

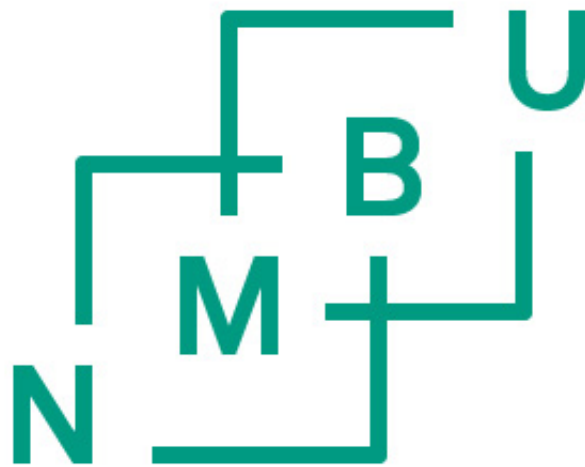


Bruk av GNSS-teknologi til måling av rørsle i massivtrebygg

Anette Klock Urtegård

15. mai 2014

Masteroppgåve i geomatikk
Noregs miljø- og biovitenskaplege universitet
Ås



Samandrag

Denne oppgåva omhandlar GNSS som målemetode for å detektere rørsle i to bygg som har massivtre som byggjemateriale. Massivtre er eit miljøvennleg og fleksibelt byggjemateriale som har stort potensial for å bli meir brukt i både i Noreg og i verda. Bygga som har blitt målt heiter Palisaden og er bygd som studentbustad på Ås. Dei er 24 meter høge, noko som gjer dei til dei høgaste massivtrebygga i Noreg fram til no.

Målet med oppgåva er å finne ut om bygga rører seg ved vindlast. Målemetoden som vart nytta var relativ GNSS. Med gode måleforhold og korte baselinjer har dette gitt resultat som kan seie noko om rørsle i bygga ned til 1 cm i maksimalt utslag. I oppgåva var metoden designa for finne igjen svvingar og eigenfrekvensar bygga kunne ha. Under perioden med målingar har det ikkje vore ekstreme vindlaster, men høva har heller vore som eit normalt år. Ved å nytte fouriertransformasjon på signala kunne ein sjå igjen at der var ingen frekvensar som var signifikante og dermed tyder det på ingen svvingar med utslag over 1 cm i bygga.

Abstract

This paper is about GNSS used to measure movements in two buildings built with solid wood elements. Solid wood is an environment-friendly and flexible construction material with a great potential to be more used in both Norway and rest of the world. The buildings are named Palisaden and are built as student housing in Ås, Norway. They are 24 meters high, which makes them the tallest buildings in massive wood in Norway today.

The objective with this paper is to find if these buildings are moving in wind loads. To measure this it has been used relative GNSS measurements. The area has good measuring conditions with short baselines and this has given results that can measure movement down to 1 centimeter in peak-to-peak amplitude. The approach in this paper was to find oscillations and eigenfrequency the buildings might have. During the measurements there has not been any extreme wind loads, rather a year with normal weather conditions. Using Fourier transform it showed that there were no significant frequencies in the signals, and therefore a conclusion that there has not been any oscillations over 1 cm in the buildings.

Forord

Denne masteroppgåva er siste innspel for å avslutte mi 5- årige utdanning i Master i teknologi: Geomatikk - Kart, satellittar og 3D-modellering, ved Norges miljø og biovitenskaplege universitet (NMBU). Oppgåva utgjer 30 studiepoeng og vart gjennomført i løpet av hausten 2013 og våren 2014.

Oppgåva har blitt til gjennom prosjektet "Wood/Be/Better", som NMBU er med på. Gjennom mitt styreverv i Studentsamskipnaden i Ås (SiÅs), fekk eg fort eigartilhøvet og motivasjon til å skrive denne oppgåva. SiÅs har vore nyskapande når det kjem til å bruke massivtre i studentboligar i Noreg. Denne byggemetoden er både miljøvenleg og effektiv, som er positivt både for studentar sin økonomi og dei- ra medvit kring klimaproblematikken som vi har i verda i dag. Val av målemetode passa meg bra, då GNSS er det eg synast har vore noko av det mest spennande å lære om i løpet av studietida.

Å jobbe med denne oppgåva har både vore utfordrande og lærerikt. Det å ha ansvar for heile prosessen, frå planlegging og målingar til resultat, har vore veldig kjekt og gjort at eg har fått ei ekstra tilknytning til oppgåva.

Eg vil rette ein stor takk til alle som har medverka slik at denne oppgåva kunne bli gjennomført. Spesielt stor takk til rettleiaren min, Jon Glenn Gjevestad, for god hjelp og rettleiing undervegs. Takk til Nils Ivar Bovim og Einar Nathan for hjelp med det byggtekniske og onkelen min Bjørn Klock for gode innspel i innspurten. Til slutt vil eg takke alle på lesesalen for god hjelp, motivasjon og godt humør gjennom heile semesteret.

Anette Klock Urtegård

Ås, 15. mai 2014

Innhald

1	Innleiing	1
1.1	Problemstilling	2
2	Teori	3
2.1	Prinsipp i GNSS-posisjonering	3
2.1.1	Romsegmentet	4
2.1.2	Kontrollsegmentet	4
2.1.3	Brukarsegmentet	5
2.2	Posisjonering ved bruk av satellittar	5
2.2.1	Kodemåling	6
2.2.2	Fasemåling	6
2.2.3	Feilkjelde	8
2.2.4	Relativposisjonering med GNSS	11
2.2.5	Absoluttposisjonering med GNSS	13
2.3	Bruk av GNSS i rørsledetektering	14
2.4	Frekvensanalyse	15
2.4.1	Fouriertransformasjon	16
2.4.2	Samplingsteoremet	17
3	Massivtre som byggjemateriale	19
3.1	Massivtre	19
3.1.1	Tre som byggematerial i høghus	20
3.2	Rørsle i bygg	21
3.2.1	Laster på bygg	21
3.2.2	Eigenfrekvensar i bygg	21
3.3	Palisaden	22
4	Forsøksdesign og datainnsamling	25
4.1	Forsøksdesign	25
4.2	Datainnsamling	26

4.2.1	Måleområdet	26
4.2.2	GNSS-målinger	26
4.2.3	Vindmålinger	29
4.3	Målinger med tvungen rørsle	30
5	Datahandsaming	33
5.1	Utrekningar	33
5.1.1	Prosessering av data i RTKLIB	33
5.1.2	Utrekningar i MATLAB	34
5.1.3	Frekvensanalyse i MATLAB	36
6	Resultat og analyse	37
6.1	Analyse av data frå målingane på Palisaden	37
6.2	Analyse av data med tvungen rørsle	40
6.3	Test av korrelasjonen mellom målinger	43
7	Diskusjon	45
7.1	Målemetoden	45
7.1.1	Korrelasjon	46
7.1.2	Multipath	46
7.2	Vindmålinger	47
7.2.1	Vindstyrke	47
7.3	Eigenskapar til høghus i massivtre	47
7.3.1	Demping	48
7.3.2	Høgare frekvensar	48
7.3.3	GNSS-målinger på begge bygga samstundes	49
7.4	Vidare arbeid	49
8	Konklusjon	51
	Litteratur	55
A	Dataformat, programvare og utstyr	57
B	Vinddata	59
C	Absoluttposisjonar	71
D	FFT-analyse	73

Kapittel 1

Innleiing

Befolkningsvekst og sentralisering er ei utvikling ein ser over store delar av verda i dag. Liten tilgang på areal og aukande tomtekostnader er eit kjent fenomen både lokalt og globalt. Samstundes står verda ovanfor ei tydeleg klima og miljø utfordring. Å byggje i høgda er ein effektiv måte å utnytte plassen ein har tilgjengeleg, og ved å kombinere det med miljøvenlege byggjemateriale medverkar det til ei positiv utvikling for to av utfordringane som verda står ovanfor i dag.

Vi veit frå før at bygg og konstruksjonar blir utsett for større krefter frå naturen til høgare ein bygg. Variasjonar i vind, temperatur, fukt og lys aukar når konstruksjonane vert høgare. Gjennom året og på enkelte stader kan variasjonane i desse faktorane bli ekstreme, særleg på våre breiddegradar. Det å auke kunnskapen om korleis dette påverkar bygg og konstruksjonar, kan medverkar til å forbetre byggeteknikken, unngå ulykker og finne smartare og meir effektive måtar å byggje på.

Hausten 2013 opna Studentsamskipnaden i Ås to bustadblokker som førebels er dei høgaste massivtrebygga i Noreg. Massivtre er foreløpig eit lite brukt byggjemateriale i Noreg, og det er derfor gjort lite forskning på eigenskapane til denne typen bygg. Med eit lettare og meir fleksibelt byggjemateriale enn dei tradisjonelle, kan ein tenkje seg at bruk av massivtre i høghus vil bli lettare påverka av ytre faktorar enn til dømes betong. Massivtre er eit miljøvenleg byggjematerial, både i energi- og ressursbruk, og kan derfor bli eit viktig byggjematerial i framtida. Med dagens fokus på miljø og mogelegheitene for meir industri med grunnlag i norske råvarer, er spennande aspekt ved massivtre som gjer at denne oppgåva blir aktuell. Dersom ein skal fortsette å bruke massivtre i høgare konstruksjonar enn åtte etasjar, er det

avhengig av at både bebuarar og konstruksjon kan tole eventuelle rørsle skapt av ytre faktorar.

Det eksisterer ulike målemetodar ein kan nytte for å finne rørsle i bygg. I denne oppgåva vart GNSS valt. Ved å bruke relativ GNSS-målingar som kan gi høg nøyaktigheit, kan målemetoden nyttast til å finne små variasjonar i posisjon. Nickitopoulou et al.[2006] har studert fleire forsøk med bruk av GNSS til å monitorere rørsle i konstruksjonar. Dei konkluderer med at GNSS er eit lovande verktøy til dette formålet.

1.1 Problemstilling

Målet med denne oppgåva er å finne ut om det er rørsle i to massivtrehus på åtte etasjar. Av ytre faktorar er det vindlast som sannsynlegvis har størst påverknad i området der bygga står. Derfor blir oppgåva avgrensa til å studere vindlast som påverknad til rørsle i konstruksjonen. Målemetoden som vert nytta er relativ GNSS. For å finne igjen frekvensar, vert det nytta FFT-analyse på måleresultata. Målemetoden er avhengig av svingingar i bygget for at rørsle skal kunne målast. Oppgåva har også eit mål om å finne ut kva for amplitudeutslag og frekvensar ein kan detektere ved å nytte GNSS og FFT-analyse. Dette for å verifisere at målemetoden kan nyttast til formålet med oppgåva.

Kapittel 2

Teori

2.1 Prinsipp i GNSS-posisjonering

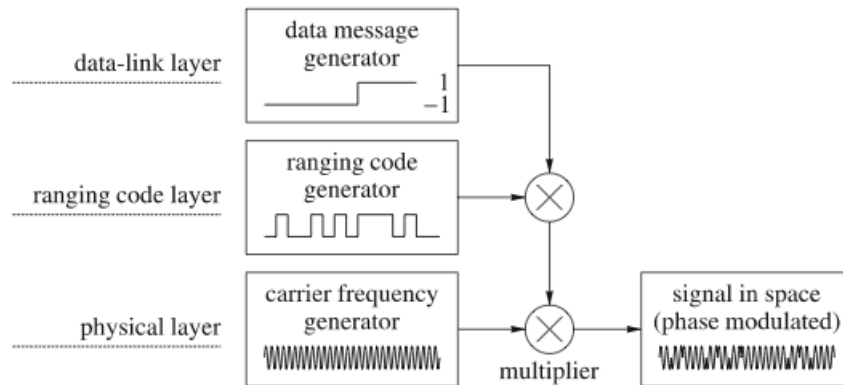
Satellittbaserte målesystem gjer det mogeleg å finne posisjonar og hastigheiter på heile jordkloten. Global Navigation Satellite System (GNSS) er ei fellesnemning for fleire satellittbaserte navigasjonssystem [Hofmann-Wellenhof et al., 2007]. I dag er det to system som er operative; det amerikanske Global Positioning System (GPS) og det russiske GLONASS. I desse dagar er det fleire system under utvikling. Blant anna er EU i ferd med å utvikle sitt eige system som dei kallar GALILEO. GALILEO blir eit sivilt system, i motsetnad til GPS og GLONASS som er militære system. Også Kina jobbar med sitt eige satellittsystem; Beidou/Compass.

GNSS er eit passivt system, som vil seie at signalet berre går ein veg (one-way ranging). Målemetoden baserer seg på kor lang tid signalet brukar frå satellitt til mottakar [Forssell, 2009]. I satellittane er det presise atomklokker som fortel når signalet blir sendt ut. Klokkene til mottakarane er ikkje like presise som klokkene i satellittane. Klokkene i satellitt og mottakar er ikkje synkronisert med kvarandre. Dermed må ein løyse ut for klokkeparameter i tillegg til posisjonen i X,Y og Z. Derfor er ein avhengig av at minst 4 satellittar er synlege for mottakaren til ei kvar tid for å kunne måle posisjonen til mottakar. Ved å ha minst 24 operative satellittar dekkjer ein heile jorda til ei kvar tid. GNSS er samansett av eit romsegment, eit kontrollsegment og eit brukarsegment, som forklart nedanfor.

2.1.1 Romsegmentet

Romsegmentet består av satellittar som går i bane omlag 20000 km utanfor jorda si overflate. GPS har ein inklinašjonsvinkel på 55° og brukar 11 timar og 58 minutt på ein runde rundt jorda [Forsell, 2009]. GLONASS har kortare omløpstid, 11 timar og 15 minutt, og ein inklinašjonsvinkel på $64,8^\circ$ [?]. Høgare inklinašjonsvinkel gjer at GLONASS dekkjer polområda betre enn GPS.

Alle GNSS satellittane sender ut eit signal, slik at det er mogeleg å måle pseudo-avstanden til satellitten [Hofmann-Wellenhof et al., 2007]. Signalet inneheld også navigasjonsmelding, slik at brukaren kan rekne ut posisjonen til satellitten og bruke dette til å finne sin eigen posisjon på eller over jordoverflata.



Figur 2.1: Oppbygging av GNSS-signal [Hofmann-Wellenhof et al., 2007]

2.1.2 Kontrollsegmentet

Kontrollsegmentet er ansvarleg for drifta av systemet. All informasjonen ein treng om posisjonering, som bane- og klokkeparameter, får ein herfrå. Det er også frå kontrollsegmentet all kommunikasjon med satellittane skjer. GPS har 12 kontroll og kommandoantennar og 16 overvakingstasjonar plassert rundt på jorda. Desse lastar opp og tek imot data frå satellittane, og alt er styrt frå hovudkontrollstasjonen i Colorado [Forsell, 2009].

2.1.3 Brukarsegmentet

Brukarsegmentet er mottakarar som brukar signala frå satellittane til å bestemme ein global posisjon. Signalet brukar omlag 67 millisekund frå satellitt til mottakar i hastigheita til lyset [Zogg, 2009]. Mottakaren treng signal frå fire ulike satellittar for å finne posisjonen. Ved hjelp av pseudoavstandane kan mottakaren rekne ut ein posisjon i lengdegrad, breiddegrad og høgde.

2.2 Posisjonering ved bruk av satellittar

Posisjonering ved bruk av GNSS-satellittar baserer seg måling av pseudoavstandar mellom mottakar og fire satellittar [Seeber, 2003]. Det er to ulike metodar ein kan bruke for å regne ut posisjonen sin ved å bruke satellittar. Kva metode ein brukar er avhengig av bruksområde til målinga, kva nøyaktigheit som krevjast og kva utstyr ein har tilgjengeleg.

Atomic clock (CS,Rb) Fundamental frequency	10.23 MHz
L1 carrier signal	$154 * 10.23 MHz$
L1 frequency	1574.42MHz
L1 wavelength	19.0 cm
L2 carrier signal	$120 * 10.23 MHz$
L2 frequency	1227.60 MHz
L2 wavelength	24.4 cm
P-code	10.23 MHz
P-code wavelength	29.31 m
P-code period	266 days 7 days/satellite
C/A-code frequency	1.023 MHz
C/A-wavelength	293.1 m
C/A-code period	1 ms
data signal frequency	50 bps
data signal cycle length	30 seconds

Figur 2.2: Signalet frå GPS-satellittane har forskjellige eigenskapar og verdier. [Seeber, 2003]

2.2.1 Kodemåling

GPS-satellittane sender ut kvar sine unike kodesekvens som blir kalla PRN-kode (Pseudo Random Noise). Signalet inneheld berre dei binære verdiane, 0 og 1. Koden er unik for kvar satellitt. PRN-kodane blir sendt ut saman med navigasjonsmeldinga og desse to har ein bitstraum hastigheit på 50 bit/sek. PRN-koden inneheld blant anna informasjon om banedata til satellitten. Kvar satellitt sender ut signal på to ulike bølgløgjer som blir kalla L1 og L2.

GNSS-måling blir kalla kodemåling når ein nyttar PRN-koden til å fastsetje når signalet kjem til mottakaren [Forsell, 2009]. Avstanden signalet brukar frå satellitt til mottakar blir multiplisert med lyset si fart. GPS har to ulike PRN-kodar, P-kode og C/A-kode. P-koden er kryptert og den er i utgangspunktet berre for det amerikanske militæret. C/A-koden er fritt tilgjengeleg for alle med ein GNSS-mottakar.

Ved å bruke kodemåling på C/A-koden kan ein oppnå ein nøyaktigheit på nokre få meter ved absolutt posisjonsmåling. P-koden har ei nøyaktigheit på litt under ein meter. Skilnaden kjem av at C/A-koden har ei chipping rate på 1.023 MHz som gir bølglengd på omlag 300 m, medan P-koden har chipping rate på 10.23 MHz som gir 30 m bølglengd [Seeber, 2003]. Ved å bruke relativ posisjonsmåling kan ein oppnå noko høgare nøyaktigheit (sjå kapittel 1.2.3).

Navigasjonsmeldinga

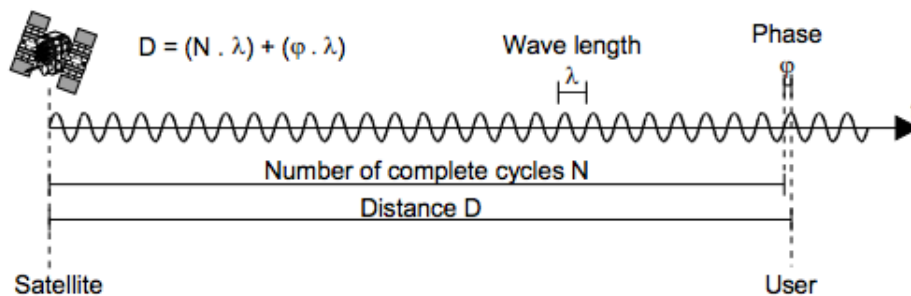
Navigasjonsmeldinga gir blant anna informasjon om satellittbaner, korreksjonsdata, GPS tid og tilstanden til satellitten [Zogg, 2009]. Heile meldinga tek 12,5 min å laste ned og ein mottakar må ha gjort det minst ein gong for å finne sin eigen posisjon. Navigasjonsmeldinga blir lasta opp frå kontrollsegmentet med jamne mellomrom.

2.2.2 Fasemåling

Skal ein drive med presisjonsmåling, må ein måle på fasen til signalet satellittane sender ut. I teorien kan ein oppnå nokre millimeters presisjon ved å bruke fasemåling [Zogg, 2009]. Bølglengda er omlag 19 cm, og det er dette som gjer

at presisjonen kan bli så høg. Mellom satellitt og mottakar er det veldig mange bølgjelengder. Sidan fasen er periodisk med 360° vil det bli eit fleirtydeligheitsproblem [Førssell, 2009]. Satellittane sender ut signal på ulike frekvensar. Figur 2.2 viser L1 og L2 frekvensen frå GPS-satellittane og deira verdiar. Å måle med kombinasjon av frekvensar kan gi eit betre resultat.

Ein metode å løyse fleirtydigheita på, er å bruke to mottakarar som målar samtidig. Dette kallast relativ eller differensiell GNSS. Mottakarane kan ikkje ha meir enn 10-20 km mellom seg. Dette er for at signalet skal ha omtrentleg same ionosfæreforhold. Mottakarane observerer dei same satellittane, og ved å bruke matematiske modellar løysar mottakaren ut tal på bølgjelengder som eit heiltal (N). På denne måten blir fleirtydigheita løyst og signalet får fix-løysing. Prinsippet er vist i figur 2.3. Ein kan også fasmåle med berre ein mottakar. Dette blir kalla Precise Point Positioning (PPP) og er utdjupa i kapittel 2.2.5.



Figur 2.3: *Prinsipp for fasmåling [Zogg, 2009]*

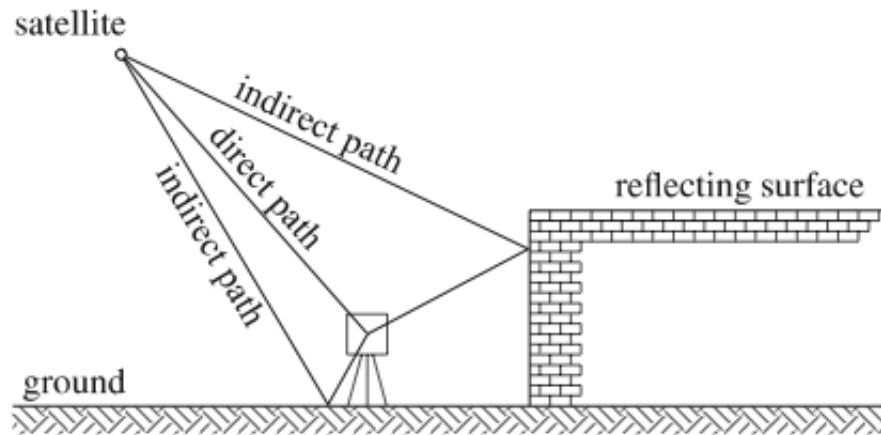
Fasebrot

Når mottakaren mistar faselåsen til signalet, får ein eit fasebrot [Seeber, 2003]. Eit fasebrot vil visast som eit plutsleg hopp i signalet og kan kome til dømes av satellittar med lav elevasjonsvinkel, multipath, ionosfæreforstyrking eller hinder i signalbana. Fasebrot skjer berre ved fasmålingar.

2.2.3 Feilkjelde

Multipath (fleirvegsinterferens)

Multipath skjer når GNSS-signalet først treffer eit anna objekt før det når til mottakaren [Hofmann-Wellenhof et al., 2007]. Multipath gjer då at mottakaren tek imot signal med faseforskyvingar som kan gi feil posisjonsutrekning.

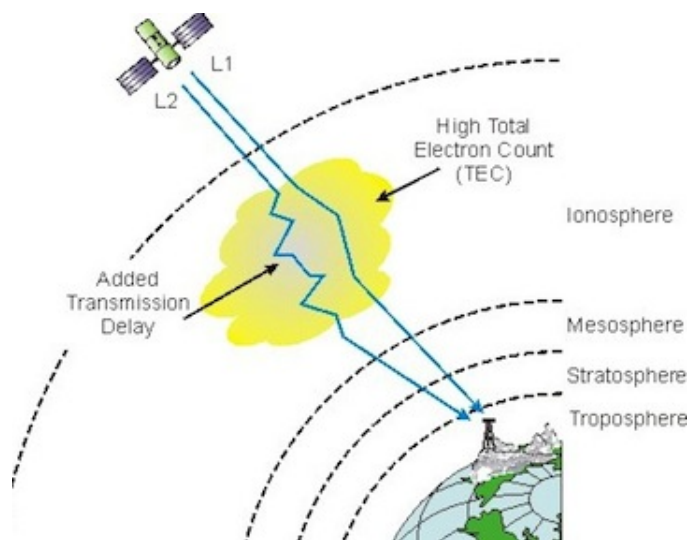


Figur 2.4: *Multipath [Hofmann-Wellenhof et al., 2007]*

Elevasjonsvinkelen til satellitten spelar ei stor rolle når det kjem til multipath slik som figur 2.4 viser. Ved høge elevasjonsvinklar vil refleksjonen av signalet frå om-liggande bygningar og tre vere veldig liten eller ingenting. Ved å vere kritisk til kvar ein sett opp mottakar eller setje krav om høg elevasjonsvinkel i utrekninga kan ein minimere feila som kjem av multipath. På grunn av geometrien vil kodemålingar få større feil enn fasemålingar. Effekten av multipath kan maksimalt gi ein feil på 10-20 m ved kodemålingar. Ved fasemåling kan ein bruke god satellittgeometri, korte baselinjer og lange observasjonsintervall, for å minimere effekten av multipath. Då burde det ikkje slå ut meir enn 1 cm på resultatet. Multipath kan også føre til fasebrot (sjå kap 2.2.2).

Ionosfæreeffektar

Ionosfæren er laget som ligg øvst i jorda sin atmosfære, frå 50-1000 km over jorda si overflate [Seeber, 2003]. Ionosfæren har gassar som er ioniserte, som gjer at dei er elektrisk leiande. Ionosfæren blir påverka av aktiviteten til sola og det geomagnetiske feltet, som begge vaierar. Dette gjer at signala kan få målefeil frå 1 m til over 100 m på grunn av ionosfæren. Før satellittsignala treff atmosfæren går den gjennom vakuum og har konstant fart [Zogg, 2009]. Når dei treff ionosfæren vil signalet gå treigare og er ikkje lenger konstant. Dette gjer at avstandsutrekninga basert på lyset si hastigheit kan gi store feilutslag.



Figur 2.5: *Ionosfæreeffektar vil påverke L1- og L2-signalet ulikt. [GPS Reflections Research Group, University of Colorado, 2014]*

Ein kan bruke ulike metodar for å forbetre resultatata. Ein av dei er å måle med to mottakarar og lage baselinjer. Då vil signala gå gjennom omtrentleg same område i ionosfæren og feila blir kansellert i utrekninga. Ein annan metode er å måle på fleire frekvensar samstundes, slik som figur 2.5. Frekvensane vil bli påverka ulikt og ein kan dermed rekne ut effekten frå ionosfæren og trekkje den frå i utrekninga.

Troposfæreeffektar

Troposfæren er det laget i atmosfæren som er nærmast jordoverflata. Det strekk seg frå 10-20 km over jordoverflata. Troposfæren påverkar GNSS-signala ulikt, avhengig av tettheit av gassmolekyl og luftfuktigheita [Zogg, 2009]. Troposfæren kan variere ved berre korte avstandar. Derfor er ein avhengig av korte baselinjer for at effekten frå troposfæren skal vere den same i begge mottakarane [Seeber, 2003]. Store høgdedifferansar mellom stasjonane kan også gi feil. Troposfæren er delt inn i to delar; ein tørr del som utgjer omlag 90% og ein våt del på omlag 10%. Det er den våte delen som er vanskeleg å modellere sidan den er i konstant rørsle, til dømes ved regn og tåke. Dess lenger signalet går igjennom troposfæren dess større avvik kan ein få. Derfor blir det betre resultat frå målingar med høge elevasjonsvinklar.

Korrelasjon mellom signala

Korrelasjon er eit mål på kor like to signal er kvarandre, samvariasjonen mellom to resultat [Store norske leksikon, 2014]. Observasjonsstøyen til GNSS er sett på som kvit støy, men ved høg målefrekvens kan korrelasjonen mellom to målingar vere signifikant for resultatet [Borre and Tiberius, 2000]. Det er skilnaden i troposfæren, ionosfæren og satellittkonstellasjonen frå måling til måling som avgjer om det er lik støy eller ikkje.

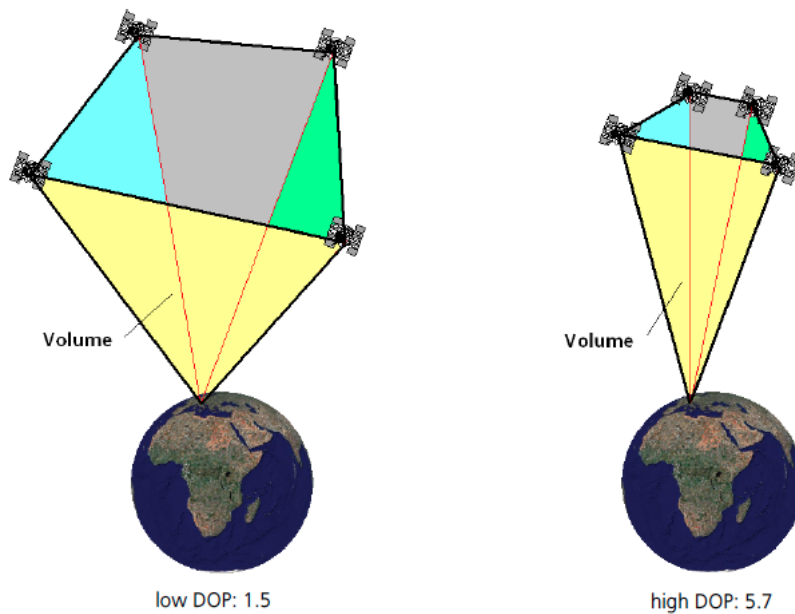
Slik som Borre og Tiberius skriv [Borre and Tiberius, 2000], kan signala til GNSS bli delt opp heilt enkelt:

$$\underline{p}(t) = \tilde{p}(t) + \underline{e}(t) \quad (2.1)$$

der $\underline{p}(t)$ er ein stokastisk variabel, medan $\tilde{p}(t)$ er det deterministiske signalet og $\underline{e}(t)$ er støy. Sidan det er vanleg å tenkje at støyen ikkje forandrar seg over tid blir $\underline{e}(t)$ sett på som kvit støy. Det er tilfelle der samplingsraten er 1 Hz eller mindre. Etter testar viser Borre og Tiberius at med ei samplingsrate på 5 Hz, er det stor tidskorrelasjon mellom målingane. Då er korrelasjonen på mellom 0,8-0,9. Dei konkluderte med at dette berre kjem frå mottakarfeil, då eksperimentet hadde baselinjer lik null. Dette viser til at ein må ta høgde for korrelasjon, og at ein ikkje lenger kan sjå på støyen som kvit ved bruk av målefrekvensar over 1 Hz. I Kartverket sin standard for satellittbasert posisjonsfastsetjing [Statens kartverk, 2009], står det at korrelerte målingar gjer at krava i pålitelighetsanalysen ikkje blir følgt opp. Pålitelighetsanalysen er ei statistisk analyse på kor store feil data inneheld.

DOP-verdiar

Dilution of precision (DOP) er verdiar som viser korleis geometrien påverkar presisjonen til resultatata [De Jong et al., 2002]. Slik som figur 2.6 viser blir DOP-verdien høgare når satellittane står nærmare kvarandre. Tetrahedronet som satellittane og mottakarar dannar blir eit volum, og dess større volum dess lågare DOP-verdi [Zogg, 2009]. Høgt volum gir betre presisjon.



Figur 2.6: DOP-verdiar [Zogg, 2009]

Det er særleg i område med mykje høge fjell, skog eller høg bygningsmasse ein må ta omsyn til satellittkonstellasjonen. På grunn av fjella kan mottakaren berre sjå nokre få satellittar og desse kan gi dårlege DOP-verdiar. I desse tilfella er det viktig med planlegging før ein set i gang måling, slik at ein veit når satellittposisjonane gir best resultat.

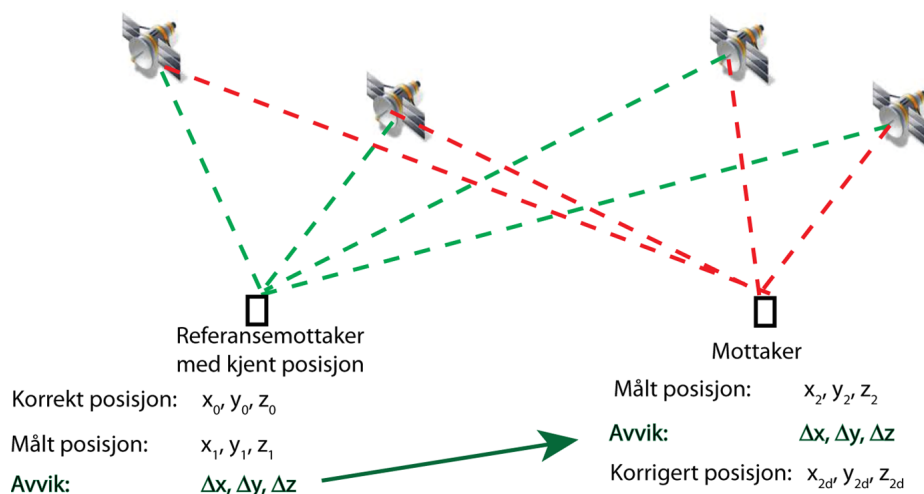
2.2.4 Relativposisjonering med GNSS

Ved å måle med to eller fleire mottakarar på same tid får ein fleire fordelar som gir betre måleresultatet. Relativposisjonering ved bruk av GNSS er ein målemetode

der ein nyttar ein mottakar i eit kjent punkt og bestemmer eit ukjent punkt relativt til det kjende punktet [Hofmann-Wellenhof et al., 2007]. Mottakaren i det kjende punktet er ein basestasjon. Stasjonane i dei ukjende punkta kan enten vere fast eller brukast i rørsele for å måle fleire punkt. Metoden kan nyttast både i sanntid og som postprosessering. Om metoden vert nytta ved målingar i sanntid, blir denne metoden også kalla differensiellposisjonering.

Basestasjonen sitt punkt er målt opp frå før, til dømes ved hjelp av tradisjonell landmåling eller absolutt posisjonering. Sidan basestasjonen har eit punkt som blir rekna for kjent, finn ein avviket mellom det kjende punktet og det resultatet mottakaren målar [Zogg, 2009]. Dette gjer at ein kan finne pseudoavstandane til kvar enkelt satellitt, og desse er gjeldande for andre GNSS-mottakarar i same området.

Differensiering kan ein gjere både med kode og fasemålingar, alt etter kva utstyr og nøyaktigheit som er ønska på målingane. Avstanden mellom mottakarane bør ikkje vere meir enn 50 km, men dersom målingar korte eller i sanntid, bør ikkje avstanden vere meir enn 10 km [Statens kartverk, 2009].



Figur 2.7: *Differensiell GPS [Stette, 2014]. Referansemottakaren gir sine korreksjonar til rovermottakaren. Ved relativ måling blir det laga baselinjer mellom referansemottakaren og roveren.*

Postprosessering av relative målingar

Ved postprosessering av differensielle GNSS-målingar har ein målingar frå to stasjonar gjort i same tid. Når ein prosesserer data blir det laga ein vektor, eller ei baselinje, mellom stasjonane [Hofmann-Wellenhof et al., 2007]. Ved å måle på same tid kan ein lage differansar gjennom lineære kombinasjonar. Differansane kan vere mellom mottakarane, mellom satellittane eller mellom tidspunkt.

Differensielle målingar i sanntid

Når ein har to mottakarar kan ein også få målingar i sanntid. Til dømes i landmålingsoppgåver og navigasjon er dette eit veldig godt verktøy. Stasjonen som er i rørsle blir kalla rover. Basestasjonen sender over korreksjonar til roveren, som korrigerer sine observasjonar og får ut sin eigen posisjon [Hofmann-Wellenhof et al., 2007]. Dette kan gjerast både med kode- og faseobservasjonar, men posisjonen blir berre så nøyaktig som den nøyaktigheita som basestasjonen gir. Dermed blir det mest nytta saman med fasemålingar. Dette blir også kalla RTK (Real Time Kinematic GNSS). Med denne metoden kan ein oppnå nokre centimeter nøyaktigheit.

2.2.5 Absoluttposisjonering med GNSS

Ved absoluttposisjonering kan ein finne posisjonen til mottakaren med berre ein mottakar og minst fire satellittar. Denne metoden fjernar ikkje like mange feil som relativposisjonering gjer. Det er ikkje alltid krav til høg nøyaktigheit, som til dømes ved navigasjon i bilen eller å finne fram ved hjelp av mobiltelefonen. Då nyttar ein kodemålingar frå satellittane til ein mottakar med ein nøyaktigheit på 5-10 meter.

Precise Point Positioning

Nokre gongar treng ein betre nøyaktigheit enn kodemålingane kan gi, men å måle relativt med to mottakarar er vanskeleg. Når ein nyttar fasemålingar med berre ein mottakar blir det kalla Precise Point Positioning (PPP). Mange av fordelane med å måle relativt forsvinn når ein berre har ein mottakar, og derfor må andre metodar brukast for å forbetre data [Leick, 2004]. Å løyse fasefleirtydinga er ikkje

mogelig med berre ein mottakar. Derfor er ein avhengig av ein satellitt til for å løyse for fasefeirtydinga. Dette gir dårlegare geometri, som igjen kan gi dårlegare data. For å klare å fasemåle med berre ein mottakar blir det nytta presise bane- og klokke-data levert frå International GNSS Service (IGS) i etterkant. IGS leverer data etter nokre timar, men etter nokre veker er utrekningane betre og då vil ein få enda betre bane- og klokke-data. Dette gjer at dei som vil ha meir nøyaktige data må vente. IGS leverer også predikterte data som gjer at ein kan måle med PPP i sanntid.

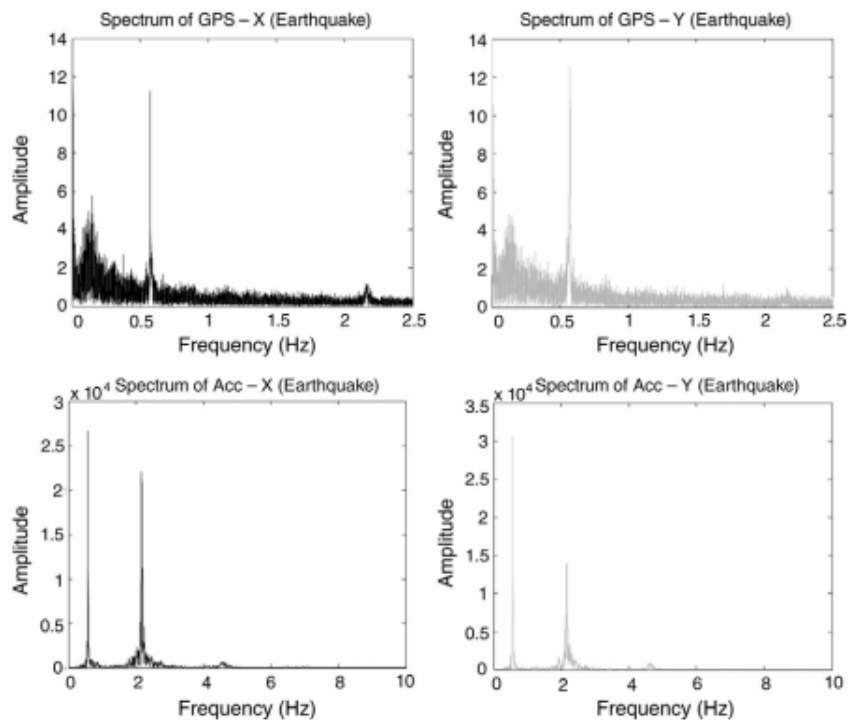
Ved å bruke PPP får ein ikkje korrigert for ionosfæreeffektane. Det er veldig vanskeleg å modellere kva effekt ionosfæren har på signalet. Ionosfæra vil variere over tid, stad og frekvensen på signalet [Seeber, 2003]. Ved å måle på to frekvensar, t.d. L1 og L2 i GPS, og bruke funksjonar som ikkje er avhengige av ionosfæren, vil problemet med påverknad frå ionosfæren verte løyst. Med desse løysingane kan ein oppnå centimetersnøyaktigheit med statiske målingar og sub-desimeternøyaktigheit med målingar i rørsle ved å nytte PPP.

2.3 Bruk av GNSS i rørsledetektering

Fleire har testa GNSS-målingar i rørsledetektering både på konstruksjonar og i naturen. Larocca [2004] testa høgfrekvente GPS-mottakarar på ei skråkabelbru for å finne eventuelle deformasjonar når lastebilar kjørte over. Testen viste at data frå GPS-mottakarane stemte godt overeins med både resultatata frå totalstasjonmålingar og dei teoretiske verdiane. Her blei det målt med eit intervall på 5 Hz. Ved geologiske undersøkingar, slik som i Møre og Romsdal [Oppikofer et al., 2013], blir det blant anna nytta differensiell GNSS for å måle rørsle ved utsette punkt i naturen. I begge tilfella er ein avhengig av nøyaktige målingar som gir presise svar på deformasjonar eller endringar på målepunktet. Begge viser til at GPS eller GNSS er påliteleg å bruke når ein skal detektere rørsle.

Ofte er akselerometer brukt til å detektere rørsle i bygg og store konstruksjonar. I 2006 gjorde Nickitopoulou, Protosalti og Stiros frå Universitetet i Patras ei studie på nøyaktigheit og avgrensingar GPS har når det skal nytast til monitorering av dynamiske og kvasistatiske deformasjonar i store byggverk [Nickitopoulou et al., 2006]. Gjennom eigne eksperiment og å sjå på tidlegare GPS-målingar frå byggverk, konkluderer dei med at statistisk sett kan GPS måle forskyvingar med ein amplitude på 15 mm, der mindre enn 1,5% er store avvik. Dei seier også at GPS som målemetode for rørsle, vil fungere på dei fleste byggverk. Denne målemetoden er

eit lovande verktøy som vil supplere akselerometermålingar. Figur 2.8 viser at dei same frekvensane etter eit jordskjelv er funne igjen både i akselerometermålingane og i GPS-målingane.



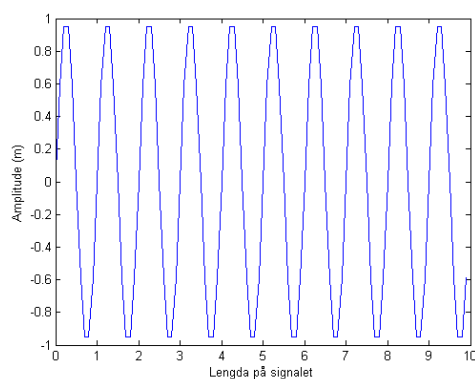
Figur 2.8: Frekvensanalyse som viser frekvensar under eit jordskjelv. Samanliknar GPS og akselerometer [Nickitopoulou et al., 2006].

2.4 Frekvensanalyse

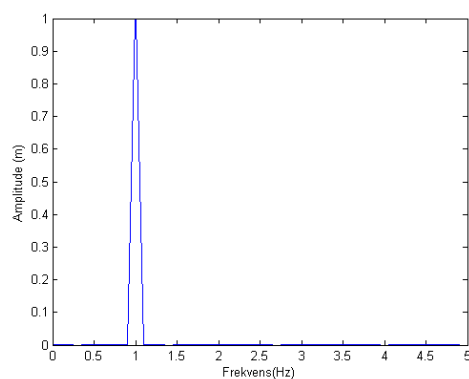
Frekvensanalyse er ein metode for å finne igjen enkelte frekvensar eller svingingar som eit signal er samansett av [Sandstad and Johnsen, 2009]. Analysen blir ofte gjort gjennom ein fourieranalyse og ein fouriertransformasjon. Frekvensanalyse har mange ulike bruksområde, alt frå støyanalyse til tolking av radarsignal.

2.4.1 Fouriertransformasjon

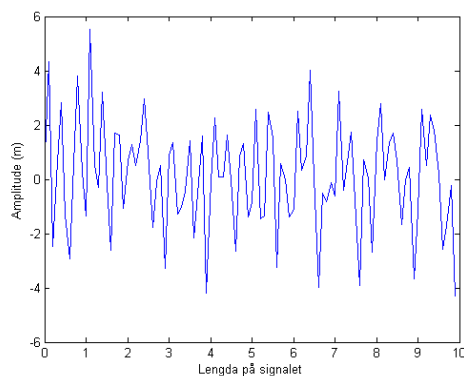
Fouriertransformasjon er eit matematisk verktøy for å finne eller analysere frekvensar i eit signal eller ein funksjon [Andersen, 2009]. Eit signal er samansett av ein sum sinusfunksjonar, der alle har ulik periode og amplitude. Desse vil gjenta seg over ein tidsperiode som vil gi signalet ein frekvens. Ein sinusfunksjon er periodisk, som vil sei at den same amplituden vil kome igjen med den same perioden over tid. Ein foruriertransformasjon gjer ein funksjon eller eit signal over tid om til ein funksjon av vinkelfrekvens. Funksjonen av vinkelfrekvensen vil skildre dei spesifikke frekvensane som finst i den originale funksjonen.



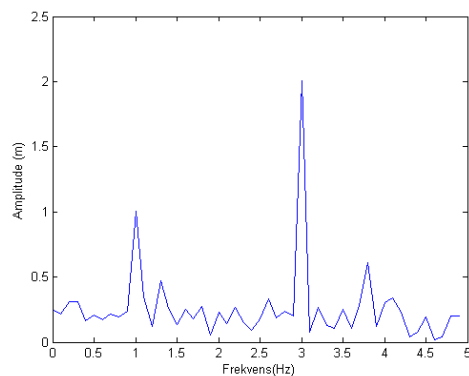
Figur 2.9: Signal med sinusbølge frekvens på 1 Hz.



Figur 2.10: FFT som finn igjen sinusfrekvensen frå figur 2.9.

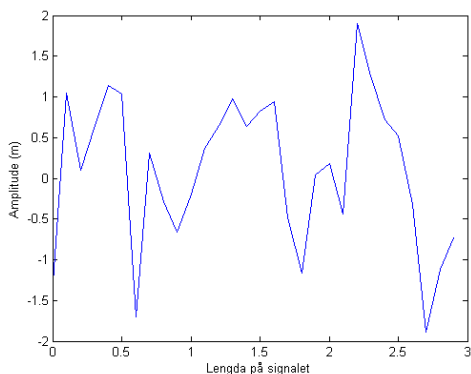


Figur 2.11: Signal med sinusbølger med frekvens 2 og 3 i tillegg til støy.

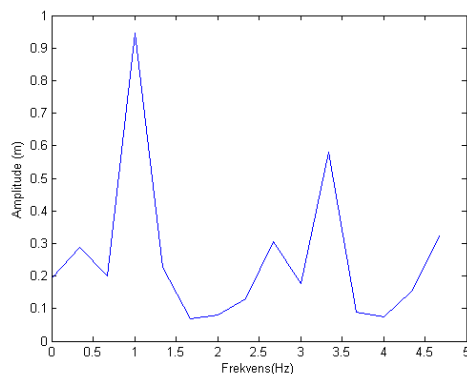


Figur 2.12: FFT som finn igjen sinusfrekvensane frå figur 2.11.

Ein test i MATLAB visar at FFT-analysen treng minst 3 bølglengder for å finne igjen frekvensen når signalet er påverka av støy. Viss det er færre bølglengder enn 3, vil ikkje FFT-analysen nødvendigvis finne igjen frekvensen. Då kan ein risikere at støy påverkar signalet slik at resultatet blir feil.



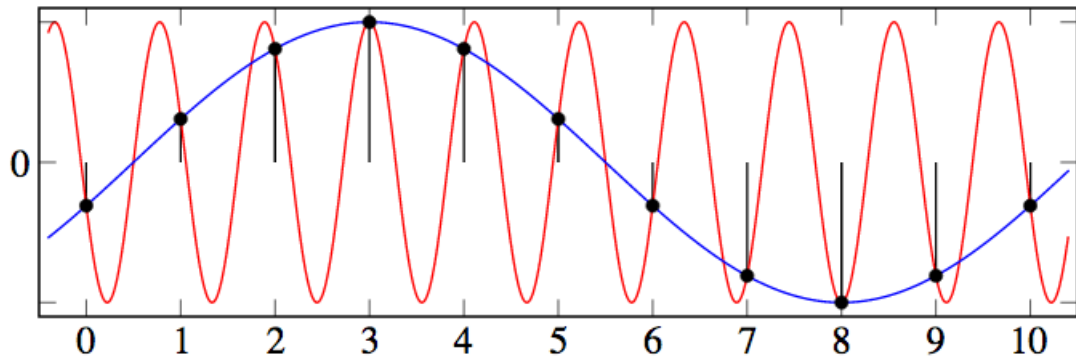
Figur 2.13: *Sinusbølge med 3 bølglengder og støy, amplitude på 1 meter.*



Figur 2.14: *FFT som finn igjen frekvensen frå figur 2.13.*

2.4.2 Samplingsteoremet

Ved eit avgrensa tal på målingar må måletettleiken vere så stor at det er minst to målingar i løpet av ein periode av signalet [Vistnes, 2013]. Dette må til for å få eit eintydig resultat. Om der er signal med høgare frekvensar må desse filterast vekk for å ikkje gjere resultatet fleirtydig. Dette blir kalla Shannon-Nyquist samplingsteorem. Om eit signal har høgare frekvens enn halvparten av samplingsraten vil eit aliaseringsfenomen oppstå [Deshpande and Cannon, 2004]. Aliasering kan lage falske frekvensar og gi tvitydige resultat. Figur 2.15 viser prinsippet med aliasering. Ved bruk av GNSS til rørsledetektering må ein ha eit estimat på kva frekvensar rørsla vil ha, slik at ein vel ein mottakar med så høg samplingsrate at det ikkje blir sampla for spreitt.



Figur 2.15: Aliasering (Figur frå wikipedia). Om ein samplar for spreitt kan det oppstå fleirtydigheiter som igjen kan føre til feiltolkning av frekvensar.

Kapittel 3

Massivtre som byggjemateriale

3.1 Massivtre

Massivtre er eit forholdsvis nytt byggjemateriale som vart utvikla i Mellom-Europa på 1990-talet [Aarstad and Glasø, 2011]. Element av massivtre blir sett saman til lamellar av til dømes lim, skruar eller stålstag. Elementa har ulike tjukkeleik og sjikt alt etter funksjon og om dei er inner- eller yttervegg. Heile element blir på førehand laga på fabrikkar og frakta til byggjeplassen. På byggjeplassen er det berre å setje saman elementa som eit puslespel. Dette gjer at det å reise bygg tek monaleg kortare tid enn tilsvarande bygg i stål og betong.

Ein av dei store fordelane med å byggje i massivtre er at det er miljøvenleg. Både CO₂, energibruk og ressursbruk er veldig effektiv ved bruk av massivtre i forhold til andre byggjematerial. I Noreg er tre eit av dei mest miljøvenlege byggjemateriala. Massivtre veg berre 30% av samanliknbare byggjemateriale. Dette gir lågare transportkostnader, og ein kan byggje der andre byggjemateriale ikkje hadde egna seg på grunn av vekt, til dømes å byggje på fleire etasjar på eksisterande bygg. Massivtre har også ein fordel ved at det har stor fleksibilitet i konstruksjon og planløysing, som gir mange spanande bygg.



Figur 3.1: *Massivtrelement klar for transport til Noreg*

3.1.1 Tre som byggematerial i høghus

Tre har vore brukt som byggjematerial i Noreg langt tilbake i tid [Glasø, 2011]. På trehus har det tradisjonelt vore ein til to etasjar, kanskje tre i nokre tilfelle. Nyare forskning og inspirasjon frå Nord-Amerika har vist at ein kan byggje fleire etasjar med tre som byggjemateriale, men dette krev gode og planlagde beresystem. Val av material, planløyising og utforming er essensielt for eit kvalifisert beresystem. Berekonstruksjonen må ha ei avstiving for at konstruksjonen skal ha stabilitet sidevegs. Ytre horisontale krefter kan føre til forskyving eller velt dersom konstruksjonen ikkje er nok avstiva. I massivtrebygg kan elementa bli brukt til avstiving, dersom samanføyinga mellom elementa blir utforma med det føremålet. Heissjakter og støypte yttervegger mot jord kan også nyttast som avstiving.

3.2 Rørsle i bygg

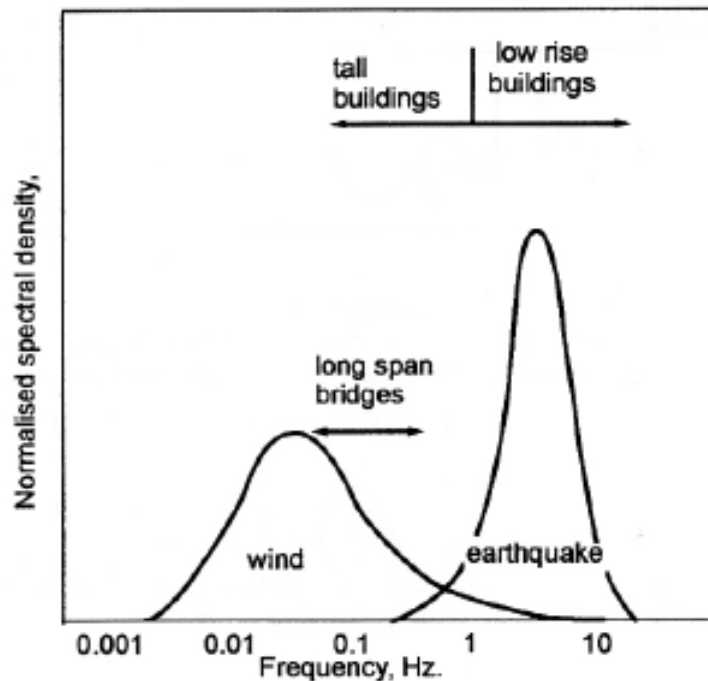
3.2.1 Laster på bygg

Bygg kan bli utsett for både horisontale og vertikale laster [Vessby, 2011]. Det er snø, eigenvekt eller nyttelast som forårsakar dei vertikale lastene, medan ulykke, vind eller jordskjelv forårsakar dei horisontale lastene. Vindlaster er det som er mest vanleg i dei nordiske landa. Bygg av tre er særleg utsett, då dei er mykje lettare enn tilsvarande bygg i betong. Ved bruk av tre til å byggje høgt, er det viktig å ta høgde for desse lastene i planlegging og konstruksjonen av bygget.

Dess høgare bygget er dess høgare krav er det til stabilitet og forankring. Store veggflater gjer at påverknaden frå vinden blir desto kraftigare. Krefter frå vind varierer med tid og stad, og strukturen som heilheit blir påverka av korrelasjonen mellom kreftene som påverkar ulike delar av huset [Reynolds et al., 2011]. Reynolds et al. legg også til at stivleiken på bygg av tre vil variere etter tidlegare laster på bygget. Ekstreme dynamiske laster kan påverke bygget permanent og gi ein anna respons på gitte dynamiske laster seinare i levetida til bygget enn når det var nybygd. Denne variasjonen bør derfor bli tatt med i bygningsdesignet.

3.2.2 Eigenfrekvensar i bygg

Dess høgare eit bygg blir, dess lågare blir eigenfrekvensen til bygget. Eigenfrekvensen er den frekvensen bygget har etter ein ytre påverknad, og blir overlét til seg sjølv[Ormestad, 2009]. I 2001 gjorde Ellis og Bougard [2001] testar av eit 6 etasjars bygg med bindingsverk av tre. Dei kom fram til at bygget hadde ein eigenfrekvens på litt over 2 Hz [Ellis and Bougard, 2001]. Trekonstruksjonar har ofte mykje demping, dette gjer at rørsle i bygget kan forsvinne ganske fort [Vessby, 2011]. Etter rådføring frå Nils Ivar Bovim ved NMBU, er det sannsynleg at bygga som skal målast har ein eigenfrekvens på mellom 1 og 4 Hz.



Figur 3.2: Figuren viser frekvens innhaldet i vind og jordskjelv. [Holmes, 2001]

3.3 Palisaden

Palisaden er eit nytt studentboligområde som høyrer til Studentsamskipnaden i Ås (SiÅs). Blokkene er bygd som ei fortetting av studentbyen Pentagon, men har fått eige namn då fleire studentboligar er under oppføring i same område. Blokkene har 8 etasjar og er omlag 24 meter høge [Mørch, 2014]. Dei er bygd med passivhusstandard. Dei stod ferdig i slutten av august 2013, og er foreløpig dei høgaste trehusa bygd i Noreg. Massivtreelementa er levert av det østeriske firmaet Mayr-Melnhof Kaufmann, med Høyer Finseth AS som detaljprosjektør og Veidekke AS som totalentreprenør. Massivtreelementa er skrudd saman med lange skruar, og som ekstra avstiving er det nytta stålplater mellom etasjane og gjennom alle etasjane som er forankra til fundamentet. Det er lite forskning på stivelsen i massivtreet i seg sjølv, så derfor blir stålplatene brukt som ein ekstra avstiving. I etterkant viste det seg at desse platene bular ut og ikkje gjer bygget stivare i det heile tatt. Lars Mørch [2014] har modellert bygget sin konstruksjon i si masteroppgåve, og ut frå simulering funne ut at forskyvinga ved vind på 22 m/s (gjennomsnitt over 10 min) vil vere 20,3 mm på langveggen og 14,43 mm på

gavlveggen. Denne vindstyrken har ein returperiode på 50 år.



Figur 3.3: *Palisaden. FOTO: Erik Burås/STUDIO B13*

Kapittel 4

Forsøksdesign og datainnsamling

4.1 Forsøksdesign

Målet med denne oppgåva er å finne ut om eit bygg i massivtre får rørsle av vindlast. Fleiretasjeshus bygd i massivtre er lite forska på då det ikkje er bygd så mange slike bygg. Eit aspekt ved å forstå slike bygg betre er å undersøkje rørsle og eigenfrekvensane i bygg av massivtre. Det er fleire metodar ein kan nytte for å finne rørsle i bygg. I denne oppgåva blei GNSS valt som målemetode, fordi GNSS er ein velkjent målemetode med ein nøyaktigheit opptil subcentimeter. Relative målingar er den mest utprøvde metoden og gir det sikraste resultatet. Dette krev forholdsvis lite og lett tilgjengeleg utstyr, samstundes er datainnsamlinga lite krevjande. I opne utandørsområde er det lite som kan påverke målenøyaktigheiten. Prosesseringa av GNSS-data er heller ikkje veldig avansert. I samsvar med samplingsteoremet må samplingsfrekvensen til mottakaren vere minst dobbelt så høg som eigenfrekvensen til bygga for å kunne eintydig detektere noko form for rørsle. I oppstarten av prosjektet var det usikkerheit kring eigenfrekvensen til bygga, og prosjektet vart derfor sett i gang for så å finne ut kva som krevst undervegs. Sidan bygga har ulik avstiving skulle begge bygga målast. Prosjektet krev gode vinddata som gjerne har høgare målefrekvens enn GNSS-mottakarane. Alle GNSS-målingar er gjort for dette prosjektet, medan vinddata er henta frå ulike kjelde på NMBU. Etter at målingane er gjort, blir det laga vektorar mellom fastpunktet til mottakaren og dei punkta der det kan vere rørsle i bygget. Desse vektorane blir så kjørt gjennom ei frekvensanalyse for å finne eventuelle eigenfrekvensar som bygget har.

Sidan det er usikkert om bygga har noko rørsle eller om det har blitt valt rett samplingsfrekvens, vil det å vise at målemetoden fungerer vere ein metode for å utelate ein av usikkerheitsfaktorane. Ein test der ein veit frekvensen og amplituden på rørsla til mottakaren vil fortelje noko om kva ein kan forvente å finne ved hjelp av denne målemetoden.

4.2 Datainnsamling

4.2.1 Måleområdet

Bygga det er gjort datainnsamling på ligg lengst til sør i studentbyen Palisaden, forbi Kjerringjordet på Ås. Området har mange andre bygg, men desse to er høgst med sine åtte etasjar. Taket er flatt, med ein oppbygd del for ventilasjonsanlegg og liknande. Festa til mottakar står på den sida som vender mot aust på begge bygga. Det gir fri sikt i austleg, sørleg og nordleg retning. Ventilasjonsanlegget skuggar litt for dei lågaste satellittane i vest, omlag 10° over horisontalsikt. Sidan vi er så høgt oppe er det heller ingen tre som skuggar for mottakaren og landskapet rundt er tilnærma flatt. Bygga skuggar heller ikkje for mottakaren på det andre taket. Figur 4.1 viser sikta mot frå taket på det bygget som ligg lengst i sør. Dette viser at området er godt egna for gode GNSS-målingar.



Figur 4.1: *Sikt mot sør frå taket på Palisaden*

4.2.2 GNSS-målingar

Etter planlegging våren 2013 vart det i juni starta med målingar med ein mottakar som var tilgjengeleg gjennom Universitet. På denne måten blei prosjektet sett i

gang, og så fekk detaljane kome på plass etterkvart. Mottakaren vart sett opp på taket til Palisaden sør medan mottakaren som står permanent på Sørås-feltet blei brukt som referansestasjon. Desse mottakarane måler berre med 1 Hz, som gjer at dei ikkje detekterer rørsle med frekvens over 0,5 Hz. På dette tidspunktet var det usikkerheit kring kva eigenfrekvens bygga hadde. Mottakarane stod oppe og målte delar av sommaren 2013, og deretter skulle det bli vurdert om frekvensen på målingane var høg nok til hausten.



Figur 4.2: Bygga sett frå aust. Mottakarane blei plassert på kanten av taket på begge bygga.

Etter sommaren blei det gjennom tidlegare rapportar og i samtale med Nils Ivar Bovim klargjort at slike bygg har ein eigenfrekvens på mellom 1 og 4 Hz. For å kunne detektere rørsle på 1 Hz må målingane gjerast på ein frekvens som er høgare enn 2 Hz. Det var enda stor usikkerheit kring eigenfrekvensen til bygga, så her var det viktig med romsleg estimat for å sikre at rørsle vart registrert. Plata som mottakaren var festa i på taket var heller ikkje skrudd langt nok ned i konstruksjonen. Mottakaren måtte festast godt ned i massivtreet slik at mottakarane rørte seg med rørsle til konstruksjonen, og ikkje berre i beslaget og isolasjonen. Derfor måtte det skruast i nye skruar på 1 m for å få festa mottakaren godt ned i massivtrekonstruksjonen.

Mottakarar med samplingsrate på 10 Hz blei lånt frå Universitetet i Oslo og Blin-ken. Deretter blei etablerte ein ny referansestasjon i eit kjent punkt på taket av TF fløy 3. Nye målingar blei starta på Palisaden sør i midten av oktober. Mottakaren på taket av Palisaden hadde ein lagringskapasitet på 2 GB. Eit døgn med samplingsrate på 10 Hz bruker omlag 1 GB av plassen i mottakaren. Derfor måtte målingane hentast ut frå mottakaren annakvar dag, for å hindre at data vart over-skrevet.

Seinare i oktober kom feste til mottakar på Palisaden også. Målet var å kunne måle på begge taka samstundes for å sjå om bygga hadde ulike respons på like tilhøve. Mottakarane var lånt, og den eine måtte dessverre leverast tilbake før alle tre målestasjonane var på plass. Dermed blei det ikkje målt på begge taka samstundes. I løpet av oktober blei det målt fleire døgn på Palisaden sør og to døgn på Palisaden nord. No var det blitt målt på begge bygga utan påverknad av vindlaster. Så måtte ein vente på at værmeldingane skulle vise vindstyrke av større verdi før vi gjorde fleire målingar.



Figur 4.3: Oppsett på taket av Palisaden. Omtrent same plassering på begge bygga.



Figur 4.4: Lange skruer måtte til for å få godt feste eit stykke ned i massivtreet

5. og 6. desember 2013 var det meldingar som viste at det vil bli vindstyrke over lett bris på Ås. Då blei den eine mottakaren som heldt fram med å vere tilgjen-

geleg, sett opp på taket på Palisaden sør. Når mottakaren blei henta ned midt på dag 7.desember hadde data frå 5.desember blitt skrevet over. Dette skjedde fordi mottakaren skreiv over heile døgn om gongen, i staden for berre sekvensielt slik som vi trudde. Dette var uheldig, då det var mykje vind kvelden den 5.desember.

Data frå 6.desember frå Palisaden sør, samt frå 24.oktober frå Palisaden nord, var gode data frå dagar med brukbare vindstyrke. Dermed blei det ikkje fleire målingar frå taka. Det var heller ikkje noko særleg sterkare vind etterpå så dermed var det desse data som blei innsamla i løpet av prosjektet.

4.2.3 Vindmålingar

Som nemnt tidlegare er ikkje Ås akkurat den mest vêrutsette staden i Noreg. Jamfør tabell 3.1 er høgaste måling gjennom 2013 på 20,6 m/s, som er sterk kuling på Beaufortskalaen. I følgje Meteorologisk institutt [Meteorologisk institutt, 2014], er det ikkje vanleg med sterk vind på austlandet utanfor utsette område. Dette viser at det ikkje vil forekomme noko ekstreme påkjenningar frå vind på desse bygga gjennom eit normalt år.

Tabell 4.1: *Vindmålingar m/s UMB 2013 [UMB, 2013]*

År	Månad	Gjennomsnittleg vind	Høgaste vind	Dato HV	Hovud retning
13	1	1.3	11.6	3	S
13	2	0.8	9.8	28	SW
13	3	1.3	14.8	2	WSW
13	4	2.2	15.2	29	NE
13	5	2.1	13.4	3	NE
13	6	1.8	14.3	15	NE
13	7	1.4	13.9	10	NE
13	8	1.3	13.9	16	NE
13	9	1.1	11.2	15	NNW
13	10	1.5	13.4	23	NE
13	11	1.4	13.9	28	NE
13	12	3.0	20.6	5	S

Tilgangen på vinddata har berre vore gjennomsnittsmålingar kvart 10 min frå målestasjonen på Sørås-feltet og gjennomsnittsmålingar kvart 30 min frå ein vindmålar

på taket til det eine bygget. Sørås-feltet er ligg omlag 800 m frå bygga. I utgangspunktet skulle det bli sett opp ein vindmålar som målte vindkasta med frekvens på 20 Hz like ved sida av bygningane. Utstyret kom ikkje i orden og dermed er det berre gjennomsnittsdata som er tilgjengeleg for analysinga av data. Dette gjer analysen mykje vanskelegare.

4.3 Målingar med tvungen rørsle

For å teste om målemetoden faktisk fungerte, vart det laga ein ny test med ei vogn på skjene med motor til å justere rørsla. Bana er eigentleg til å teste fjører i fysikksamanheng, men med nokre justeringar passa den til formålet for forsøket. Sidan 10 Hz mottakarane berre var lånt, var der berre tilgang på 1 Hz mottakarar. Derfor vart prosjektet nedskalert med ein faktor på 10, frå 10 Hz mottakar og 1 Hz rørsle, til 1 Hz mottakar og 0.1 Hz rørsle. Bana blei sett opp på taket av TF fløy 3, og basestasjon som blei brukt til målingane på Palisaden blei brukt som basestasjon her også. På taket står ein del installasjonar som kan påverke resultatet. Fleire målingar måtte til for å få ønska resultat. Eit datasett blei delvis øydelagt på grunn av ionosfæreforholda den dagen, medan på eit anna datasett var mottakaren plassert for nært veggen slik at data blei dårlege. Nedskaleringa frå 10 Hz til 1 Hz var ikkje berre naudsynt på grunn av utstyr, men også fordi bilen med mottakar ikkje klarte større fart enn >1 Hz før den kom i ubalanse.



Figur 4.5: Oppsett av utstyret på taket av TF fløy 3

Sidan motoren til bana blei styrt av volt, starta det med å finne ut kva kraft motoren måtte ha for å halde 0.1 Hz. Det vart testa med utslag på 9 cm, 7 cm, 5

cm, 3 cm, 2 cm og 1 cm. Det vart målt i omlag 5 minutt for kvart utslag. Fleire målingar med høgare frekvens blei også gjort for å finne ut kor høge frekvensar analysa kunne finne igjen. Med eit utslag på 5 cm blei det gjort målingar på 0.5 Hz, 1 Hz og >1 Hz. Bana vart satt opp rett i aust-vest retning, noko som viser godt igjen i signalplottet i RTKLIB.



Figur 4.6: Bane med motor som driv ei vogn. GNSS-mottakar vart sett oppå vogna og ein kunne stille utslaget til vogna og spenninga motoren skulle ha.

Kapittel 5

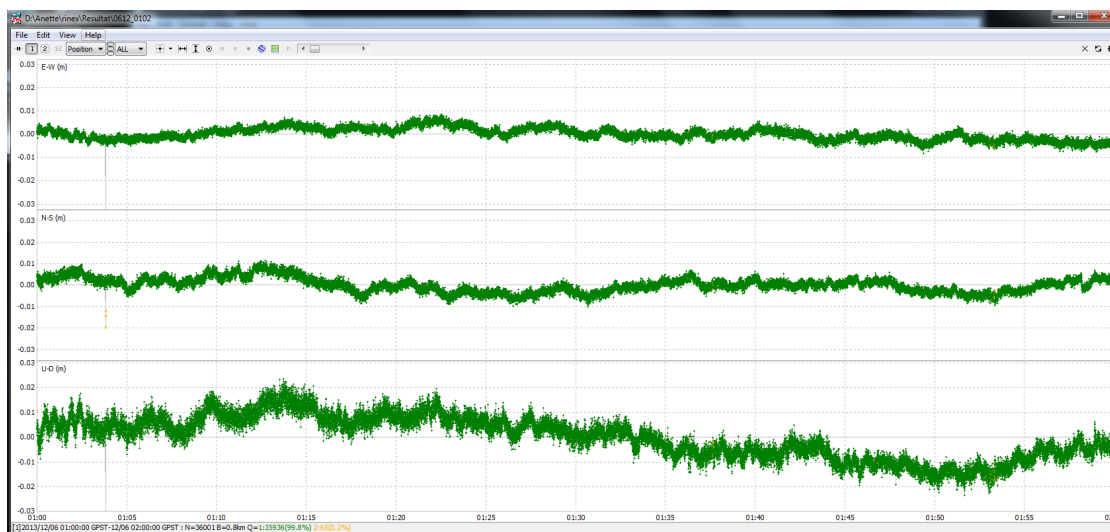
Datahandsaming

Etter fleire dagar med målingar, der eit døgn med måledata er om lag 1 GB, vert det store mengder data som skal handterast og analyserast. Vindmålingane som er tilgjengeleg er berre gjennomsnittmålingar kvart 10 minutt. Dette gjer analyseringa vanskeleg.

5.1 Utrekningar

5.1.1 Prosessering av data i RTKLIB

Ut frå mottakarane kom data i døgnfiler. Desse vart gjort om til RINEX-filer og delt opp i 6 timars bolkar. RINEX-filene blei lagt inn i RTKLIB og RTKPOST-funksjonen. Sidan det er lite forstyrningar rundt målepunkta blei elevasjonsvinkelen sett til 5° , og både GPS- og GLONASS-satellittar blei tatt med i posisjonsutrekninga. Data frå dei dagane med vind blei prosessert på 10 Hz, same som samplingsfrekvensen. På desse data vart kinematic-mode nytta, og alle posisjonane vart prosessert. For å kunne rekne vektorar måtte ein ha nokre "absoluttposisjonar" som vektorane kunne gå frå. Dei er frå tidspunkt med lite vind slik at dei skal representere posisjonen bygga har når der ikkje er mistanke om rørsle. Desse posisjonane vart prosessert ved hjelp av static-mode og singelfunksjonen. Då blei alle data nytta til å berre rekne ut ein posisjon. På grunn av liten eller ingen korrelasjon mellom målingane, var desse prosessert med ein rate på 0.0333 Hz.



Figur 5.1: Signal frå 02.00 til 03.00 den 6.desember

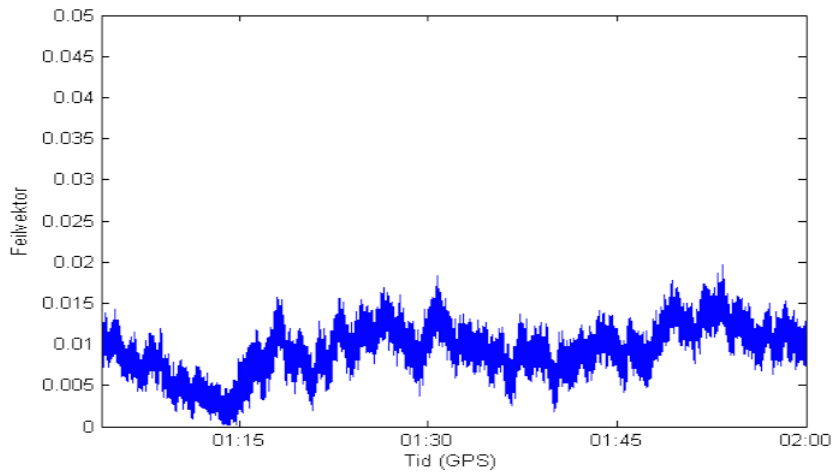
Figur 5.1 viser målingar frå 02.00 til 03.00 den 6.desember. Døme i figur 5.1 er data som har lite floatløysing. Plottet viser signalet i aust-vest (E-W), nord-sør (N-S) og i høgde (U-D). Slik som forventa er resultatet omlag halvparten så nøyaktig i høgde som i dei horisontale retningane. Sidan målingane med floatløysing ikkje kan takast med i vektorutrekninga fortel dette plottet om data kan brukast vidare eller ikkje.

5.1.2 Utrekningar i MATLAB

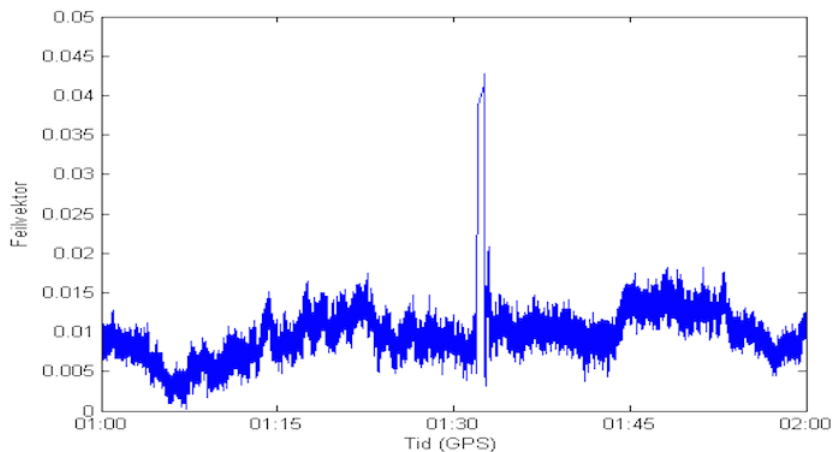
Posisjonane som blei rekna ut i RTKLIB, blei så brukt vidare til å rekne ut vektorar i MATLAB. Vektorane gjekk frå den absoluttposisjonen til bygga og til alle posisjonane målt med 10 Hz. Dei posisjonane som hadde float-løysing blei ikkje tatt med vidare i frekvensanalysen. Vektorane er berre frå horisontalposisjon då det skal ganske mykje krefter til for at bygga skal ha vertikalt rørsle etter påkjenning frå vind. Likningsett 5.1 viser korleis vektorane vart rekna ut i MATLAB.

$$\begin{aligned}
 dN &= (\phi_{AP} - \phi_{RP}) * \pi/180 * R \\
 dE &= (\lambda_{AP} - \lambda_{RP}) * \pi/180 * R * \cos(\phi) \\
 dD &= \sqrt{dN^2 + dE^2}
 \end{aligned}
 \tag{5.1}$$

Figur 5.2 viser feilvektorane (dD) plotta over tid. Plottet er ikkje berre kvitstøy som er venta. Ved å samanlikne med nesten same tidspunkt dagen etter, figur 5.3, kan ein sjå at desse to varierer omlag likt. Denne trenden i feilvektorane vil då kome av multipath. Effekten av multipath vil vere omlag lik med same satellittkonstellasjon. Satellittkonstellasjonen vil vere den same etter 23 timar og 56 minutt. I figur 5.3 er der eit stort hopp kring kl 01:35. Det kjem av fasebrot.



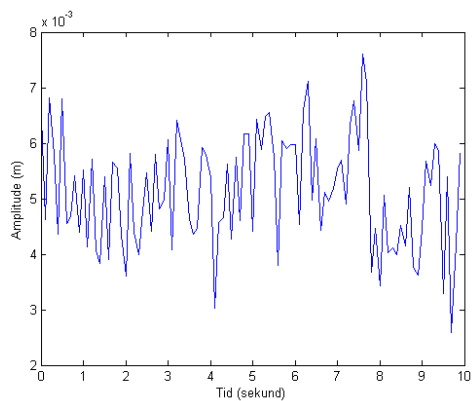
Figur 5.2: Feilvektorar frå PS, 02.04 til 03.00 6.desember.



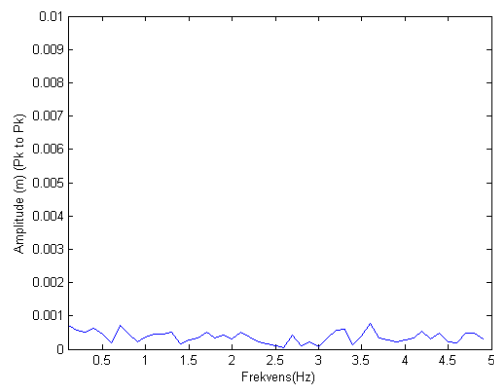
Figur 5.3: Feilvektorar frå PS, 02.00 til 03.00 7.desember.

5.1.3 Frekvensanalyse i MATLAB

Sidan det er berre små delar av signalet der det vil finnast rørsle, vart den samla grafen av alle vektorane delt opp i mindre delar for vidare analyse. Med uvisse kvar vindkasta kom, vart ein time av gongen testa med 10 sekundintervall. Nokre periodar vart også testa med 5 og 30 sekundintervall. Signalet vart så sett inn i ei FFT-analyse. FFT er ein innebygd funksjon i MATLAB. Grafen til i figur 5.4 viser vektoren til signalet i 10 sekund. Som i figur 5.2 er det også i 5.4 store variasjonar i målingane som igjen kan skuldast måleusikkerheitene. Målet med FFT-analysen er å finne ut om grafen har ein periode og amplitude som kjem igjen med ein viss frekvens, som kan forklarast med ei rørsle i bygget.



Figur 5.4: Signal, tilfeldig 10 sekund mellom 02.00 og 03.00 den 06. desember



Figur 5.5: Frekvensanalyse frå signalet i figur 5.4.

Kapittel 6

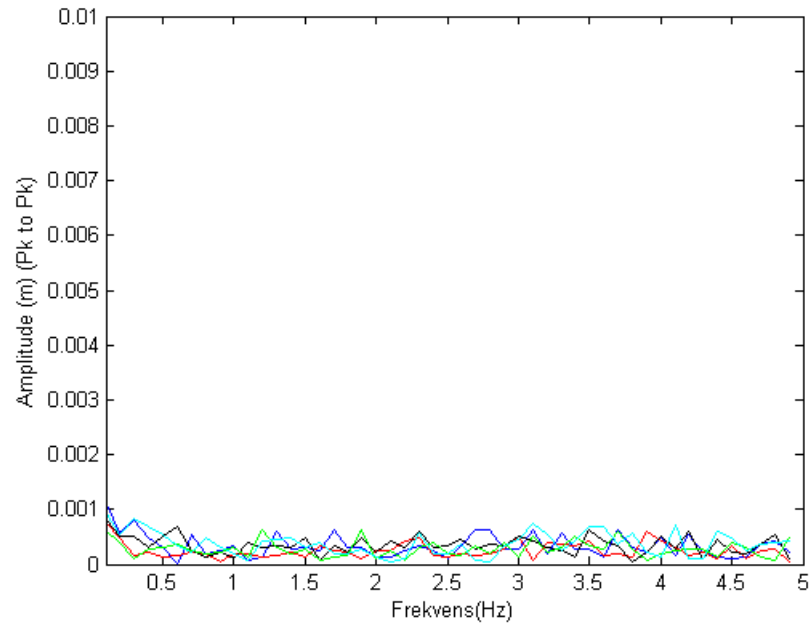
Resultat og analyse

Dette kapittelet er blitt delt opp i resultat og analyse av målingane frå Palisaden og så resultat og analyse av målingane med tvungen rørsle. Det er nokre samanlikningar undervegs for å gjere resultatet tydeleg. Til slutt i kapittelet kjem ein test av korrelasjonen i målingane og samanlikning av korrelasjonen med 10 Hz og 1 Hz samplingsrate.

6.1 Analyse av data frå målingane på Palisaden

FFT-analysen gjer det mogeleg å sjå om periodar og amplituder blir gjenteke i signalet. Signalet vart delt opp i intervall på 10 sekund og analysert i FFT. Også nokre intervall på 5 og 30 sekund vart analysert. Frå FFT-analysane viser det heilt tydeleg at innan for frekvensane 0 til 5 Hz er det ingen frekvensar som peikar seg ut. Alle FFT-grafane viser berre støy mellom 0 til 15 mm. Dette blir vist gjennom fleire grafar i figur 6.1 og figur 6.2. Peak-to-peak amplituden mellom 1 og 2 mm i alle grafane, og det er ingen frekvensar som klart peikar seg ut. Dette tyder på at det ikkje har vore noko rørsle med fleire svingingar og at det berre er støy FFT-analysen viser.

Figur 6.1 viser ulike tidspunkt som er tilfeldig valt ut frå dei 10 minutta med nest mest vind i løpet av heile 24.oktober. Då var det ein gjennomsnittsvind på 9,4 m/s, jamfør vinddata.

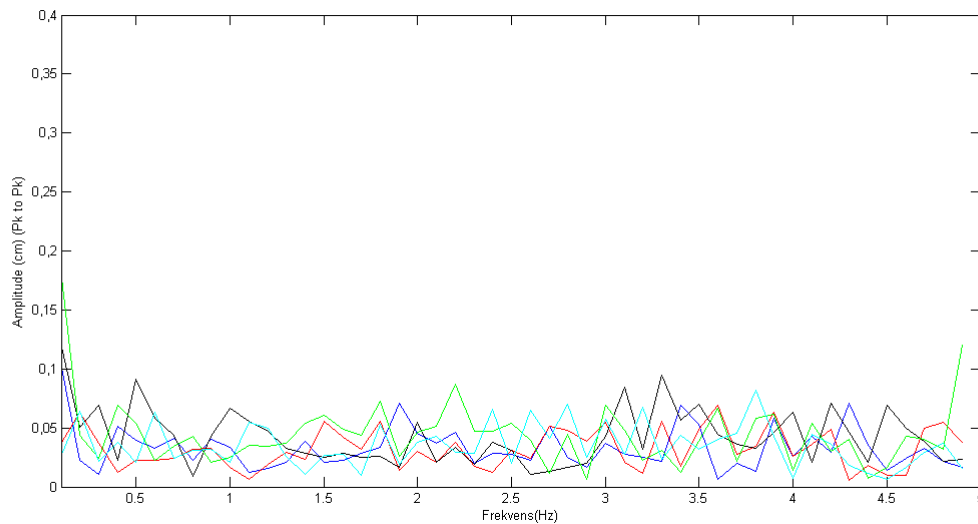


Figur 6.1: Frekvensanalyse frå Palisaden nord, fleire tilfeldige 10 sekund mellom 01.50 og 02.00 24.oktober. Gjennomsnittsvind: 9,4 m/s

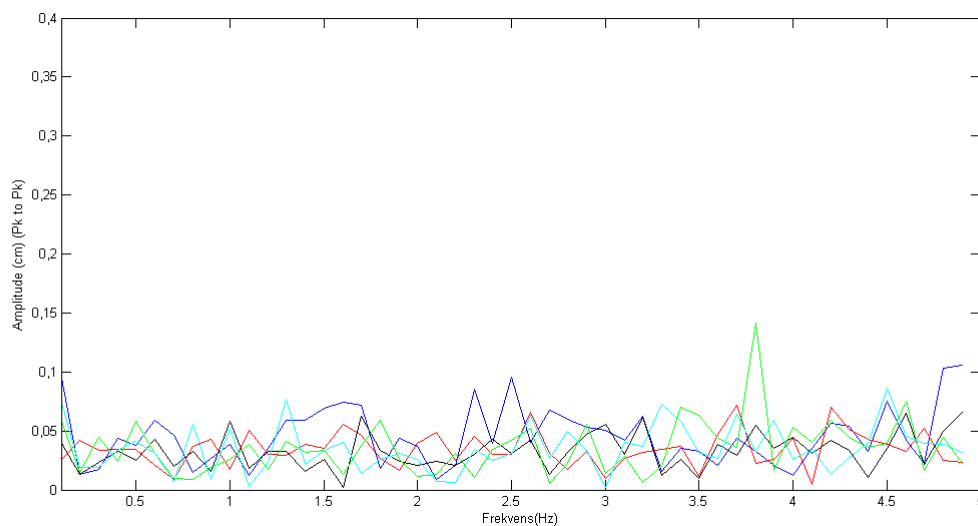
Same analysen vart gjort med data frå 6.desember. Mellom 02.10 og 02.20 var det tidspunktet mest vind, 10,2 m/s, i løpet av den dagen. Figur 6.2 viser FFT-analysen frå tilfeldige 10 sek periodar i løpet av 10 min. Også dette viser kun støy og der er ingen frekvensar som skil seg ut.

For å samanlikne vart eit tidspunkt med lite vind også analysert. Desse data skil seg ikkje ut frå dei data med mykje vind. Figur 6.3 viser tilfeldig tidspunkt mellom 08.50 og 09.00, med gjennomsnittsvind på 0,9 m/s. Når ein samanliknar figur 6.1 og figur 6.3 ser ein heilt tydeleg at FFT-analysen ikkje viser skilnad om bygget har vore påverka av vind eller ikkje.

Det er tydeleg ingen skilnad på med vind eller utan vind i resultatata frå FFT-analysen. Figurane har ein mindre skala på y-aksen for å gjere tydeleg at der ikkje er skilnad.



Figur 6.2: Frekvensanalyse frå Palisaden sør, fleire tilfeldige 10 sek mellom 02.10 og 02.20 6.desember. Gjennomsnittsvind: 10,2 m/s



Figur 6.3: Frekvensanalyse frå Palisaden sør, fleire tilfeldige 10 sek mellom kl 08.50 og 09.00 7.desember. Gjennomsnittsvind: 0,9 m/s

6.2 Analyse av data med tvungen rørsle

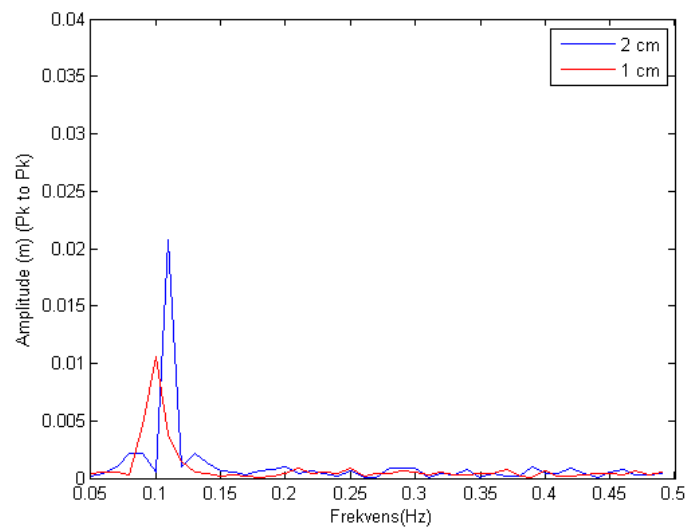
Målingane frå denne testen vart laga om til feilvektorar i MATLAB på same måte som målingane frå Palisaden. Vogna vart sett så langt til den eine sida på bana som mogeleg. Målingane frå dei første 10 min, då mottakaren stod stille, vart brukt for å finne eit 'absoluttpunkt' for å rekne ut feilvektorane. I FFT-analysen vart berre eit av utslaga analysert om gongen. Tabell 6.1 viser kva for peak-to-peak amplituder og frekvensar som blei detektert av FFT-analysen. Lengda på signalet var 100 sekund, altså 10 gongar lengre i tid enn målingane frå Palisaden, men med same tal på sample.

Tabell 6.1: Resultat av mottakar på motordrevene bane

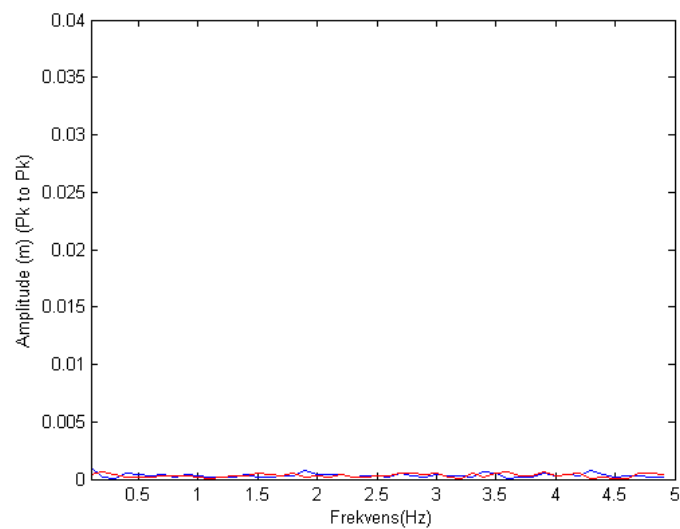
Peak-to-peak amplitude (cm)	Tvungen frekvens (Hz)	Samplingsfrekvens(Hz)	Detektert av FFT
9	0.1	1	Ja
7	0.1	1	Ja
5	0.1	1	Ja
3	0.1	1	Ja
2	0.1	1	Ja
1	0.1	1	Ja
5	0.5	1	Ja*
5	1	1	Nei
5	>1	1	Nei

* Ved 0.5 Hz går ikkje grafen heile vegen til toppen, men det er heilt tydeleg at det er på veg opp mot ein topp og der er ingen fleirtydigheite. Sjå graf i figur 6.6

Alle utslaga med frekvens på 0.1 Hz blei oppdaga FFT-analysen. I figur 6.4 kan ein heilt tydeleg sjå både kva frekvens vogna heldt, og heile utslaget frå topp til topp i meter som vogna hadde. Den blå kurva har ein veldig spiss topp kring 0.1 Hz medan den raude kurva strekkjer seg litt lengre ut i botn og er ikkje like spiss. Det kan tyde på at mindre utslag enn 1 cm, ikkje ville vere signifikant med den målestøyen som er. Begge toppane er signifikante i høve til resten av signalet, som er målestøy på kring 0-2 mm. Der er ingen andre toppar som kan måle seg med den høgda som er kring 0.1 Hz. Til samanlikning er det tatt med ein figur med FFT-analyse frå målingane på Palisaden.

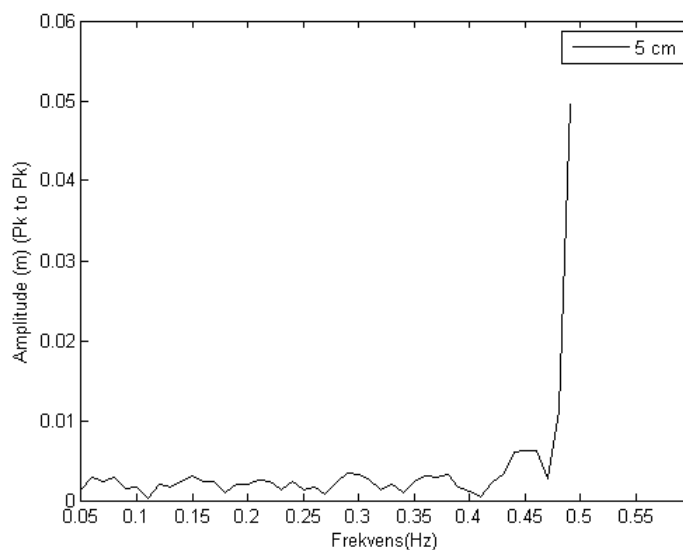


Figur 6.4: *FFT av 0.1 Hz, med Pk to Pk amplitude på 1 cm og 2 cm*



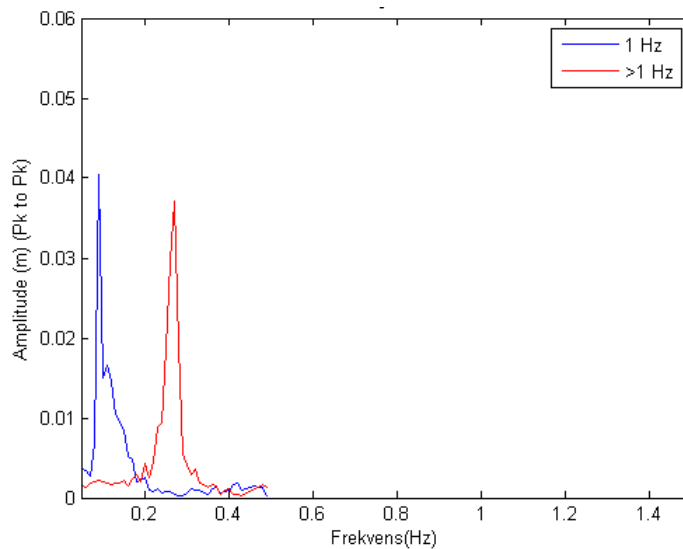
Figur 6.5: *Til samanlikning: FFT av målingane på Palisaden sør. To tilfeldige 10 sekundintervall*

Når ein ser på grafane i figur 6.4 som har tvungen rørsle og samanliknar dei med grafane frå Palisaden i figur 6.5, kan ein heilt tydeleg sjå at FFT-analysen berre finn støy i målingane frå Palisaden. Grafane i figur 6.5 ligg berre på nivå med støyen i figur 6.4.



Figur 6.6: *FFT av 0.5 Hz, med Pk to Pk amplitude på 5 cm*

Figur 6.6 viser FFT-analysen når vogna har hatt ei rørsle på 0.5 Hz. Grafen går ikkje lengre enn til rett under 0.5 Hz, noko som samsvarar med samplingsteoremet. Dette fortel også at FFT-analysen ikkje kan detektere frekvensar over 0.5 Hz. Vidare har grafen litt høgare støygolv enn dei i figur 6.4. Dette kan kome av at ved høgare fart hakka motoren meir enn når ein kjørte ved lågare fart. Ingen av toppane kan derimot måle seg med den kring 0.5 Hz, sjølv om den berre viser eine sida av toppen. Grafen når opp til 5 cm, som var utslaget vogna hadde. Hadde dette ikkje vore eit forsøk der ein viste kva frekvensen var hadde ikkje resultatet vore eintydig. Det er derfor viktig å tette når ein ikkje veit kva frekvensar ein skal finne. Stor margin når ein skal velje samplingsrate er viktig for å sikre eit eintydig resultat. Slik som tabell 6.1 viser, vil ikkje frekvensar på 1 Hz eller >1 Hz bli vist eintydig i FFT. Då kan ein snarare bli lurt til å tru der er frekvensar som ikkje finst. Dette i samsvar med samplingsteoremet, og som vist i figur 2.15 kan ein bli lurt av aliasering. Dette problemet blir tydeleg vist i figur 6.7. Her skal frekvensane vere 1 Hz og >1 Hz, medan grafane viser toppar på kring 0.1 Hz og 0.25 Hz. X-aksen i figurane skal representere kva frekvensar mottakaren faktisk hadde.

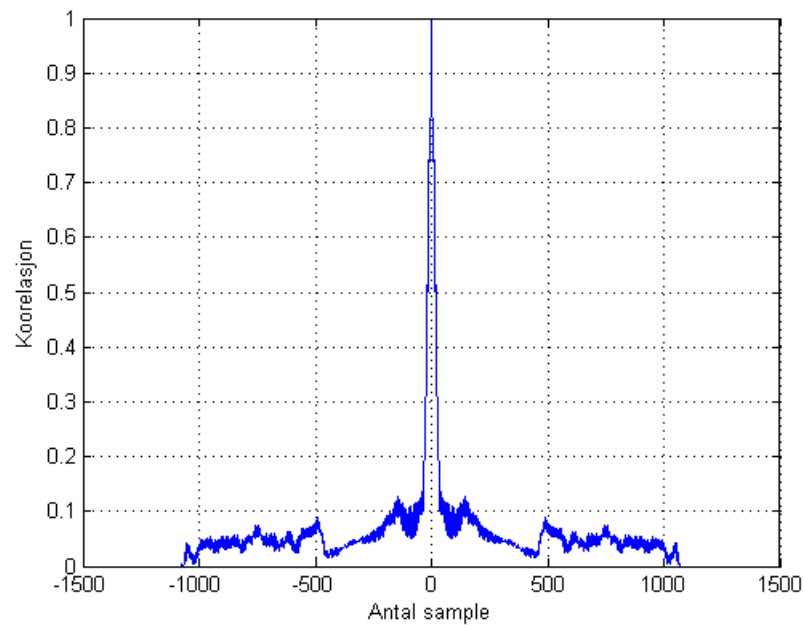


Figur 6.7: FFT av 1 Hz og >1 Hz, med Pk to Pk amplitude på 5 cm

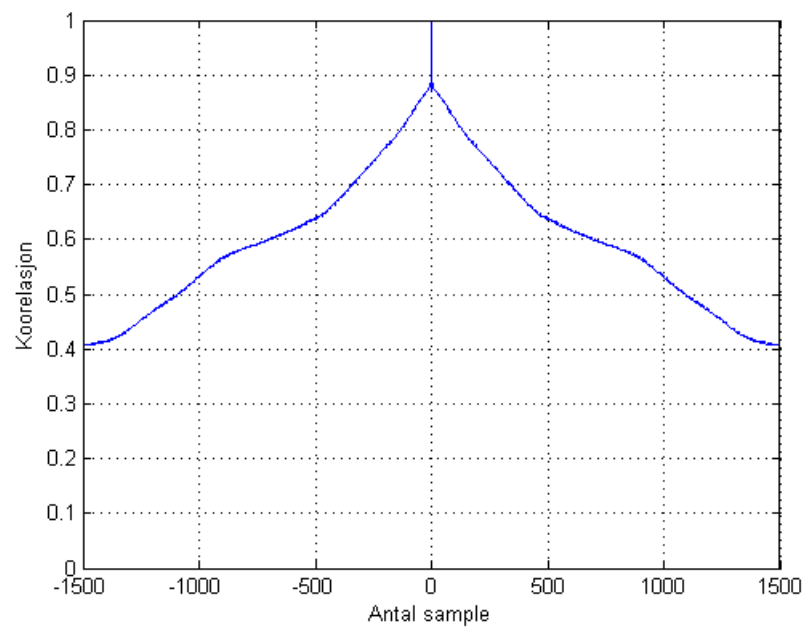
6.3 Test av korrelasjonen mellom målingar

Ved å nytte ein målefrekvens på 10 Hz vil det vere korrelasjon i tid mellom målingane, og derfor kan ein ikkje halde støyen for å vere kvit støy. Ein enkel test i MATLAB viser skilnaden på korrelasjonen ved same tal på sample ved 1 Hz og 10 Hz. 1500 sample svarar til 2,5 min med måledata med 10 Hz medan det svarar til 25 min med måledata med 1 Hz. Sidan det er berre 0.1 sekund mellom målingane på 10 Hz vil ikkje troposfæren, ionosfæren og satellittkonstellasjonen ha endra seg noko særleg mellom to målingar. I målingane med 1 Hz vil dei ha endra seg 10 gongar meir enn i målingane med 10 Hz. Korrelasjon mellom målingane gjer at data vil har svekka pålitelegheit, særleg ytre pålitelegheit. Det gjer at data kan innehalde grove feil utan at det vert detekttert, og utan at ein veit korleis dei grove feila påverkar målingane.

Figur 6.9 viser korrelasjonen til målingane på Palisaden sør etter 1500 målingar. Korrelasjonen vert halvert etter omlag to min, og då er talet på målingar omlag 1100. Samanlikna med figur 6.8 der korrelasjonen vert halvert etter berre eit halvt minutt og omlag 30 målingar ser ein at 10 Hz samplingsrate har ein tydeleg større korrelasjon enn 1 Hz. Grafen i figur 6.8 fell fort ned mot 0, medan i figur 6.9 fell grafen mykje treigare. Med høg samplingsrate vert fleire målingar påverka av korrelasjon, og skilnaden på korrelasjon mellom likt tal på sample er heilt tydeleg.



Figur 6.8: Korrelasjonen mellom målingane med samplingsrate på 1 Hz.



Figur 6.9: Korrelasjon mellom målingane med målingsrate på 10 Hz

Kapittel 7

Diskusjon

7.1 Målemetoden

GNSS er ein godt kjent målemetode til mange ulike formål. I dette forsøksdesignet har relativ GNSS med fasemålingar blitt valt som metode. Ope måleområdet, korte baselinjer og stortsett oppleitt under målingane, gir gode føresetnader for nøyaktige målingar med lite feil. Dette viser også igjen i absoluttmålingane, som har små standardavvik (sjå appendix C). Likevel nokre feil ein må ta omsyn til i analysinga av data. Nokre feil visste ein om på førehand og andre kom undervegs. Nokre målingar med tvungen rørsle måtte gjerast om igjen då det viste seg at målingane var dårlege. Mest truleg kom dette frå auka ionosfære aktivitet den dagen.

Testen med tvungen rørsle hadde mottakar med 1 Hz samplingsrate, men det er overførbart til 10 Hz, då grove feil er det største problemet til målingar med høg samplingsrate. Gjennom testen vart det vist at det kan detekterast peak-to-peak amplituder ned til 1 cm ved hjelp av GNSS-målingar. Som vist i figurar i kapittel 6 kan testen finne igjen frekvensar som er opp til halvparten av samplingsraten. Den viste at om samplingsraten er for lav kan aliasering gi feil analyseresultat. Derfor er det viktig å ha eit estimat på kva frekvensar det er forventa så samplingsraten er høg nok til å sikre eit eintydig resultat.

I testen med tvungen rørsle kunne det ha vore testa fleire frekvensar for å skape større sikkerheit i måleresultata. Til dømes mellom 0.1 og 0.5 Hz med peak-to-peak

amplituder på 1 cm. Dette ville gitt eit klarare bilete på potensialet til GNSS som målemetode til rørsledetektering. Likevel er det klart igjennom desse resultatata at målemetoden kan nyttast.

7.1.1 Korrelasjon

Med grunnlag i at bygga hadde eigenfrekvens mellom 1 og 4 Hz, vart 10 Hz mottakar valt til dette prosjektet. Med samplingsrate på 10 Hz får data korrelasjon i tid. Korrelasjon kan føre til grove feil ikkje blir oppdaga. Data med mykje korrelasjon vil ikkje gå igjennom ei pålitelegheitsanalyse der ein kunne detektekert grove feil. Sjølv om korrelasjonen er stor i data frå Palisaden, er det ikkje noko alternativ å ha mindre samplingsrate. Det er likevel lite truleg at grove feil ville gjort at resultatet hadde blitt annleis, då alle analyseintervalla på 10 sekund ikkje vil vere påverka av grove feil. Absoluttposisjonane som vart brukt for å laga feilvektorane var ikkje påverka av korrelasjon, då desse vart rekna ut med ein samplingsrate på 1 måling per 30 sekund.

7.1.2 Multipath

I datahandsaminga vart det valt ein elevasjonsvinkel på 5° , på grunn av lite forstyringar rundt plasseringa til antennene. Sjølv om risikoen for multipath er større med lågare elevasjonsvinkel, vart 5° valt fordi det gav det resultatet med mest fixløyising i prosesseringa. Målingar med float-løyising vart ikkje tatt med i utrekninga til feilvektorane, og målet var å få med mest mogeleg kontinuerleg data inn i FFT-analysen. Feilvektorane i figur 5.2 og figur 5.3 viser at data er påverka av multipath. Dette kjem sannsynlegvis frå ventilasjonsanlegget og dei andre metalldelane som stikk opp frå taka på Palisaden. Multipath gjer at grafen med feilvektorar viser ein trend som ikkje berre er kvit støy. Denne trenden påverkar ikkje resultatet då multipath er sakte varierende feil, og denne trenden har atskilleg saktare rørsle enn kva ein forventar frå bygga. Heile analyseintervallet på 10, 5 eller 30 sekund vil då vere påverka av den same effekten frå multipath.

7.2 Vindmålingar

Når det berre er tilgjengeleg gjennomsnittsmålingar for vindfarta, kan ein ikkje sjå akkurat når bygga vart påverka av dei sterkaste vindkasta. Så innanfor 10 minuttintervalla veit ein ikkje akkurat når vindkasta kjem eller kor lenge dei vara. Med denne uvissa kan analyseintervalla ha treft midt i eit vindkast eller rett etter, slik at den største rørsle ikkje vart registrert i analysen. Likevel skal ein i løpet av 20000 målingar treffe eit tidspunkt der det er eit vindkast. Testintervalla i FFT-analysen vart starta på fleire ulike stader i måledata for å analysere flest moglege tidspunkt. Ikkje på noko tidspunkt var det nokon frekvensar som skilde seg ut frå støynivået, og det var ingen forskjell på resultatata frå data med mykje vind og data med lite eller ingen vind. Resultatet hadde vore sikrare med tettare målt vinddata, slik ein visste kva sekund vindkasta kom og desse tidspunkta kunne blitt analysert.

7.2.1 Vindstyrke

Høgaste gjennomsnittts vindhastigheit, som vart målt på vêrstasjonen til Universitetet i løpet av hausten 2013, var 12,7 m/s over 10 min. I dei måledata som var tilgjengeleg til analyse i oppgåva var 10,2 m/s den høgaste, jamfør vinddata i tabell i kapittel B. Om dette er nok vind til at bygga rører på seg er ikkje sikkert. Lars Mørch [2014] har simulert bygga med vindlast på 22 m/s gjennomsnittsvind over 10 minutt. Det er vindstyrke med 50 års returperiode, og i 2013 har det ikkje vore noko ekstremår for vind. Vindstyrke på 10,2 m/s i gjennomsnitt på 10 minutt er under halvparten av kva Lars Mørch har simulert med, og han fekk resultat på omlag 2 cm og 1,5 cm. Med dette som samanlikning og den vindstyrken som har vore registrert under målingane, er det lite truleg at bygga har hatt rørsle over 1 cm. Det er grensa på kva denne metoden kan fange opp, så om rørsle var mindre ville det ikkje vist igjen i resultatata med dette forsøksdesignet.

7.3 Eigenskapar til høghus i massivtre

Det er gjort avgrensa med forskning på høghus bygd i massivtre. Dette gjer at det er mange usikre faktorar kring åtferda til denne typen bygg. Massivtre har berre 1/3 av vekten til tradisjonelle byggjemateriale, som til dømes betong, og er eit levande materiale som vil vere i endring over tid. Truleg vil rørsle og frekvensar endre

seg etterkvart når v er og vind får påverke massivtrebygg. Derfor kan ein ikkje samanlikne åtte etasjar massivtre med tilsvarende bygg i betong og stål. Kanskje heller ikkje samanlikne nybygg med eldre bygg. Det vart naturleg å finne ut ting undervegs i denne oppgåva, noko som kanskje ikkje har gitt heilt sikre resultat men har utelukka nokre faktorar. Det er eit steg på vegen for å l ere meir opp massivtre som byggjematerial i h oghus.

7.3.1 Demping

Det er ikkje kjent kor stor demping det er i bygga, berre at det er forventa at bygg i tre har større demping enn tilsvarende bygg i andre materiale. Demping gjer at svingingar i bygg forsvinn fort og dermed ikkje vil ha ein spesifikk frekvens. I kapittel 2.4.1 blir det vist at det må registrerast ei b lgje med minst 3 svingingar for at FFT-analysen skal finne igjen frekvensen. Når det er usikkert akkurat når vinden kjem eller kor lenge bygget er forventa å svinge, kan begge desse faktorane medverke til at rørsla ikkje blir funne igjen. Derfor kan bygga ha svingingar på mindre enn 3 bølgjelengder og dermed ha ei r rsl  som ikkje blir detektert med denne metoden.

7.3.2 Høgare frekvensar

Ved å måle med 10 Hz kan ein i samsvar til samplingsteoremet berre finne igjen frekvensar opp til 5 Hz. Med uvisse kring eigenfrekvensen til bygga kan det vere at dei har eigenfrekvensar som er på 5 Hz eller meir. D  vil ikkje denne eigenfrekvensen bli oppdaga med den samplingsraten som har blitt brukt i denne målemetoden. Det er ikkje noko som tyder på at eigenfrekvensen til bygga skulle vere høgare enn 5 Hz, med grunnlag i Ellis og Bougard[2001] sin undersøking og i rådføring fr  Nils Ivar Bovim. Huset Ellis og Bougard[2001] undersøkte hadde seks etasjar med eigenfrekvens på kring 2 Hz, og dess høgare ein bygg dess lågare blir eigenfrekvensen. Det bygget og bygga som er undersøkt i denne oppgåva kan ikkje direkte samanliknast men det gir ein indikator på kva eigenfrekvensar ein kan forvente. Likevel er det lite forskning på høghus i massivtre, så at det kan vere høgare eigenfrekvensar i bygga er ein faktor som ein må ta med i resultatet.

7.3.3 GNSS-målingar på begge bygga samstundes

Tanken frå starten var at det skulle bli målt på begge bygga samstundes. Det vart vanskeleg å gjennomføre då mottakarar som vart lånt måtte leverast tilbake før alle målingane var ferdige. Dersom ein hadde målingar på begge bygga samstundes, kunne ein samanlikna resultata å sett om det var nokon ulikskap ved same vindlast. Det kunne komme av ulike eigenskapar bygga imellom, som til dømes eigenfrekvensen. Frå starten av arbeidet vart det sagt at bygga hadde ulik avstiving: Dette fordi det under konstruksjonen blei gløymt å feste stålplatene, som skulle ha ein avstivande funksjon, heilt ned til fundamentet i det eine bygget. Det viste seg etterkvart at desse stålplatene ikkje hadde nokon effekt etter at dei begynte å bule ut. Dermed er det ingen skilnad i avstivinga på bygga. Likevel hadde det vore interessant å analysere måledata frå begge bygga samstundes for å undersøkje om dei har nokon ulikskapar.

7.4 Vidare arbeid

Ut frå resultata vil det vere naturleg å gjere vidare studiar på utfordringar som denne oppgåva avdekka. Å få på plass ein vindmålar med til dømes 20 Hz samplingsrate samstundes med GNSS-målingar vil gi sikrere resultat. Resultata frå dette kan også seie noko om der er stor demping i bygget. Det å nytte andre målemetodar er også ein mogelegheit for å verifisere resultatet. I denne oppgåva er det godt tilrettelagt for å nytte relativ GNSS til målemetode. Andre stader kan dette vere vanskeleg, og derfor det hadde vore ei interessant studie å sjå om PPP kunne nyttast til same formål og få like nøyaktige målingar.

I Bergen er allereie eit massivtrebygg med 14 etasjar under oppføring [Strand, 2014] og i Hammerfest har dei lagt planar for heile 20 etasjar [Seehusen, 2010]. Dette gjer at det allereie er behov for meir forskning på massivtre i høgda, og særleg kring kva vindlaster det toler då desse stadene er meir utsette for vind enn Ås. Bygget i Bergen gir også ny mogelegheiter for målingar tilsvarande dei i denne oppgåva i nær framtid, då bygget skal vere innflyttingsklart hausten 2015.

Kapittel 8

Konklusjon

Resultata frå testen med mottakaren som har tvungen rørsle, viser at målemetoden fungerer til formålet. Det vil seie at GNSS kan finne igjen svvingar med frekvens opp til halvparten av samplingsraten til GNSS-mottakaren, og peak-to-peak amplituder ned til og med 1 cm. Det største problemet ved å måle med høg samplingsrate er korrelasjon, men det vil ikkje påverke målingane slik at dei ikkje fungerer til dette formålet.

Måleresultata viser ingen svvingar med frekvens opp mot 5 Hz og utslag over 1 cm i bygga. Det er heller ingen utslag som utmerkjer seg i forhold til støynivået i FFT-analysen som indikerer at det er rørsle i bygga. Med det resultatet og dei vindlastene som har vore under målingane kan ein seie at det med stor sannsynlegheit ikkje har vore svvingar i bygga. Dempinga i bygga er ein usikkerheitsfaktor, og dermed kan bygga ha hatt ei rørsle men ikkje med tilstrekkeleg tal på svvingar (3 bølgjelengder) til at denne målemetoden ville detektere det.

Denne oppgåva gir opphav til ytterlege studiar i bruk av massivtre i høghus for å framskaffe meir kunnskap kring utnytting av tre som eit alternativt og miljøvenleg byggjemateriale .

Litteratur

- [Aarstad and Glasø, 2011] Aarstad, J. and Glasø, G. (2011). Massivtre. *Fokus på tre*, (20).
- [Andersen, 2009] Andersen, P. B. (2009). FFT. <http://snl.no/FFT>. Lokalisert 10.03.2014.
- [Borre and Tiberius, 2000] Borre, K. and Tiberius, C. (2000). Time series analysis of GPS observables. In *Proceedings of The 13th International Technical Meeting of the Satellite Division of the Institute of Navigation GPS 2000*.
- [De Jong et al., 2002] De Jong, C., Lachapelle, G., Skone, S., and Elema, I. (2002). *Hydrography*. VSSD, Delft.
- [Deshpande and Cannon, 2004] Deshpande, S. and Cannon, M. (2004). Analysis of the effects of GPS receiver acquisition parameters. In *Proceedings of ION GNSS*, pages 21–24.
- [Ellis and Bougard, 2001] Ellis, B. and Bougard, A. (2001). Dynamic testing and stiffness evaluation of a six-storey timber framed building during construction. *Engineering Structures*, 23(10):1232–1242.
- [Forssell, 2009] Forssell, B. (2009). GPS. <http://snl.no/GPS>. Lokalisert 26.04.2014.
- [Glasø, 2011] Glasø, G. (2011). Fleretasjes trehus. *Fokus på tre*, (32).
- [GPS Reflections Research Group, University of Colorado, 2014] GPS Reflections Research Group, University of Colorado (2014). GPS and geosciences. <http://xenon.colorado.edu/spotlight/index.php?action=kb&page=61>. Lokalisert

27.03.2014.

- [Hofmann-Wellenhof et al., 2007] Hofmann-Wellenhof, B., Lichtenegger, H., and Wasle, E. (2007). *GNSS—global navigation satellite systems: GPS, GLONASS, Galileo, and more*. Springer, Wien.
- [Holmes, 2001] Holmes, J. D. (2001). *Wind loading of structures*. CRC Press, London.
- [Leick, 2004] Leick, A. (2004). *GPS satellite surveying*. John Wiley & Sons, Hoboken, New Jersey, 3 edition.
- [Meteorologisk institutt, 2014] Meteorologisk institutt (2014). Regionalt klima, Østlandet. http://met.no/%C3%98stlandet.b7C_wljMWU.ips. Lokalisert 03.03.2014.
- [Mørch, 2014] Mørch, L. C. (2014). Fem-modellering av et fleretasjes trehus med henblikk på optimalisering av forbindelser mellom massivtreelementer. Masteroppgåve. Ås, Norges miljø og biovitenskaplige universitet.
- [Nikitopoulou et al., 2006] Nikitopoulou, A., Protopsalti, K., and Stiros, S. (2006). Monitoring dynamic and quasi-static deformations of large flexible engineering structures with GPS: Accuracy, limitations and promises. *Engineering Structures*, 28(10):1471–1482.
- [Oppikofer et al., 2013] Oppikofer, T., Saintot, A., Otterå, S., Sandøy, G., Hermanns, R., Anda, E., Dahle, H., and Eiken, T. (2013). Undersøkelser av ustabile fjellpartier i møre og romsdal – status og planer etter feltarbeid i 2012. Technical Report NGU Rapport 2013.053, Norges geologiske undersøkelser, Trondheim, Norge.
- [Ormestad, 2009] Ormestad, H. (2009). Egenfrekvens. <http://snl.no/egenfrekvens>. Lokalisert 13.05.2014.
- [Reynolds et al., 2011] Reynolds, T., Chang, W., and Harris, R. (2011). Wind-induced vibration of tall timber buildings. In *2011 IASS Annual Symposium: IABSE-IASS 2011: Taller, Longer, Lighter*. University of Bath.
- [Sandstad and Johnsen, 2009] Sandstad, J. and Johnsen, R. (2009). Frekvensanalyse. <http://snl.no/frekvensanalyse>. Lokalisert 14.04.2014.

- [Seeber, 2003] Seeber, G. (2003). *Satellite Geodesy*. Walter de Gruyter, Berlin, 2 edition.
- [Seehusen, 2010] Seehusen, J. (2010). Verdens høyeste trehus i Kirkenes. <http://www.tu.no/bygg/2010/04/21/verdens-hoyeste-trehus-i-kirkenes>. Lokalisert 12.05.2014.
- [Statens kartverk, 2009] Statens kartverk, G. (2009). Satellittbasert posisjonsbestemmelse. Technical Report Versjon 2.1, Desember 2009, Kartverket, Hønefoss, Norge.
- [Stette, 2014] Stette, G. (2014). Differensiell GPS. <http://ndla.no/nn/node/89991?fag=>. Lokalisert 11.03.2014.
- [Store norske leksikon, 2014] Store norske leksikon (2014). Korrelasjon. <http://snl.no/korrelasjon>. Lokalisert 26.03.2014.
- [Strand, 2014] Strand, S. S. (2014). Verdens høyeste trehus byggeklart i Bergen. <http://www.bygg.no/article/107264>. Lokalisert 12.05.2014.
- [Takasu, 2013] Takasu, T. (2013). RTKLIB ver. 2.4.2 manual.
- [UMB, 2013] UMB (2013). Annual climatological summary. <http://klima.umb.no/NOAAPRYR.TXT>. Lokalisert 19.mars 2014.
- [Vessby, 2011] Vessby, J. (2011). *Analysis of shear walls for multi-storey timber buildings*. PhD thesis, School of Engineering, Linnaeus University. Linnaeus University Press.
- [Vistnes, 2013] Vistnes, A. I. (2013). *Svingninger og bølger*, chapter 5. Eget forlag. Tilgjengelig som pdf-fil via www.duo.uio.no.
- [Zogg, 2009] Zogg, J. (2009). GPS-essentials of satellite navigation. *Compendium*.

Tillegg A

Dataformat, programvare og utstyr

RINEX-format

RINEX (Receiver Independent Exchange Format) er eit dataformat som nyttast for å utveksle satellittnavigasjonsdata for ulike GNSS-signal og applikasjonar [Hofmann-Wellenhof et al., 2007]. RINEX-filer er skrevet i ASCII og er mot-takaruavhengig. RINEX-fila inneheld to delar; ein header med informasjon om observasjonssituasjonen og ein dataseksjon med dei faktiske data. Det er tre typar RINEX-filer: observasjonsdata, navigasjonsmelding og meteorologiske datafiler. W. Gurtner frå Universitet i Bern var den som første gong definerte RINEX-formatet i 1989. Då var det berre gjeldande for GPS-data men det har seinare blitt oppdatert til å gjelde nye signal og applikasjonar etterkvart som dei har kome på marknaden.

RTKLIB

RTKLIB er ein open source programpakke for utrekningar til GNSS-målingar, både for kodemålingar, DGNSS og PPP [Takasu, 2013]. RTKLIB kan nyttast både til målingar i sanntid og etterprosesseringar. Den kan både nyttast som GUI (graphical user interface) og CUI (Command-line User Interface) i Microsoft Windows. For å etterprosessere data nytta ein funksjonen RTKPOST. Der finnast det mange

ulike val alt etter kva data ein har og kva resultat ein er ute etter.

Utstyr

Mottakarar

TOPCON NET-G3A (10 Hz)

Trimble NetR5 (10 Hz)

TOPCON Legacy-E GGD (1 Hz)

Antenner

TPSG3_A1

TRM57971.00

TPS Legant-2

Tillegg B

Vinddata

Tabell B.1: *Vinddata*

DATO-TID	VH(m/s)	VR(grader)	DATO-TID	VH(m/s)	VR(grader)
16.10.13 0:00	2,4	104,9	25.10.13 0:00	5,5	227,2
16.10.13 0:10	2,4	93,0	25.10.13 0:10	5,3	202,1
16.10.13 0:20	2,2	353,9	25.10.13 0:20	4,8	192,5
16.10.13 0:30	2,5	14,5	25.10.13 0:30	4,7	194,7
16.10.13 0:40	2,4	3,8	25.10.13 0:40	4,6	203,5
16.10.13 0:50	2,4	285,3	25.10.13 0:50	5,6	220,9
16.10.13 1:00	2,4	188,7	25.10.13 1:00	5,9	234,6
16.10.13 1:10	2,5	340,9	25.10.13 1:10	5,9	215,4
16.10.13 1:20	2,6	41,0	25.10.13 1:20	5,7	185,1
16.10.13 1:30	2,7	96,0	25.10.13 1:30	5,9	182,5
16.10.13 1:40	2,6	87,3	25.10.13 1:40	6,3	194,8
16.10.13 1:50	2,2	66,0	25.10.13 1:50	5,6	206,0
16.10.13 2:00	2,2	16,0	25.10.13 2:00	5,1	211,7
16.10.13 2:10	2,2	7,5	25.10.13 2:10	4,3	213,1
16.10.13 2:20	2,2	123,0	25.10.13 2:20	4,4	189,4
16.10.13 2:30	2,2	170,9	25.10.13 2:30	4,7	185,8
16.10.13 2:40	2,5	36,1	25.10.13 2:40	5,1	227,1
16.10.13 2:50	2,5	62,7	25.10.13 2:50	5,3	246,3
16.10.13 3:00	2,5	32,9	25.10.13 3:00	4,8	248,3
16.10.13 3:10	2,3	29,0	25.10.13 3:10	5,8	259,3
16.10.13 3:20	2,4	4,3	25.10.13 3:20	5,3	270,0
16.10.13 3:30	2,3	75,0	25.10.13 3:30	5,6	276,4

16.10.13 3:40	2,5	145,3	25.10.13 3:40	4,8	302,4
16.10.13 3:50	2,5	231,6	25.10.13 3:50	4,6	307,0
16.10.13 4:00	2,9	188,2	25.10.13 4:00	5,7	309,3
16.10.13 4:10	2,7	231,2	25.10.13 4:10	5,6	287,7
16.10.13 4:20	3,2	345,2	25.10.13 4:20	5,0	274,1
16.10.13 4:30	2,6	350,5	25.10.13 4:30	4,3	308,6
16.10.13 4:40	3,0	325,8	25.10.13 4:40	4,4	296,4
16.10.13 4:50	3,5	328,6	25.10.13 4:50	5,0	281,6
16.10.13 5:00	3,4	355,1	25.10.13 5:00	4,3	280,2
16.10.13 5:10	3,5	351,3	25.10.13 5:10	4,7	243,7
16.10.13 5:20	3,1	345,1	25.10.13 5:20	5,8	220,6
16.10.13 5:30	2,3	10,8	25.10.13 5:30	5,4	228,6
16.10.13 5:40	2,4	8,8	25.10.13 5:40	5,0	225,4
16.10.13 5:50	2,4	358,8	25.10.13 5:50	5,9	227,2
16.10.13 6:00	2,5	10,1	25.10.13 6:00	5,7	240,6
16.10.13 6:10	2,4	19,6	25.10.13 6:10	4,8	223,2
16.10.13 6:20	2,4	359,3	25.10.13 6:20	4,4	126,0
16.10.13 6:30	2,5	15,1	25.10.13 6:30	4,2	131,6
16.10.13 6:40	2,2	42,5	25.10.13 6:40	3,9	126,3
16.10.13 6:50	2,3	43,4	25.10.13 6:50	4,2	123,4
16.10.13 7:00	2,3	33,1	25.10.13 7:00	3,5	163,8
16.10.13 7:10	2,2	29,2	25.10.13 7:10	3,6	238,9
16.10.13 7:20	2,2	122,4	25.10.13 7:20	3,5	347,6
16.10.13 7:30	2,2	109,0	25.10.13 7:30	3,5	31,6
16.10.13 7:40	2,2	106,0	25.10.13 7:40	3,6	17,6
16.10.13 7:50	2,3	217,4	25.10.13 7:50	3,8	27,5
16.10.13 8:00	2,3	219,3	25.10.13 8:00	4,0	114,7
16.10.13 8:10	2,4	180,5	25.10.13 8:10	4,1	186,8
16.10.13 8:20	2,4	105,9	25.10.13 8:20	3,7	97,1
16.10.13 8:30	2,2	93,2	25.10.13 8:30	4,2	115,9
16.10.13 8:40	2,3	134,5	25.10.13 8:40	4,1	128,4
16.10.13 8:50	2,5	193,1	25.10.13 8:50	3,8	128,8
16.10.13 9:00	2,5	180,6	25.10.13 9:00	4,1	120,5
16.10.13 9:10	2,7	161,0	25.10.13 9:10	4,7	142,1
16.10.13 9:20	2,8	115,8	25.10.13 9:20	4,3	128,6
16.10.13 9:30	3,1	100,2	25.10.13 9:30	3,9	173,1
16.10.13 9:40	3,2	106,4	25.10.13 9:40	3,6	182,6
16.10.13 9:50	3,4	112,1	25.10.13 9:50	3,9	183,9
16.10.13 10:00	3,8	119,2	25.10.13 10:00	4,3	182,3
16.10.13 10:10	3,5	129,4	25.10.13 10:10	4,0	140,8

16.10.13 10:20	3,6	133,6	25.10.13 10:20	3,7	87,3
16.10.13 10:30	3,5	158,0	25.10.13 10:30	3,9	117,7
16.10.13 10:40	3,5	167,6	25.10.13 10:40	4,4	146,8
16.10.13 10:50	3,6	174,3	25.10.13 10:50	3,9	164,4
16.10.13 11:00	4,0	176,4	25.10.13 11:00	3,8	231,2
16.10.13 11:10	3,7	168,4	25.10.13 11:10	3,8	198,2
16.10.13 11:20	3,7	153,3	25.10.13 11:20	4,0	184,8
16.10.13 11:30	3,9	153,8	25.10.13 11:30	4,3	200,5
16.10.13 11:40	4,1	174,8	25.10.13 11:40	3,9	212,7
16.10.13 11:50	3,8	184,6	25.10.13 11:50	4,1	194,7
16.10.13 12:00	4,0	183,4	25.10.13 12:00	3,8	186,7
16.10.13 12:10	4,1	175,8	25.10.13 12:10	3,8	171,0
16.10.13 12:20	3,6	162,3	25.10.13 12:20	4,0	155,8
16.10.13 12:30	3,8	168,7	25.10.13 12:30	4,3	201,3
16.10.13 12:40	3,9	161,6	25.10.13 12:40	4,8	202,3
16.10.13 12:50	3,9	169,0	25.10.13 12:50	4,7	166,4
16.10.13 13:00	3,8	165,8	25.10.13 13:00	4,7	177,0
16.10.13 13:10	4,1	186,4	25.10.13 13:10	5,0	157,4
16.10.13 13:20	4,2	186,7	25.10.13 13:20	4,8	169,8
16.10.13 13:30	4,3	188,7	25.10.13 13:30	5,4	170,6
16.10.13 13:40	4,1	187,5	25.10.13 13:40	5,7	156,8
16.10.13 13:50	4,5	183,7	25.10.13 13:50	5,2	158,3
16.10.13 14:00	4,8	180,5	25.10.13 14:00	5,2	169,1
16.10.13 14:10	4,7	177,7	25.10.13 14:10	5,4	171,3
16.10.13 14:20	4,7	170,2	25.10.13 14:20	5,0	181,9
16.10.13 14:30	5,0	181,9	25.10.13 14:30	4,8	175,6
16.10.13 14:40	5,2	177,1	25.10.13 14:40	4,8	196,6
16.10.13 14:50	4,9	179,3	25.10.13 14:50	4,7	227,1
16.10.13 15:00	5,2	167,7	25.10.13 15:00	4,3	197,8
16.10.13 15:10	5,3	164,8	25.10.13 15:10	5,6	184,7
16.10.13 15:20	4,6	168,9	25.10.13 15:20	5,3	174,8
16.10.13 15:30	4,7	168,7	25.10.13 15:30	5,0	167,0
16.10.13 15:40	5,2	184,1	25.10.13 15:40	5,1	169,2
16.10.13 15:50	5,2	182,1	25.10.13 15:50	5,1	160,6
16.10.13 16:00	5,3	180,3	25.10.13 16:00	5,0	162,2
16.10.13 16:10	5,4	179,5	25.10.13 16:10	5,1	156,6
16.10.13 16:20	5,3	179,2	25.10.13 16:20	5,3	155,2
16.10.13 16:30	5,7	180,9	25.10.13 16:30	4,8	147,0
16.10.13 16:40	5,8	182,1	25.10.13 16:40	5,1	143,2
16.10.13 16:50	6,0	181,7	25.10.13 16:50	5,0	139,6

16.10.13 17:00	6,1	180,0	25.10.13 17:00	5,3	140,2
16.10.13 17:10	5,9	176,3	25.10.13 17:10	5,4	147,1
16.10.13 17:20	5,4	175,0	25.10.13 17:20	5,1	158,8
16.10.13 17:30	5,5	172,1	25.10.13 17:30	5,1	153,9
16.10.13 17:40	5,5	173,3	25.10.13 17:40	5,1	148,8
16.10.13 17:50	5,2	171,8	25.10.13 17:50	4,9	144,7
16.10.13 18:00	5,1	167,6	25.10.13 18:00	5,0	139,3
16.10.13 18:10	5,4	162,0	25.10.13 18:10	4,9	135,3
16.10.13 18:20	5,1	162,4	25.10.13 18:20	5,4	139,7
16.10.13 18:30	5,0	162,6	25.10.13 18:30	5,4	156,8
16.10.13 18:40	4,7	153,3	25.10.13 18:40	5,3	155,1
16.10.13 18:50	4,6	169,6	25.10.13 18:50	5,2	154,0
16.10.13 19:00	5,1	174,0	25.10.13 19:00	5,0	152,9
16.10.13 19:10	5,1	173,1	25.10.13 19:10	4,9	149,3
16.10.13 19:20	5,3	170,8	25.10.13 19:20	4,5	149,7
16.10.13 19:30	5,7	177,4	25.10.13 19:30	4,1	131,3
16.10.13 19:40	5,1	174,0	25.10.13 19:40	4,0	104,9
16.10.13 19:50	4,8	166,5	25.10.13 19:50	3,9	101,0
16.10.13 20:00	5,3	180,9	25.10.13 20:00	4,3	123,8
16.10.13 20:10	5,1	187,1	25.10.13 20:10	4,5	117,1
16.10.13 20:20	4,7	180,7	25.10.13 20:20	4,5	110,1
16.10.13 20:30	4,5	172,3	25.10.13 20:30	5,0	117,1
16.10.13 20:40	4,0	156,3	25.10.13 20:40	5,0	110,4
16.10.13 20:50	4,2	157,1	25.10.13 20:50	4,9	109,2
16.10.13 21:00	4,2	154,6	25.10.13 21:00	4,7	95,4
16.10.13 21:10	4,2	157,1	25.10.13 21:10	4,3	93,5
16.10.13 21:20	4,0	158,6	25.10.13 21:20	4,4	97,4
16.10.13 21:30	4,1	159,3	25.10.13 21:30	4,4	97,4
16.10.13 21:40	3,8	158,3	25.10.13 21:40	4,7	92,2
16.10.13 21:50	3,4	126,7	25.10.13 21:50	4,6	96,3
16.10.13 22:00	3,3	157,1	25.10.13 22:00	5,1	114,5
16.10.13 22:10	4,0	169,0	25.10.13 22:10	5,1	119,3
16.10.13 22:20	3,8	172,9	25.10.13 22:20	4,9	110,2
16.10.13 22:30	3,7	179,7	25.10.13 22:30	5,1	107,7
16.10.13 22:40	3,6	191,7	25.10.13 22:40	5,5	114,2
16.10.13 22:50	4,2	154,6	25.10.13 22:50	5,8	113,0
16.10.13 23:00	3,8	140,5	25.10.13 23:00	6,0	122,2
16.10.13 23:10	4,0	141,4	25.10.13 23:10	5,7	132,8
16.10.13 23:20	3,8	149,8	25.10.13 23:20	5,6	124,7
16.10.13 23:30	3,7	156,0	25.10.13 23:30	5,9	129,9

16.10.13 23:40	3,7	157,0	25.10.13 23:40	5,4	133,3
16.10.13 23:50	3,8	156,3	25.10.13 23:50	5,0	117,8
17.10.13 0:00	4,0	153,4	06.12.13 0:00	9,2	337,2
17.10.13 0:10	3,9	142,5	06.12.13 0:10	7,9	330,9
17.10.13 0:20	3,8	137,0	06.12.13 0:20	8,8	329,0
17.10.13 0:30	4,1	137,9	06.12.13 0:30	9,1	330,1
17.10.13 0:40	3,6	140,6	06.12.13 0:40	9,0	328,9
17.10.13 0:50	3,4	147,3	06.12.13 0:50	8,4	334,8
17.10.13 1:00	3,4	154,2	06.12.13 1:00	9,1	332,2
17.10.13 1:10	3,3	134,5	06.12.13 1:10	9,3	328,1
17.10.13 1:20	3,5	131,1	06.12.13 1:20	9,0	334,5
17.10.13 1:30	3,6	137,4	06.12.13 1:30	9,2	333,9
17.10.13 1:40	3,4	137,7	06.12.13 1:40	8,8	334,1
17.10.13 1:50	3,4	142,8	06.12.13 1:50	9,4	332,5
17.10.13 2:00	3,7	133,6	06.12.13 2:00	8,4	335,3
17.10.13 2:10	3,8	128,7	06.12.13 2:10	7,8	334,2
17.10.13 2:20	3,2	136,6	06.12.13 2:20	10,2	332,9
17.10.13 2:30	3,4	142,1	06.12.13 2:30	8,8	333,2
17.10.13 2:40	2,8	156,3	06.12.13 2:40	9,3	337,6
17.10.13 2:50	3,3	149,1	06.12.13 2:50	7,6	336,3
17.10.13 3:00	4,1	153,0	06.12.13 3:00	8,0	333,8
17.10.13 3:10	3,8	152,5	06.12.13 3:10	7,9	336,4
17.10.13 3:20	3,8	142,0	06.12.13 3:20	8,1	336,7
17.10.13 3:30	3,4	160,6	06.12.13 3:30	7,2	341,6
17.10.13 3:40	2,8	111,8	06.12.13 3:40	8,1	334,4
17.10.13 3:50	2,8	70,7	06.12.13 3:50	8,7	337,3
17.10.13 4:00	3,9	126,8	06.12.13 4:00	8,7	335,9
17.10.13 4:10	2,9	45,2	06.12.13 4:10	8,2	335,4
17.10.13 4:20	3,4	43,9	06.12.13 4:20	7,6	332,8
17.10.13 4:30	2,7	111,7	06.12.13 4:30	7,1	337,3
17.10.13 4:40	2,9	82,9	06.12.13 4:40	7,7	334,3
17.10.13 4:50	2,6	82,8	06.12.13 4:50	7,3	333,4
17.10.13 5:00	2,6	71,0	06.12.13 5:00	8,1	334,7
17.10.13 5:10	2,6	57,2	06.12.13 5:10	7,5	334,9
17.10.13 5:20	2,7	57,1	06.12.13 5:20	7,6	335,7
17.10.13 5:30	2,7	68,7	06.12.13 5:30	7,5	335,7
17.10.13 5:40	2,7	137,6	06.12.13 5:40	7,5	334,1
17.10.13 5:50	2,3	63,4	06.12.13 5:50	7,2	333,7
17.10.13 6:00	2,5	92,3	06.12.13 6:00	6,6	333,9
17.10.13 6:10	2,4	104,6	06.12.13 6:10	7,4	333,8

17.10.13 6:20	2,8	56,9	06.12.13 6:20	7,7	331,8
17.10.13 6:30	2,8	46,3	06.12.13 6:30	6,6	339,1
17.10.13 6:40	2,3	181,4	06.12.13 6:40	7,0	332,9
17.10.13 6:50	2,6	88,5	06.12.13 6:50	7,0	332,0
17.10.13 7:00	2,5	74,1	06.12.13 7:00	8,0	332,6
17.10.13 7:10	2,5	70,9	06.12.13 7:10	6,5	332,2
17.10.13 7:20	2,9	65,1	06.12.13 7:20	6,5	332,4
17.10.13 7:30	2,6	58,8	06.12.13 7:30	7,2	337,5
17.10.13 7:40	2,6	87,1	06.12.13 7:40	7,9	330,0
17.10.13 7:50	2,9	66,8	06.12.13 7:50	7,5	328,7
17.10.13 8:00	3,0	65,6	06.12.13 8:00	7,3	334,9
17.10.13 8:10	2,6	33,0	06.12.13 8:10	6,0	331,8
17.10.13 8:20	3,0	335,3	06.12.13 8:20	6,4	328,3
17.10.13 8:30	2,7	1,1	06.12.13 8:30	6,6	329,3
17.10.13 8:40	2,8	35,3	06.12.13 8:40	7,4	328,6
17.10.13 8:50	3,0	22,1	06.12.13 8:50	6,5	330,5
17.10.13 9:00	3,0	12,8	06.12.13 9:00	6,2	325,7
17.10.13 9:10	3,1	23,7	06.12.13 9:10	6,7	324,0
17.10.13 9:20	3,0	31,6	06.12.13 9:20	6,2	324,2
17.10.13 9:30	3,3	14,3	06.12.13 9:30	6,3	333,3
17.10.13 9:40	3,1	348,2	06.12.13 9:40	5,2	336,3
17.10.13 9:50	3,3	7,4	06.12.13 9:50	4,6	331,2
17.10.13 10:00	3,2	15,0	06.12.13 10:00	6,2	328,1
17.10.13 10:10	3,1	4,4	06.12.13 10:10	7,2	327,1
17.10.13 10:20	2,9	328,8	06.12.13 10:20	6,6	330,7
17.10.13 10:30	3,1	331,9	06.12.13 10:30	6,8	331,0
17.10.13 10:40	3,5	337,7	06.12.13 10:40	7,5	328,7
17.10.13 10:50	3,6	341,2	06.12.13 10:50	6,3	332,8
17.10.13 11:00	3,1	1,4	06.12.13 11:00	6,5	330,1
17.10.13 11:10	3,0	6,0	06.12.13 11:10	5,8	330,8
17.10.13 11:20	3,5	6,3	06.12.13 11:20	6,2	333,2
17.10.13 11:30	3,4	355,1	06.12.13 11:30	6,7	328,8
17.10.13 11:40	3,2	347,3	06.12.13 11:40	5,7	328,0
17.10.13 11:50	3,4	343,2	06.12.13 11:50	5,5	329,0
17.10.13 12:00	3,8	7,8	06.12.13 12:00	5,6	330,5
17.10.13 12:10	3,3	3,6	06.12.13 12:10	5,2	327,7
17.10.13 12:20	3,8	18,0	06.12.13 12:20	6,0	325,8
17.10.13 12:30	3,6	21,4	06.12.13 12:30	5,9	329,4
17.10.13 12:40	4,0	359,8	06.12.13 12:40	5,4	331,3
17.10.13 12:50	4,0	22,3	06.12.13 12:50	5,9	331,7

17.10.13 13:00	3,9	1,6	06.12.13 13:00	5,7	330,9
17.10.13 13:10	4,3	353,7	06.12.13 13:10	5,6	331,3
17.10.13 13:20	3,9	343,6	06.12.13 13:20	6,1	331,9
17.10.13 13:30	3,9	342,4	06.12.13 13:30	5,2	332,5
17.10.13 13:40	4,0	339,2	06.12.13 13:40	5,4	331,9
17.10.13 13:50	4,1	332,7	06.12.13 13:50	6,3	328,8
17.10.13 14:00	4,0	339,5	06.12.13 14:00	7,1	330,1
17.10.13 14:10	4,2	349,7	06.12.13 14:10	7,6	332,4
17.10.13 14:20	4,3	341,9	06.12.13 14:20	6,9	335,3
17.10.13 14:30	4,5	355,0	06.12.13 14:30	6,9	333,3
17.10.13 14:40	4,3	0,7	06.12.13 14:40	6,6	332,7
17.10.13 14:50	4,5	0,5	06.12.13 14:50	6,9	333,4
17.10.13 15:00	4,2	7,1	06.12.13 15:00	7,6	327,5
17.10.13 15:10	4,4	4,5	06.12.13 15:10	7,2	331,2
17.10.13 15:20	4,1	356,4	06.12.13 15:20	6,4	331,5
17.10.13 15:30	3,9	17,1	06.12.13 15:30	5,4	341,1
17.10.13 15:40	3,9	45,1	06.12.13 15:40	6,2	330,9
17.10.13 15:50	4,3	351,8	06.12.13 15:50	5,6	332,2
17.10.13 16:00	4,2	354,0	06.12.13 16:00	7,3	330,7
17.10.13 16:10	4,3	357,2	06.12.13 16:10	5,8	323,2
17.10.13 16:20	4,2	10,5	06.12.13 16:20	6,9	328,8
17.10.13 16:30	4,6	354,5	06.12.13 16:30	7,1	330,2
17.10.13 16:40	5,0	7,7	06.12.13 16:40	7,4	329,7
17.10.13 16:50	4,5	5,1	06.12.13 16:50	7,6	333,6
17.10.13 17:00	4,5	12,7	06.12.13 17:00	7,6	341,6
17.10.13 17:10	4,9	21,7	06.12.13 17:10	8,3	331,5
17.10.13 17:20	4,6	24,7	06.12.13 17:20	8,4	330,2
17.10.13 17:30	4,6	22,8	06.12.13 17:30	6,7	330,5
17.10.13 17:40	4,8	12,4	06.12.13 17:40	7,7	329,7
17.10.13 17:50	4,8	0,5	06.12.13 17:50	7,2	331,3
17.10.13 18:00	4,8	356,2	06.12.13 18:00	7,3	331,9
17.10.13 18:10	4,9	3,7	06.12.13 18:10	7,0	326,6
17.10.13 18:20	5,1	13,0	06.12.13 18:20	6,3	326,9
17.10.13 18:30	5,9	13,5	06.12.13 18:30	7,1	330,9
17.10.13 18:40	5,8	11,2	06.12.13 18:40	7,3	330,6
17.10.13 18:50	5,3	6,8	06.12.13 18:50	6,8	327,2
17.10.13 19:00	5,9	11,4	06.12.13 19:00	7,5	329,5
17.10.13 19:10	6,0	13,4	06.12.13 19:10	7,2	326,8
17.10.13 19:20	6,5	10,5	06.12.13 19:20	6,3	329,1
17.10.13 19:30	7,0	11,0	06.12.13 19:30	5,9	325,2

17.10.13 19:40	6,5	9,7	06.12.13 19:40	6,0	323,9
17.10.13 19:50	6,6	357,9	06.12.13 19:50	6,4	321,5
17.10.13 20:00	7,0	3,5	06.12.13 20:00	6,1	330,7
17.10.13 20:10	7,0	358,7	06.12.13 20:10	5,7	328,1
17.10.13 20:20	7,8	5,2	06.12.13 20:20	4,6	323,4
17.10.13 20:30	6,4	8,6	06.12.13 20:30	4,7	314,1
17.10.13 20:40	6,2	3,9	06.12.13 20:40	5,8	324,1
17.10.13 20:50	6,5	7,9	06.12.13 20:50	5,5	320,9
17.10.13 21:00	6,9	9,7	06.12.13 21:00	5,2	316,4
17.10.13 21:10	6,5	9,4	06.12.13 21:10	5,4	326,0
17.10.13 21:20	6,5	8,2	06.12.13 21:20	5,9	325,0
17.10.13 21:30	6,4	13,5	06.12.13 21:30	5,1	329,2
17.10.13 21:40	6,0	11,2	06.12.13 21:40	6,0	328,5
17.10.13 21:50	5,7	4,9	06.12.13 21:50	5,7	332,6
17.10.13 22:00	5,5	15,3	06.12.13 22:00	5,0	317,2
17.10.13 22:10	4,9	7,6	06.12.13 22:10	5,3	315,5
17.10.13 22:20	4,9	6,9	06.12.13 22:20	5,5	314,1
17.10.13 22:30	4,8	358,4	06.12.13 22:30	5,2	310,4
17.10.13 22:40	4,3	359,1	06.12.13 22:40	5,4	311,7
17.10.13 22:50	4,5	14,4	06.12.13 22:50	5,5	318,7
17.10.13 23:00	5,0	1,9	06.12.13 23:00	5,7	324,4
17.10.13 23:10	4,5	1,0	06.12.13 23:10	5,0	321,6
17.10.13 23:20	4,0	9,4	06.12.13 23:20	4,7	329,1
17.10.13 23:30	4,6	9,4	06.12.13 23:30	6,0	325,8
17.10.13 23:40	4,7	10,4	06.12.13 23:40	6,0	328,4
17.10.13 23:50	4,1	4,2	06.12.13 23:50	7,6	331,4
24.10.13 0:00	9,2	188,9	07.12.13 0:00	6,0	330,8
24.10.13 0:10	9,3	189,9	07.12.13 0:10	5,6	328,5
24.10.13 0:20	8,2	188,2	07.12.13 0:20	6,0	326,9
24.10.13 0:30	9,2	188,3	07.12.13 0:30	5,2	333,1
24.10.13 0:40	9,7	189,8	07.12.13 0:40	3,7	337,4
24.10.13 0:50	8,6	189,9	07.12.13 0:50	3,9	334,9
24.10.13 1:00	8,2	186,8	07.12.13 1:00	3,7	323,9
24.10.13 1:10	8,2	194,2	07.12.13 1:10	3,6	321,3
24.10.13 1:20	8,8	196,3	07.12.13 1:20	3,6	325,2
24.10.13 1:30	9,1	195,2	07.12.13 1:30	4,8	331,7
24.10.13 1:40	9,5	194,7	07.12.13 1:40	6,0	329,3
24.10.13 1:50	9,2	194,7	07.12.13 1:50	5,5	330,2
24.10.13 2:00	9,4	196,8	07.12.13 2:00	6,7	333,2
24.10.13 2:10	9,2	194,0	07.12.13 2:10	5,4	330,8

24.10.13 2:20	9,0	194,0	07.12.13 2:20	5,2	333,3
24.10.13 2:30	8,0	191,4	07.12.13 2:30	4,9	339,0
24.10.13 2:40	7,9	190,2	07.12.13 2:40	5,0	335,5
24.10.13 2:50	7,7	192,3	07.12.13 2:50	4,5	335,2
24.10.13 3:00	8,2	187,9	07.12.13 3:00	4,5	332,4
24.10.13 3:10	8,2	192,4	07.12.13 3:10	4,5	328,4
24.10.13 3:20	8,0	189,4	07.12.13 3:20	3,9	329,2
24.10.13 3:30	8,1	192,2	07.12.13 3:30	4,4	329,5
24.10.13 3:40	7,8	189,1	07.12.13 3:40	3,7	323,0
24.10.13 3:50	7,9	191,2	07.12.13 3:50	2,8	326,5
24.10.13 4:00	7,7	193,6	07.12.13 4:00	3,2	328,8
24.10.13 4:10	7,1	197,7	07.12.13 4:10	3,8	331,5
24.10.13 4:20	7,1	200,8	07.12.13 4:20	4,2	332,6
24.10.13 4:30	7,4	207,8	07.12.13 4:30	4,6	323,7
24.10.13 4:40	7,4	201,8	07.12.13 4:40	4,3	320,8
24.10.13 4:50	8,0	197,7	07.12.13 4:50	4,3	321,1
24.10.13 5:00	8,3	198,3	07.12.13 5:00	3,8	321,7
24.10.13 5:10	8,1	207,0	07.12.13 5:10	5,4	320,2
24.10.13 5:20	8,3	207,0	07.12.13 5:20	4,1	314,2
24.10.13 5:30	8,3	206,7	07.12.13 5:30	4,6	314,4
24.10.13 5:40	7,8	203,1	07.12.13 5:40	4,5	315,7
24.10.13 5:50	7,7	204,9	07.12.13 5:50	4,1	316,5
24.10.13 6:00	7,9	204,0	07.12.13 6:00	4,6	325,9
24.10.13 6:10	6,9	202,5	07.12.13 6:10	4,0	325,0
24.10.13 6:20	6,9	200,3	07.12.13 6:20	3,6	326,1
24.10.13 6:30	7,1	197,3	07.12.13 6:30	3,1	314,4
24.10.13 6:40	6,9	196,7	07.12.13 6:40	3,2	320,1
24.10.13 6:50	7,2	203,3	07.12.13 6:50	2,8	322,0
24.10.13 7:00	7,2	201,5	07.12.13 7:00	2,6	313,8
24.10.13 7:10	7,3	200,6	07.12.13 7:10	2,4	318,4
24.10.13 7:20	7,3	201,8	07.12.13 7:20	2,6	321,2
24.10.13 7:30	7,1	202,2	07.12.13 7:30	2,8	323,3
24.10.13 7:40	7,2	205,6	07.12.13 7:40	3,0	321,5
24.10.13 7:50	7,2	203,6	07.12.13 7:50	2,2	294,3
24.10.13 8:00	6,7	207,5	07.12.13 8:00	2,3	293,7
24.10.13 8:10	6,3	210,5	07.12.13 8:10	2,2	325,8
24.10.13 8:20	6,5	206,9	07.12.13 8:20	2,6	342,4
24.10.13 8:30	6,8	210,9	07.12.13 8:30	1,7	309,5
24.10.13 8:40	7,5	218,1	07.12.13 8:40	0,7	216,5
24.10.13 8:50	8,1	214,3	07.12.13 8:50	0,9	350,5

24.10.13 9:00	8,0	215,7	07.12.13 9:00	1,9	309,1
24.10.13 9:10	8,3	219,7	07.12.13 9:10	1,9	286,1
24.10.13 9:20	8,4	217,1	07.12.13 9:20	1,9	313,6
24.10.13 9:30	8,1	217,5	07.12.13 9:30	1,8	322,2
24.10.13 9:40	7,5	203,5	07.12.13 9:40	1,6	323,8
24.10.13 9:50	7,3	202,9	07.12.13 9:50	1,6	311,5
24.10.13 10:00	7,5	201,2	07.12.13 10:00	1,5	333,3
24.10.13 10:10	6,9	199,2	07.12.13 10:10	1,8	327,7
24.10.13 10:20	7,2	191,3	07.12.13 10:20	2,1	349,8
24.10.13 10:30	6,2	172,7	07.12.13 10:30	1,9	354,3
24.10.13 10:40	5,6	168,3	07.12.13 10:40	3,1	344,0
24.10.13 10:50	6,2	176,3	07.12.13 10:50	4,7	335,3
24.10.13 11:00	6,7	187,3	07.12.13 11:00	4,9	330,5
24.10.13 11:10	6,6	187,3	07.12.13 11:10	3,9	331,2
24.10.13 11:20	6,8	189,3	07.12.13 11:20	3,7	331,6
24.10.13 11:30	7,8	199,9	07.12.13 11:30	4,3	332,4
24.10.13 11:40	8,4	196,5	07.12.13 11:40	5,1	333,4
24.10.13 11:50	7,8	199,9	07.12.13 11:50	5,5	328,7
24.10.13 12:00	8,0	200,0	07.12.13 12:00	4,7	333,3
24.10.13 12:10	6,7	196,7	07.12.13 12:10	4,0	323,0
24.10.13 12:20	6,9	199,6	07.12.13 12:20	3,7	315,7
24.10.13 12:30	7,3	196,8	07.12.13 12:30	4,5	306,8
24.10.13 12:40	8,3	205,8	07.12.13 12:40	3,9	315,8
24.10.13 12:50	8,9	199,5	07.12.13 12:50	3,8	315,1
24.10.13 13:00	7,0	195,0	07.12.13 13:00	3,6	313,6
24.10.13 13:10	7,5	190,7	07.12.13 13:10	3,2	311,1
24.10.13 13:20	7,7	193,9	07.12.13 13:20	3,5	306,2
24.10.13 13:30	6,9	189,1	07.12.13 13:30	3,6	309,9
24.10.13 13:40	7,9	191,6	07.12.13 13:40	3,3	324,4
24.10.13 13:50	8,0	193,2	07.12.13 13:50	2,7	325,7
24.10.13 14:00	6,8	187,7	07.12.13 14:00	2,7	321,2
24.10.13 14:10	7,1	190,1	07.12.13 14:10	2,0	310,4
24.10.13 14:20	7,5	185,8	07.12.13 14:20	1,9	302,3
24.10.13 14:30	7,2	188,6	07.12.13 14:30	2,0	287,8
24.10.13 14:40	6,8	186,5	07.12.13 14:40	1,8	287,2
24.10.13 14:50	6,8	195,2	07.12.13 14:50	1,2	333,2
24.10.13 15:00	7,7	202,7	07.12.13 15:00	1,0	186,3
24.10.13 15:10	7,6	205,9	07.12.13 15:10	1,0	181,4
24.10.13 15:20	7,0	204,5	07.12.13 15:20	0,9	122,0
24.10.13 15:30	7,5	208,0	07.12.13 15:30	1,0	117,2

24.10.13 15:40	7,0	210,4	07.12.13 15:40	0,9	60,3
24.10.13 15:50	6,9	211,2	07.12.13 15:50	0,6	225,7
24.10.13 16:00	6,9	218,6	07.12.13 16:00	1,0	294,9
24.10.13 16:10	6,7	222,7	07.12.13 16:10	0,8	311,2
24.10.13 16:20	7,4	220,2	07.12.13 16:20	0,8	38,3
24.10.13 16:30	6,9	219,3	07.12.13 16:30	0,6	126,1
24.10.13 16:40	6,9	228,0	07.12.13 16:40	1,0	119,7
24.10.13 16:50	6,4	225,9	07.12.13 16:50	0,8	105,9
24.10.13 17:00	6,9	224,2	07.12.13 17:00	0,4	106,9
24.10.13 17:10	6,3	223,8	07.12.13 17:10	0,5	105,4
24.10.13 17:20	6,4	224,6	07.12.13 17:20	0,7	69,6
24.10.13 17:30	6,5	226,0	07.12.13 17:30	0,7	29,1
24.10.13 17:40	6,6	223,1	07.12.13 17:40	1,2	63,2
24.10.13 17:50	7,5	227,9	07.12.13 17:50	0,8	98,9
24.10.13 18:00	7,3	223,9	07.12.13 18:00	0,8	129,0
24.10.13 18:10	6,6	225,0	07.12.13 18:10	0,8	62,9
24.10.13 18:20	6,7	225,6	07.12.13 18:20	0,8	84,9
24.10.13 18:30	6,7	218,5	07.12.13 18:30	1,0	90,3
24.10.13 18:40	6,6	208,8	07.12.13 18:40	0,9	82,9
24.10.13 18:50	6,2	201,8	07.12.13 18:50	0,7	71,8
24.10.13 19:00	5,4	206,2	07.12.13 19:00	0,7	79,5
24.10.13 19:10	5,1	217,9	07.12.13 19:10	0,8	81,5
24.10.13 19:20	5,8	217,2	07.12.13 19:20	0,7	58,4
24.10.13 19:30	6,3	220,1	07.12.13 19:30	0,9	65,9
24.10.13 19:40	6,2	220,1	07.12.13 19:40	0,8	55,0
24.10.13 19:50	6,1	219,3	07.12.13 19:50	0,7	72,4
24.10.13 20:00	5,4	220,5	07.12.13 20:00	0,6	53,7
24.10.13 20:10	5,7	217,8	07.12.13 20:10	0,7	53,1
24.10.13 20:20	6,2	214,8	07.12.13 20:20	0,9	77,4
24.10.13 20:30	5,6	224,4	07.12.13 20:30	0,7	98,7
24.10.13 20:40	5,1	216,3	07.12.13 20:40	0,8	71,5
24.10.13 20:50	5,2	210,9	07.12.13 20:50	1,0	183,6
24.10.13 21:00	5,2	225,5	07.12.13 21:00	0,6	50,8
24.10.13 21:10	4,9	201,9	07.12.13 21:10	0,6	45,1
24.10.13 21:20	5,0	157,8	07.12.13 21:20	1,0	76,0
24.10.13 21:30	4,6	136,0	07.12.13 21:30	1,2	59,1
24.10.13 21:40	4,4	132,0	07.12.13 21:40	0,8	104,1
24.10.13 21:50	4,1	138,5	07.12.13 21:50	0,8	114,6
24.10.13 22:00	4,6	191,8	07.12.13 22:00	1,0	98,0
24.10.13 22:10	5,4	217,9	07.12.13 22:10	1,0	74,8

24.10.13 22:20	5,6	223,7	07.12.13 22:20	1,1	75,9
24.10.13 22:30	6,1	233,0	07.12.13 22:30	1,4	70,9
24.10.13 22:40	5,7	237,6	07.12.13 22:40	0,7	66,8
24.10.13 22:50	5,4	198,0	07.12.13 22:50	0,6	67,3
24.10.13 23:00	5,7	180,6	07.12.13 23:00	0,9	89,4
24.10.13 23:10	6,1	196,0	07.12.13 23:10	1,0	83,2
24.10.13 23:20	6,9	205,2	07.12.13 23:20	0,9	70,2
24.10.13 23:30	6,1	219,3	07.12.13 23:30	1,0	79,1
24.10.13 23:40	5,9	215,8	07.12.13 23:40	0,9	89,1
24.10.13 23:50	5,4	220,6	07.12.13 23:50	0,7	43,2

Tillegg C

Absoluttposisjonar

Tabell C.1: *GNSS-posisjon Palisaden sør WGS84*

lat(deg)	lon(deg)	height(m)	ns	sdn(m)	sde(m)	sdu(m)
59.660117752	10.769625637	139.4878	18	0.0068	0.0041	0.0102

Tabell C.2: *GNSS-posisjon Palisaden nord WGS84*

lat(deg)	lon(deg)	height(m)	ns	sdn(m)	sde(m)	sdu(m)
59.660343264	10.769638342	139.5210	19	0.0055	0.0041	0.0098

Tabell C.3: *GNSS-posisjon Fløy 3 04.04.14*

lat(deg)	lon(deg)	height(m)	ns	sdn(m)	sde(m)	sdu(m)
59.665369287	10.778025105	141.5477	16	0.0009	0.0008	0.0014

Tabell C.4: *GNSS-posisjon Fløy 3 07.04.14*

lat(deg)	lon(deg)	height(m)	ns	sdn(m)	sde(m)	sdu(m)
59.665369647	10.777889700	141.5260	19	0.0063	0.0044	0.0109

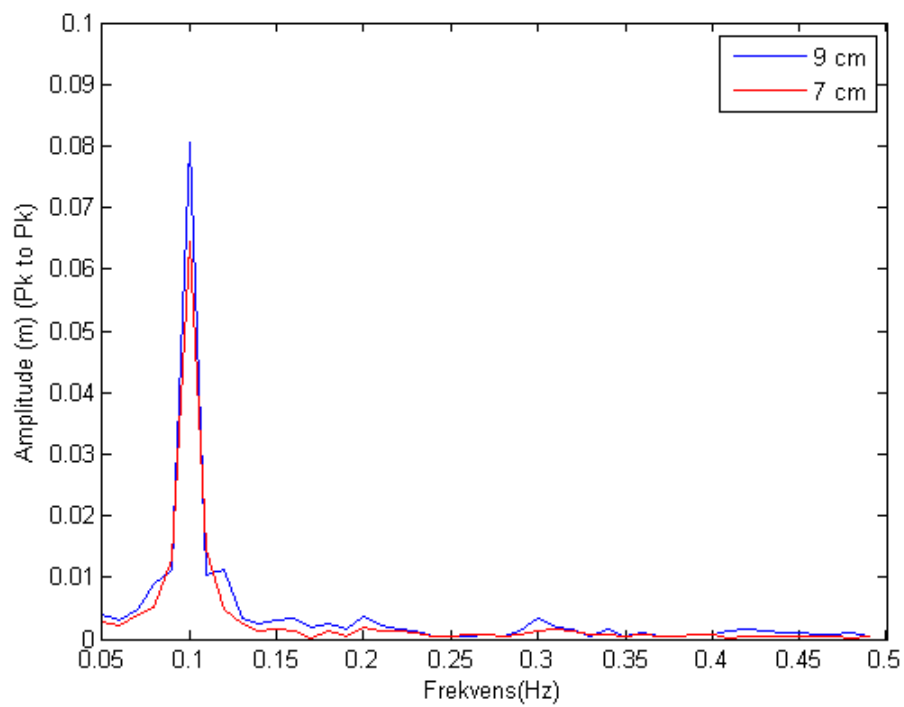
Tabell C.5: *GNSS-posisjon Fløy 3 11.04.14*

lat(deg)	lon(deg)	height(m)	ns	sdn(m)	sde(m)	sdu(m)
59.665369979	10.777894461	141.5325	14	0.0059	0.0036	0.0076

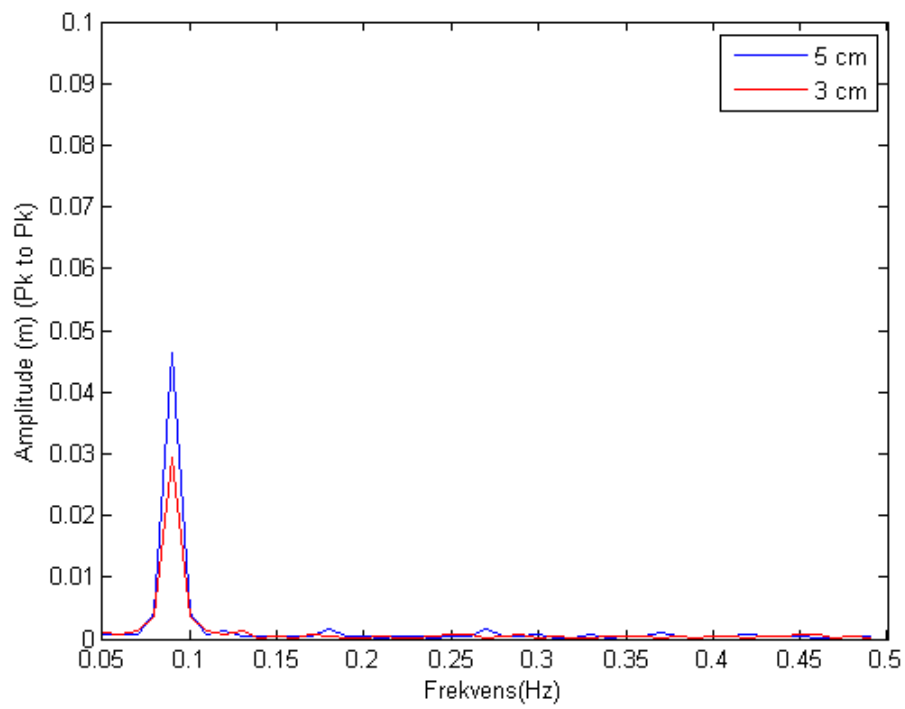
Tillegg D

FFT-analyse

Figur D.1: FFT av 0.1 Hz og utslag på 9 cm og 7 cm



Figur D.2: *FFT av 0.1 Hz og utslag på 5 cm og 3 cm*





Noregs miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Postboks 5003
NO-1432 Ås
67 23 00 00
www.nmbu.no