

# UWB BASED UAS POSITIONING

ESPEN HAUGEN & SIMON HØYDAL SÆTRE & HÅKON SKAU HØKSNES

1 SAMMENDRAG

## 2 FORORD

Dette er prosjektrapporten for vår bacheloroppgave i Droneteknologi hos Universitetet i Tromsø. Vi ønsket en bacheloroppgave som ga oss muligheten til å bygge en drone som kunne posisjonere seg ved hjelp av andre posisjonssystemer enn GNSS. Vi ønsker å rette en stor takk til Kongsberg Maritime, avd. VeRo som har gitt oss denne spennende oppgaven, og for å støtte med UWB-posisjonerings utstyret som skal brukes i prosjektet. Vi ønsker også å takke Bernt Inge Hansen og Kåre Edvardsen for god veiledning igjennom oppgaven.

## CONTENTS

Innhold

## LIST OF FIGURES

Figurer

### 3 FORKORTELSER OG FAGBEGREPER

## 4 INNLEDNING

### 4.1 Bakgrunn for oppgaven

Sommeren 2021 hadde Håkon sommerjobb hos Kongsberg Maritime, avd. VeRo (Vessel Robotics). I samråd med firmaet kom vi frem til en oppgave som kan passe oss. Kongsberg Maritime ser på bruken av Ultra Wide Band (UWB) til posisjonering av en ROV på siden av skip. Og i den forbindelse ønsket de at vi skal se på bruk av UWB posisjonering på droner.

#### 4.1.1 Kongsberg Maritime

Kongsberg Maritime er en teknologibedrift som hører til Kongsberg Gruppen. Kongsberg gruppen stammer opprinnelig fra Kongsberg våpen fabrikk, men i dag er det en høyteknologisk bedrift som driver med blant annet våpen, romfart og maritim teknologi. Kongsberg Maritime leverer blant annet systemer for posisjonering, overvåking, navigasjon og automasjon til skip og offshoreinstallasjoner.

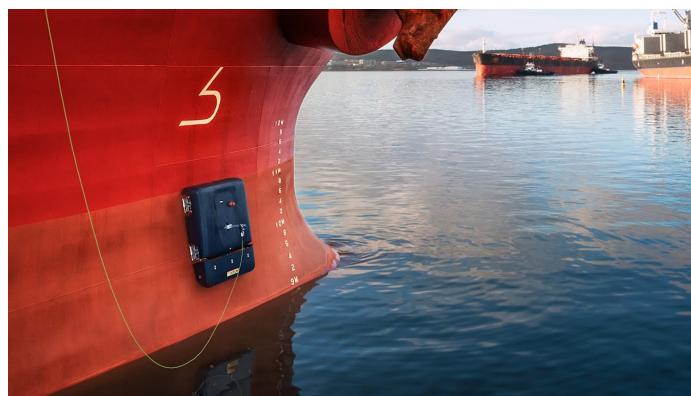


Figure 1: Hull Skater.

Maritime har kontorer over hele verden, der hovedkontoret ligger i Norge. HSS, Hull Skating Solutions, er et samarbeidsprosjekt mellom Jotun og Kongsberg Maritime. Prosjektet utvikler en robot som kan brukes til å vaske skroget på store skip. Dette blir gjort for å hindre uønsket spredning av organismer rundt om i verden, samt minke drivstoffforbruket på båtene. Slik det gjøres i dag må båtene tas opp på land for å bli vasket, eller dykkere må dykke langs skroget for å rengjøre. Keim2015

### 4.2 Problemstilling

VeRo ønsker å vite hvor på skipskroget HullSkater befinner seg. Skipskroget er et vertikalt plan som står normalt på vannoverflaten. GNSS vil her ikke gi tilstrekkelig presisjon for posisjonen. Noen grunner til dette er:

- GNSS gir ikke god høydepresisjon, og vil derfor bli for unøyaktig til dette bruksområdet.
- GNSS måler skipets og HullSkater sin posisjon i forhold til jorden.
- Skipet vil ikke alltid ligge like dypt i vannet.
- GNSS tar ikke høyde for endring i vannhøyden.

Med UWB kan man lage et lokalt posisjoneringssystem som vil fikse dette problemet og gi posisjonen til roboten på skroget uavhengig av posisjonen til skipet. Mangelen på lokal posisjonering er et problem som oppstår flere plasser hvor det er viktigere å vite posisjonen i forhold til en gjenstand enn plassering på jordens

overflate. Eksempler på dette i forbindelse med droneaktivitet er anleggsplasser, maritime operasjoner fra plattform eller skip og inspeksjon av konstruksjoner og bygninger. Tidligere er det kun brukt GNSS under disse operasjonstypene. Noen problemer med GNSS i disse situasjonene er:

- I forbindelse med operasjoner i urbane miljø er signalrefleksjon et stort problem. Dette gir dårligere nøyaktighet og mindre troverdig posisjon.
- GNSS kan lett forstyrres av andre signaler da signalet som treffer jorda er svakt i forhold til andre trådløse former for kommunikasjon.
- GNSS har en begrenset evne til å bestemme høyde. På grunn av plasseringen og avstanden til satellittene.

### **4.3 Målformulering**

#### **4.3.1 Formål**

Gruppen skal se på bruken av UWB posisjonering av dronesystemer og se på fordeler og ulemper med dette kontra GNSS.

#### **4.3.2 Resultatmål**

Dette prosjektet ønsker å se på bruken av et UWB system på en drone samt å sammenlikne presisjonen med GNSS. For å oppnå dette er det i samarbeid med VeRo satt flere delmål det skal jobbes mot. Disse er laget med økende kompleksitet, da det er vanskelig å si på forhånd hvor mye hvor mye tid det vil ta å oppnå de ulike målene. Målene med UWB er: 1. Posisjonen til dronen blir loggført under en manuell innendørs flygning. 2. Dronen holder automatisk posisjonen sin i luften. 3. Dronen kan lande automatisk. 4. Dronen kan fly et preprogrammert oppdrag med takeoff, planlagt rute og landing. Det er veldig mange problemer med GNSS-baserte droneoperasjoner som muligens kan løses med UWB-posisjonering. Det er derfor ønskelig å utvikle et system som bruker UWB-posisjonering og undersøke hvilke muligheter med også problemer som dette gir. Et siste mål er å sammenlikne presisjonen oppimot GNSS. Dette målet regnes som uavhengig i forhold til de andre målene.

#### **4.3.3 Prosessmål**

Gi studentene erfaring og kompetanse i å samarbeide i team, samt å planlegge og gjennomføre et større prosjekt.

## 5 VALG AV LØSNING

Dette kapittelet handler om valg av løsninger for oppgaven. Valg av posisjonssystem for prosjektet er i fokus.

### 5.1 Systemkrav

Systemkrav for valg av posisjonssystem

- Systemet bør være motstandsdyktig mot interferens
- Systemet skal ikke interferere andre sendere/mottakere på dronen
- Posisjon i x/y planet skal være mer nøyaktig enn GNSS (uten RTK), sikter på system med nøyaktighet under 1m.
- Systemet skal være innenfor regelverk for sendestyrke og frekvenser
- Systemet skal kunne beregne lokal posisjon
- Rekkevidden til systemet bør være over 30meter

### 5.2 Forslag til andre posisjonsmetoder enn UWB

Bachelor oppgaven er i samarbeid med bedriften Kongsberg, bedriften har ønsket at prosjektet skal teste UWB som posisjonssystem. Likevel ble andre teknologier vurdert av gruppen for alternative løsninger. System som gir ut posisjon i koordinater ble vurdert og system som finner avstand til objekt slik som lidar og stereokamera ble ikke vurdert.

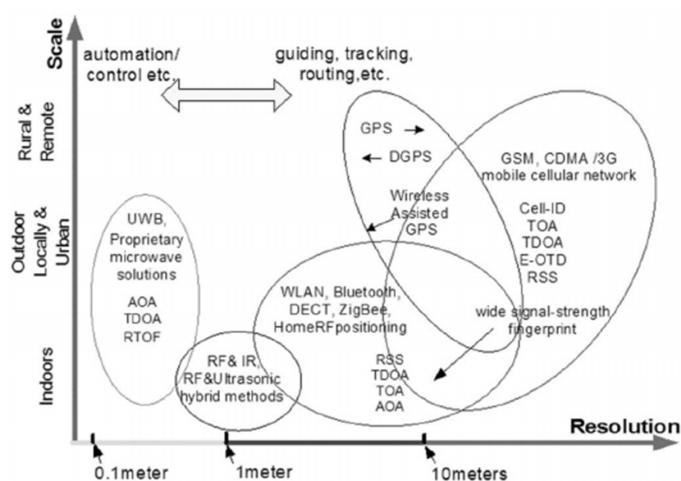


Figure 2: Sammenlikning av posisjoneringssystemer.

### 5.3 Kamera triangulering

Kamera triangulering bruker flere kamera for å triangulere posisjonen til ett eller flere objekt. På objektet som skal spores plasseres flere markører. Slik kan man finne posisjonen og rotasjonen. Denne teknologien er mye brukt i filmproduksjoner og spillutvikling. Kamera triangulering kan være veldig nøyaktig. Systemet Optitrack beskriver oppløsningsavviket på millimeternivå. Disse systemene kommer ofte med en høy pris, som er utenfor prosjektets budsjett. Rekkevidden til systemene er også litt kort til prosjektets anvendelsesområde, og utendørsbruk kan være krevende.



Figure 3: Droner for kameratriangulering.

### 5.3.1 Bluetooth, Zigbee og Wifi

Denne teknologien baserer seg på signalstyrke for å beregne posisjonen. Oppløsningen på posisjonen til vil ligge i meterområdet bluetooth (ca 1-5m) og Wifi(ca5-20), det vil være for unøyaktig for prosjektets anvendelsesområde siden det er mer unøyaktig enn GNSS kan være. Denne teknologien bruker frekvenser innenfor 2.4ghz og 5.8ghz De fleste droner bruker allerede disse frekvensene for kommunikasjon, her vil sendingen kunne forstyrre hverandre.

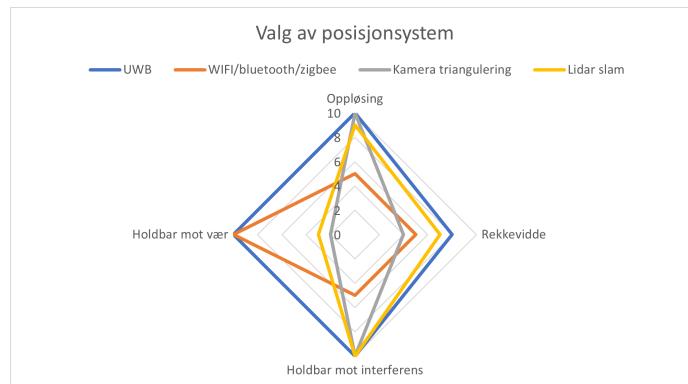


Figure 4: Valg av system.

### 5.3.2 UWB

I sammenligningen med de andre posisjonssystemene slår gruppen fast at UWB vil kunne fungere godt for anvendelsesområdet for oppgaven.

## 5.4 Valg av UWB system

For valg av UWB-system var det 3 forskjellige systemer som ble vurdert.

### 5.4.1 DWM100



Figure 5: DWM100.

Denne UWB modulen består av UWB sensoren DW1000 som er brukt i flertallet av UWB system. For prosjektets bruk sammen med en drone er det nødvendig å lodde modulen til en mikrokontroller. Det trengs også en løsning for å gi strøm til sensorene. For å bruke DWM1000 til å finne posisjon er det nødvendig med programvare som triangulerer signalene fra modulene, det finnes ingen tilgjengelig programvare for dette slik at mye arbeid i bacheloren ville gått til programmering.

#### 5.4.2 DWM1001



Figure 6: DWM1001.

DWM1001 består av sensor/mottaker DW1000, i denne modulen er mikrokontroller inkludert, slik det er lite arbeid med oppkobling. Slik som DWM1000 vil det være mye arbeid med å programmere systemet til posisjonsbruk.

#### 5.4.3 POZYX



Figure 7: Pozyx creator kit lite.

Pozyx systemet består av anker og tags som inneholder mikrobrikken Dw1000. Creator kit Lite kommer med 4 anker og 2 tags. Dette systemet kommer med programvare og har god dokumentasjon for bruk med egen programvare. For å velge hvilket system gruppen skulle bestille ble ulike fakturer vurdert. Figur ?? demonstrerer de ulike faktorene. Valget falt da på POZYX systemet da det passet godt til vår oppgave, det skal være lett å sette opp og har mye dokumentasjon. Det at POZYX systemet har ferdig programvarer og bibliotek passer godt til oppgaven, da oppgaven til prosjektet er ikke å programmere ett UWB-system fra grunnen, men det er å forske på hvordan UWB vil fungere i bruk med droner.

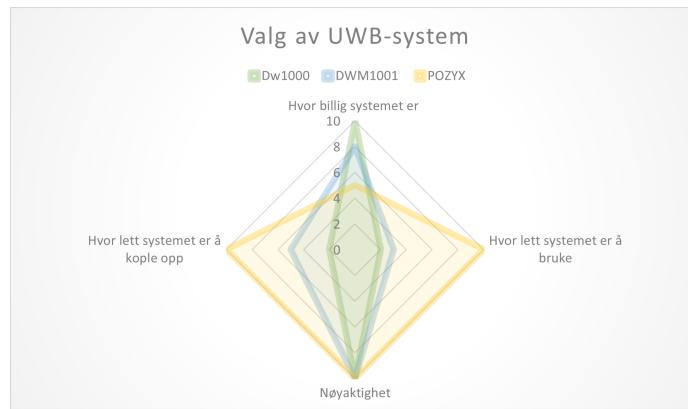


Figure 8: Valg av UWB system.

### 5.5 Valg av platform

For å knytte prosjektet opp mot droneteknologiutdanningen har gruppen bestemt seg for å bruke quadrotor (drone) for prosjektet. Om prosjektet fungerer godt med enn drone, vil det sannsynligvis fungere godt for roveren til Kongsberg. Erfaringer fra utendørsflyvninger i Tromsø der prosjektet utføres er at været er enn stor hindring, det ble derfor valgt å bruke en drone som er mulig å bruke innendørs. Valget ble å bruke en «racing» drone med propellerbeskyttere, som vist i figur ???. Denne dronen har løftekraften til å løfte sensorene som er nødvendig samtidig som den har liten størrelse.



Figure 9: Drone ramme med 3D-printet beskyttelse.

### 5.6 Konsept

Systemet består av et dronesystem med påmontert UWB-tag som kommuniserer med 4 UWB-anker. UWB-tagen regner ut avstandene til ankerene og sender dataen til flightkontrolleren. Målet er å bruke UWB-systemet til å kunne få dronen til å flyve ved hjelp av UWB-posisjon. Figur ?? viser dette.

#### 5.6.1 Design av drone

Det ble valgt å bruke en “racing” drone med 5 tommer propeller til prosjektet. For å få den sikker ble det vurdert at propellerbeskyttere måtte bli brukt.

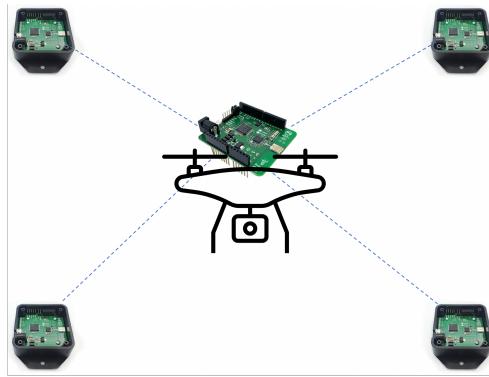


Figure 10: Posisjoneringskonsept.

#### 5.6.2 3D-printede deler

Det ble designet propellerbeskytter for å dekke både oversiden og undersiden av propellerbladet. Disse ble deretter festet på drone rammen. For å beskytte UWB-tagen ble det designet ett veltebur på oversiden av dronen. Batteriet ble plassert på undersiden av dronen på grunn av UWB-tagen sitter på toppen, for å beskytte batteriet mot harde landinger ble det designet landingsben for å ta imot kreftene. De 3d-printede delene ble printet i PLA plast, PLA vil kunne knekke i harde landinger eller krasj, men delene er designet for å kunne bli enkelt byttet ut. Delene ble designet i Fusion 360. For å finne ut hvor delen vil kunne få svikt ble stressanalyseverktøyet til Fusion 360 brukt, som vist i Figur ??.

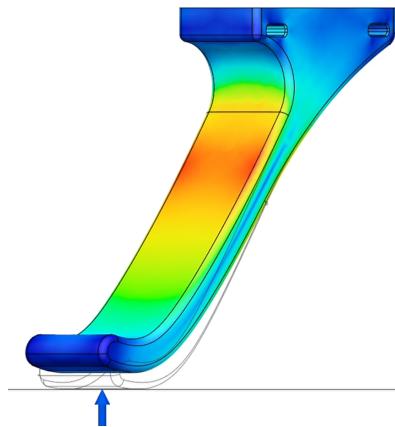


Figure 11: Stresstest i Fusion 360

#### 5.6.3 Oppkobling av dronen

Dronen består av flightkontroller, motorer, motorkontroller...

#### 5.6.4 UWB-tag til flightcontroller

For å få data fra UWB-tagen til rett protokoll til ardupilot var det nødvendig med en mikrokontroller for å ”oversette”. I figur?? vises oppkoblingen fra UWB-tag t.v til mikrokontroller til flightkontroller. På mikrokontrolleren kjøres ett datascript som setter opp UWB-tag for å kunne kommunisere med ankerene ved å sette rette adresser til anker, samt hvor ankerene er plassert. Deretter regnes det ut avstand til hvert anker og koordinat til tag-en. For at flightkontrolleren skal forstå dette må det sendes på riktig protokoll som arduinokoden ordner.

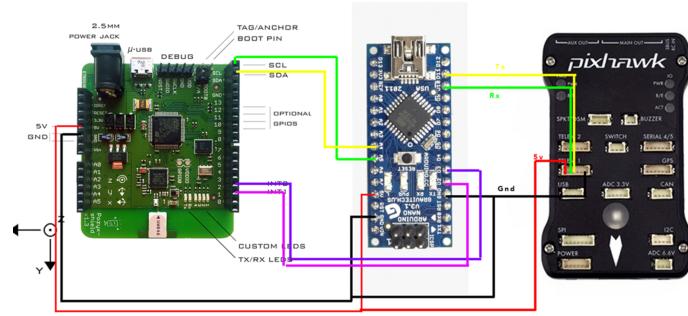


Figure 12: Oppkobling av "Oversetter" fra UWB-tag til flightkontroller.

### 5.6.5 Oppsett av anker

For at UWB-tag-en skal kunne regne ut posisjonener den avhengig at ankerene er plassert riktig. Det er viktig at ankerene ikke beveger seg, har riktig orientasjon og riktig placering. Ankerene trenger også strøm for å kjøre siden de svarer tag-en sine meldinger. Løsningen her er å bruke borrelås for faste installasjoner, og tripodder for oppsett som er midlertidig. For å gi ankerene strøm blir små batteripakker brukt, dette bør fungere godt siden ankerene trekke svært lite strøm.

A statement requiring citation Skaar2021.

Ultrabredbånd, eller Ultrawideband (UWB), beskriver radiokommunikasjon med båndbredder høyere enn 500 MHz. På slutten av 1900 tallet ble UWB smått tatt i bruk, men ble da mest brukt til radar, sensorer og militært bruk. Dette endret seg etter 2002, da US Federal Communication Commission (FCC) vedtok at UWB kunne bli brukt til data kommunikasjon, radar og sikkerhets applikasjoner. UWB ble da tildelt frekvensene fra 3.1 til 10.6 GHz, som er den største båndbredden til noe kommersielt landbasert system. På grunn av at den store båndbredden kunne føre til mye interferens med andre kommunikasjonssystemer, ble det satt strenge regler for effekten til UWB. Disse reglene gjør f.eks. at ved bruk av hele UWB spekteret, 7.5GHz, vil man ikke kunne bruke en effekt høyere enn 0.5 mW. Grunnen til at UWB er blitt populært på mange områder er den store båndbredden. Denne gjør at det er mulig å sende mye data med høy frekvens. Den lave sende effekten gir både fordel og ulemper. På korte distanser kan man sende mye data samtidig som man bruker veldig lite strøm. For å sende data over lengre distanser derimot, trengs mer effekt enn det reglementet for UWB tillater. Mearian2019

### 5.6.6 Two way ranging

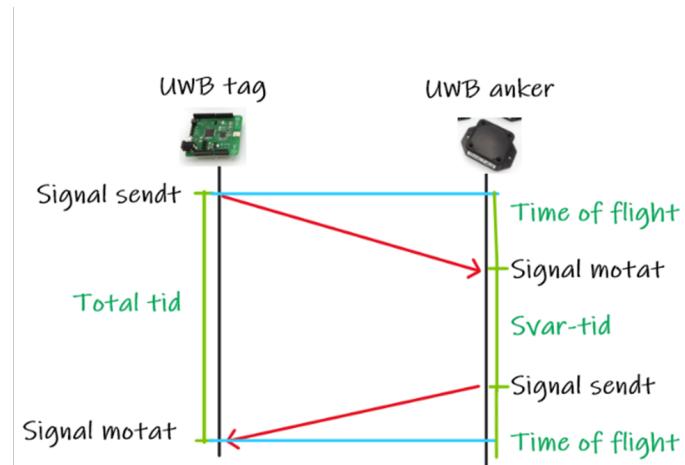


Figure 13: Two way ranging.

For å finne avstanden mellom en tag og et anker brukes two way ranging (TWR) protokollen som vist i figur ???. Det man er ute etter å finne her er tiden signalet bruker fra ankeret til tagen, og bruke dette til å regne ut avstanden. Et signal blir først sendt fra tagen til ankeret. Dette signalet bruker tiden  $t_{of}$  (time of flight). Etter en viss tid,  $t_{svar}$ , sender ankeret et signal tilbake. Det antas at tiden fra tagen til ankeret er det samme som tiden fra ankeret til tagen, altså  $t_{of}$ . Når tagen mottar signalet tilbake fra ankeret regner den ut tiden fra den sendte ut signalet, til den fikk et signal tilbake ( $t_{total}$ ). Dersom  $t_{svar}$  er kjent på forhånd, kan man regne ut  $t_{of}$  er dermed avstanden mellom tagen og ankeret:

$$t_{total} = t_{of} + t_{svar} + t_{of}$$

$$t_{total} = t_{svar} + 2 \cdot t_{of}$$

$$t_{of} = \frac{t_{total} - t_{svar}}{2}$$

UWB signalet reiser i lysets hastighet, altså:  $v_{uwb} \approx 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$   
Dermed kan distansen regnes ut ved:

$$d = t_{of} \cdot v_{uwb}$$

Grunnen til at TWR blir brukt er at det ikke krever synkronisering mellom tagen og ankeret. Så lenge  $t_{svar}$  er kjent kan distansen regnes ut. Denne protokollen gjør

også at det er tagen selv som regner ut distansen, som gjør det til en god protokoll for bruk på en drone som ønsker å vite sin egen posisjon. Det er også mulig å utvide TWR ved at tagen sender ut et ekstra signal etter den har fått signalet tilbake fra ankeret. På denne måten kan både tagen og ankeret regne ut avstanden mellom dem.

**Figure 14:** An example of a floating figure (a reproduction from the *Gallery of prints*, M. Escher, from <http://www.mcescher.com/>).

## 6 METHODS

1. First item in a list
2. Second item in a list
3. Third item in a list

### 6.1 Paragraphs

**PARAGRAPH DESCRIPTION** Sed commodo posuere pede. Mauris ut est. Ut quis purus. Sed ac odio. Sed vehicula hendrerit sem. Duis non odio. Morbi ut dui. Sed accumsan risus eget odio. In hac habitasse platea dictumst. Pellentesque non elit. Fusce sed justo eu urna porta tincidunt. Mauris felis odio, sollicitudin sed, volutpat a, ornare ac, erat. Morbi quis dolor. Donec pellentesque, erat ac sagittis semper, nunc dui lobortis purus, quis congue purus metus ultricies tellus. Proin et quam. Class aptent taciti sociosqu ad litora torquent per conubia nostra, per inceptos hymenaeos. Praesent sapien turpis, fermentum vel, eleifend faucibus, vehicula eu, lacus.

**DIFFERENT PARAGRAPH DESCRIPTION** Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Donec odio elit, dictum in, hendrerit sit amet, egestas sed, leo. Praesent feugiat sapien aliquet odio. Integer vitae justo. Aliquam vestibulum fringilla lorem. Sed neque lectus, consectetur at, consectetur sed, eleifend ac, lectus. Nulla facilisi. Pellentesque eget lectus. Proin eu metus. Sed porttitor. In hac habitasse platea dictumst. Suspendisse eu lectus. Ut mi mi, lacinia sit amet, placerat et, mollis vitae, dui. Sed ante tellus, tristique ut, iaculis eu, malesuada ac, dui. Mauris nibh leo, facilisis non, adipiscing quis, ultrices a, dui.

## 7 RESULTS AND DISCUSSION

Reference to Figure ??.

Suspendisse vitae elit. Aliquam arcu neque, ornare in, ullamcorper quis, commodo eu, libero. Fusce sagittis erat at erat tristique mollis. Maecenas sapien libero, molestie et, lobortis in, sodales eget, dui. Morbi ultrices rutrum lorem. Nam elementum ullamcorper leo. Morbi dui. Aliquam sagittis. Nunc placerat. Pellentesque tristique sodales est. Maecenas imperdiet lacinia velit. Cras non urna. Morbi eros pede, suscipit ac, varius vel, egestas non, eros. Praesent malesuada, diam id pretium elementum, eros sem dictum tortor, vel consectetur odio sem sed wisi.

### 7.1 Subsection

#### 7.1.1 Subsubsection

**WORD** Definition

**CONCEPT** Explanation

**IDEA** Text

Etiam euismod. Fusce facilisis lacinia dui. Suspendisse potenti. In mi erat, cursus id, nonummy sed, ullamcorper eget, sapien. Praesent pretium, magna in eleifend

(a) (A) For-  
cityest  
maland-  
ketscape.

(c) (M) Moun-  
tain-  
tartle  
landec-  
scape.  
ra-  
tion.

**Figure 15:** A number of pictures with no common theme.

egestas, pede pede pretium lorem, quis consectetur tortor sapien facilisis magna. Mauris quis magna varius nulla scelerisque imperdiet. Aliquam non quam. Aliquam porttitor quam a lacus. Praesent vel arcu ut tortor cursus volutpat. In vitae pede quis diam bibendum placerat. Fusce elementum convallis neque. Sed dolor orci, scelerisque ac, dapibus nec, ultricies ut, mi. Duis nec dui quis leo sagittis commodo.

- First item in a list
- Second item in a list
- Third item in a list

#### 7.1.2 *Table*

**Table 1:** Table of Grades

Name		
First name	Last Name	Grade
John	Doe	7.5
Richard	Miles	2

Reference to Table ??.

#### 7.2 *Figure Composed of Subfigures*

Reference the figure composed of multiple subfigures as Figure ?? . Reference one of the subfigures as Figure ??.