1	Resistiv målemetode	9
4.2.2	Kapasitiv målemetode	10
4.2.3	Korrosjonsmetoden	10
4.3	<i>Kommunikasjonsstandarder</i>	11
4.3.1	ZigBee	11
4.3.2	Bluetooth smart	11
4.3.3	LoraWAN	12
4.4	<i>LoRa Chirp Spredt Spektrum modulasjon</i>	13
4.4.1	Historikk	13
4.4.2	Om LoRa	13
4.4.3	Hvorfor så lang rekkevidde?	14
4.5	<i>LoRaWAN modus</i>	15
4.5.1	LoRAWAN til basestasjonmodus	15
4.5.2	P2P-modus – direkte kommunikasjon mellom noder	15
4.5.3	Hybridmodus	16
4.6	<i>Ulike klasser av endepunkter</i>	17
5	System	18
5.1	<i>Løsningsbeskrivelse</i>	18
5.1.1	Valg av vanningsystem	19
5.1.2	Valg av sensorer	23
5.1.3	Valg av kommunikasjonsstandard	23
5.1.4	Valg av komponenter til sentralnode	24
5.1.5	Valg av komponenter til ventilnode	25
5.1.6	Valg av komponenter til sensornode	26
5.1.7	Teoretiske beregninger	28
5.2	<i>Valgte komponenter og verktøy</i>	29
5.2.1	Komponenter	29
5.2.2	Verktøy	31
5.3	<i>Implementering</i>	33
5.3.1	Komplikasjoner med levering	33
5.3.2	Utvikling av kretskort (Printed circuit board - PCB)	34

5.3.3	Sensornoden	36
5.3.4	Ventilnode	37
5.3.5	Sentralnode	38
5.3.6	Radiolink	39
5.3.7	Utforming av vannbeholder	40
5.3.8	Produksjon av vannbeholder	41
5.3.9	Styring / Program?	42
6	Testing	45
6.1.1	Uttesting av jordfuktighetssensor	45
6.2	<i>Transformering av spenning</i>	46
6.3	<i>Uttesting av kommunikasjon</i>	47
6.5	<i>Testing av tappetid</i>	49
7	Diskusjon	50
8	Konklusjon	52
	Referanseliste	53
	Vedlegg	55
	<i>Vedlegg 1 Program sensornode</i>	55
	<i>Vedlegg 2 Program ventilnode</i>	60
	<i>Vedlegg 3 Ventilnode</i>	62
	<i>Vedlegg 4 Sensornode</i>	63
	<i>Vedlegg 5 Overgang fra Raspberry til XBeemodul</i>	64
	<i>Vedlegg 6 Lora</i>	65
	<i>Vedlegg 7 ATmega328P pinout</i>	66
	<i>Vedlegg 8 Raspberry Pi pinout</i>	67
	<i>Vedlegg 9 XBee pinout</i>	68
	<i>Vedlegg 10 Kanselering LoRa RN2483</i>	69
	<i>Vedlegg 11 Budsjett</i>	70
	<i>Vedlegg 12 Tidsplan</i>	71
	<i>Vedlegg 13 Linker til datablad</i>	72

Figurligste

Figur 1: Plantevegg[5].....	2
Figur 2: Biokontor[6]	3
Figur 3: Biomøterom[9]	4
Figur 4: Mosevegg[2].....	8
Figur 5: Jordfuktighetssensor[13]	9
Figur 6: Logo ZigBee[1]	11
Figur 7: Logo Bluetooth Smart[4].....	11
Figur 8: Logo LoRa[3]	12
Figur 10: LoRaWAN til basestasjonmodus [32].....	15
Figur 11: P2P-modus [32].....	15
Figur 12: Hybridmodus [32]	16
Figur 13: Løsningsskisse [31]	18
Figur 14: Vanningssystem til plantevegg, alt. 1	19
Figur 15: Vanningssystem til plantevegg, alt. 2.....	19
Figur 16: Servomotor [35]	25
Figur 17- Impadanskalkulator [36]	28
Figur 18- Utregning transmisjonslinje [36].....	28
Figur 19: Blokkskjema av hva LT1073 inneholder (se vedlegg 13).....	29
Figur 20: Step-up omformer 1,5 V til 5 V [37].....	30
Figur 21: Spenningsdeler 5 V til 3,3 V [38].....	30
Figur 22: Arduino Uno [40]	31
Figur 23: 3D-visualisering av kretskortet i Design Spark.....	34
Figur 24: Kretskortet før montering av komponenter	35
Figur 25: Ventilnoden	37
Figur 27: Sentralnode	38
Figur 28: Overgang for Raspberry til XBeemodul	38
Figur 29: Vannbeholder for montering på stag	40
Figur 30: Vannbeholder 0,5 og 1 liter	40
Figur 31: Vannbeholder plassert bak vannbeholder.....	41
Figur 32: Ferdig vannbeholder	41
Figur 32: Flytdiagram program sensornode	42

Figur 32: Flytdiagram program ventilnode	44
Figur 35: Sensor 1	45
Figur 36: Sensor 2	45
Figur 37: Sensor 3	45
Figur 38: Testing av XBee	47
Figur 38: Mottaprogram	48
Figur 40: Sendeprogram.....	48

Tabelliste

Tabell 1: Sammenligningstabell av jordfuktighetsmålingsmetoder.....	10
Tabell 2: Sammenlikningstabell kommunikasjonsstandard [25].....	12
Tabell 3: Vannbeholder, dobbelt skrog.....	20
Tabell 4: Vannbeholder, innsats.....	20
Tabell 5: Vannbeholder, bak plantene	21
Tabell 6: Vannbeholder, slange.....	21
Tabell 7: Vannbeholder, plassert på stag	22
Tabell 8: Uttesting av jordfuktighetssensor	46
Tabell 9: Spenningsomformer, tabell.....	46
Tabell 10: Spenningsdeler, tabell.....	46
Tabell 11: Tappetid vannbeholder	49

1 Introduksjon

1.1 Prosjektdeltakere

Prosjektgruppen består av 3 elektronikkstudenter ved Høgskolen i Østfold, avdeling Fredrikstad. Studentene har arbeidet sammen ved tidligere prosjekter, og oppgaven ble valgt på grunn av vårt engasjement rundt trådløs kommunikasjon, elektronikk og sensorer. Det virket også spennende å jobbe med utvikling av et produkt.

Marius Aurmo har vært gruppas prosjektleder og har ansvaret for innkalling til møter, referater, mm. Han har også vært den som har designet de printkortene som er laget, stått for innkjøp av nødvendig utstyr og vært med på å sette opp kommunikasjon.



Martinius Hæreid har hatt ansvaret for programmeringen. Han er den som har jobbet med sensorer, og vært med på å sette opp kommunikasjon. I tillegg er han oppført som pressekontakt.



Øystein Olsen har vært ansvarlig for gruppas webside og er den som har hatt dialogen med designeren som har bistått i arbeidet. Har også stått for oppbygning av rapporten, og bidratt med innkjøp av nødvendig utstyr.



1.2 Innledning

Fremtiden ser ut til å gå i retning av en smartere verden, og det snakkes mye om tingenes internett eller på engelsk Internet of Things (IoT). Det man forventer er at samfunnet i stadig større grad vil bestå av følere og sensorer, som ved hjelp av trådløs kommunikasjon kan ”snakke” med hverandre, og mot oss mennesker. En stadig utvikling av elektronikk og kommunikasjonsstandarder har gjort denne teknologien mindre, raskere og mer kraftfull. Dette har gitt utvidede bruksområder, og batteridrevne sensorer som ved hjelp av programmerte automatiserte hendelser har stort potensiale i fremtiden.

1.3 Bakgrunn for oppgaven

Firmaet BioOffice leier ut ulike produkter som for eksempel plantevegger og biokontor. Produktene krever jevnlig service i form av vanning og annen service. Ønsket er å kunne redusere servicetid som benyttes til vanning ved hjelp av teknologi.

Oppgaven ble fremstilt av forelesere fra Høgskolen i Østfold som hadde vært i kontakt med Magne Kaspersen. Magne hadde en ide om å automatisere vanningsprosessen for BioOffice sitt nåværende vanningsystem.



Figur 1: Plantevegg[5]

1.4 Definisjon av et Biokontor

Et av produktene BioOffice leverer er biokontor, dette er en enhet som består av en plantekasse kombinert med en lysstoffarmatur som leverer kunstig dagslys av høy kvalitet. Biokontorene plasseres på hver kontorarbeider sin kontorpult.



Figur 2: Biokontor[6]

3 Prosjektdefinisjon

3.1 Presentasjon av oppdragsgiver

BioOffice er et firma som har 25 års erfaring og er verdensledende innen grønne, lyse og naturlige omgivelser for mennesker. Selskapets kompetanse er forskningsbasert og utprøvd gjennom flere tiår. Deres filosofi er å bringe elementer fra naturen i form av dagslys og planter til kundens innemiljø. [7] Firmaet leverer ulike produkter som biokontor, interiørplanter, mosevegger, plantevegger, biomøterom, -skole, -barnehage og -omsorgsbolig. [8]



Figur 3: Biomøterom[9]

3.1.1 Hvordan BioOffice bedriver service

I dag har BioOffice ansatte som reiser rundt til sine kunder for å vanne, stelle, eventuelt skifte ut planter. Vanning av plantevegger skjer ved hjelp av en tralle med vanntank og en lang stang for å nå opp til alle plantene. Produkter i lav høyde vannes med vannkanne. Vanningsintervallet er hver 3. uke og plantene vannes med 1,5 liter hver gang. Intervall og mengde er lik for de plantene som blir brukt i plantevegg og biokontor.

3.1.2 Beskrivelse av plantekassene

Plantekassene som benyttes er bygd opp av et lag med lecakuler i bunnen, som fungerer som et vannreservoar. Laget med lecakuler og jordlaget skilles av med en duk. Påfylling av vann skjer gjennom et rør som leder ned til vannreservoaret.

3.2 Problemstilling

Det er viktig at plantene vannes riktig for at de skal trives og gi optimalt utbytte, samtidig er det også fare for soppvekst ved feil vanning. BioOffice ønsker derfor ikke at leietakerne skal vanne plantene, men selv ha kontroll med vanningen. Vanningsjobben er tidskrevende. Er det ved hjelp av teknologi mulig å redusere kostnadene BioOffice har til å utføre vanning av plantene? Er det mulig å lage en form for automatisering som sikrer rett vanning av plantene?

3.3 Krav fra oppdragsgiver

Oppdragsgiver ønsker ikke en løsning som består av trykksatte vannrør. Det skaper fare for vannlekkasjer og vil medføre at det blir behov for å inngå forsikringsavtaler. Det er derfor ikke aktuelt å lage vanningsanlegg som er direkte tilkoblet bygningenes offentlige vanntilførsel.

3.4 Prosjektmål

3.4.1 Resultatmål

Det skal bygges en prototype på en fuktighetssensor og en enhet som tilfører vann til plantene. En form for trådløskommunikasjon skal skje mellom sensor og vanningsenhet for å utføre styringen. Informasjon fra enhetene skal også overføres til bruker og BioOffice for varsling og kontroll.

3.4.2 Effektmål

Løsningen som leveres skal gi BioOffice en besparelse i form av mindre behov for service på planteanleggene deres. Gevinsten kan gi billigere leieavtaler, som igjen gir et lettere salgbart produkt.

3.5 Rammer og avgrensninger

3.5.1 Oppgaven omfatter

- Utforske forskjellige målingsmetoder for jordfuktighet, og hvilken som passer best
- Konstruere jordfuktighetssensor
- Opprette kommunikasjon mellom sensorer og Raspberry Pi modulen
- Konstruere en vanningsenhet
- Opprette kommunikasjon mellom Raspberry Pi og en ekstern server

3.5.2 Avgrensninger

- Varsling ved hjelp av applikasjon til bruker om at etterfylling av beholder er nødvendig
- Et overordnet informasjonssystem til BioOffice for å sikre riktig vanning til produktene
- Ikke vanningsanlegg for plantevegg

3.5.3 Økonomiske rammer

Det har blitt utarbeidet et budsjett på 3050 kroner tidlig i prosjektfasen.

Oppdragsgiver har i ettertid gitt beskjed om at dette kan økes til maksimalt 5000 kroner om dette skulle bli nødvendig. Det har blitt utarbeidet et budsjett, se vedlegg 11.

3.6 Leserveiledning

Dette er en faglig rapport som i første rekke er skrevet for personer som har en viss kunnskap om begreper og faguttrykk innenfor elektronikkfaget. Spesielle ord og uttrykk er likevel forklart fortløpende, der det er behov for det. Forklaringene er gjort direkte i teksten eller i fotnoter.

3.6.1 Rapportens oppbygning

Rapporten består av en teoridel der viktig informasjon som er relevant for oppgaven er utdypende presentert. Etter teoridelen kommer hoveddelen kalt ”System” som beskriver vanningsystemet. Her er det også redegjort for de valg som er tatt, samt presentasjon av detaljløsninger. Denne delen etterfølges av kapitlet testing, som dokumenterer all testingen som er gjort. I kapitlet diskusjon blir oppgaven analysert og det blir redegjort for videre arbeid. Rapporten avsluttes med en konklusjon.

4 Teori

4.1 Biokontor og filosofien bak



Figur 4: Mosevegg[2]

«Mennesket er skapt for å leve ute i naturen. I millioner av år har vi utviklet oss i våre naturlige omgivelser i nær kontakt med sollys, vegetasjon, hav og luft. Vi er biologisk og fysiologisk de samme menneskene som i steinalderen. Nå tilbringer vi 80-90 % av tiden innendørs, fjernt fra de det miljøet vi er skapt for. Vår idé er å bringe de naturlige levende omgivelsene tilbake til arbeidsplassene. Vår kunnskap og kompetanse bidrar til å forebygge sykdom, skape trivsel, gjøre mennesker friskere og derigjennom øke effektivitet og lønnsomhet.» [7]

De aller fleste dyrearter, planter og mennesker er avhengig av sola.

Kroppsfunksjoner som næringsomsetning og hormonbalanse er veldig viktige for kroppen, og sollyset er med på å styre disse prosessene. Siden menneskekroppen er så avhengig av sollyset, så er simuleringen av dette lyset et viktig element i et biokontor. [10] Konseptet bak biokontoret baserer seg på hvordan mennesket oppfatter naturen, ved at dagslyset reflekteres mot de grønne plantene. Organiske materialer blir tilført i arbeidsmiljøet, og det frembringer et mikromiljø. Alle kjenner til at planter lager oksygen, men det er hundretalls av substanser rundt bladene til planten som påvirker mennesker, samtidig som den visuelle opplevelsen er avslappende. Kraften til plantene hentes fra jorda gjennom røttene, og det forekommer ca. 10 milliarder mikroorganismer i hver kubikkmeter levende jord og derav tusentalls ulike arter. Disse tilpasser seg de ulike miljøene de befinner seg i, og systemet omgjør gasser og partikler i rommet til plantenæring ved å bryte de ned. [10]

Påviste helseeffekter ved bruk av biokontor gir varige effekter som mindre hodepine, bedre helse, bedre søvn, økt konsentrasjon, redusert korttidsfravær og optimalt arbeidslys. [11]

4.2 Jordfuktighetsmåling

Plantene må vannes til riktig tid og med riktig mengde derfor er det nødvendig å vite jordfuktigheten. Jordfuktighetssensorer er et verktøy som kan brukes til å måle vannmengden i jorden. For å måle vannmengden som er i jorden må det enten skapes spenning i sensoren selv ved hjelp av galvanisk korrosjon, eller så må det brukes en spennings- eller ladningsforskjell på målepinnene. Det er tre typer målemetoder som blir belyst i denne rapporten. Det bes om å ta hensyn til at navnene på målemetodene ikke er anerkjente navn på metodene, men er blitt tilpasset i denne rapporten for å kunne henvise til den enkelte metoden. [12]



Figur 5: Jordfuktighetssensor[13]

4.2.1 Resistiv målemetode

Denne målemetoden baserer seg på den simpleste løsningen. Prinsippet bak metoden baseres på motstandsmåling. En måte å bruke denne metoden på er å plassere to kopperledninger i jorden, og la jorden og vannet være et slags potentiometer. Desto mer vann som er i jorden, jo enklere blir det for elektronene å passere. Fordelen ved denne metoden er at den er simpel og billig, den krever få elektroniske komponenter og teknologien er på basisnivå. Ulempen ved metoden er at den er avhengig av at det til enhver tid er ioner mellom kopperledningene. Det er mulig at selv om vannmengden i jorden er på et relativt høyt nivå at det ikke oppstår kontakt mellom lederne, fordi ionene ikke er tilstede. Dette kan forbedres ved å legge flere ledere ganske tett slik at det er flere muligheter for at kontakt oppstår. De uventede målingene (peaks) som kan oppstå kan løses på programvaresiden. Dette er den mest utbredte metoden for jordfuktighetssensorer på markedet. [14, 15]

4.2.2 Kapasitiv målemetode

Dette er en metode som bruker to elektrisk ladde plater med jorden mellom som et dielektrikum, akkurat som en kondensator. Platene lades opp og spenningsforskjellen vil variere med mengden vann som befinner seg i jorden. Dette blir da en type åpen kondensator. Fordelen med denne metoden er at spenningen som måles vil være relativt nøyaktig og stabil. Ulempen med denne metoden er at det krever en DC/AC omformer til sensoren og en AC/DC omformer for å få det tilbake til DC for å bli målt på den analoge inngangen. Denne metoden er ikke utbredt på markedet. [16, 17]

4.2.3 Korrosjonsmetoden

Denne metoden går ut på å koble sammen to forskjellige typer metaller i en elektrolytt, altså jorden. Dette skaper da en galvanisk korrosjon, det ene metallet vil få en positiv ladning i forhold til det andre. Det skapes elektrisk spenning mellom metallene og elektronene vil gå fra det mest aktive metallet til det edleste metallet. Fordelen med denne metoden er at det er få målinger som gir en uventet verdi, dette gjør at den er stabil. Ulempen er at det dannes kun noen tidels volt fra korrosjonen, som gjør at det blir mer unøyaktighet i målingene. Dette er også en metode som ikke er særlig utbredt på markedet. [18]

Tabell 1: Sammenligningstabell av jordfuktighetsmålingsmetoder

Metode	Tilgjengelighet	Pris	Stabilitet	Nøyaktighet
Kapasitiv	Lav	Høy	Høy	Høy
Resistiv	Høy	Lav	Lav	Middels
Korrosjon	Lav	Middels	Høy	Lav

4.3 Kommunikasjonsstandarder

4.3.1 ZigBee

Dette er en kommunikasjonsprotokoll som bygger på 802.15.4 standarden. Innenfor familien som bygger på samme standard finner vi også Thread, Z-wave, og 6LoWPAN. De opererer på korte avstander og egner seg alle utmerket for hjemmeautomasjon, men har hver for seg sine fordeler og ulemper. ZigBee er vurdert fordi det er en billig og energieffektiv kommunikasjonsprotokoll. I Europa benyttes frekvensbåndene 868 MHz og 2,4 GHz, og maksimal bithastighet er ansett til å være 250 kbps ved 2,4 GHz. ZigBee kan bygges både som stjernenett, meshnett, og rekkevidden er opptil 100 meter. [19, 20]



Figur 6: Logo ZigBee[1]

4.3.2 Bluetooth smart

Dette er en kommunikasjonsstandard som er mye brukt og kjent for de aller fleste, og bygger på 802.15.1 standarden.

Rekkevidden er opp til 10 meter innendørs, og er derfor ikke pålitelig i store lokaler, men den teoretiske rekkevidden er opp til 50 meter. Bluetooth opererer i 2,4 GHz båndet og har en god bithastighet på opptil 0,27 Mbps. [19, 21, 22]



Figur 7: Logo Bluetooth Smart[4]

4.3.3 LoraWAN

LoraWAN er en Low Power Wide Area Network (LPWAN) spesifikkasjon bygget for sensorer drevet på batteri. Standarden bygger på 802.15.4g. Rekkevidden er opp mot 22 km ved fri sikt. 433 MHz båndet sikrer god gjennomtrengelighet gjennom bygningkropper. Standarden gir sømløs interoperabilitet¹ mellom enheter uten kompliserte installasjoner. Maksimal bithastighet er derimot ikke større enn 50 kbps, som er lavt, og er derfor ikke egnet for kommunikasjon som krever båndbredde. Endepunktene kan konfigureres i tre ulike klasser for ulike behov og energisparing. [23, 24]



Figur 8: Logo LoRa[3]

Tabell 2: Sammenlikningstabell kommunikasjonsstandard [25]

	ZigBee	Bluetooth Smart	LoRa
Standard	802.15.4	802.15.1	802.15.4g
Ledelse/allianse	ZigBee Alliance	Bluetooth SIG	LoRa Alliance
Rekkevidde	100 m	50 m	22 km
Frekvens	868 M, 951 M, 2,4 G	2,4 G	433 M, 868 M, 2,4 G
Datahastighet	250 kbps	270 kbps	50 kbps
Type	PAN	PAN	LPWAN
Teknikk	BPSK, Q-QPSK, ASK, DSSS, PSSS	8DPSK, DQPSK, $\pi/4$ -DQPSK, GFSK, AFH	CSS, LoRa

¹ Interoperabilitet er karakteristisk for et produkt eller system der grensesnittet er fullstendig oppgitt til å samhandle og fungere sammen med andre produkter.

4.4 LoRa Chirp Spredt Spektrum modulasjon

4.4.1 Historikk

Chirp Spread Spectrum (CSS) er en modulasjonsteknikk som ble oppfunnet i 1930-årene, og ble utviklet for bruk til radarapplikasjoner i 1940-årene. Teknikken har tradisjonelt vært anvendt til militære formål, radar, sonar, samt til sikre kommunikasjonsplattformer. De siste 20 årene har modulasjonsteknikken blitt tatt mer i bruk til datakommunikasjon på grunn av sine fordeler, som lav sendestyrke, motstandsdyktig mot multiband, fading, dopplereffekt² og in-band jamming interferens. I 1983 opprettet IEEE standarden 802.15.4 for implementering av det fysiske laget til Low-Rate Wireless Personal Area Networks (LR-WPANs). Dette er en type nett som krever lang rekkevidde og mobilitet. LoRa som bygger på CSS ble utviklet av det franske selskapet Cycleo SAS fra Grenoble mellom 2009 og 2012. Semtech kjøpte opp Cycleo SAS for 5 millioner dollar i 2012. [26-29]

4.4.2 Om LoRa

LoRa omfatter det fysiske laget eller RF grensesnittet til LoRa spesifikasjonen, der frekvenser, band, effektnivåer, modulasjon og de grunnleggende RF-protokollene er innkapslet. LoRa er en proprietær³ spesifikasjon, og har en modulasjonsform som bygger på CSS modulering. Modulasjonsteknikken gjør det mulig å sende data ved lave bithastigheter over lange avstander takket være sin gode følsomhet. LoRa som tilhører det fysiske laget er kompatibelt med høyere lags implementeringer, og fungerer sammen med eksisterende nettverksarkitekturer. Ved hjelp av ortogonale spredningsfaktorer kan variable datahastigheter oppnås, for å optimalisere nettverksytelsen. Modulasjonsformen kan brukes både til stasjonære og mobile noder med lavt strømforbruk. [26] [29]

² Fenomenet at frekvens er relativ til hastigheten mellom kilde og observatør

³ Når teknologien har en eier sier vi at den er proprietær. Bruker må ofte betale en form for lisens.

4.4.3 Hvorfor så lang rekkevidde?

Det som skiller LoRa fra andre tradisjonelle trådløse systemer er den lange rekkevidden tross sin lave sendereffekt. Hemmeligheten er Semtechs LoRa-modulering, dette er en moduleringssteknikk som bygger på CSS. Teknikken går ut på å spre signalet utover et bredere bånd av spekteret, som gir den fordelen at det tolereres et langt dårligere signal til støyforhold (SNR). Nivået på frekvensøkningen eller -minkingen over tid blir brukt til å kode de data som skal overføres, det vil si en form for chirp modulasjon. Når demodulasjonen kombineres med foroverrettet feilkorrigering (FEC), så er det mulig for LoRa teknikken å demodulere signaler som er 20 dB under støygulvet. Sammenligner vi LoRa med tradisjonell FSK modulering så sitter vi igjen med en forbedring på mer enn 25 dB. [29, 30]

4.5 LoRaWAN modus

LoRaWAN kan operere i 3 ulike modus:

4.5.1 LoRAWAN til basestasjonmodus

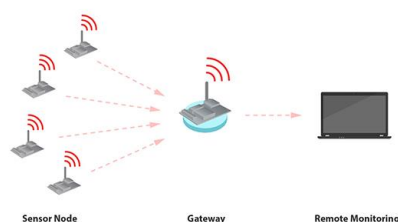
I denne modusen benyttes ingen gateway, data sendes direkte fra en LoRaWAN node til en LoRaWAN kompatibel basestasjon. For å visualisere informasjonen så må dataene sendes til en skyplattform for behandling. Noen få selskaper tilbyr løsninger med basestasjoner og programvare for kommunikasjon mot skyplattform. Lisens er nødvendig. [31]



Figur 9: LoRaWAN til basestasjonmodus [32]

4.5.2 P2P-modus – direkte kommunikasjon mellom noder

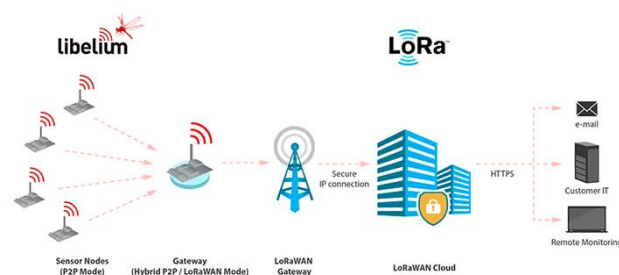
Dette er en modus som fungerer uten behov for verken basestasjon eller skyplattform, og det er heller ikke behov for lisens. Meldinger kan sendes uten kostnad direkte mellom noder, som en vanlig radiokommunikasjon. Denne modusen er nyttig ved opprettelse av sekundære nett, eller hvis det ikke er ønskelig å kjøpe lisens. Programvaren trengs ikke å bli endret, det er bare bestemte AT-kommandoer i gjeldende bibliotek som er gyldige. [31]



Figur 10: P2P-modus [32]

4.5.3 Hybridmodus

Denne modusen blir satt opp som et hybridnett med radio og LoRaWAN protokoller, og blir da en kombinasjon av LoRaWAN og P2P modusene. En node er konfigurert i hybridmodus til å være en gateway, og resten av nodene er konfigurert i P2P modus. Endepunktene kommuniserer da i stjernetopologi til gatewayen som har tilgang på LoRaWAN nettverket. Det tillates imidlertid bare å sende visse meldinger ved hjelp av LoRaWAN nettet. Dette er en modus som kan fungere ved hjelp av kun en lisens. [31]



Figur 11: Hybridmodus [32]

4.6 Ulike klasser av endepunkter

LoRaWAN endepunkter kan konfigureres i tre forskjellige klasser avhengig av ulike behov som gjenspeiles i et bredt spekter av bruksområder. Alle klasser har toveiskommunikasjon.

Klasse A

Klasse A er et rent asynkront oppsett og det som kalles et ALOHA⁴ system.

Overføring skjer ved behov og ligger i dvale resten av tiden.

Toveiskommunikasjonen fungerer på den måten at to korte mottaksvinduer fra server (nedlink) er tilgjengelige etter at endenoden har sendt sin overføring (opplink). All nedlinkkommunikasjon fra server er kun tilgjengelig i disse vinduene, og behov til andre tider må vente til neste opplink fra endenode. Dette er den konfigurasjonen som egner seg i batteridrevne noder der behovet for kommunikasjon er sjelden, og et lavt strømforbruk er mulig. Maksimal teoretisk kapasitet på et ALOHA nettverk er 18,4%. Dette skyldes i stor grad kollisjoner som oppstår da noder våkner opp og sender på en frekvenskanal med de samme radioinnstillingene som allerede benyttes av en annen node. [33, 34]

Klasse B

Endenodene i klasse B lytter i faste tidsluker og alle basestasjoner sender en synkroniseringsmelding hvert 128. sekund. LoRaWAN basestasjonene over hele verden er synkronisert ved hjelp av GPS, og sender ut en melding på nøyaktig samme tid. Hver endenode tildeles sin tidsluke den skal lytte i, og serveren vet når noden lytter. [33, 34]

Klasse C

Klasse C har nesten kontinuerlig opp- og nedlink tilgjengelig, og er kun lukket ved sending. Denne modusen egner seg primært i noder tilkoblet elnettet, fordi det brukes mye energi til å holde en node aktiv til enhver tid. [32-34]

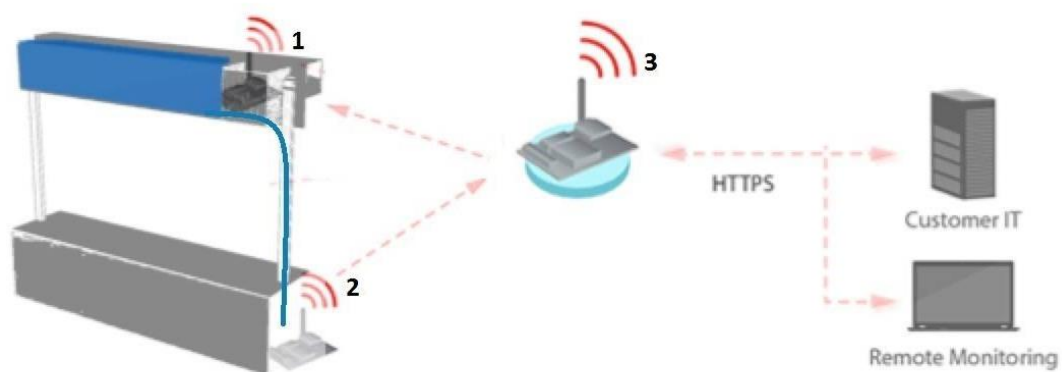
⁴ ALOHA er et system for å koordinere og avgjøre tilgang til en kanal i et felles kommunikasjonsnett.

5 System

Dette kapitlet beskrives den valgte løsningen, samt de ulike løsninger for vanningsystem som ble vurdert og valg som ble tatt i prosessens tidlige fase. Nødvendige beregninger er også vist i dette kapitlet.

5.1 Løsningsbeskrivelse

Løsningen er et vanningsystem for biokontor. En sensornode (nr. 2, tegning) som består av en jordfuktighetsføler, mikrokontroller og kommunikasjonschip er plassert i plantekassa. En node (heretter kalt ventilnoden (nr.1, tegning)) består av en ventil, servomotor, mikrokontroller og kommunikasjonschip. Denne er plassert i et rom som er en del av en plastkasse, som også består en vannbeholder markert med blått på tegning. Fra vannbeholderen går det et 5 mm rør ned til påfyllingsrøret i plantekassa. Ventilnoden styrer vanntilførselen til plantekassa. Sentralnoden er en gateway, den fungerer som en sentral, og videresender signal til server for videre behandling.



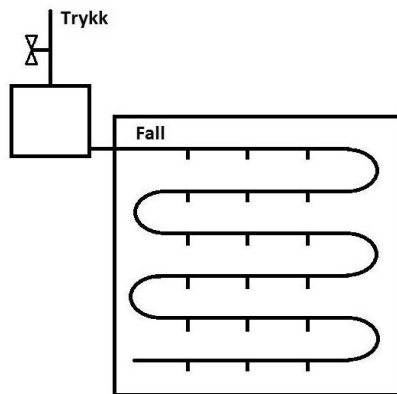
Figur 12: Løsningskisse [31]

5.1.1 Valg av vanningsystem

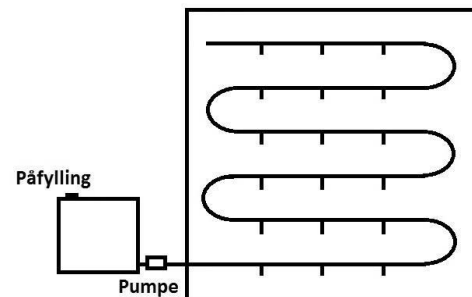
Nedenfor presenteres vurderte alternative vanningsløsninger for plantevegg og biokontor, og det blir til slutt redegjort for valget mellom å gå for en løsning for biokontor eller plantevegg. Valg av sensorer er tatt i neste kapittel.

5.1.1.1 Alternative løsninger for plantevegg

Det var vanskelig å finne en god løsning for vanning av plantevegg. Krav fra oppdragsgiver om at vanningsystemet ikke kunne tilkobles tryksatte rør i forhold til lekkasjeprosblematikk og dermed behov for forsikring. Figur 13 og Figur 14 viser løsninger som ble diskutert. Figur 13 viser et system med høyt plassert vanntank, og vanntilførsel fra bygningens rørsystem. Automatisk styring av ventil og fall utnyttes ved vanning. Figur 14 viser et system der vanntanken er lavt plassert. Påfylling må skje manuelt, og systemet er avhengig av pumpe for vanning.



Figur 13: Vanningsystem til plantevegg, alt. 1



Figur 14: Vanningsystem til plantevegg, alt. 2

5.1.1.2 Alternative løsninger for biokontor

Det ble diskutert 5 ulike alternativer for plassering av vanntank som er vurdert her. Alternativene innebærer enten behov for en pumpe eller bare en ventil.

Tabell 3: Vannbeholder, dobbelt skrog

Alternativ 1	
Det bygges ny plantekasse med dobbelt skrog og vannreservoaret utgjør rommet mellom skrogene.	
Fordeler	Ulemper
<ul style="list-style-type: none">• Vannreservoaret blir ikke synlig og er en diskre løsning	<ul style="list-style-type: none">• Plantekassene må bygges om• Eksisterende plantekasser må byttes ut

Tabell 4: Vannbeholder, innsats

Alternativ 2	
Ligner på alternativ 1, men her lages det en innsats som er kan monteres i eksisterende kasser.	
Fordeler	Ulemper
<ul style="list-style-type: none">• Vannreservoaret blir ikke synlig og er en diskre løsning• Slipper ombygging av plantekassene	<ul style="list-style-type: none">• Eksisterende kasser må tømmes for jord og omplanting må til

Tabell 5: Vannbeholder, bak plantene

Alternativ 3

Vanntank som legges bak plantene.

Fordeler

- Det blir ikke behov for omplanting og ikke behov for endring av eksisterende plantekasser

Ulemper

- Blir synlig. Skjemmende?
- Vil komme i konflikt med plantene

Tabell 6: Vannbeholder, slange

Alternativ 4

En vannslange legges i kveil over hverandre på innsiden av plantekassen og danner en spiral.

Fordeler

- Kan bruke en vanlig slange

Ulemper

- Slangen vil bruke mye plass i forhold til vannmengde den rommer
- Omplanting og legging av slange er tidskrevende

Tabell 7: Vannbeholder, plassert på stag

Alternativ 5

Vanntank som monteres på en av stagene til lysarmaturen.

Fordeler

- Det blir ikke behov for omplanting og ikke endring av eksisterende plantekasser
- Vannbeholderen plasseres høyt og vi får et fall som kan utnyttes

Ulemper

- Blir synlig. Skjemmende?

Vurdering av tankløsning

Alternativ 1 og 2 krever at det lages nye plantekasser og i alternativ 1, 2 og 4 blir det nødvendig med omplanting av eksisterende planter. Alternativ 3 ble skrinlagt på grunn av at beholderen kom i konflikt med plantene. Fordeler med alternativ 5 kontra alternativ 3 er at det oppnås et godt fall og det blir ikke behov for en pumpe. En ventil trekker ikke like mye strøm som en pumpe.

Alternativ 5 ble vurdert til den beste løsningen, fordi dette er den enkleste løsningen å implementere i allerede eksisterende biokontor, og det blir ikke behov for å gjøre endringer på plantekassene.

5.1.1.3 Valget mellom Biokontor og Plantevegg

Etter samtaler med oppdragsgiver ble det tatt en helhetsvurdering. Det var ikke ønskelig med trykksatte rør og prosjektgruppen fant derfor ut at en halvautomatisert vanningsløsning for biokontor var det som burde satses på.

5.1.2 Valg av sensorer

Det har blitt drøftet behov for sensorer til jordfuktighet, vannivå og lysstyrke. De ulike plantene som BioOffice bruker har samme vanningsbehov. Det er et behov for å måle jordfuktigheten slik at plantene får riktig mengde vann til riktig tid. Det er derfor valgt å bruke en enkel jordfuktighetsføler i hver kasse. Behovet for vannivåsensor finner kun sted om beholderen er større enn en vanningsmengde (1,5l). Oppdragsgiver hadde ikke behov for lysstyrkesensor.

5.1.3 Valg av kommunikasjonsstandard

Oppdragsgiver har flere forskjellige kunder noe som gir varierende areal på bygningene. Det nåværende største bygget har en radius på 40 m. I tillegg er det flere hindringer innvendig i bygget. Det stilles da et krav om at kommunikasjonsstandarden må kunne gi en stabil overføring ved denne avstanden, og gjerne lengre om det skulle dukke opp bedrifter med større lokaler. Dersom kommunikasjonsstandarden kan dekke kravet stilt om distanse vil dette resultere i så få sentralnoder som mulig, her det ønskelig med maks en. Tabell 2 gir et oversiktlig syn på spesifikasjonene til de forskjellige standardene som er vurdert i dette prosjektet. Bluetooth har en rekkevidde på 50 m, men på grunn av den høye frekvensen, 2.4 GHz, varierer distansen veldig, og vil i de fleste omgivelser bli for kort. ZigBee bruker 868 MHz båndet, som er en lavere frekvens enn det Bluetooth bruker. Signalet er dermed mer gjennomtrengelig for hindringer. Rekkevidden skal være på 100 m, men kommer også til å variere i forhold til hvilke hindringer signalet må gjennom. Variasjonen kommer allikevel til å være mindre enn ved Bluetooth overføring. ZigBee er dermed et mulig alternativ for løsning til dette systemet. I tillegg er det blitt sett på muligheter til å bruke LoRa som kommunikasjonsstandard. Den har en rekkevidde på 22 km, og som alle andre vil den også variere i forhold til hindringer. Frekvensbåndet LoRa bruker ligger på 433 MHz og rekkevidden vil derfor variere enda mindre enn ved bruk av ZigBee. Denne rekkevidden kommer på bekostning av overføringshastighet, men det er forholdsvis lave krav til overføringshastighet i det systemet som belyses i denne rapporten. Rekkevidden til LoRa gjør det også mulig for oppdragsgiver å ekspandere til bedrifter med større lokaler, uten å sette opp flere sentralnoder. Valget lander ut fra dette på LoRa.

5.1.4 Valg av komponenter til sentralnode

- Raspberry Pi
- LoRa RN2483
- Overgang for transmisjon fra RN2483 til Raspberry Pi

Valget av gateway stod mellom Arduino Uno og Raspberry Pi 3. Siden Raspberry Pi 3 har innebygget wifi og ethernet tilkobling ble den valgt. Sentralnoden består også av en XBee og en overgang. Denne overgangen ble laget i DesignSpark PCB, og den er laget for å koble sammen Raspberry Pi 3 og XBee. RN2483 ble valgt siden denne er tilpasset Europa med frekvenser av 433 MHz og 868 MHz.

5.1.5 Valg av komponenter til ventilnode

- Kretskort m/komponenter (redegjort for i kapittel 5.1.2.6)
- LoRa RN2483
- Vannbeholder
- Ventil
- Servomotor
- Slange/nipler
- Batteri, 1,5 V

Det ble kun funnet ventiler som skulle stå med et minimumstrykk og siden det ikke blir trykk på denne ventilen kunne ikke disse brukes. Derfor ble det valgt å gå for en enkel ventil som kunne styres av en servomotor. Det ble kjøpt inn flere forskjellige servomotorer for å teste styrke og tilpasningsevne.



Figur 15: Servomotor [35]

5.1.6 Valg av komponenter til sensornode

- Kretskort m/komponenter (redegjort for i kapittel 5.1.2.6)
- LoRa RN2483
- Fuktighetsføler
- Batteri, 1,5 V

5.1.6.1 Jordfuktighetssensor

Valg av jordfuktighetsmålemetodikk

Grunnlaget på valget av resistansmetode ligger i realiteten på tilgjengelighet. Det var en tilstrekkelig mengde forskjellige sensorer på markedet som tok i bruk denne metodikken, og svært få av de resterende. Dermed var det mulig å sammenligne flere ulike sensorer som var basert på den samme metodikken. Målingene til sensorene med resistiv metode var kurante, slik at nødvendigheten for å prøve andre var heller ikke tilstede.

Valg

Det ble kjøpt inn 3 forskjellige resistive jordfuktighetssensorer. Valget av hvilken av de tre innkjøpte jordfuktighetssensorene som skulle brukes ble besluttet ut i fra uttesting. Testen ble utført for å teste sensorenes nøyaktighet og stabilitet. Ut fra Tabell 8 lander valget på Sensor 2, som har størst differanseforhold mellom tørr jord og rent vann.

5.1.6.2 Valg av komponenter til kretskort

Kretskortet består av disse komponentene:

- ATmega328P
- LT1073
- Motstander (10K, 20K)
- Kondensatorer (2x22pF)
- Krystall (16MHz)
- Jordfuktighetssensor
- XBee PRO S2B

ATmega328P er en mikrokontrolle, den skal styre sensoren og ventilen.

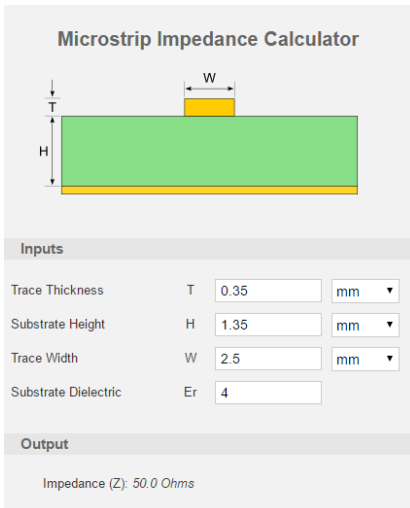
5.1.7 Teoretiske beregninger

5.1.7.1 Beregning av transmisjonslinje

For å regne ut transmisjonslinjen til LoRa chipen RN2483 ble det brukt en impedanskalkulator. For å forhindre støy er det viktig at transmisjonslinjen har riktig impedans, som ifølge databladet skal være 50 ohm. Ved hjelp av kalkulatoren ble det funnet ut at transmisjonslinja på kretskortet måtte være 2,5 mm (W) bred for å få 50 ohm.

Disse verdiene er satt inn i kalkulatoren:

- Tykkelsen til sporet på kortet, 0,35 mm (T)
- Underlagshøyden, 1,35 mm (H)
- Underlagsisolatoren, 4 (Er)



Microstrip Impedance Calculator

Diagram showing a microstrip line of width W on a substrate of height H and trace thickness T .

Inputs

Trace Thickness	T	0.35	mm
Substrate Height	H	1.35	mm
Trace Width	W	2.5	mm
Substrate Dielectric	Er	4	

Output

Impedance (Z): 50.0 Ohms

Figur 16- Impadanskalkulator [36]

Microstrip Transmission Line Models

Models have been created to approximate the characteristics of the microstrip transmission line.

$$Z_0 = \frac{\eta_0}{2\pi\sqrt{2}\sqrt{E_r+1}} \cdot \ln\left(1 + 4 \cdot \left(\frac{h}{w_{eff}}\right) \cdot (X_1 + X_2)\right)$$

Where

$$W_{eff} = W + \left(\frac{t}{\pi}\right) \cdot \ln\left\{\frac{4e}{\sqrt{\left(\frac{t}{h}\right)^2 + \left(\frac{t}{w\pi + 1.1t\pi}\right)^2}}\right\} \cdot \frac{E_r + 1}{2 \cdot E_r}$$

$$X_1 = 4 \left(\frac{14E_r + 8}{11E_r}\right) \left(\frac{h}{W_{eff}}\right)$$

$$X_2 = \sqrt{16 \cdot \left(\frac{h}{W_{eff}}\right)^2 \cdot \left(\frac{14 \cdot E_r + 8}{11 \cdot E_r}\right)^2 + \left(\frac{E_r + 1}{2 \cdot E_r}\right) \cdot \pi^2}$$

The source of this formula is based on Wheeler's equation.

Figur 17- Utregning transmisjonslinje [36]

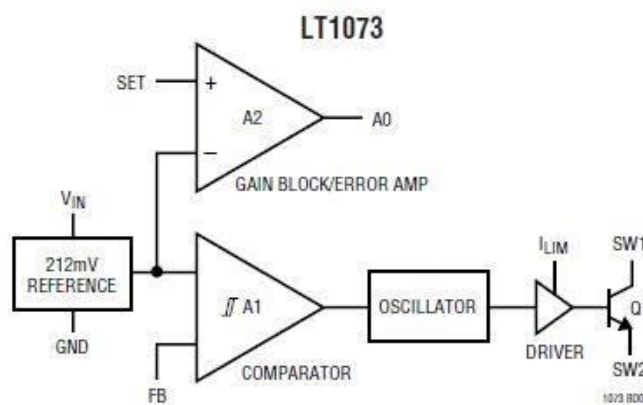
5.2 Valgte komponenter og verktøy

Dette kapitlet redegjør for og beskriver virkemåte til de komponentene og verktøyene som har vært nødvendig for å bygge prototypen.

5.2.1 Komponenter

5.2.1.1 Step-up converter

LT1073 er en step-up converter som kan fås i tre utgaver. En justerbar, en 5V og en 12V. Denne skal omforme spenningen fra batteriet på 1,5V til 5V for forsyning av mikrokontrolleren i sensornoden og ventilnoden. Den justerbare ble valgt for å gi fleksibilitet.



Figur 18: Blokkskjema av hva LT1073 inneholder (se vedlegg 13)

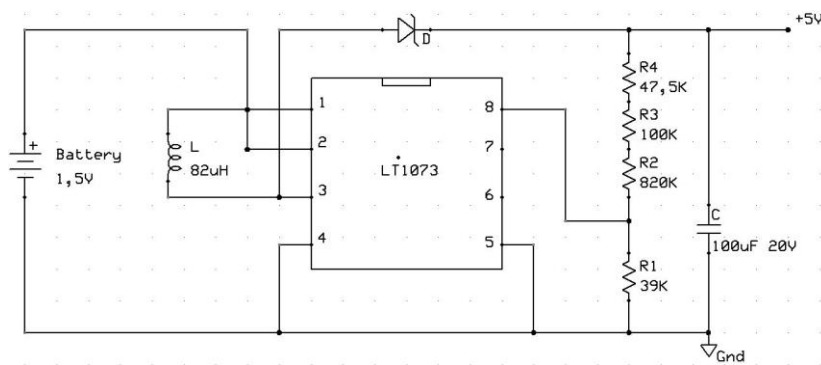
5.2.1.2 Spenningstransformering

Prosessoren (ATmega328P) krever en driftsspenning på 5 V, dette gjelder også jordfuktighetsføleren. Kommunikasjonsenhetene drives av 3,3 V. Begge nodene benytter ett 1,5 V batteri. Det var derfor behov for å transformere om spenningene. Det er benyttet en likestrømomformer som transformerer spenningen opp fra 1,5 V til 5 V og en spenningsdeler som transformerer spenningen ned fra 5 V til 3,3 V. Figur 19 og Figur 20 viser kretsene som er benyttet.

For å få riktig spenning er disse komponentene lagt til:

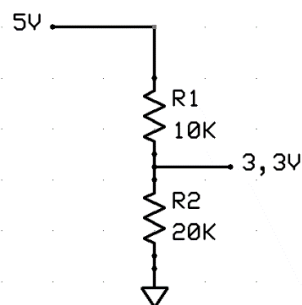
- Motstander (39 k, 100 k, 820 k)
- Kondensator (100 μ F)
- Zenerdiode (1 A og 30 V)
- Spole (82 μ H)
- Potmeter

Step-up omformer



Figur 19: Step-up omformer 1,5 V til 5 V [37]

Spenningsdeler



Figur 20: Spenningsdeler 5 V til 3,3 V [38]

5.2.2 Verktøy

5.2.2.1 Arduino Uno

Arduino Uno er et mikrokontrollerkort som bygger på ATmega328P. Kortet består av digitale og analoge inn- og utganger, 16 MHz krystall, USB tilkoblingspunkt, power jack og en ICSP header. Unoen er blitt brukt til å koble opp forskjellige sensorer for uttesting av program og kalibrering av jodfuktighetsensor, samt til programmering av ATmega328P som benyttes i nodene. [39]



Figur 21: Arduino Uno [40]

5.2.2.2 Arduino IDE

Arduino IDE er den åpne kildekoden som blir brukt på Arduino Uno kortet for å styre ATmega328P. Dette programmet er blitt tatt i bruk for å styre Arduino Unoen for uttesting og kalibrering av sensorene.

5.2.2.3 ExpressSCH

Dette er et gratis tegneprogram som er laget med formål om å kunne lage prototyper raskt og enkelt. Programmet er blitt brukt til å lage kretstegningen til step-up converteren.

5.2.2.4 DesignSpark PCB (printed circuit board)

Dette er et program som brukes til å designe kretskort med. Det må først tegnes et kretsskjema som programmet overfører til PCB form. Programmet har tilgang til et bibliotek på nettet med over 80 000 komponenter, og har i tillegg en veiviser der man kan lage nye komponenter om det er nødvendig. Det er laget spesielt for å lage raske prototyper og programmet er gratis.

5.2.2.5 LXTerminal – Raspberry Pi

Terminal på Raspberry Pi er et kommandosenter som gir mulighet til å styre og gi kommandoer til hva Raspberry Pi skal utføre. Terminal har blitt brukt til å installere bibliotek.

5.2.2.6 XCTU

For at XBee PRO S2B modulene skal settes opp riktig må de konfigureres ved hjelp av XCTU. Programmet har i tillegg en rammegenerator og det er mulig å teste rekkevidden mellom modulene. Det har et grafisk brukergrensesnitt som er brukervennlig og enkelt å bruke.

5.3 Implementering

Dette kapitlet beskriver hvordan de valgte komponentene er satt sammen, og hvordan system fungerer.

5.3.1 Komplikasjoner med levering

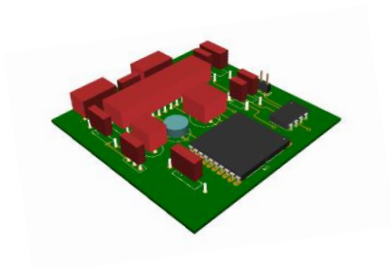
Problemer med levering av kommunikasjonsschipen LoRa RN2483 ble først utsatt av leverandør og senere kom det kontrabeskjed om at disse produktene har utgått fra lager (se vedlegg 10). Fordi det var 3 uker igjen til innleveringsfristen var tiden for knapp til å gjøre bestilling hos en annen leverandør. Derfor ble det valgt å bruke XBee moduler som var tilgjengelig på skolen, og testing av kommunikasjon kunne derfor starte med en gang.

5.3.2 Utvikling av kretskort (Printed circuit board - PCB)

Det ble utviklet kretskort til sensornode, ventilnode og til et skjoldet for montering av kommunikasjonsenhet på Raspberry Pi (sentralnoden). Fremgangsmåten er beskrevet nedenfor.

5.3.2.1 Design av kretsen i DesignSpark

Komponentene som ikke fantes i biblioteket måtte lages på egenhånd med symbol, koblingspunkt og footprint⁵. RN2483 måtte lages her sammen med Xbee modulen. Etter at kretsskjemaet var ferdig måtte det overføres til PCB format, dette blir gjort i programmet. Programmet har en funksjon for automatisk plassering av komponenter, en funksjon som ikke fungerte veldig godt, fordi den ikke tok hensyn til hvor komponentene skulle plasseres. For eksempel at krystallen og de tilhørende kondensatorene skal ligge så nærme utgangen til mikrokontrolleren som mulig, og at det ikke skal ligge komponenter eller skinner under antenna til XBee. Dermed ble manuell plassering/redigering nødvendig. For klargjøring til utskrift så ble tegningene lagret i PDF format. Figur 22 viser 3D-visualisering av det ferdige printkortet i DesignSpark.

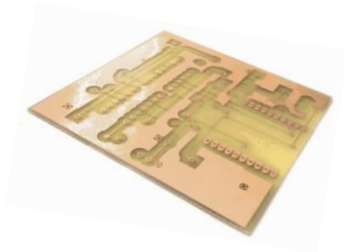


Figur 22: 3D-visualisering av kretskortet i Design Spark

⁵ Et footprint er en anordning av tilkoblingspunkt eller gjennomgående hull som skal brukes til å feste og forbinde en elektrisk komponent til et trykt kretskort.

5.3.2.2 Produksjon av printkort

Når tegnearbeidet var gjort måtte topp- og bunnlaget skrives ut på gjennomsiktige foiler, her ble topplaget skrevet ut speilvendt. Disse to foilene ble lagt på hver sin side av printkortet, som var et kort av typen FR-4. Dette kortet består av et komposittmateriale som er vevd fiberglassduk med epoxyharpiks bindemiddel, og er flammebestandig. Kortet ble så lagt under UV-lys i 180 sekunder, og etter det lagt i et basisk sodabad som fjernet belegget som ble belyst, dette tok 4-5 minutter. Deretter ble det lagt i syrebad som etset vekk kobberet som ikke har belegg over seg, noe som tok ca. 30 minutter. Tilslutt ble det lagt under UV-lys igjen, før det ble sprayet med beskyttelseslakk mot korrosjon.



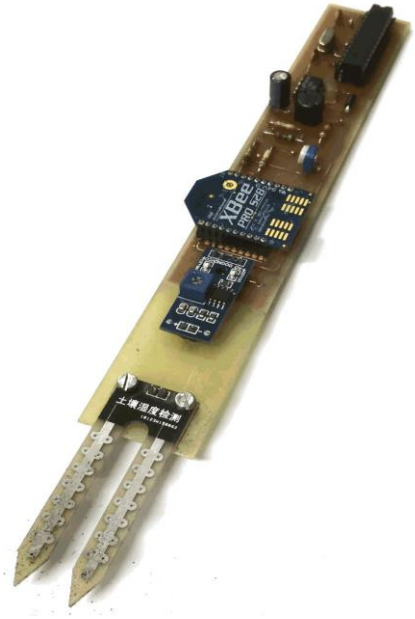
Figur 23: Kretskortet før montering av komponenter

5.3.2.3 Montering av komponenter

Før lodding ble det boret hull for komponenter. Det er viktig å få gode loddinger for fysisk holdbarhet og gode elektriske kontakter, det ble derfor fokusert på dette under lodding. Det er viktig at loddestedet renses grundig først, og til det brukes flussmiddel i form av Stannol mini-fluxer 500-6b. Man merker stor forskjell om man bruker flussmiddel eller ikke, tinnnet fester seg mye lettere til brettet. Det er viktig med en ren loddebolt, og spissen påføres et lite lag med tinn, komponenten varmes opp, og tinn påføres loddestedet. Alle forbindelser ble sjekket etter lodding, og at det ikke var forbindelse der det ikke skal være forbindelse.

5.3.3 Sensornoden

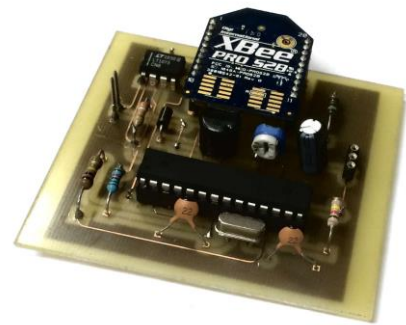
Sensornoden består av en jordfuktighetssensor og et kretskort som har en lang og smal utførelse (3x18 cm). Denne utførelsen er brukt for å danne et spyd som lett kan stikkes ned i jorden. En ATmega328P mikrokontroller styrer noden og en XBee modul sørger for kommunikasjon. Noden drives av et AA batteri og en step-up converter krets sørger for 5 V til mikrokontrolleren og jordfuktighetssensoren. En spenningsdeler sørger for 3,3 V til XBee modulen.



Figur 25: Sensornoden

5.3.4 Ventilnode

Ventilnoden er satt sammen av et kretskort, ventil med servomotor og en XBee. Denne har samme komponenter som kretskortet til sensoren, men sensoren er byttet med uttak til servomotoren. Her var det ikke noe spesielle krav til utforming av kretskortet, dette ble 6,5 x 6,5 cm. Servomotoren ble festet sammen med ventilen. Det ble laget et rom til elektronikken på beholderen som alt dette ble plassert i. Det kommer en slange fra rommet med vann som går inn på ventilen å går ut fra ventilen med en slange ned til påfyllingsrøret. Testet med en ventil som skulle dra 1,2 kg, men denne klarte ikke å vri om på ventilen. Derfor gikk valget på den største som drar 13 kg på 4,8 V. Ventilen er på 6 mm og det er en 5 mm slange inn på ventilen.



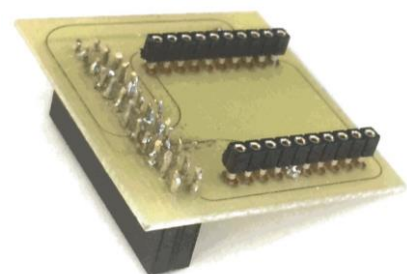
Figur 24: Ventilnoden

5.3.5 Sentralnode

Sentralnoden består av en Raspberry Pi, XBee og en overgang. Det ble laget en overgang fra Raspberry Pi til XBee i DesignSpark PCB. XBee tar imot signalene fra XBee på ventilnoden. Overgangen er tilkoblet mellom RX og TX, for seriell overføring. I tillegg er det en tilkobling til reset på XBee og en led for å indikerer at den er koordinatør. Raspberry Pi fikk installert NOOBS versjon 1.9.2 som er et enkelt operativsystem som inneholder Rasbian. LXTerminal ble brukt til å installere diverse bibliotek. Python 2 og 3 ble testet med noen eksempelprogram.



Figur 25: Sentralnode



Figur 26: Overgang for Raspberry til XBee modul

5.3.6 Radiolink

5.3.6.1 XBee

Alle XBee nettverk må kun ha en koordinator. Denne administrerer og gir identitet til nettverket også fungere den som gateway. En ruter videresender og forlenger et nettverk. End Device samler sensorata og kommuniserer med sin router.

5.3.6.2 Forskjellen mellom AT og API

AT modus er synonym med "gjennomsiktig" modus. I AT modus settes PAN ID til det samme på to moduler og det legges inn mottakers adresse, og da kan data sendes. Det trengs ikke noe pakke data, og det kan sendes seriell data fra TX fra den ene og inn på RX på den andre modulen. Mottakeradressen og type er faste. Dette er en enkel og rask måte å sende data.

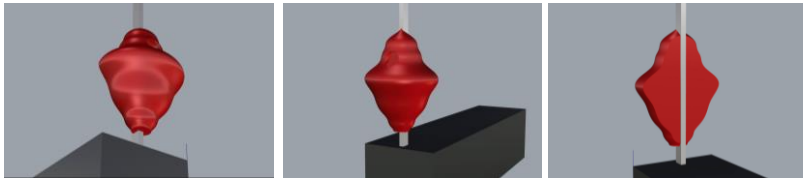
API modus er "Application Programming Interface" og her må data formateres til en ramme med mottaker informasjon og nyttelast. API er et alternativ til standard transparent modus. For større nettverk med flere noder som kommuniserer med hverandre, er API det beste alternativet.

UART kommunikasjon med XBee. Sensoren er tilkoblet mikrokontrolleren via en analog inngang og har en seriell kommunikasjon med XBee. RX kobles til TX og TX kobles til RX. R står for receive (motta) og T for transmit (overføre). XBee modulen sender trådløst over til XBee modulen på ventilnoden.

ATmega 328P er koblet til en XBee på alle nodene. Mikrokontrolleren styrer sensordata og XBee sender informasjonen videre. Sentralnoden blir koordinatoren, ventilnoden blir en router og sensornoden blir en end device. Sensordataen blir sendt til ventilnoden som sjekker om ventilen skal åpne og videresender dataen til sentralnoden. Som samler all data og sender til ekstern server.

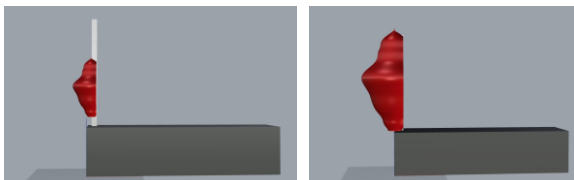
5.3.7 Utforming av vannbeholder

Ekstern hjelp til utforming av vannbeholder ble innhentet. Utgangspunktet for plassering av vannbeholder var på et av stagene som fører opp til lampen. En kreativ utforming av beholderen ble designet som tegningen i Figur 27 viser.



Figur 27: Vannbeholder for montering på stag

Det viste seg at beholderen ville blitt veldig stor og dominerende hvis den skulle tilfredstille størrelsesbehovet på 1,5 liter. Figur 28 viser en vannbeholder på 0,5 og 1 liter, og med denne utformingen hadde det faktisk ikke blitt plass til en beholder på 1,5 liter. Det ble derfor besluttet å flytte beholderen.



Figur 28: Vannbeholder 0,5 og 1 liter

Endelig løsning for vannbeholder

Det ble besluttet å plassere beholderen bak lysarmaturen. Det ble ansett at dette også var en enda bedre løsning, fordi den er mer diskre plassert. Ved siden av vannbeholderen ble det utformet et rom for ventil og elektronikk.



Figur 29: Vannbeholder plassert bak vannbeholder

5.3.8 Produksjon av vannbeholder

Veggene til beholderen ble skåret ut i plastglass og limt sammen med Power epoxy fra Loctite. Utskjæringen i plastglass ble gjort med laserkutter hos Fellesverkstedet i Oslo. Veiledning og prøving var nødvendig for å finne riktig skjæredybde for å komme gjennom materialet. Delene ble limt sammen på Verket FabLab i Moss. Det var også nødvendig å bruke silikon for å få beholderen tett.

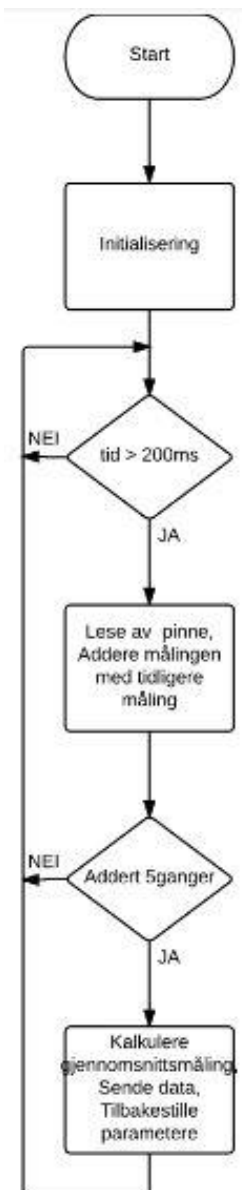


Figur 30: Ferdig vannbeholder

5.3.9 Styring / Program?

5.3.9.1 Sensornoden

Ved oppstart av programmet initialiseres, konstanter, variabler, osv. Dermed er det en test som sjekker om det er gått 200 ms. Hvis dette er inntruffet loopes programmet tilbake og tester testen på nytt. Dersom det har gått 200 ms utløses en prosess som leser av den analoge pinnen, og utfører en addisjon mellom nåværende måling og de eventuelle tidligere målingene. Dermed testes det om addisjonen har skjedd 5 ganger som tilsvarer et sekund. Har hendelsen ikke inntruffet, loopes den tilbake til testen om det har gått 200 ms. Har hendelsen inntruffet går programmet videre til en prosess hvor den kalkulerer gjennomsnittet av de 5 siste målingene for så å sende dataen videre og tilbakestille parameterne.



Figur 31: Flytdiagram program sensornode

5.3.9.2 Ventilnoden

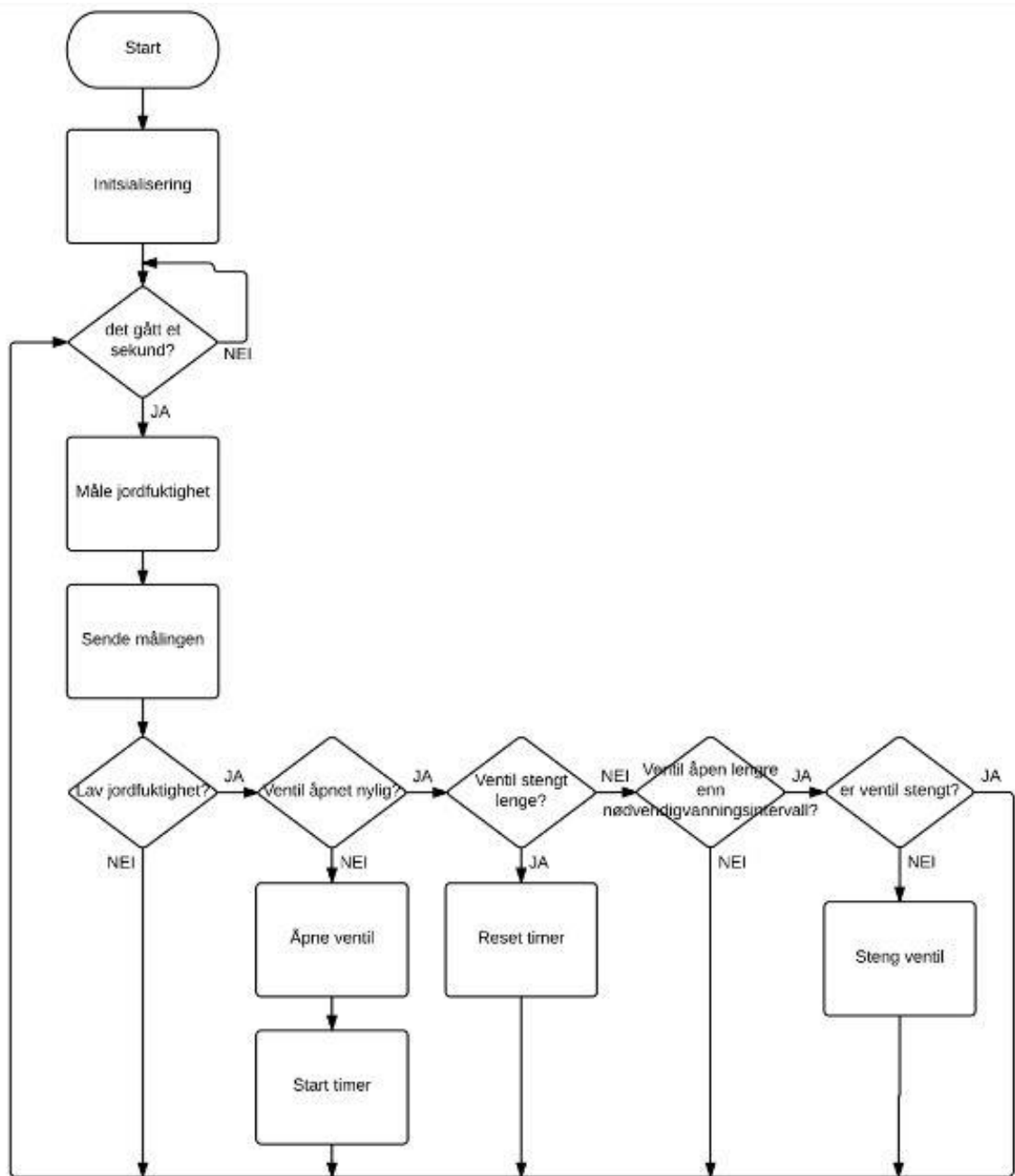
Viser til Figur 32:

Ved oppstart initialiseres bibliotek, konstanter, variabler osv. Etter dette må programmet gjennom en test om det er gått et sekund. Har hendelsen ikke inntruffet loopes programmet tilbake til den samme testen. Dersom hendelsen inntreffer kjøres det to prosesser, en som mottar sendingen, og en som sender målingen videre.

Dermed blir jordfuktigheten testet, dersom denne ikke er for lav (>5%) loopes den tilbake til «om det er gått et sekund» testen. Dersom jordfuktigheten er for lav går programmet til en ny test som tester om ventilen har vært åpen de siste 10 minuttene.

Hvis ventil ikke nylig har vært åpnet, så åpnes ventilen og tidtakingen starter og loopes tilbake til «om det er gått et sekund» testen. Dersom ventil har vært åpen går programmet til en ny som tester om ventilen har vært åpen i over 30 minutter. Hvis ventilen har vært stengt i 30 minutter, resettes tidtakingen og loopes tilbake til «om det er gått et sekund» testen.

Dersom ventilen ikke har vært åpen i over 30 minutter går programmet til en ny test, som tester om den nødvendige tiden for vanning som er 100 sekunder er passert. Dersom det ikke er gått 100 sekunder loopes programmet tilbake til «om det er gått et sekund» testen. Dersom det er gått 100 sekunder går programmet til en siste test som tester om ventilen er stengt. Dersom ventilen ikke er stengt, stenges ventilen. Hvis ventilen er stengt, loopes programmet tilbake til «om det er gått et sekund» testen.



Figur 32: Flytdiagram program ventilnode

6 Testing

6.1.1 Uttesting av jordfuktighetssensor

Forholdstallene representerer inngangsverdien på den analoge inngangen på Arduino Unoen som tidligere nevnt er brukt til uttesting. Tallene vil variere fra 0-1023, hvor 0 tilsvarer 0 V og 1023 tilsvarer 5 V. Sensor 2 er tilkoblet en inverter som gjør at yttergrensene også inverteres, da vil 0 tilsvare 5 V og 1023 tilsvare 0 V.

Forholdstallene brukt i tabellen er medianverdien på 40 målinger over 200 sekunder etter at stabiliseringstiden er inntruffet.



Figur 33: Sensor 1



Figur 34: Sensor 2



Figur 35: Sensor 3

For å få en mest mulig nøyaktig sensor så er det viktig at differansen mellom den minst fuktige faktoren og den fuktigste faktoren er størst mulig. Delvis fuktig jord er bare en faktor for å vise at det er en sammenheng mellom de to andre faktorene.

Stabiliseringstiden er i denne sammenheng brukt for å kunne skille om to sensorer skulle være tilnærmet lik hverandre i nøyaktighet.

Tabell 8: Uttesting av jordfuktighetssensor

Uttesting av hygrometer				
Faktor	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3	Enhet
Tørr jord	565	740	250	forholdstall
Delvis fuktig jord	680	267	265	forholdstall
Rent vann	725	230	300	forholdstall
Stabiliseringstid	10	25	30	sekunder

6.2 Transformering av spenning

Tabell 9 viser innregulering av spenningsomformereren i nodene.

Tabell 9: Spenningsomformer, tabell

Motstandsverdier for R4	Spenninger ut fra kretsen
47,5 k ohm	5,32 V
38,2 k ohm	5,27 V
22 ohm	5,06 V
0 ohm, her ble R4 fjernet	5,06 V

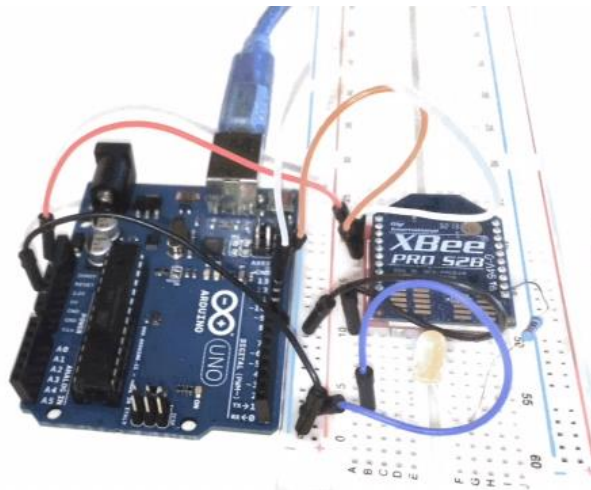
Ut i fra Tabell 10 ble det valgt å gå for 18 k ohm siden den lå nærmest. Kunne også gått for 5,1 k ohm og 10 k ohm som gir 3,3 V, men dette gir en høyere strøm.

Tabell 10: Spenningsdeler, tabell

Motstandsverdier	Spenning ut
22 k ohm	3,47 V
18 k ohm	3,23 V

6.3 Uttesting av kommunikasjon

Uttesting av kommunikasjon mellom ATmega328p chipene ble gjort via XBee PRO S2B modulene med ZigBee. Under uttesting var ATmega chipene koblet opp mot XBee modulene for radiooverføring. Chipene satt på Unobrettet og ble lest av på Arduino IDE og XCTU. Koblingen mellom Unobrettet og XBee er vist i Figur 36. Det er den serielle RX og TX koblingen samt 3,3 V og jord. DIO5 er koblet til en led som indikerer om XBee modulene er sammenkoblet.



Figur 36: Testing av XBee

Det ble testet med et program som sender jordfuktigheten og som mottar jordfuktighetsvariabelen, for å teste om det var blitt opprettet kommunikasjon. Overføringen var problematisk. I utgangspunktet fungerte overføringen, men i ettertid uten endring av hverken programvare eller maskinvare sluttet kommunikasjonen å fungere. Det har blitt feilsøkt og testet på program- og maskinwaresiden uten å kunne konkludere med hvorfor kommunikasjonen brøt.

```
void loop() {  
  // put your main code here, to run repeatedly:  
  if (Serial.available() > 0) {  
    Serial.write(Serial.read());  
  }  
}
```

Figur 37: Mottaprogram

```
void loop() {  
  
  unsigned long currentMillis = millis();  
  sensorVerdi = analogRead(analogPin);  
  
  if (currentMillis - previousMillis >= interval) {  
  
    if (sek_timer == TRUE) {  
      avg_value = avg_value / sek_timer;  
      avg_value = map (avg_value, 0, 1023, 0, 100);  
      Serial.write(avg_value);  
      avg_value = 0;  
      sek_timer = 0;  
    }  
    avg_value += sensorVerdi;  
    previousMillis = currentMillis;  
    sek_timer++;  
  }  
}
```

Figur 38: Sendeprogram

Fra bildene **Feil! Fant ikke referanseskilden.** og Figur 38 vises sendingsprogrammet og mottaksprogrammet som ble brukt til å teste overføring. Sensoren måler hele tiden, og hvert 200 ms blir pinnen avlest og lagt til og summert i en variabel. Etter 5 målinger blir målingene delt på antall ganger målt for å finne snittverdien og så overført. Sendingen skjer hvert sekund.

6.5 Testing av tappetid

Mengden vann som er i tanken varierer utstrømningen av vannet på grunn av trykket vannet lager på utstrømmingshullet.

Tabell 11: Tappetid vannbeholder

Start mengde vann	Tid (mm:ss)
Full tank	01:40
Etter en fylling (full tank – 1,5 liter)	02:00
Minimum (fylt opp til ventil + 1,5 liter)	06:40

Tabell 11 viser tiden det tar å gjøre en påfylling (1,5 liter) av vannreservoaret i bunnen av plantekassa til biokontoret med varierende vannivå i tanken.

7 Diskusjon

Ved å plassere en vannbeholder på biokontorene kan servicetiden halveres. Med et godt varslingsystem kan servicetiden også reduseres ved at de som leier biokontorene kan etterfylle vann selv. Løsningen er rimelig å produsere og enkel å implementere på biokontorene. Kostnadene med å produsere prototypen vil ikke være representativt til kostnadene ved serieproduksjon. Derfor er ingen kostnadskalkyle utarbeidet.

Vannbeholder på prototypen er ikke optimal. Påfyllingshullet burde hatt en åpne/lukke funksjon for å bevare vannet. Formen på vannbeholderen bør utbredes slik at laveste punktet er utløpet, sånn at det ikke blir gjenstående vann i tanken. Størrelsen på tanken burde også optimaliseres til en fylling slik at tanken tømmes ved hver vanning, for at vannet ikke skal bli dårlig.

En maskinprodusert sensornode ville vært mindre og mer diskret i biokontoret. Det ble ikke testet kommunikasjon fra sensornoden siden det ikke var nok strøm i kretsen til å drive XBee. Ut i fra feilsøking ble det målt 3,2 V over XBee sokkelen, men 0 V etter at XBee modulen ble satt inn.

Jordfuktighetsmålingen som blir sendt fra sensornoden er ikke lik den som blir mottatt i ventilnoden. Det har blitt gjort feilsøking, men det kan ikke konkluderes med noen løsning på problemet. Dette er på grunn av ustabile XBee moduler som gjorde at det ble mangel på tid.

Programmet er ikke laget for å håndtere alle mulige hendelser gjort ved feil fylling. Det er ikke noen indikasjon på om det ikke etterfylles vann. Dette kunne egentlig blitt løst ved å installere en vannsensor som måler vannstand i beholderen. Styringen av ventilen kunne blitt simplificert ved å bruke en magnetventil.

I ettertid viste LT1073 å være et galt valg. Valget burde vært LT1073-5 som er den som gir 5 V ut. Denne trenger ikke alle motstandene i parallell som gjør kretsen mer smidige.

7.1 Videre arbeid

På grunn av mangel på tid til testing av kommunikasjon ble sentralnoden nedprioritert. Det har blitt sett på XBee biblioteker til Raspberry Pi, dette gjør det mulig å koble disse sammen. Her må det bare legges ned tid til programmeringen. Varslingssystemet må også ferdigstilles og lage kommunikasjon til server. Samtidig må det opprettes stabil kommunikasjon. LoRa må også utarbeides og testes.

8 Konklusjon

Når varslings- og vanningsystemet opererer som tenkt vil det ikke være det samme behovet for servicepersonell. Det vil si at servicetiden reduseres og kostnadene minker. Det er ikke mulig å lage et fullautomatisert vanningsystem med hensyn på kravene stilt fra oppdragsgiver. Det denne rapporten fremstiller er et halvautomatisert system hvor kundene kan bidra med etterfylling til vannbeholderene.

Det har blitt utviklet en jordfuktighetssensor og vannbeholder med ventil som styres av ATmega328P og kommuniserer via ZigBee protokollen med XBee PRO S2B.

Referanseliste

- [1] Febbraio. (2016). *What is ZigBee? Key concepts*. Available: <http://www.alessandronella.com/2016/02/what-is-zigbee/>
- [2] BioOffice. (2013). *Mosevegg – Et kunstverk på jobben*. Available: <http://www.biooffice.no/mosevegg-et-kunstverk-pa-jobben>
- [3] D. Vikan. (2016). *LoRaWAN gatewayer oppe og går i Trondheim*. Available: <https://www.tradlosetrondheim.no/lorawan-gateways-up-and-running-in-trondheim/>
- [4] Engadget. (2016). *Bluetooth Smart annonsert, iPhone 4S er klar*. Available: <http://www.engadget.com/2011/10/25/bluetooth-smart-announced-iphone-4s-is-ready/>
- [5] BioOffice. (2013). *Plantevegg- vakkert og effektivt*. Available: <http://www.biooffice.no/plantevegg>
- [6] BioOffice. (2013). *BioOffice*. Available: <http://www.biooffice.no/>
- [7] BioOffice. (2013, 04.26). *Kompetanse*. Available: <http://www.biooffice.no/kompetanse>
- [8] BioOffice. (2013, 26.04). *Produkter*. Available: <http://www.biooffice.no/produkter>
- [9] BioOffice. (2013). *Bio møterom – Føl effekten*. Available: <http://www.biooffice.no/moterom>
- [10] BioOffice. (2013, 26.04). *Fakta - Biologi virker*. Available: <http://www.biooffice.no/fakta>
- [11] BioOffice. (2013, 26.04). *Biokontor*. Available: <http://www.biooffice.no/biokontor>
- [12] S. Berge. (2011). *Materialteknologi*. Available: <http://www.ntnu.no/documents/14574940/d8f1cf75-481d-446d-836b-e8246a3665eb>
- [13] Min In The Box. (2016). *Jord hygrometer deteksjonsmodul jordfuktighet sensor for (for arduino) smart bil*. Available: http://www.miniinthebox.com/no/jord-hygrometer-detection-module-jordfuktighetssensor-for-arduino-smart-bil_p1113826.html
- [14] Store Norske Leksikon. (2016). *Elektrisk strøm*. Available: https://snl.no/elektrisk_str%C3%B8m
- [15] NDLA. (2016). *Elektrisk strøm*. Available: <http://ndla.no/nb/node/51025>
- [16] NTNU. (2012). *Kondensatorer og kapasitansuttrykk*. Available: https://www.youtube.com/watch?v=_DCWvxvgzcc&index=12&list=PLUHTGp7T4Zn-OQxPqtLAt1Iy9TiKQ_iCC
- [17] NTNU. (2012). *Ledere. Kondensatorer. Def. kapasitans*. Available: https://www.youtube.com/watch?v=1T2ErRCW8-0&index=11&list=PLUHTGp7T4Zn-OQxPqtLAt1Iy9TiKQ_iCC
- [18] NTNU, ed, 2016.
- [19] LinkLabs. (2016, 25.04

). *New Industrial Internet*

of Things Products. Available: http://info.link-labs.com/hubfs/Wireless_Technology_for_Industrial_Internet_of_Things.pdf?_hssc=81985929.22.1461791711087&_hstc=81985929.4e70c2e7e9150474258e1e14c387400b.1460999931406.1461222196616.1461791711087.3&hsfp=3250035409&hsCtaTracking=795475fc-9cc3-4770-a8e9-6db961b7ec59%7C0d9312af-a29a-40f8-89d2-413db03a1179

- [20] Wikipedia. (2016, 25.04). *ZigBee*. Available: <https://no.wikipedia.org/wiki/ZigBee>
- [21] Wikipedia. (2014, 4.05). *Blåtann*. Available: <https://en.wikipedia.org/wiki/Bluetooth>
- [22] Jimbo. (2016). *Bluetooth Basics*. Available: <https://learn.sparkfun.com/tutorials/bluetooth-basics/common-versions>
- [23] CookingHacks. (2016, 25.04). *LoRaWAN Teknologi for Arduino, Waspote og Raspberry Pi*. Available: <https://www.cooking-hacks.com/documentation/tutorials/lorawan-for-arduino-raspberry-pi-waspote-868-900-915-433-mhz>
- [24] LoRaAlliance. (2016, 26.04). *LoRa Technology*. Available: <https://www.lora-alliance.org/What-Is-LoRa/Technology>
- [25] J. M. Tjensvold, "Comparison of the IEEE 802.11, 802.15.1, 802.15.4 and 802.15.6 wireless standards," 2016.
- [26] Semtech. (2015, 04.05). *LoRa™ Modulation Basics* Available: <http://www.semtech.com/images/datasheet/an1200.22.pdf>
- [27] Nanotron Technologies. (2016). *Chirp Sprea Spectrum (CSS)*. Available: http://www.nanotron.com/EN/CO_techn-css.php
- [28] Link Labs. (2015). *What is LoRa?* Available: <http://www.link-labs.com/what-is-lora/>
- [29] I. Poole. (2016). *LoRa Physical Layer & RF Interface*. Available: <http://www.radio-electronics.com/info/wireless/lora/rf-interface-physical-layer.php>
- [30] A. Back. (2016). *A Closer Look at LoRaWAN and The Things Network*. Available: <http://www.rs-online.com/designspark/electronics/eng/blog/a-closer-look-at-lorawan-and-the-things-network>
- [31] Cooking Hacks. (2016). *LoRaWAN Technology for Arduino, Waspote and Raspberry Pi*. Available: https://www.cooking-hacks.com/documentation/tutorials/lorawan-for-arduino-raspberry-pi-waspote-868-900-915-433-mhz - step3_5
- [32] Cooking Hacks. (2016). *LoRaWAN Teknologi for Arduino, Waspote og Raspberry Pi*. Available: https://www.cooking-hacks.com/documentation/tutorials/lorawan-for-arduino-raspberry-pi-waspote-868-900-915-433-mhz - step3_5
- [33] Link Labs. (2015). *What Is LoRaWAN?* Available: <http://www.link-labs.com/what-is-lorawan/>
- [34] L. Alliance, "LoRa Techonology," 2016.
- [35] KTechnics. (2016). *MG996 Metal Gear høyt dreiemoment Servo Motor*. Available: <http://ktechnics.com/shop/mg996-metal-gear-high-torque-servo-motor/>
- [36] Electrical Engineering Community. (2016). *Microstrip Impedance* Available: <https://www.eeweb.com/toolbox/microstrip-impedance>
- [37] Electronics-diy. (2016). *1.5V to 5V/12V DC/DC Converter with LT1073*. Available: http://electronics-diy.com/electronic_schematic.php?id=1029
- [38] fazprototype.blogspot. (2016). *5V to 3.3V logic converter*. Available: <http://fazprototype.blogspot.no/>
- [39] Arduino. (2016). *Overview*. Available: <https://www.arduino.cc/en/main/arduinoBoardUno>
- [40] Reichelt Elektronik. (2016). *Arduino Uno Dip*. Available: <http://www.reichelt.de/Einplatinen-Microcontroller/ARDUINO-UNO-DIP/3/index.html?ACTION=3&GROUPID=6667&ARTICLE=154902&OFFSET=16&SID=11VvwtNKwQATMAABD-qlw53c0fbc859242eaf56609c23cc7946e0&LANGUAGE=EN>

Vedlegg

Vedlegg 1 Program sensornode

```
#include <Servo.h>
#include <avr/io.h>
#include <avr/interrupt.h>

#define TRUE 1
#define FALSE 0

int moisture_level;
int servo_position;
const int valve_closed_for_ages = 1800;
const int servoPin = 9;          //pin 15 ATmega328p
const int moisture_critical = 5;
const int necessary_time_for_watering = 100;
static unsigned long sec = 0;
static long minute = 0;
static int valve_recently_open = FALSE;
static int valve_closed = TRUE;
static int new_sec = FALSE;

Servo myservo;

void setup() {

  Serial.begin(9600);
  myservo.attach(servoPin);

  cli();    //disable interrupts
  TCNT2 = 0;
```

```
TCCR2A = 0;
TCCR2B = 0;
OCR2A = 156;
TCCR2A |= (1 << WGM21) | (1 << COM2A1); //Set CTC Mode
TIMSK2 |= (OCIE2A); // Set CTC Mode
TCCR2B |= (1 << CS22) | (1 << CS21) | (1 << CS20);
TIMSK2 |= (1 << OCIE2A);

//set timer 0 to counter, falling edge

TCNT0 = 0;
TCCR0A = 0;
TCCR0B = 0;
TCCR0B |= (1 << CS02) | (1 << CS01) | (0 << CS00);
TIMSK0 |= (1 << TOIE0);

sei();
}

//åpne ventil
void open_valve() {
  pinMode(servoPin, OUTPUT);
  for (servo_position = 155; servo_position >= 30; servo_position -= 1) {

    myservo.write(servo_position);
    delay(15);
  }
  pinMode(servoPin, INPUT);
  valve_recently_open = TRUE;
  valve_closed = FALSE;
}

//lukke ventil
```

```
void close_valve() {
  pinMode(servoPin, OUTPUT);
  for (servo_position = 30; servo_position >= 155; servo_position += 1) {

    myservo.write(servo_position);
    delay(15);
  }
  valve_closed = TRUE;
  pinMode(servoPin, INPUT);
}

//motta sensormåling
void moisture_measuring() {
  if (Serial.available()) {
    Serial.read();
    moisture_level = Serial.read();
  }
}

// sending til sentralnode
void send_moisture_level() { //Sending av måling videre til sentralnode er ikke
definert enda
  ; // men er med for å vise gangen i programmet
}

void loop() {

  while (new_sec) {
    moisture_measuring();
    send_moisture_level();

    if (moisture_level <= moisture_critical) {
```

```
if (valve_recently_open == FALSE) {  
  
    open_valve();  
    sei(); //enable interrupts  
  
}  
else if(valve_recently_open == TRUE) {  
  
    if (valve_closed_for_ages >= sec) {  
  
        cli();  
        sec = 0;  
  
    }  
    else if(valve_closed_for_ages < sec) {  
  
        if (necessary_time_for_watering <= sec) {  
  
            if (valve_closed == FALSE) {  
  
                close_valve();  
            }  
            else if (valve_closed == TRUE)  
                ;  
        }  
        else if (necessary_time_for_watering > sec)  
            ;  
    }  
}  
  
else if (moisture_level > moisture_critical) {
```

```
    ;  
    }  
    new_sec = FALSE;  
    }  
}
```

ISR (TIMER2_COMPA_vect)

```
{  
    static int i = 0;  
    i++;  
    if (i >= 100) {  
        sec++;  
        new_sec = TRUE;  
        i = 0;  
    }  
    if (sec == 600) {  
        valve_recently_open = FALSE; //ventil er ikke nylig åpnet etter 10 min.  
    }  
}
```

Vedlegg 2 Program ventilnode

```
#define TRUE 1
#define FALSE 0

int analogPin = 0; // Pinne 23 på ATmega328p
int sensorVerdi = 0;
const int measuring_interval = 200;
unsigned long previousMillis = 0;
static int avg_value = 0;
static int loop_times = 0;

void setup() {

  Serial.begin(9600);

}

void loop() {

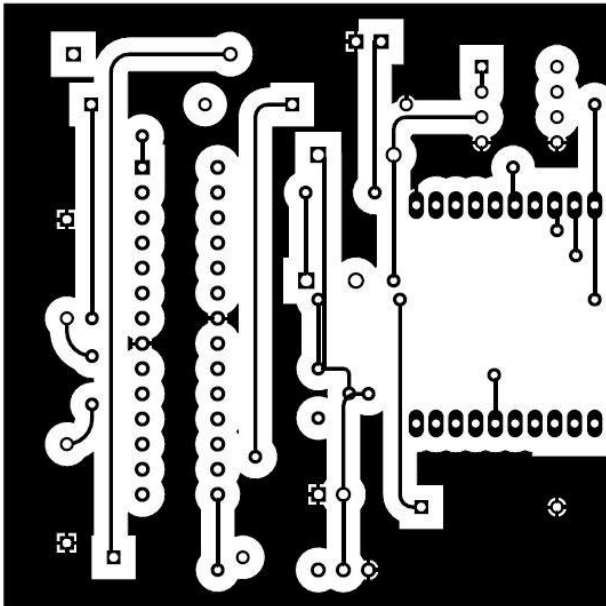
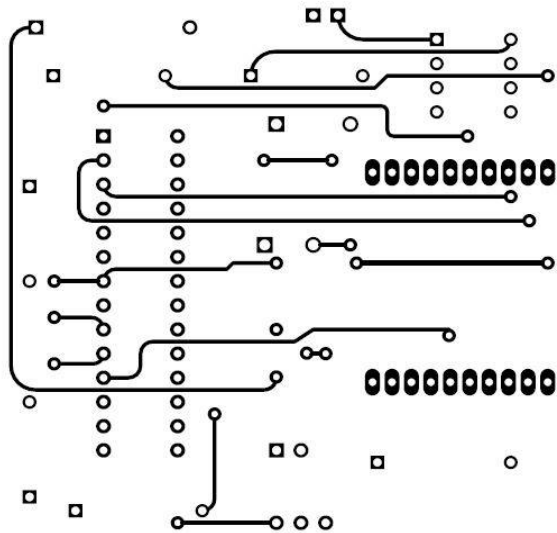
  unsigned long currentMillis = millis();
  sensorVerdi = analogRead(analogPin);

  if (currentMillis - previousMillis >= measuring_interval) {
    avg_value += sensorVerdi;
    loop_times++;

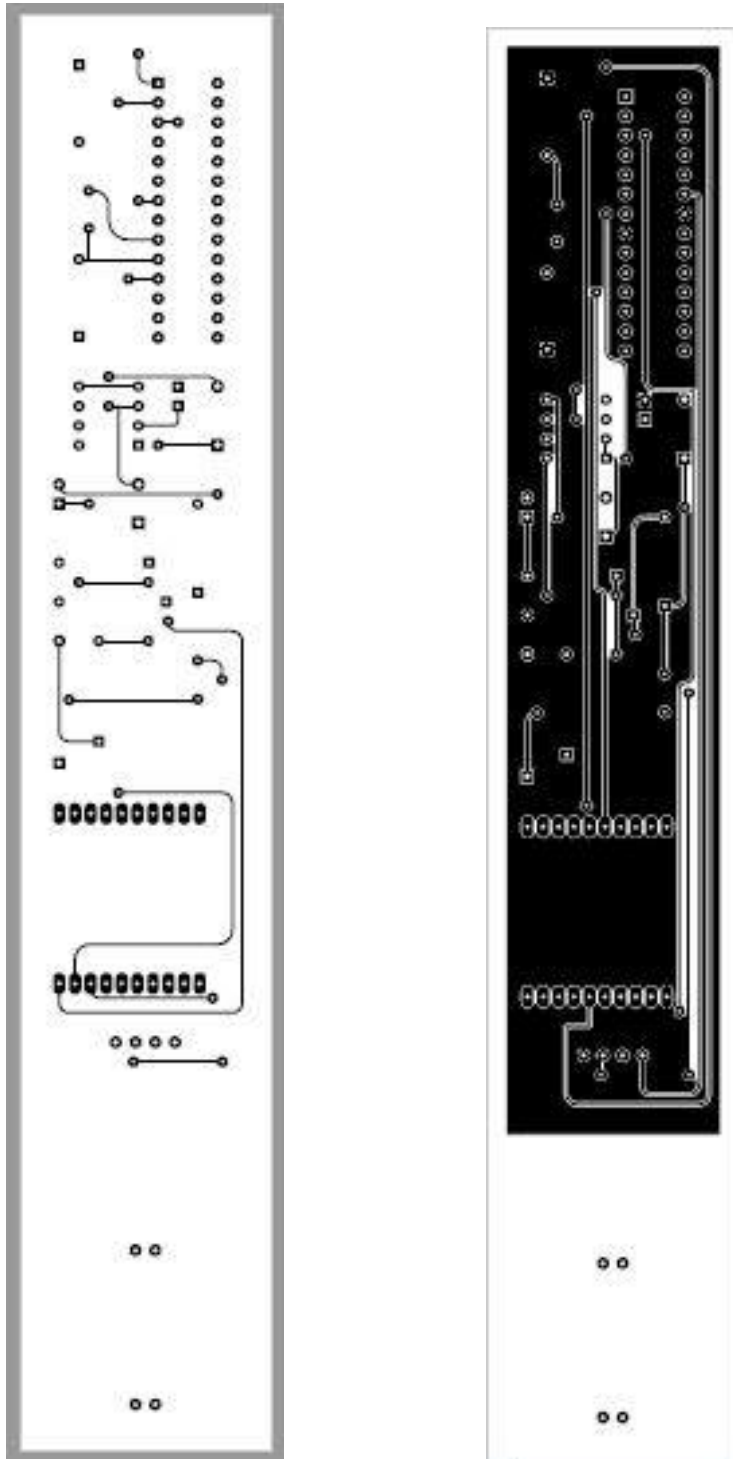
    if (loop_times == 5) {
      avg_value = avg_value / loop_times;
      avg_value = constrain(avg_value, 180, 850); //setter nye grenseverdier ut fra
målinger
      avg_value = map(avg_value, 180, 850, 0, 100); //gir også litt slingringsmoment
      Serial.write(avg_value);
    }
  }
}
```

```
    avg_value = 0;
    loop_times = 0;
}
else if (loop_times > 5){
    loop_times = 0;
}
previousMillis = currentMillis;
}
}
```

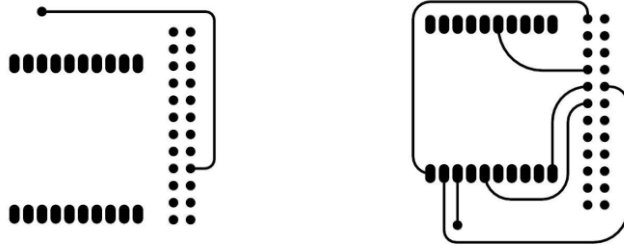
Vedlegg 3 Ventilnode



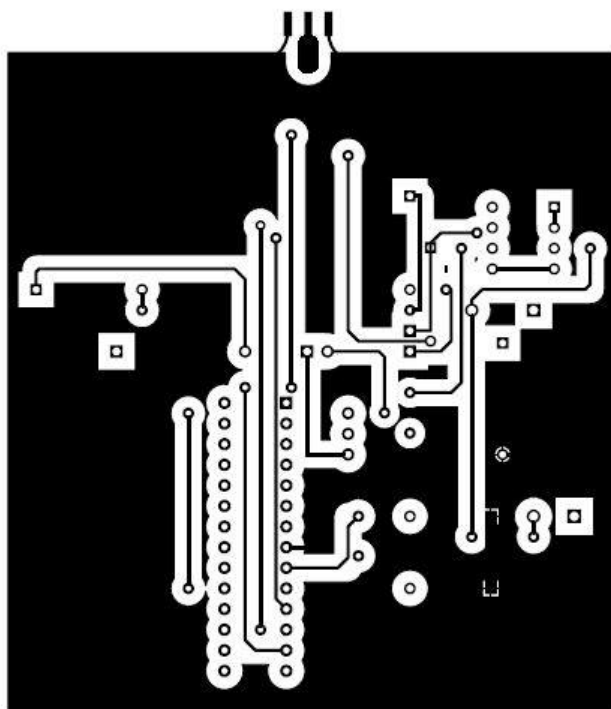
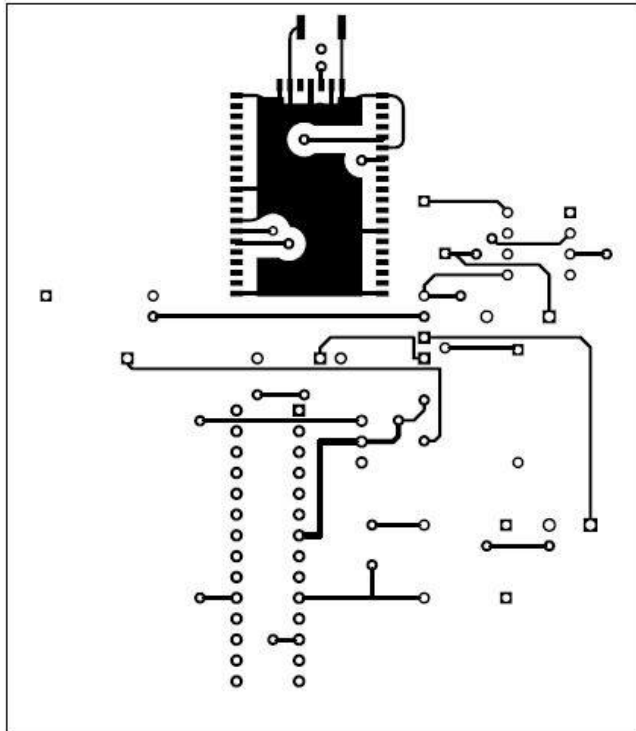
Vedlegg 4 Sensornode



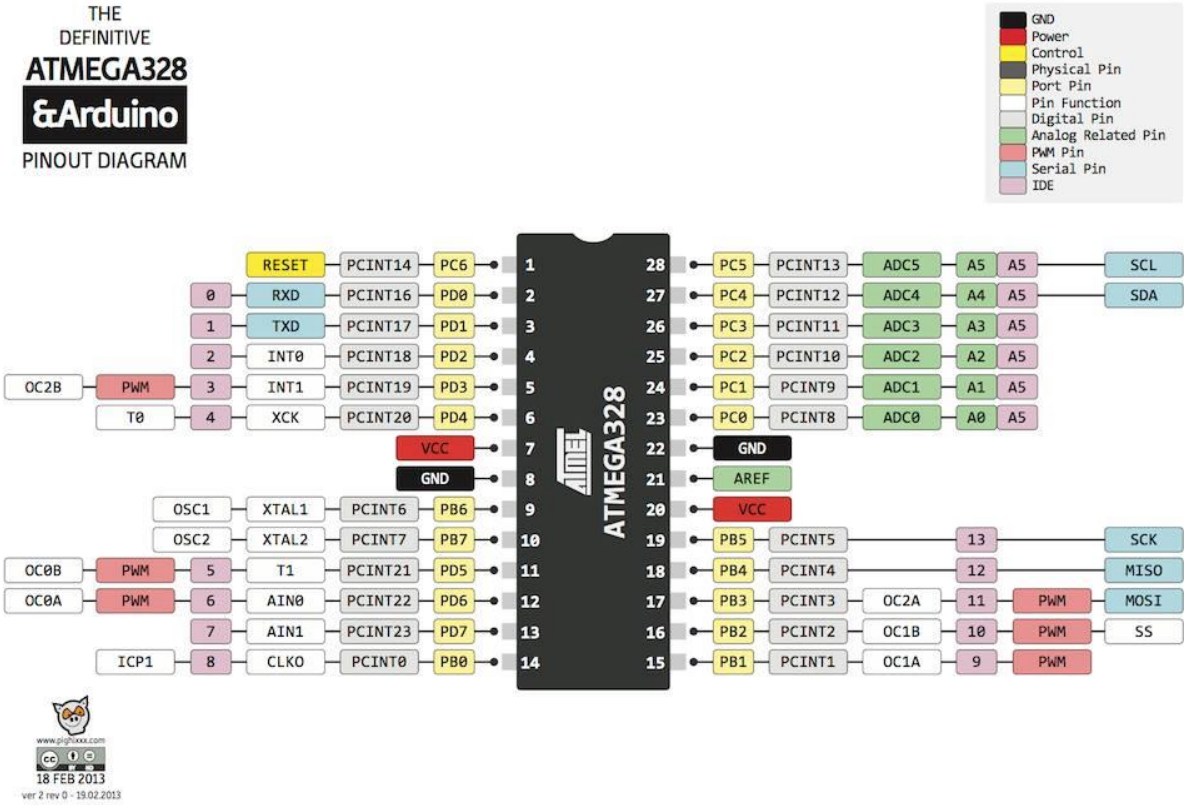
Vedlegg 5 Overgang fra Raspberry til XBeemodul



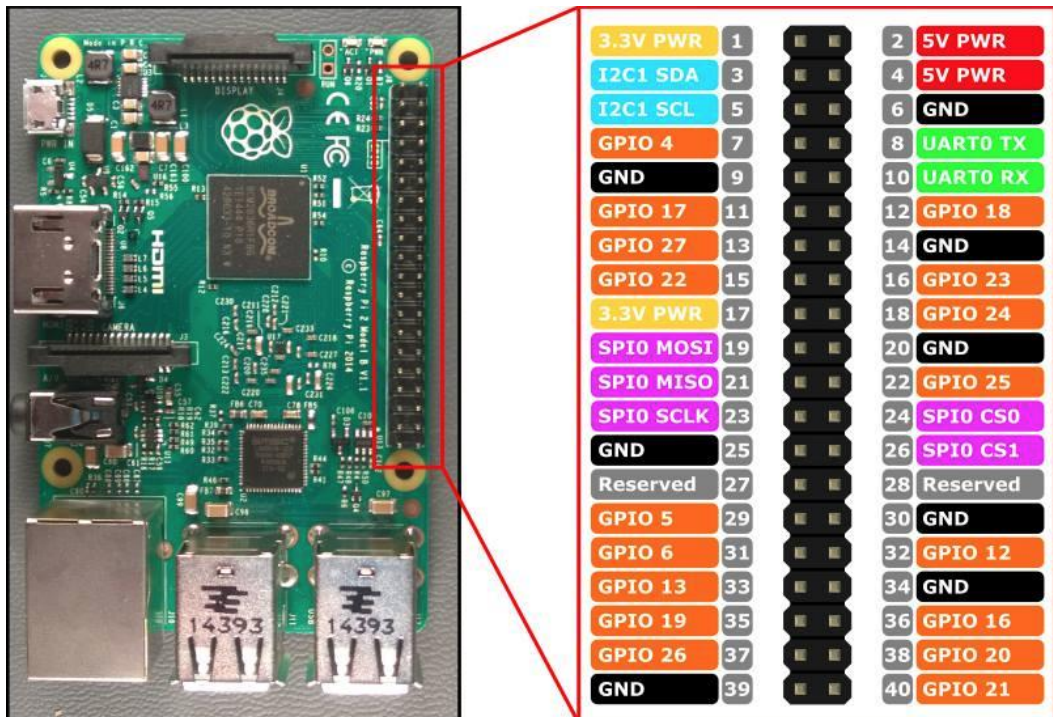
Vedlegg 6 Lora



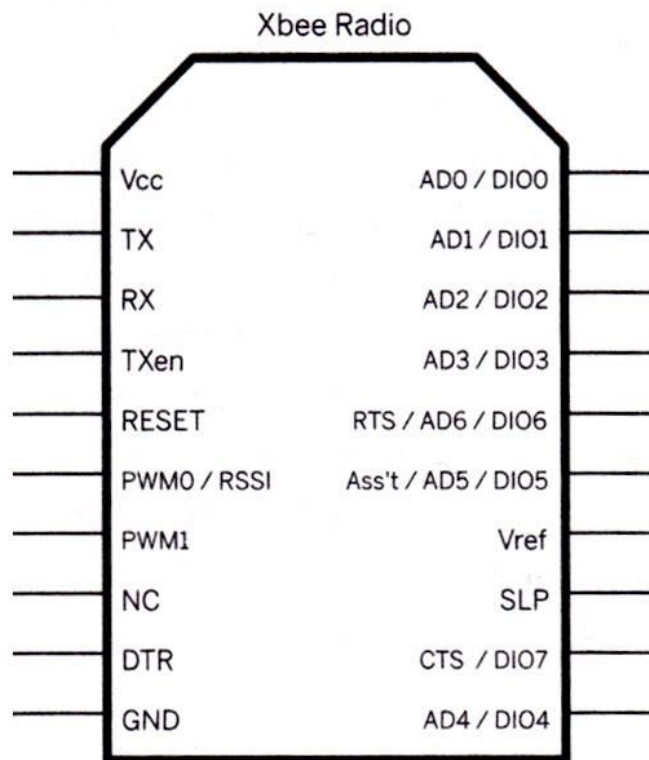
Vedlegg 7 ATmega328P pinout



Vedlegg 8 Raspberry Pi pinout

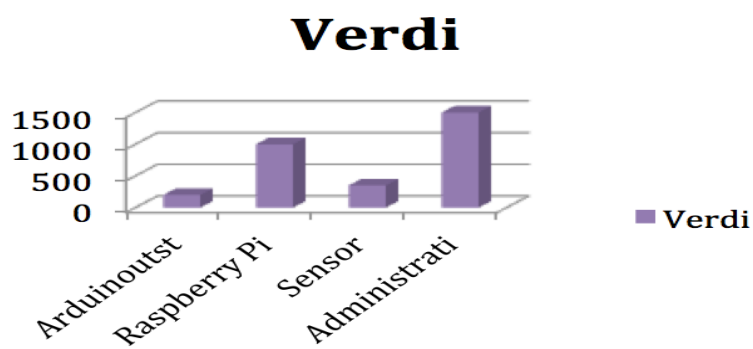


Vedlegg 9 XBee pinout



Vedlegg 11 Budsjett

Budsjett	Verdi
Arduinoutstyr	200
Raspberry Pi	1000
Sensor	350
Administrativt utstyr	1500
Totalt	3050



Vedlegg 12 Tidsplan

Forprosjektrapporten ble ferdigstilt 11. mars, der ble det planlagt at hver prosjektdeltaker skal bruke 7,5 timer hver dag. Dette utgjør 300 timer i den tidsperioden som er til rådighet, og som er på 8 uker.

Milepæler

Oppstart	18. mars
Forprosjekt	11. april
Opprettelse av hjemmeside	25. April
Beskrivelse Expo	2. Mai
Midtveisrapport	4. Mai
Pressemelding	1. Juni
Ferdigstillelse av hjemmeside	5. juni
Registrering studentweb	6. juni
Bachelor innlevering	6. juni
Expo	10.-11. Juni

Vedlegg 13 Linker til datablad

ATmega328P

http://www.atmel.com/images/atmel-8271-8-bit-avr-microcontroller-atmega48a-48pa-88a-88pa-168a-168pa-328-328p_datasheet_complete.pdf

LT1073

<http://cds.linear.com/docs/en/datasheet/1073fa.pdf>

RN2483

<http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/50002346A.pdf>

XBee

<https://www.sparkfun.com/datasheets/Wireless/Zigbee/XBee-Datasheet.pdf>