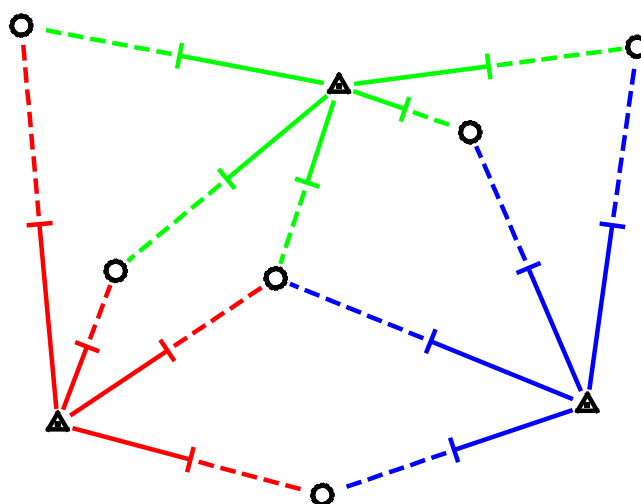
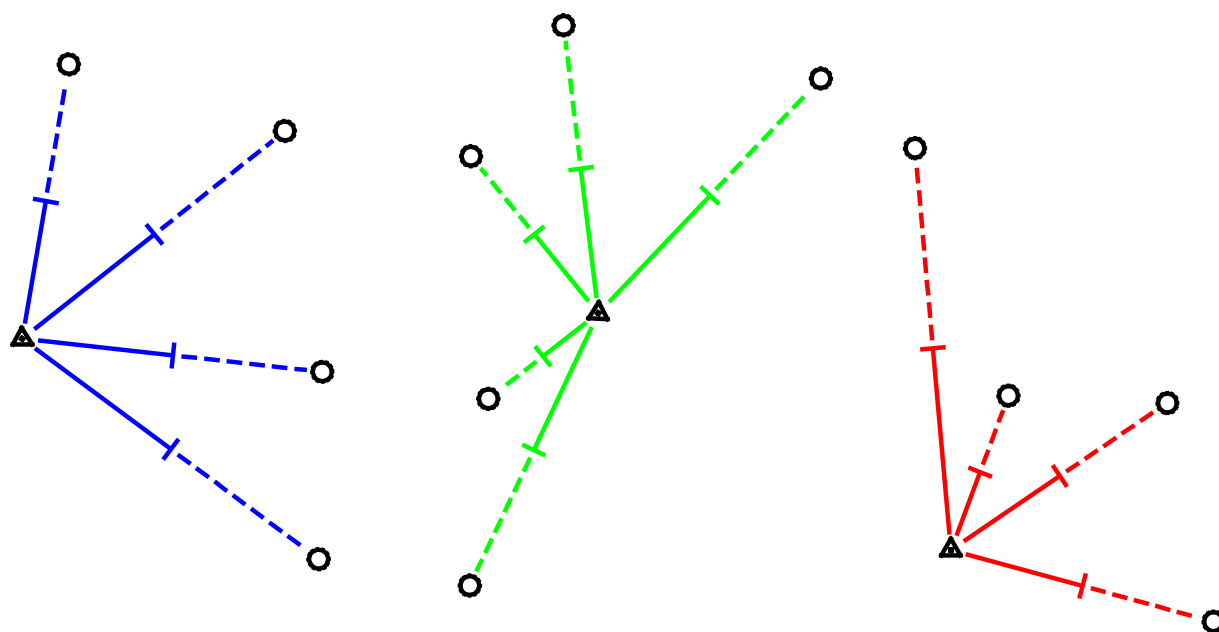


# AUTOMATISK GENKENDELSE AF FÆLLES- OG FIKSPUNKTER

---



INSTITUT FOR SAMFUNDSUDVIKLING OG PLANLÆGNING  
LANDINSPEKTØRUDDANNELSENS 10. SEMESTER,  
MEASUREMENT SCIENCE  
AALBORG UNIVERSITET

PROJEKTGRUPPE L1OMS-04  
SØREN JOHANNESSEN & TINA SØRENSEN



**Titel:** Automatisk genkendelse af fælles- og fikspunkter

**Tema:** Afgangprojekt

**Projektperiode:** 2. februar - 10. juni 2009

**Projektgruppe:** L10MS-04

**Deltagere:**

---

Søren Johannessen

---

Tina Sørensen

**Vejledere:**

Jens Juhl

Karsten Jensen

**Synopsis:**

Projektet omhandler automatisk genkendelse af fælles- og fikspunkter gennem programmering, så de ikke skal identificeres med et entydigt nummer. Programmeringen er foretaget i Matlab.

I projektet er forskellige værktøjer, som kan benyttes til genkendelse af fælles- og fikspunkter, præsenteret, hvorefter det gennem en diskussion vælges, hvilke der skal inddrages i genkendelsesproceduren for at optimere genkendelsen af fælles- og fikspunkter.

Det udviklede program kan håndtere flere opstillinger, både med og uden tilknyttede fikspunkter. En forudsætning for, at programmet fungerer, er, at hver opstilling som minimum har tre fællespunkter med en anden opstilling.

De enkelte opstillinger bliver i programmet løbende knyttet sammen ved hjælp af anblok for at optimere genkendelsen af fælles- og fikspunkter.

Programmet kan håndtere de fleste situationer og kan, ved hjælp af forskellige stopkriterier, udvælge de opstillinger, som skal sammenknyttes. Dog kan programmet ikke håndtere opstillinger, hvori der er indmålt geometriske objekter, som ikke er fællespunkter.

**Oplagstal:** 5

**Sideantal:** 72

**Bilagsantal og -art:** 5 udskrevne og 1 CD

**Title:** Automatic recognition of tie and fix points

**Theme:** Final project

**Duration:** 2nd February - 10th June 2009

**Project group:** L10MS-04

**Participants:**

---

Søren Johannessen

---

Tina Sørensen

**Supervisors:**

Jens Juhl

Karsten Jensen

**Abstract:**

This project deals with automatic recognition of points from several set-ups (tie points), and fix points through programming, which means unique identification of the points is unnecessary. Programming is carried out in Matlab.

At first, different tools for recognition of points is presented. Through a discussion it is decided which tools should be used, in order to optimize the recognition.

The developed program is able to handle several set-ups, with or without attached fix points. A requisite for the program is a minimum of three points between two set-ups.

The single set-ups is continuously being merged together by means of anblock, which helps optimizing the recognition.

The program handles most situations, and by using different stopcriteria, it is automatically able to find the set-ups have to be merged. However, it is not able to handle set-ups where geometric identical objects have been measured, when these objects not are used as tie or fix points.

**Numbers printed:** 5

**Number of pages:** 72

**Number of enclosures:** 5 printed and 1 CD

## Forord

Denne rapport er udarbejdet af projektgruppe 4, på landinspektøruddannelsens 10. semester. Semestret er en del af specialiseringen Measurement Science. Projektperioden løber fra 2. februar til 10. juni 2009. Temaet for semestret er ”Afgangsprojekt”.

### Læsevejledning

Kilder er i rapporten angivet efter Harvard-metoden. Kilderne vil derfor være angivet på følgende måde: [Forfatters efternavn, udgivelsesår, eventuelt sidetal, eventuelt formel-nummer]. Hvis en kilde har flere forfattere, angives kun det første efternavn. I rapporten er figurer og tabeller nummereret fortløbende, hvor kapitelnummer står først. Eksempelvis vil den tredje figur i kapitel 2 være angivet som figur 2.3, mens den tredje tabel i samme kapitel vil være angivet som tabel 2.3.

Appendiks og Bilags-CD er placeret bagerst i rapporten. På Bilags-CD'en findes rapporten, bilag samt de udskrevne appendiks. Både appendiks og bilag er hver for sig fortløbende nummereret med et enkelt bogstav. Det vil sige, at rækken starter med Appendiks A, og Bilag A. Derudover findes der forskellige data på Bilags-CD'en, som består af det udviklede program samt genkendelsesproceduren, rådata fra totalstations- og GPS-målinger samt input- og output-filer fra tests. En samlet indholdsfortegnelse for Bilags-CD'en findes bagerst i rapporten. Referencer til data, indeholder referencenummer direkte til den pågældende mappe. For eksempel Bilags-CD 02.02, for reference til filerne i mappen 02 i mappen Data, og yderligere i dens undermappe 02. Når der henvises til bilag, refereres der til mappen på Bilags-CD'en med det pågældende navn.

Afgangsprojektets emne, Automatisk genkendelse af fælles- og fikspunkter, er et emne der ikke tidligere er undersøgt. Det har derfor ikke været muligt at finde relevant eksisterende litteratur om emnet. Emnet er dog berørt i et tidligere afgangprojekt, hvor det indgik i en større sammenhæng, og derfor ikke fuldstændig uddybet. Derudover har det ikke været muligt at finde yderligere litteratur om emnet, hvilket betyder, at dette projekt i høj grad bygger på projektgruppens egne tanker og idéer.

Denne rapport henvender sig primært til personer med et vist kendskab til, og indblik i, landmåling og metoder hertil.

### Begreber

I denne rapport defineres en større måleopgave, som indmåling af et område, hvor minimum tre opstillinger er nødvendigt. Eksempler på større måleopgaver kan være indmåling af byggepladser, større vejanlæg med flere. Rå observationer, det vil sige to vinkler og en afstand, betegnes i denne rapport som en observation.

### Software

I projektet er følgende software blevet benyttet:

- MATLAB, v. 7.5.0 (R2007b) (Matlab)  
af The MathWorks Inc.
- GeoCAD, v. 150309 (GeoCAD)
  - o ScanOBS (ScanOBS)  
af Jens Juhl

### Tak til:

I forbindelse med udarbejdelsen af projektet, skal der rettes en tak til Arnt Madsen, Nellemann & Bjørnkjær, Aalborg samt René Bundgaard Christensen, LE34, Århus, som begge opstillede til interviews, der blev anvendt til at afklare, hvordan større måleopgaver bliver håndteret i praksis.

---

## Indholdsfortegnelse

1	Indledning .....	11
2	Foranalyse .....	13
2.1	Interview.....	13
2.1.1	Interview med Arnt Madsen, Nellemann & Bjørnkjær, Aalborg .....	14
2.1.2	Interview med René Bundgaard Christensen, LE34, Århus .....	15
2.2	Eksisterende litteratur.....	16
2.3	Opsamling .....	17
3	Problemformulering.....	19
3.1	Problemafgrænsning.....	20
4	Metode .....	23
4.1	Fremgangsmåde.....	24
5	Hovedanalyse .....	27
5.1	Præsentation af værktøjer til program .....	27
5.1.1	Sammenligning af afstande .....	28
5.1.2	Sammenligning af vinkler.....	29
5.1.3	Relativ genkendelse .....	32
5.1.4	Sammenligning af højdeforskelle .....	33
5.1.5	Objektkodetildeling.....	34
5.1.6	Opsamling .....	35
5.2	Opstilling af krav til program.....	35
5.2.1	Antal fælles- og fikspunkter.....	35
5.2.2	Objektkode .....	38
5.2.3	Kravspecifikation .....	38
5.3	Forbedring af eksisterende værktøjer .....	39
5.3.1	Logisk frasortering.....	41
5.3.2	Kombination af afstande og højdeforskelle .....	43
5.3.3	Kombination af afstande og objektkoder .....	44
5.3.4	Kombination af afstande og vinkler.....	45
5.3.5	Opsamling .....	46
5.4	Udarbejdelse af genkendelsesprocedure .....	47
5.4.1	Diskussion.....	47
5.4.2	Beskrivelse af genkendelsesproceduren.....	49
5.4.3	Opsamling .....	57
5.5	Udarbejdelse af program .....	57
5.6	Test af program .....	61

---

5.6.1	Test af funktioner i genkendelsesproceduren .....	61
5.6.2	Test af genkendelsesprocedure .....	63
5.6.3	Test af hele programmet .....	66
5.6.4	Opsamling .....	67
6	Konklusion .....	69
7	Perspektivering .....	71
	Litteraturliste .....	73
	Appendiks- og bilagsliste .....	74

---





## 1 Indledning

I mange landinspektørfirmaer er en vigtig del af arbejdsopgaverne opmåling af store områder. Det kan være i forbindelse med byggepladser, etablering af vejanlæg, eller almindelig teknisk måling i forbindelse med en given opgave. Fælles for disse opgaver er, at det typisk ønskes at få indmålt alle eksisterende genstande i området, det vil sige bygninger, el-skabe, lygtepæle og så videre. Derudover kan en del af opgaven være, at få et overblik over terrænets niveau på baggrund af et antal indmålte koter, hvilke udgør grundlaget for en højdemodel. Selve indmålingen kan ske ved at benytte totalstation, GPS eller i rigtig store opgaver fotogrammetri. Ofte vil det dog under alle omstændigheder være nødvendigt at benytte totalstation, idet GPS-antennen ikke kan opstilles i alle ønskede punkter, ligesom fotogrammetrisk kortlægning ofte ikke giver en tilstrækkelig fuldstændighed. I forbindelse med indmålingen gives hvert indmålt punkt typisk et punktnummer, der entydigt identificerer punkter, samt en objektkode der afspejler objektet, og som kan genkendes, af det software de indsamlede data indlæses i efter endt opmåling.

I forbindelse med disse større måleopgaver, hvor store arealer skal kortlægges, vil det oftest være nødvendigt med et betydeligt antal opstillinger. Disse opstillinger vil typisk være frie opstillinger, som knyttes sammen af fællespunkter, der efterfølgende knyttes til et kendt koordinatsystem ved hjælp af fikspunkter. Fikspunkterne vil oftest være indmålt med GPS. I stedet for frie opstillinger kan der også benyttes opstilling i kendte punkter, som på samme vis kræver fællespunkter til sammenknytning og eventuelt fikspunkter. En anden metode til løsning af en større måleopgave kan være ved at knytte de enkelte opstillinger direkte op på fikspunkter, for derved at undgå at skulle knytte de enkelte opstillinger sammen. Sidstnævnte metode kan ligeledes gøres både som frie opstillinger og opstillinger i kendte punkter.

For at kunne knytte de enkelte opstillinger fornuftigt sammen, kræves det, at operatøren har et overblik over, hvordan fællespunkterne skal placeres, således at der opnås god geometri. For at bevare overblik kan operatøren benytte målebog, hvori området kan skitseres sammen med opstillingerne samt de anvendte fælles- og fikspunkter. Ved større måleopgaver kan dette arbejde blive omfangsrigt, hvilket kan medføre at operatøren mister overblikket.

Når de forskellige opstillinger knyttes sammen, er det vigtigt, at de enkelte fælles- og fikspunkterne har den samme nummerering i de enkelte opstillinger, for derved at kunne identificere dem. Ved større måleopgaver er der typisk mange fællespunkter, som både kan bestå af etablerede punkter samt veldefinerede objekter i området.

Udover at have overblik over placeringen af fælles- og fikspunkter kræves der også et overblik over nummereringen af de enkelte punkter. Dette kan ligeledes noteres i målebogen. Sker der ombytning eller fejl i nummereringen, kan dette medføre, at de enkelte opstillinger ikke kan knyttes sammen. Det kan medføre tidskrævende ekstra arbejde at skulle lokalisere fejlen, hvilket kan gøres visuelt ved at sammenligne de enkelte opstillinger og derved se fællespunktens placering. En anden måde at lokalisere fejlen på, kan være ved, at operatøren kan huske fællespunktens interne placering. Kan fejlen ikke lokaliseres, kan det være nødvendigt, at operatøren skal ud at måle igen.

På baggrund af ovenstående afsnit er forskellige metoder til løsning af en større måleopgave blevet præsenteret, hvilket har skabt en undren over, hvordan sådanne opgaver løses i praksis,

og om der i tilknytning til disse opgaver kan opstå problemer med nummerering af fællespunkter. Dette fører frem til følgende initierende problem:

Hvordan udføres en større måleopgave i praksis, og er der i den forbindelse problemer med nummereringen af fællespunkter?
---

## 2 Foranalyse

Formålet med dette kapitel er at besvare den initierende problemstilling, således at der kan opstilles en problemformulering for projektet. Dette gøres ved dels at interviewe udvalgte landinspektører og dels ved at undersøge eksisterende litteratur. Målet med kapitlet er, at opnå viden om hvordan større måleopgaver udføres, samt hvilke problemer der kan opstå i forbindelse med disse og samtidig få afdækket, om der er eksisterende litteratur, der kan løse problemerne.

### 2.1 Interview

I dette afsnit vil der være en præsentation af, hvordan interviewene er planlagt samt en beskrivelse af de enkelte interview, der er foretaget. Formålet med at foretage interviews er, at det ønskes at få afdækket, hvordan større måleopgaver udføres i praksis, samt om interviewpersonen har oplevet problemer i forbindelse med nummerering af fællespunkter.

Forud for interviewene er der udvalgt nogle emneområder, som ønskes afdækket for efterfølgende at være i stand til at kunne svare på det initierende problem. [Kvale, 1997, s. 133-136] Disse emneområder er følgende, og henvender sig udelukkende til opmåling af større måleopgaver:

- Metodevalg i forbindelse med opmåling
  - o Med dette emneområde ønskes det at få afdækket, hvorvidt interviewpersonen foretager opmåling af både fælles- og fikspunkter, hvorefter opstillingerne knyttes sammen, eller om der udelukkende foretages opmåling af fikspunkter, som alle opstillingerne bliver knyttet direkte på
- Punktnummerstrategi
  - o Med dette emneområde ønskes det at få afdækket, hvorvidt interviewpersonen forud for opmålingen har en punktnummerstrategi, hvor fælles-/fikspunkter kommer efter hinanden, eller om alle punkter (både fælles-, fiks- og detailpunkter) måles med fortløbende nummerering
- Notation af punktnumre i marken
  - o Med dette emneområde ønskes det at få afdækket, hvorvidt interviewpersonen noterer punktnumrene ved punkterne i marken, eller om dette sker i en målebog
- Anvendelse af målebog
  - o Med dette emneområde ønskes det at få afdækket, i hvilken grad interviewpersonen anvender målebog
- Sammenhæng mellem personer på samme måleopgave
  - o Med dette emneområde ønskes det at få afdækket, hvordan informationen om placering af fællespunkter samt nummerering videregives mellem forskellige landinspektører, som er tilknyttet samme måleopgave
- Objektvalg til fællespunkter
  - o Med dette emneområde ønskes det at få afdækket, hvilke objekter interviewpersonen anvender til fællespunkter.
- Anvendelse af reflektorløs måling
  - o Med dette emneområde ønskes det at få afdækket, i hvilken grad interviewpersonen anvender reflektorløs måling
- Nummerering af fællespunkter
  - o Med dette emneområde ønskes det at få afdækket, om og hvor ofte interviewpersonen har oplevet fejl i forbindelse med nummereringen af fælles- eller fikspunkter, samt hvilke konsekvenser forkert nummerering har medført

Med ovenstående emneområder ønskes det at klarlægge, hvilke metoder og rutiner landinspektører anvender, med henblik på at kunne vurdere, hvordan eventuelle fejl ved nummerring af fælles-/fikspunkter kan reduceres. Afslutningsvis ønskes det at lægge op en diskussion, om hvorvidt den interviewede kan se fremtidsperspektiver i, at undgå at skulle notere punkt-numre.

I forbindelse med interviewene vil der blive fremlagt en opgave for landinspektøren, som skal forklare, hvordan vedkommende vil løse den pågældende opgave med hensyn til placering af opstillinger, fælles- og fikspunkter. Udover omtalte opgave vil der forud for interviewet være udarbejdet nogle forslag til spørgsmål, som dækker de ovenstående emneområder, for derved at sikre, at der opnås den ønskede viden om alle emneområder. De planlagte spørgsmål samt en beskrivelse af opgaven er vedlagt i Appendiks A. Gennem omtalte opgave og de planlagte spørgsmål vil der blive skabt et indblik, i hvordan større måleopgaver løses.

Forud for interviewene er der taget kontakt til to landinspektører fra to forskellige firmaer. Det vurderes, at to forskellige interviewpersoner er tilstrækkeligt, til at få afdækket hvilke metoder og rutiner en landinspektør anvender i forbindelse med større måleopgaver.

I det følgende gengives de vigtigste hovedpunkter, der er afdækket i hvert interview, i henhold til den initierende problemstilling. De uddybende svar til de enkelte spørgsmål kan ses i Appendiks A.

### **2.1.1 Interview med Arnt Madsen, Nellemann & Bjørnkjær, Aalborg**

Interviewet med landinspektør Arnt Madsen blev foretaget mandag 16/2 2009 hos Nellemann & Bjørnkjær i Aalborg.

Arnt fortalte, at han benytter frie opstillinger, når det er muligt. Dette var også den metode, han ville benytte til den forelagte opgave. Til at knytte de forskellige opstillinger sammen, ville han benytte bygningshjørnerne i området som fællespunkter, mens han ville etablere fire fikspunkter, der benyttes til at knytte målingerne til et overordnet koordinatsystem. Disse fikspunkter vil Arnt også benytte som fællespunkter, og dermed benytter han ikke udelukkende fællespunkter til at knytte opstillingerne sammen. Der er ingen struktureret punktnummerstrategi i firmaet, og hver medarbejder benytter derfor sin egen strategi. Ved store måleopgaver noteres fælles- og fikspunkternes nummer oftest både i marken og på et oversigtskort over området, mens der kun sjældent benyttes målebog. Målebogen benytter Arnt kun når utilgængelige punkter måles med bueskæring og lignende, og derfor først beregnes tilbage på kontoret. De objekter Arnt benytter som fællespunkter er alt fra kridtkryds på asfalten over søm banket i asfalten til retromærker, der kan placeres på de fleste overflader samt direkte indmåling af hushjørner. Fællespunkter kan også være kloakdæksler, hvor det dog er nødvendigt at udvise omhyggelighed, for at undgå at dækslet er hævet siden sidste måling. Arnt fortalte, at han kun i meget lille grad benytter reflektorløs måling, idet han vurderer, at usikkerheden er stor ved at benytte denne metode. Fejl i forbindelse med nummereringen af fælles- og fikspunkter er et ofte tilbagevendende problem, men for Arnt var dette ikke det store problem, idet han normalt ofte kan finde fejlen hurtigt, og hvis dette ikke er muligt, er det alligevel ofte nødvendigt med en ekstra tur i marken, hvor målingen i samme omgang kan foretages nok en gang. Dette medfører dog et ekstra tidsforbrug.

Arnt kunne se muligheder i at slippe for at notere punktnumre, og på den måde undgå at lave fejl i denne proces, men var dog skeptisk i forhold til, at hvert fælles- og fikspunkt ikke har en entydig identifikation, der beskriver punktet med samme nummer hver dag.

Arnt fortalte, at han var begyndt at arbejde mere og mere med koordinater direkte i marken, for derved at kunne tjekke for punktfejl inden han begyndte på detailmålingen. Dermed kan han også få totalstationen til automatisk at indstille på andre fælles- og fikspunkter.

I forhold til den initierende problemstilling kan det sammenfattes således, at der bliver benyttet frie opstillinger, når dette er muligt, og der benyttes både fiks- og fællespunkter til at knytte de forskellige opstillinger sammen. I andre, mere omfangsrige situationer end den i Appendiks A opstillede opgave, benyttes der ofte udelukkende fællespunkter til at knytte opstillinger sammen. Der er ikke nogen fælles punktnummerstrategi fra person til person, hvilket sammen med fejl i nummereringen af punkter gør, at der ofte opstår problemer. Når det er muligt, arbejdes der med kendte koordinater i marken.

### **2.1.2 Interview med René Bundgaard Christensen, LE34, Århus**

Interviewet med landinspektør René Bundgaard Christensen blev foretaget mandag 23/2 2009 hos LE34 i Århus.

René fortalte, at han ville benytte frie opstillinger, til at løse den opgave han blev stillet. Han ville knytte opstillingerne sammen ved at benytte fællespunkter, i dette tilfælde hushjørner, samt etablere fire fikspunkter, for at kunne knytte målingerne til et overordnet koordinatsystem. Fikspunkterne vil han også benytte som fællespunkter, og ikke alene som sammenknytning til et overordnet koordinatsystem. Ved større opgaver benytter han derimod i højere grad fællespunkter til at binde opstillingerne sammen, for således at undgå at skulle måle for mange fikspunkter ind. Med hensyn til punktnummerstrategien har firmaet kun en struktureret strategi ved enkelte opgaver. Normalt benytter hver medarbejder sig af sin egen strategi, der dog har visse fællestreks. Noteringen af punktnumre foretager René både i marken samt på et oversigtskort, hvor fælles- og fikspunkter placeres. En decideret målebog benytter René ikke, og ved konstruktion af punkter gør René dette direkte på totalstationen i marken. Dette kræver naturligvis, at opstillingen er orienteret. Med hensyn til udelukkende at bruge et oversigtskort fortalte René, at i regnvejre kan det være vanskeligt at notere punktnumre derpå. Fællespunkter kan være hushjørner, hvor højden også markeres, Gema- og Hiltisøm, og ikke mindst retromærker, der kan sættes fast på de fleste overflader, og dermed kan placeres, så de ikke berøres af andre personer imellem målingerne. Reflektorløs måling benyttes kun yderst sjældent, og kun når det ikke er muligt at komme til med et prisme, som for eksempel måling af kø-restrømsledninger.

Fejlnummerering sker ofte, når der kun indsamles observationer i marken, som derefter skal omregnes til koordinater på kontoret. Hvis der derimod arbejdes med koordinater i marken, kan disse fejl undgås. Når fejlene er opstået fortalte René, at det kan tage op til en halv time at finde fejlen, idet det kan være nødvendigt at dele data op i mindre dele, og gennemgå dem hver for sig, for at finde fejlen.

René fortalte, at han godt kunne se fordele ved at slippe for at notere punktnumre, især fordi der ofte ikke skal mange opstillinger til, før der let sker fejl i punktnummereringen. Han bemærkede dog også, at manglen på unik identifikation af punkter måske ikke er så heldig.

I forhold til den initierende problemstilling kan det sammenfattes, at René benytter frie opstillinger til at løse de fleste opgaver, og at han benytter både fiks- og fællespunkter til at knytte opstillinger sammen. I mange situationer benytter han kun få fikspunkter, og binder de forskellige opstillinger sammen ved hjælp af fællespunkter. Der er ikke nogen struktureret punktnummerstrategi i firmaet, og der opstår tit fejl i punktnummereringen, der medfører tidstab. René benytter sig kun sjældent af målebog, idet han konstruerer utilgængelige punkter direkte på totalstationen i marken. Ofte benytter han sig dog af et oversigtskort, hvor han noterer fælles- og fikspunkternes placering.

### 2.2 Eksisterende litteratur

I dette afsnit vil der være en undersøgelse af eksisterende litteratur, som behandler problemet med nummerering af fællespunkter. Af eksisterende litteratur findes et afgangprojekt fra 2005 med titlen "*Anblok-udjævning*", som behandler blandt andet problematikken med identifikation af fællespunkter, mens fikspunkterne identificeres ved hjælp af punktnumre [Jellesen, 2005, s. 77-91]. I afsnittet vil der være en beskrivelse af afgangprojektet, samt hvilke metoder der anvendes. Det har ikke været muligt at finde anden litteratur omhandlende temaet, hvilket medfører, at afsnittet udelukkende omhandler det omtalte afgangprojekt.

Afgangprojektet er baseret på udvikling af et opmålingssystem til SmartStation, hvor der som en del af programmeringen af opmålingssystemet anvendes anblok. [Jellesen, 2005, s. 45-46] Derudover omhandler afgangprojektet også automatisk identificering af fællespunkter. [Jellesen, 2005, s. 77-91] Dette afsnit vil udelukkende omhandle den del af afgangprojektet, som behandler automatisk identifikation af fællespunkter.

Indledningsvis er der i forbindelse med programmeringen opstillet tre forskellige scenarier, for hvordan der findes fællespunkter mellem to opstillinger. De tre scenarier er følgende:

- At begge opstillingspunkters koordinater er kendte
- At kun den ene af opstillingspunkternes koordinater er kendt
- At begge opstillingspunkters koordinater er ukendte [Jellesen, 2005, s. 77-91]

Det valg der er truffet i forbindelse med afgangprojektet, er at projektet udelukkende behandler det første scenarie, som omhandler opstilling i kendte punkter. Det vurderes, at valget er truffet ud fra, at de arbejder med et opmålingssystem til SmartStation, som kan give en GPS-position til opstillingspunktet. Ved at have det som en forudsætning, at opstillingspunktets koordinater er kendte, er det derudfra muligt at beregne koter til alle detailpunkter i det overordnede GPS-system. Da horisontalkredsen ikke nødvendigvis er orienteret, er det ikke muligt at fastlægge de plane koordinater til detailpunkterne i GPS-system, men udelukkende i et lokalt system. [Jellesen, 2005, s. 77-91]

Programdelen for identificering af fællespunkter er delt op i to sektioner. I den første sektion bliver der identificeret nogle foreløbige fællespunkter, mens der i den anden sektion sker en orientering af horisontalkredsen for at fastlægge fællespunkterne endeligt. Programdelen kan udelukkende håndtere to opstillinger ad gangen, hvilket betyder, at programdelen skal gennemløbes flere gange ved flere end to opstillinger. [Jellesen, 2005, s. 77-91] De to sektioner vil blive beskrevet yderligere herefter.

I den første sektion gennemløbes tre rutiner, som er en kotesammenligning, objektcodesammenligning samt en afstandsanalyse. Ved kotesammenligningen foretages der en direkte

sammenligning af koterne i de to opstillinger. Koterne er som tidligere beskrevet i samme GPS-system, og er derfor direkte sammenlignelige. Ved kotesammenligningen findes nogle mulige par til fællespunkter, hvor koterne passer sammen inden for en fastsat grænseværdi. Den næste sammenligning er en objektcodesammenligning, hvor objektkoderne sammenlignes for derigennem at finde nogle mulige par til fællespunkter. En betingelse for objektcode-sammenligningen er, at der ikke er fejl i forbindelse med tildeling af objektkoder. Den sidste rutine, som gennemføres, er en afstandsanalyse. Denne analyse består af nogle afstandsberegninger både mellem de to opstillinger og ud til et detailpunkt i hver opstilling. Kriteriet for at to punkter er mulige par til fællespunkter er, at summen af de to afstande ud til detailpunkterne skal være større end afstanden mellem opstillingerne. De enkelte rutiner kan gennemføres i en vilkårlig rækkefølge. Resultatet af denne sektion er en uordnet liste af mulige fællespunkter. [Jellesen, 2005, s. 77-91]

I den anden sektion skelnes der mellem tre forskellige tilfælde. Disse er:

- At ingen af de to opstillinger har horisontalkredsen orienteret
- At kun den ene af opstillingerne har horisontalkredsen orienteret
- At begge opstillinger har horisontalkredsen orienteret [Jellesen, 2005, s. 77-91]

Ved det første tilfælde udvælges der indledningsvis to mulige punkter fra den første sektion, som kan danne par til fællespunkter. Efterfølgende drejes begge opstillinger, så punkterne passer sammen, og det undersøges, om der er andre punkter, som passer sammen inden for fejlgrænsen. Denne procedure fortsættes, hvor der tages udgangspunkt i det næste par fra den første sektion. Når dette er afsluttet, undersøges resultaterne for derefter at udvælge den løsning, hvor der var flest overensstemmende par. Det er den samme procedure, der foregår ved det andet tilfælde, dog drejes kun den ene opstilling. Ved det sidste tilfælde, hvor ingen af opstillingerne drejes, vurderes det direkte, om de enkelte par til fællespunkter er tilstrækkelig sammenfaldende inden for fejlgrænsen. [Jellesen, 2005, s. 77-91]

Til kontrol af om de fundne fællespunkter egentlig er fællespunkter, anvendes en alternativ metode. Denne metode er baseret på beregning af afstande mellem fællespunkter ud fra deres lokale koordinater. Det tages udgangspunkt i de fællespunkter, som er fundet ved den første metode. Når der findes en afstand mellem to fællespunkter, som er identisk for begge opstillinger inden for en fastsat fejlgrænse, undersøges koteforskellen ligeledes mellem de to fællespunkter i de lokale systemer, da den relative koteforskel også skal stemme overens i begge opstillinger inden for en fastsat fejlgrænse. [Jellesen, 2005, s. 77-91]

### **2.3 Opsamling**

Igennem det foregående afsnit er det forsøgt, at klarlægge, hvordan større måleopgaver udføres i praksis, samt om der i den forbindelse opstår fejl i forbindelse med nummereringen af fællespunkter. Dette er gjort, ved først at beskrive, hvordan to landinspektører fra to forskellige firmaer vil udføre en større måleopgave, samt hvilke rutiner de benytter i forbindelse med opgaven. Derudover er den eksisterende litteratur beskrevet, som findes omkring automatisk genkendelse af fællespunkter, for at undersøge om det kan benyttes i forbindelse med udførelsen af større måleopgaver, for dermed at undgå at lave punktnummerfejl.

Igennem interviewene af to landinspektører viste det sig, at på grund af opgavens omfang, ville begge landinspektører benytte fikspunkter som fællespunkter. I andre typer større måleopgaver ville de derimod ikke benytte fikspunkterne som fællespunkter, men derimod kun til

at knytte målinger til et overordnet koordinatsystem. Dermed er det ved større opgaver, end den i Appendix A stillede, nødvendigt at indmåle nok fællespunkter fra hver opstilling for at kunne knytte disse sammen. Der blev redegjort for, at der ofte opstår punktnummerfejl, når der foretages større måleopgaver, og mange opstillinger skal knyttes sammen. Konsekvenserne af disse fejl er større eller mindre, men der går uden tvivl en del tid til spilde, på grund af disse fejl. Fejlene opstår, idet der er mange punkter, der skal have det samme unikke nummer, hver gang det indmåles, og samtidig er der sjældent en struktureret punktnummerstrategi i landinspektørfirmaet, hvilket forøger chancen, for at der opstår fejl, hvis en sag skifter fra en person til en anden. Ved gennemgangen af den eksisterende litteratur viste det sig, at der er udviklet et program, der automatisk kan genkende fællespunkter, dog kun hvis opstillingerne, som skal knyttes sammen, er placeret over kendte punkter. Dernæst kan identifikationen af fællespunkter ske på tre forskellige måder, på baggrund af om horisontalkredsen er kendt til to, én eller ingen opstillinger. På baggrund af de foretagne interview viste det sig, at når der udføres større måleopgaver, gøres dette næsten altid ved at benytte frie opstillinger, og derefter knytte disse sammen ved at benytte fællespunkter, samt at knytte målingerne til et overordnet koordinatsystem, ved at indmåle et antal fikspunkter. Det vurderes, at der på nuværende tidspunkt ikke findes et program, der kan benyttes til større måleopgaver ved automatisk at identificere fællespunkter, når der anvendes frie opstillinger.



### 3 Problemformulering

Formålet med dette kapitel er, på baggrund af foranalysen, at udforme en problemformulering for projektet. Dette gøres ved at tage udgangspunkt i de væsentligste elementer fra foranalysen, for derigennem at undersøge det specifikke behov for en automatisk genkendelse af fællespunkter. Efterfølgende vil der i dette kapitel blive udarbejdet en problemformulering for projektet, inden der afslutningsvis udarbejdes en problemafgrænsning.

Gennem kapitel 2 Foranalyse er forskellige områder blevet afdækket. Det første område afdækker, hvordan landinspektører i praksis udfører en større måleopgave, samt hvorvidt de har oplevet problemer med nummerering af fællespunkter i forbindelse med større måleopgaver. Området er afdækket gennem interview med de to landinspektører Arnt Madsen fra Nellemann & Bjørnkjær, Aalborg og René Bundgaard Christensen fra LE34, Århus. Gennem interviewene har det vist sig, at disse landinspektører primært anvender frie opstillinger ved større måleopgaver, hvortil der er knyttet et antal fælles- samt fikspunkter. Den opgave de blev stillet, var forholdsvis lille, og derfor er det yderligere undersøgt, hvordan de ville løse større opgaver. Her kunne de fortælle, at de i højere grad ville benytte fællespunkter til at knytte opstillingerne sammen, og dermed kun benytte fikspunkter til at knytte målingerne til et overordnet koordinatsystem. Derudover har det også vist sig, at landinspektører i praksis anvender oversigtskort til notering af punkter i stedet for at anvende de traditionelle målebøger, som derfor kun sjældent benyttes. Afslutningsvis blev det bemærket, at der hos de pågældende landinspektørfirmaer ikke var en fælles punktnummerstrategi, men at det derimod var op til den enkelte landinspektør.

Det andet område som blev afdækket i kapitel 2 Foranalyse, var eksisterende litteratur. Den eksisterende litteratur som der er adgang til, er et afgangprojekt fra 2005 med titlen "*Anblokudjævning*". Denne rapport behandler blandt andet problematikken med identifikation af fællespunkter. I forbindelse med behandlingen af dette problem blev der i rapporten truffet nogle valg for derigennem at afgrænse projektet. Et af disse valg var, at rapporten udelukkende var tager problematikken, når der stilles op med totalstation i kendte punkter. Det vil sige, at der i rapporten er fravalgt at behandle problematikken, når der udføres frie opstillinger. I forbindelse med identifikation af punkter behandler rapporten fællespunkter, som ikke er tildelt punktnummer, mens fikspunkter tildeles et entydigt punktnummer.

Gennem kapitel 2 Foranalyse har det vist sig, at programmet, som på nuværende tidspunkt er udviklet i forbindelse med et afgangprojekt, ikke kan benyttes i praksis, idet det udelukkende kan håndtere opstillinger i kendte punkter. Dette begrundes med, at landinspektørerne i praksis primært anvender frie opstillinger, mens det eksisterende program kun kan håndtere opstillinger i kendte punkter.

På baggrund af ovenstående gennemgang står det klart, at der kan være behov for et program, som kan løse problematikken med identifikation af fællespunkter, som samtidig kan håndtere frie opstillinger. De indhentede punkter til inddragelse i et sådan program kan have forskellige dimensioner, afhængig af hvilke objekter der indmåles. Eksempelvis kan et hushjørne, hvis denne ikke har fået en markering i Z-værdien, være indmålt således, at det kun er X- og Y-koordinaten, der repræsenterer/definerer hushjørnet. Et andet eksempel, hvor punktet ikke nødvendigvis er repræsenteret i 3D, kan være et GI-planfikspunkt, som i Valdemar kun er defineret i 2D. Et sådan punkt kan ved indmåling med GPS indmåles med en 3D-koordinat. I forbindelse med udviklingen af et program til løsning af behovet vil alle punkter som udgangspunkt blive betraget som punkter med 3D-koordinater.

Udvikles et program, der kan varetage identifikation af fællespunkter, kan denne i princippet også håndtere identifikation af fikspunkter. Dette begrundes med, at der ved identifikation af fællespunkter skal genkendes identiske punkter fra to datasæt ud fra lokale koordinater, hvor de enkelte datasæt ikke nødvendigvis er orienteret ens. Noget tilsvarende gør sig gældende for fikspunkter, som i stedet for at skulle identificere fællespunkter mellem to datasæt, skal identificere ”fællespunkter” mellem et datasæt og en koordinatfil. Proceduren forventes at være den samme for henholdsvis fælles- og fikspunkter. Dette fører frem til følgende problemformulering:

Hvordan kan en automatisk rutine løse problemet med nummerering af fælles- og fikspunkter i forbindelse med større måleopgaver?

I forbindelse med genkendelse af et fællespunkt behøves punktet ikke nødvendigvis have objekt-koden fællespunkt. Dette begrundes med, at hvis der fra en opstilling indmåles et antal detailpunkter, hvor de får objekt-kode, efter hvilket punkt der indmåles, kan der fra næste opstilling godt være nogle af disse detailpunkter, som kan indmåles igen, og dermed bliver til fællespunkter. Objekt-koden for punkterne målt anden gang kan enten være fællespunkt eller koden tilhørende det objekt, der indmåles. Uanset hvilken kode fællespunktet får anden gang det måles, vil det være nødvendigt at inddrage andre koder end fællespunkts- og fikspunktskode, når der genkendes fællespunkter. På baggrund heraf beslutes det, at alle punkter uanset kode foreløbigt inddrages i forbindelse med automatisk genkendelse af fællespunkter.

Den automatiske rutine til genkendelse af fælles- og fikspunkter, skal kunne håndtere at alle punkter bliver fortløbende nummereret, og dermed har fælles- og fikspunkterne ikke et entydigt nummer.

For at afgrænse problemområdet, er der i det efterfølgende afsnit foretaget en problemafgrænsning.

### 3.1 Problemafgrænsning

Dette afsnit skal være med til at sætte nogle ydre rammer for projektet set i forhold til problemformuleringen. Nogle af rammerne er af teknisk karakter, mens andre er mere rettet mod brugeren af programmet.

Problemformuleringen foreskriver, at der skal opstilles en automatisk rutine, som kan løse problemstillingen. Denne automatiske rutine kan programmeres i et vilkårligt programmeringssprog med de nødvendige matematiske funktioner. Da der findes mange forskellige programmeringssprog, der hver især kan have nogle fordele og ulemper set i forhold til problemformuleringen, kan det være svært at finde det program, som er det mest velegnede. Gennem studietiden er Matlab blevet introduceret. Det er derfor uvist, hvorvidt der er andre programmeringssprog, som vil kunne løse en automatisk rutine bedre end Matlab. På baggrund af at Matlab er det eneste programmeringssprog som der haves kendskab til og rådighed over, samt det, at det vides, at Matlab indeholder værktøjer, som kan løse problemformulering, vil Matlab være det programmeringssprog, som vil blive anvendt til programmering for at løse problemformuleringen.

I forbindelse med problemstillingen fremgår det, at det ønskes at udvikle et program, der kan benyttes ved måling med totalstation. Desuden skal der være mulighed for at benytte GPS til indmåling af fikspunkter, til at få målinger transformeret til et overordnet koordinatsystem,

hvis dette er nødvendigt for at løse opgaven. For at kunne udvikle et program, der automatisk kan genkende fælles- og fikspunkter, vil der i forbindelse med genkendelsen skulle opstilles krav til nøjagtigheden, der skal overholdes, for at punkter er genkendt. Derfor vil projektet udelukkende beskæftige sig med opstillinger indmålt med totalstation og fikspunkter indmålt med GPS.

Med hensyn til hvordan programmet skal kunne køre, vil det som udgangspunkt være mest ideelt, at programmet skal kunne køre i marken direkte på totalstationen. På trods heraf, er det valgt, at afgrænse projektet således, at programmet kun skal kunne køre på en PC med styresystemet Windows med programmeringssproget Matlab. Når programmet er kommet til at fungere på PC'en, kan det på sigt konverteres om til det program, som anvendes på totalstationen, så programmet også kan fungere der. Afgrænsningen er derfor, at programmet skal kunne køre på en PC med styresystemet Windows.

Gennem foranalysen har det vist sig, at landinspektører ved større måleopgaver anvender frie opstillinger. Det er derfor valgt, at programmet som udgangspunkt skal kunne anvendes, når der foretages frie opstillinger. Hvis programmet kan håndtere automatisk genkendelse af fælles- og fikspunkter ved brug af frie opstillinger, bør muligheden, for at programmet på sigt også kan håndtere opstillinger i kendte punkter, inddrages.

I forbindelse med brugerens krav og behov findes det vigtigt, at programmet stiller et minimum af krav til brugeren. Disse krav skal både ses i forhold til, at programmet skal være let anvendeligt samt det, at programmet, når denne har fået input-filerne, kører automatisk.

Efter at have foretaget opmåling i marken skal der genereres filer, som kan anvendes som input til programmet. Det er erfaret, at det er muligt at foretage opmålingen i marken således, at det efterfølgende er muligt at eksportere en fil til PC'en, som enten indeholder lokale koordinater eller observationer. En observationsfil vil efterfølgende skulle bearbejdes for at anvende denne til et program, mens en koordinatfil kan anvendes direkte. Da det som tidligere beskrevet er muligt at eksportere en koordinatfil fra totalstationen, vurderes det, at denne skal anvendes som input til programmet frem for en observationsfil.

For at optimere den løbende sammenknytning, vurderes det, at en udjævning ved hjælp af anblok er det mest anvendelige. Derfor ønskes det, at det program der skal udvikles, skal kunne fungere sammen med programmet ScanOBS. I Appendix B findes en programbeskrivelse af ScanOBS. I ScanOBS foretages en udjævning ved hjælp af anblok, hvor der som standard anvendes en simultan 2D sammenknytning med tre transformationsparametre samt en simultan 1D med én transformationsparameter. Det, at det udviklede program skal kunne fungere sammen med ScanOBS, stiller nogle krav i forbindelse med programmets output-fil. Yderligere er der i den forbindelse også nogle minimum af krav i forbindelse med de data, som anvendes til input, dette er blandt andet, hvordan de enkelte opstillinger er knyttet sammen, samt hvordan de knyttes til et overordnet koordinatsystem.

I forbindelse med udviklingen af programmet forventes det, at alle opstillinger skal kunne knyttes sammen ved hjælp af fællespunkter, hvorefter den sammenknyttede datamængde kan knyttes til et overordnet system ved hjælp af fikspunkter, hvis dette ønskes.

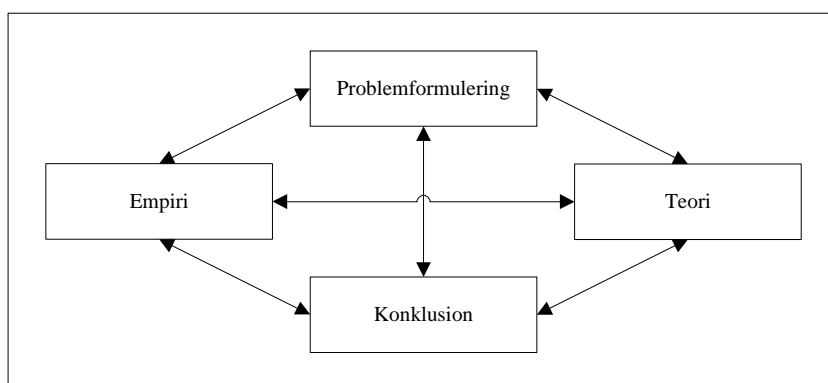
På baggrund af dette afsnit er der foretaget følgende afgrænsninger, for at klarlægge de ydre rammer for projektet:

- Anvende programmeringssproget Matlab
- Programmet skal kunne genkende fælles- og fikspunkter
- Programmet skal kunne køre på PC med styresystemet Windows
- Programmet skal kunne håndtere frie opstillinger
- Programmet skal køre automatisk
- De data som anvendes som input til programmet skal være lokale koordinater
- Programmet skal kunne fungere med programmet ScanOBS
- De enkelte opstillinger skal kunne knyttes sammen ved hjælp af fællespunkter

## 4 Metode

Formålet med dette kapitel, er at beskrive metoden og fremgangsmåden for afgangprojektet. Dette gøres for at klarlægge, hvordan afgangprojektets formål søges opfyldt. Først beskrives den anvendte metode med udgangspunkt i bogen *Projektarbejds teori og metode* [Aunsborg, 1997], hvorefter fremgangsmåden for projektet beskrives i det efterfølgende afsnit.

Der arbejdes som i tidligere projekter med problemorienteret gruppearbejde, hvis mål er at udvikle erkendelse af et givent område eller problemfelt [Aunsborg, 1997, s.2]. Et problemorienteret projektarbejde består af i alt fire hovedelementer, se Figur 4.1. Under figuren er de fire hovedelementers indhold nærmere beskrevet.



Figur 4.1: De fire hovedelementer i problemorienteret projektarbejde, og deres indbyrdes sammenhæng [Aunsborg, 1997, s. 19]

Problemformulering beskriver projektets problemstilling, samt afklarer hvilke problemer, der ønskes løst. Derudover indeholder problemformuleringen en begrundelse for, hvorfor der er valgt, at beskæftige sig med dette problem.

Teori beskriver forståelser af virkeligheden, og målet med problemorienteret projektarbejde er derfor at finde en teori, der løser det opstillede problem. Afhængigt af problemet kan der allerede eksistere teorier, der beskriver problemet helt eller delvis, og i andre tilfælde slet ikke.

Konklusionen er svaret på problemformuleringen, og skal afspejle den erkendelse og nye viden, der er opnået igennem projektarbejdet. Samtidig skal de begrænsninger resultaterne er underlagt beskrives.

Fælles for de tre første elementer er, at de befinder sig på et teoretisk niveau.

Empiri er dataindsamling og databearbejdning, og er derfor i modsætning til de andre elementer en beskrivelse af virkeligheden, der kan understøtte teorien.

Som det er illustreret i Figur 4.1, kan de fire hovedelementer i et problemorienteret projektarbejde blive inddraget i en iterativ proces. Ofte tages der udgangspunkt i en løs problemformulering, eller en initierende problemstilling, som konkretiseres igennem teori og empiri, hvilket derefter medfører, at problemformuleringen må rettes til, alt efter hvilken viden der er opnået igennem den gennemgåede teori og empiri. Ligeledes kan teorier medføre, at der kan laves foreløbige konklusioner, der eventuelt kan testes ved at indsamle empiri. På baggrund af empirien kan det være, at det er nødvendigt at ændre konklusionen, hvilket igen betyder, at det teoretiske grundlag og måske problemstillingen skal rettes til igen. Det betyder altså, at et pro-

jektarbejde sjældent vil foregå i en lineær rækkefølge, men derimod i et miks mellem de forskellige elementer.

Ikke mindst i forbindelse med udviklingen af et program, som dette projekt omhandler, vil der i høj grad ske en iterativ proces, idet der vil blive udviklet på programmet, på baggrund af teorien der opstilles. Derefter vil det løbende være interessant at teste programmet med indsamlede data, hvilket formentligt vil medføre at der skal arbejdes videre med teorien, for at løse de problemer der opstår, når empirien inddrages.

Projektrapporten vil dog blive udarbejdet således, at det virker som om, der er sket en lineær proces gennem de forskellige elementer, idet det vurderes, at det vil blive uoverskueligt, hvis den iterative proces skal beskrives nøjagtigt, som den er forløbet igennem projektet.

### 4.1 Fremgangsmåde

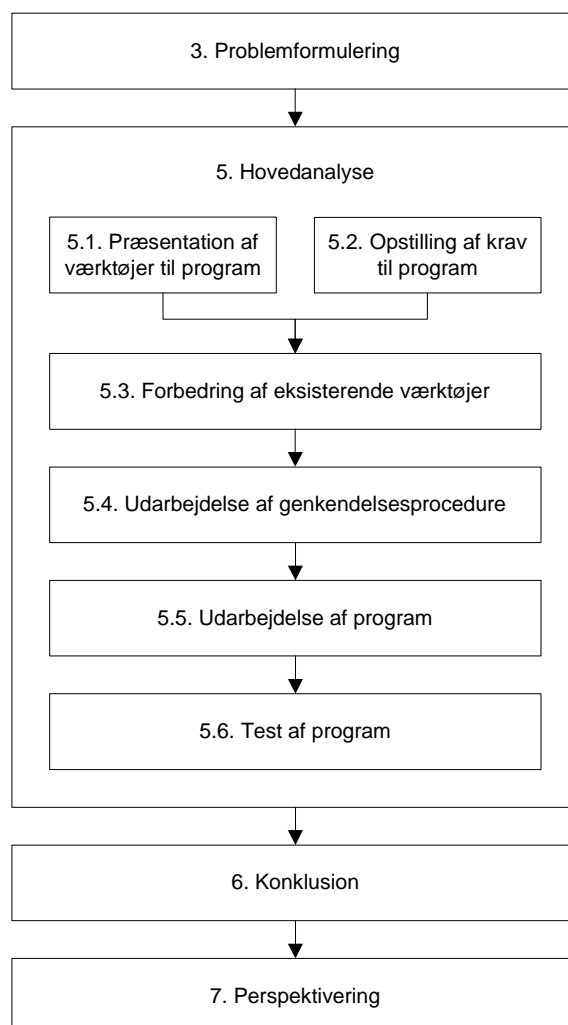
Formålet med dette afsnit er at beskrive strukturen for rapporten. Dette gøres for at give et overblik over projektet, fra problemformuleringen til perspektivering. Strukturdiagrammet fremgår af Figur 4.2. I de efterfølgende afsnit vil der være en beskrivelse af, hvordan de forskellige kasser i strukturdiagrammet hænger sammen.

Med udgangspunkt i problemformuleringen i *kapitel 3 Problemformulering* vil der i *kapitel 5 Hovedanalyse* blive foretaget en række undersøgelser, for derigennem at kunne besvare problemformuleringen. De forskellige undersøgelser vil blive beskrevet i de efterfølgende afsnit.

De to første undersøgelser, der vil blive foretaget i hovedanalysen, betragtes som to sideløbende undersøgelser. Den første undersøgelse i hovedanalysen er i *afsnit 5.1 Præsentation af værktøjer til program*. I dette afsnit vil forskellige værktøjer, som i rapporten betragtes som beregningsrutiner, til genkendelse af fællespunkter blive beskrevet, for derigennem at få et indblik i, hvilke værktøjer der kan inddrages i programmet.

Den anden undersøgelse, der vil blive foretaget i hovedanalysen er i *afsnit 5.2 Opstilling af krav til program*. I dette afsnit vil der blive opstillet en række krav til programmet. Disse krav skal ligeledes betragtes som retningslinier for operatøren af programmet.

Den tredje undersøgelse i hovedanalysen er i *afsnit 5.3 Forbedring af eksisterende værktøjer*. I dette afsnit vil der være en beskrivelse af nogle forbedringer af de præsenterede værktøjer i *afsnit 5.1 Præsentation af værktøjer til*



Figur 4.2 Strukturdiagram for projektet

*program* på baggrund af de opstillede krav i *afsnit 5.2 Opstilling af krav til program*.

Det næste afsnit i hovedanalysen er *afsnit 5.4 Udarbejdelse af genkendelsesprocedure*. I dette afsnit vil der være en diskussion af, hvordan de forskellige værktøjer, som er beskrevet i *afsnit 5.1 Præsentation af værktøjer til program* samt *afsnit 5.3 Forbedring af eksisterende værktøjer*, skal kombineres for at få en effektiv genkendelsesprocedure. Ligeledes vil der i afsnittet være en beskrivelse af, hvordan de enkelte værktøjer samt forbedringer skal håndteres i forbindelse med genkendelsesproceduren.

Det femte afsnit i hovedanalysen er *afsnit 5.5 Udarbejdelse af program*. I dette afsnit vil der være en præsentation af, hvordan det samlede program vil blive struktureret. Herunder vil der være en præsentation af, hvordan data inddrages i programmet, samt hvordan disse bliver behandlet, når genkendelsesproceduren er gennemløbet.

Det sidste afsnit i hovedanalysen er *afsnit 5.6 Test af program*. I dette afsnit vil der blive foretaget en test af programmet, på baggrund af data fra en opmålingsopgave. I forbindelse med testene vil de enkelte funktioner i genkendelsesproceduren blive testet, samt hele genkendelsesproceduren. Afslutningsvis vil hele programmet blive testet med flere opstillinger samt fikspunkter.

Efter hovedanalysen er der i *kapitel 6 Konklusion* en kort beskrivelse af hele projektet som fører frem til en besvarelse af problemformuleringen.

Afslutningsvis vil der i *kapitel 7 Perspektivering* være en præsentation af forskellige videreudviklingsmuligheder, der er til det udviklede program.





## 5 Hovedanalyse

Formålet med dette kapitel er at udvikle et program, som kan medvirke til at besvare problemformuleringen. Et sådan program vil også kunne medvirke til, at operatøren kan spare tid ved ikke at skulle bruge ressourcer på at tildele fælles- og fikspunkter nogle entydige numre i de enkelte opstillinger. Måden hvorpå kapitlet vil blive struktureret, er ved først at undersøge forskellige værktøjer, som kan indgå i en metode til programmet samt opstille en række krav til programmet. Dernæst vil der være en beskrivelse af, hvordan de enkelte værktøjer skal kombineres for at opnå et effektivt program samt en beskrivelse af, hvordan programmet vil blive udviklet. Afslutningsvis vil der være en test af programmet.

Problemformuleringen tager udgangspunkt i, at der skal findes en automatisk rutine til at løse problemet med punktnummerering i forbindelse med større måleopgaver. Ved større måleopgaver, som er en opgave med minimum tre opstillinger med en totalstation, er der en række krav, der skal opfyldes, for at de indsamlede data kan blive til et samlet kort over området. For det første skal der indmåles punkter for, at de enkelte opstillinger kan knyttes sammen. Til dette anvendes fællespunkter. For at kunne knytte de enkelte opstillinger hensigtsmæssig sammen, skal der gerne være et vist antal fællespunkter, for derved at få overbestemmelser. Yderligere kan der også være behov for, at koordinaterne skal gengives i et overordnet system. For at kunne opfylde dette kan nogle af de indmålte punkter måles ind med GPS. Disse punkter har betegnelsen fikspunkter.

De overordnede tanker omkring fremgangsmåde med hensyn til genkendelse af fællespunkter er, at der først genkendes fællespunkter mellem to opstillinger. For at genkende fællespunkter mellem disse anvendes forskellige værktøjer. Disse forskellige værktøjer til genkendelse af fællespunkter vil blive præsenteret i det efterfølgende afsnit. Når fællespunkterne mellem to opstillinger er fundet, skal disse transformeres over i det samme system for efterfølgende at kunne finde flere fællespunkter i de efterfølgende opstillinger. Måden de to opstillinger kommer i samme system kan være ved en anblok i 2D med en efterfølgende flytning i Z. Dette betragtes som en midlertidig sammenknytning. Efter at de to første opstillinger er kommet i det samme system, er det muligt at finde fællespunkter mellem dem og en ny opstilling. Når fællespunkterne mellem den nye opstilling og de to første opstillinger er fundet, foretages der på ny en beregning ved hjælp af anblok samt en flytning i Z, hvor alle opstillinger inddrages på ny i en samlet udjævning. Denne procedure fortsættes, indtil der ikke er flere opstillinger. Det vurderes, at en anblok i 2D samt en flytning i Z vil være det mest optimale i forhold til at genkende fællespunkter, da almindelige enkeltstående 2D transformationer vil kunne forvrænge det samlede billede, hvis nogle af fællespunkterne eksempelvis ligger tæt på hinanden. Når alle opstillingerne er midlertidig knyttet sammen, ønskes det, at fikspunkterne genkendes ved hjælp af en fikspunkts-koordinatfil. De løbende beregninger ved hjælp af anblok skal betragtes som en hjælp til genkendes fælles- og fikspunkter. Når alle fælles- og fikspunkterne er genkendt, og har fået tildelt punktnummer, kan opstillingerne knyttes sammen ved hjælp af anblok. Til at foretage udjævning ved hjælp af anblok, vil programmet ScanOBS blive anvendt. Når anblok efterfølgende omtales i denne rapport, vil det udelukkende være en anblok i 2D, da det er denne form for anblok, som programmet ScanOBS anvender, samt den form som ønskes anvendt i projektet.

### 5.1 Præsentation af værktøjer til program

I dette afsnit vil der være en introduktion til fem forskellige værktøjer, som kan indgå i en samlet metode til at identificere fællespunkter. De fem værktøjer er beskrevet i de efterfølgende underafsnit. Præsentationen af de enkelte værktøjer tager udgangspunkt i, at der er fæl-

lespunkter mellem to opstillinger, der skal identificeres. I hvert underafsnit beskrives først, hvordan værktøjet fungerer, hvorefter matematikken bag beskrives. Derefter beskrives det, hvor omfangsrigt værktøjet er, hvis det skal benyttes til automatisk genkendelse af fællespunkter mellem opstillinger med 1.000 indmålte punkter, 1.000 punkter er valgt, da det erfaringsmæssigt er det maksimale antal punkter, der indmåles fra samme opstilling. Endelig gennemgås hvert værktøjs fordele og ulemper. Den endelige metode kan bestå af én eller flere af disse værktøjer.

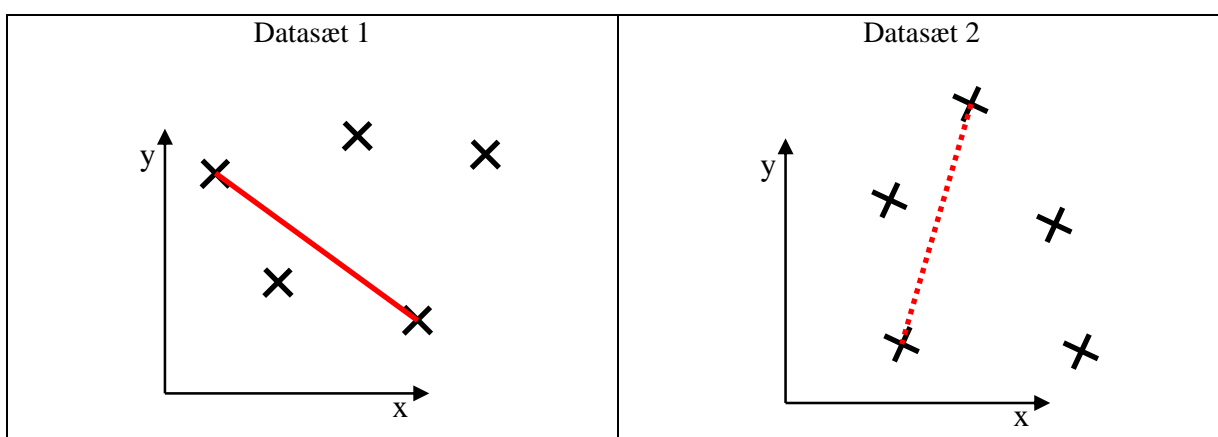
Gennem de enkelte interview af landinspektører i afsnit 2.1 Interview, blev det klart, at det mest anvendte i praksis er frie opstillinger, hvorved de plane koordinater samt Z-værdierne til de enkelte opstillinger vil være i hvert sit lokale koordinatsystem. Udgangspunktet for programmet samt de enkelte værktøjer skal derfor være, at disse kan anvendes ved frie opstillinger.

### 5.1.1 Sammenligning af afstande

Dette værktøj, indgik også i den metode, som blev anvendt i afgangsprøvet [Jellesen, 2005], der er beskrevet i afsnit 2.2 Eksisterende litteratur. Værktøjet blev anvendt til kontrol af de fundne par til fællespunkter.

Dette værktøj bygger på afstandsberregning på baggrund af lokale koordinater fra to opstillinger. Afstandene beregnes mellem de målte punkter, da det er en forudsætning, at opstillingspunktets koordinater ikke kendes. Afstandsberregningen bygger på Pythagoras' sætning ud fra de lokale koordinater. Når alle kombinationer af afstande er beregnet mellem punkterne målt fra henholdsvis den ene og den anden opstilling, kan disse sorteres for efterfølgende at finde matchende afstande i de to datasæt. Ved afstandsberregningen vurderes det, at en 2D afstand er tilstrækkelig, da der ved et tilnærmelsesvis vandret terræn vil være en meget lille forskel mellem en 2D og 3D afstand. For at illustrere dette vil en vandret afstand mellem to punkter på 100 meter og en højdeforskel på 1 meter give en 3D afstand på 100,005 meter.

Nedenfor på Figur 5.1 er vist et eksempel, hvor der i mellem de to datasæt er fundet en matchende afstand. Dette er på figuren illustreret med den røde linie og den røde stiplede linie.



Figur 5.1: Viser eksempel med sammenligning af afstand

Matematikken der ligger bag dette værktøj, er som tidligere nævnt Pythagoras' sætning, hvilket betyder at afstanden  $c$ , kan findes ved følgende formel:

$$c = \sqrt{a^2 + b^2}$$

For at finde ud af hvor omfangsrigt værktøjet er, undersøges det, hvor mange beregninger der skal foretages for, at værktøjet kan genkende punkter. Som tidligere nævnt gøres dette med udgangspunkt i 1000 indmålte punkter fra hver opstilling. For at finde samtlige kombinationer af afstande i hver opstilling benyttes følgende formel:

$$\text{Antal\_afs} = (999 + 998 + \dots + 2 + 1) \text{ afstande} = 499.500 \text{ afstande}$$

Det vil altså sige, at fra en opstilling med 1.000 punkter skal der beregnes cirka en halv million afstande. Dette bør ikke i sig selv være et problem, dog vil der opstå problemer i den senere genkendelse. Hvis det antages, at der måles afstande op til 100 meter med totalstation, og det yderligere antages, at de indmålte punkter ligger således, at de beregnede afstande er jævnt fordelt mellem 0 og 200 meter, vil der gennemsnitligt være (499.500 afstande/200 meter) cirka 2.500 beregnede afstande for hvert interval på 1 meter. Med dette skal forstås, at der er 2.500 afstande mellem 0 og 1 meter, 1 og 2 meter og så videre. Det svarer også til 25 beregnede afstande for hvert interval på 1 cm. Det vil sige, der gennemsnitligt er 25 afstande for hver cm fra hver opstilling, der skal sammenlignes. Endelig skal det bemærkes, at antagelsen om at der er lige mange afstande i hvert interval, ikke er helt korrekt, idet der er færrest afstande på 200 meter, mens der teoretisk set bliver flere, desto kortere afstand der er tale om.

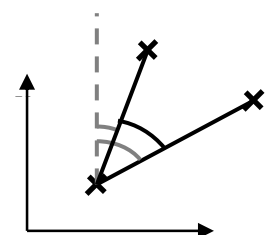
Med den nøjagtighed der kan opnås med nutidens instrumenter, vil det være umuligt at lave en korrekt genkendelse af fællespunkter, idet der dermed ofte vil være flere afstande inden for en fastsat størrelse. Det betyder altså, at værktøjet ikke kan anvendes alene, men at den skal benyttes i sammenhæng med mindst ét andet værktøj, der kan begrænse antallet af mulige punkter.

Dette værktøj har den fordel, at det er en struktureret måde at genkende fællespunkter på. Derudover er den matematik, der skal benyttes ikke så omfangsrig, idet der udelukkende skal beregnes afstande, der derefter skal sorteres efter størrelse. I forbindelse med beregningen af afstande, kan det vurderes, at undlade at inddrage kvadratrodsteget, og dermed blot sammenligne de kvadrerede størrelse, idet selve størrelsen ikke er interessant. En ulempe ved dette værktøj er, at det ikke kan anvendes selvstændig, idet der er så mange kombinationsmuligheder, hvilket medfører, at der kan være mange ens afstande, der ikke kan skelnes fra hinanden.

### 5.1.2 Sammenligning af vinkler

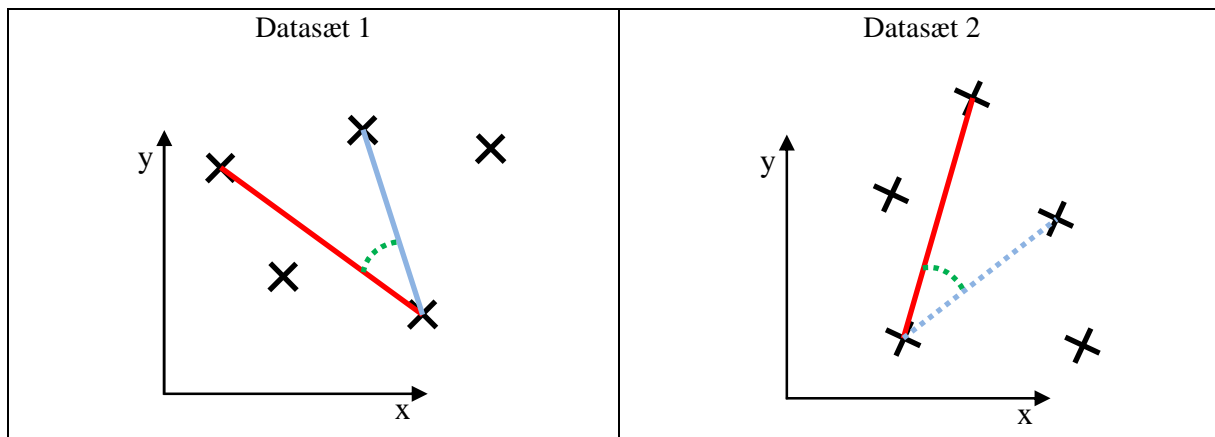
Dette underafsnit beskriver et værktøj, der tager udgangspunkt i en vinkel mellem to linier dannet af tre punkter i lokale koordinatsystemer. Værktøjet kan altså benyttes til at genkende fællespunkter, ved at sammenligne vinkler fra den ene opstilling med vinkler fra den anden. Beskrivelsen af hvor omfangsrigt værktøjet er, opdeles i tre dele, én hvor ingen punkter er genkendt imellem de to opstillinger, én hvor ét enkelt punkt er genkendt, og én hvor to punkter på forhånd er genkendt.

Værktøjet benytter som nævnt vinkler, se Figur 5.2, hvor de grå vinkler illustrerer retningsvinkler, og den sorte vinkel er vinklen, der skal sammenlignes.



Figur 5.2: Viser en vinkel fra én opstilling

Værktøjet kan altså genkende punkter mellem to opstillinger, ved at de samme tre punkter i hver opstilling danner den samme vinkel i begge opstillinger. Dette kan gøres ved først at beregne de mulige vinkler mellem punkterne i den første opstilling, og derefter i den anden opstilling. Derefter kan vinklerne sorteres, og matchningen mellem opstillingerne kan foretages. I Figur 5.3 er den samme vinkel fundet i begge opstillinger, og punkterne er dermed blevet genkendt.



Figur 5.3: Viser eksempel med vinkler

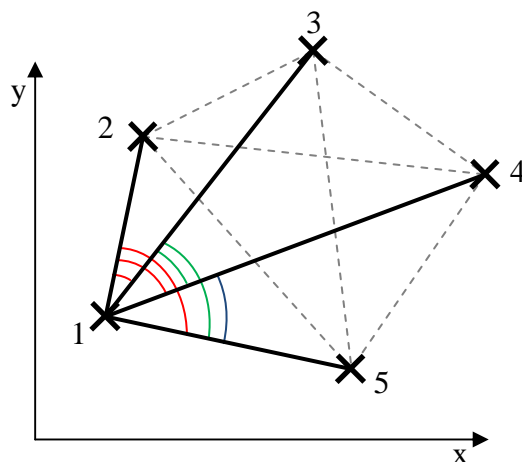
Matematikken der ligger bag dette værktøj, er at finde retningsvinkler. Ved derefter at finde differencen mellem to retningsvinkler, beregnes den ønskede vinkel. Formlen for at beregne en retningsvinkel, ved anvendelse af lokale koordinater, er følgende:

$$\alpha_{AB} = \arctan\left(\frac{(E_B - E_A)}{(N_B - N_A)}\right) + n \cdot 100 \text{ gon}$$

Størrelsen af  $n$ , findes ved at foretage en fortegnanalyse.

I forbindelse med hver formel kan det programmeringsmæssigt være en fordel at udelade den inverse tangensfunktion, idet selve vinklens størrelse ikke er relevant, men derimod blot at have en værdi fra hver opstilling, der kan sammenlignes.

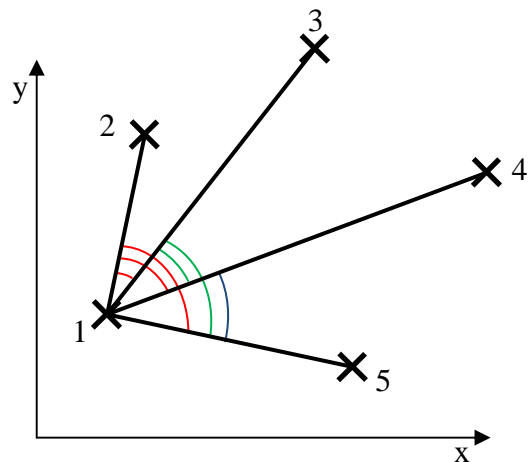
Som tidligere beskrevet, gennemgås det hvor omfangsrigt værktøjet er ved de tre forskellige situationer, først hvor der ikke er nogen genkendte punkter. Denne beskrivelse tager udgangspunkt i Figur 5.4, hvor det kan ses, at der er indmålt fem punkter. Fra Punkt 1 er der tre vinkler fra linien 1-2, to vinkler fra linien 1-3 og én vinkel fra linien 1-4. Dermed kan følgende formel anvendes til at finde antallet af vinkler fra hvert punkt:  $\text{Antal}_{\text{vinkler\_punkt1}} = n - 2 + n - 3 + \dots + n - n$ . Hvor  $n$  er antallet af punkter. Der fås altså én vinkel færre hver gang der ses på en ny linie, for at undgå at den samme vinkel optræder to gange. Hvis antallet af vinkler fra



Figur 5.4: Viser antallet af vinkler, hvor ingen punkter er kendte

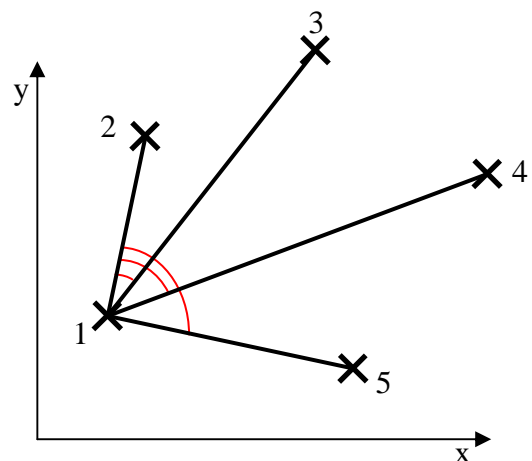
Punkt 1 i Figur 5.4 ønskes beregnet, fås altså følgende antal:  $\text{Antal}_{\text{vinkler\_punkt1}} = 5 - 2 + 5 - 3 + 5 - 4 + 5 - 5 = 6$ . Hvis der igen ses på en opstilling med 1.000 indmålte punkter, medfører det, at der for hvert indmålt punkt er følgende antal beregnede vinkler:  $\text{Antal}_{\text{vinkler\_per\_punkt}} = 998 + 997 + \dots + 2 + 1 = 498.501$ . Dette er kun antallet for ét punkt i opstillingen, og skal derfor multipliceres med antallet af indmålte punkter, dermed findes det endelige antal vinkler per opstilling:  $\text{Antal}_{\text{vinkler\_per\_opstilling}} = \text{Antal}_{\text{vinkler\_per\_punkt}} \cdot n = 498.501 \cdot 1.000 = 498.501.000$ . Dette antal er så stort, at der ikke vil kunne finde nogen form for genkendelse sted.

Hvis der tages udgangspunkt i, at der på forhånd er genkendt ét punkt mellem de to opstillinger, ligner situationen den føromtalte, med den forskel, at der kun skal beregnes vinkler fra ét punkt, se Figur 5.5, og dermed kan antallet af vinkler beregnes på samme måde som før. Igen tages der udgangspunkt i en opstilling, hvorfra der er indmålt 1.000 punkter. Hvis alle mulige vinkler skal beregnes, fås følgende antal:  $\text{Antal}_{\text{vinkler\_per\_opstilling}} = 998 + \dots + 1 = 498.501$ . Det betyder altså, at der skal beregnes cirka en halv million vinkler, for at alle muligheder er fundet. Dette bør kunne lade sig gøre rent beregningsmæssigt, men igen vil det give problemer i genkendelsen. Hvis det antages, at de indmålte punkter ligger jævnt fordelt, medfører det, at der inden for hvert interval med én gon er  $(499.500 \text{ vinkler}/400 \text{ gon})$  cirka 1.250 beregnede vinkler. Det vil sige, at der gennemsnitligt er 1.250 vinkler for hvert interval med én gon, der skal sammenlignes fra hver opstilling, hvilket ikke er muligt. Dette værktøj kan derfor kun benyttes, hvis det gøres i sammenhæng med mindst ét andet værktøj.



Figur 5.5: Viser antallet af vinkler, med udgangspunkt i ét kendt punkt

Endelig ses der på vinkelgenkendelse, hvis der allerede er fundet to fællespunkter mellem opstillingerne. Denne beskrivelse tager udgangspunkt i Figur 5.6, hvor der igen er indmålt 5 punkter, og hvor Punkt 1 og 2 er fællespunkter. Dermed dannes der en linie mellem disse punkter, og ud fra denne linie findes én vinkel til hvert af de resterende punkter. Det betyder at antallet af vinkler er:  $\text{Antal}_{\text{vinkler}} = n - 2 = 5 - 2 = 3$ . Hvor  $n$  er antallet af punkter. Hvis der igen tages udgangspunkt i opstillinger med 1.000 punkter, fås følgende antal vinkler:  $\text{Antal}_{\text{vinkler}} = 1.000 - 2 = 998$ . Hvis dette antal er jævnt fordelt, giver det  $(998 \text{ vinkler}/400 \text{ gon})$  mellem to og tre vinkler inden for hvert interval på én gon. Dermed begynder værktøjet at kunne bruges til genkendelse, dog vurderes det stadig, at værktøjet ikke kan bruges alene, men eventuelt kan benyttes i sammenhæng med et andet værktøj.



Figur 5.6: Viser antallet af vinkler, hvor to punkter er kendte

Fordelen med dette værktøj er, at det er en struktureret måde at finde tre tilsvarende punkter i to datasæt på. Matematikken er lidt mere omfangsrigt end det første værktøj, idet der både skal beregnes afstande og vinkler, idet afstandene er nødvendige for at kunne beregne vinklerne. Ulempen ved værktøjet er derimod, at den giver utrolig mange kombinationsmuligheder, hvis der er mange indmålte punkter, og at værktøjet derfor skal kombineres med et andet for at kunne benyttes til automatisk genkendelse.

### 5.1.3 Relativ genkendelse

Dette værktøj tager udgangspunkt i, at de to datasæt orienteres relativt i forhold til hinanden, hvorefter der kan genkendes fællespunkter, ved at søge igennem for sammenfald mellem lokale koordinater mellem de to opstillinger. Denne søgning kan foregå ved eventuelt først at søge igennem for sammenfaldende X-koordinater, der gives en bestemt buffer, idet der ikke kan forventes nøjagtig sammenfald, og derefter søge igennem for sammenfaldende Y-koordinater på baggrund af de fundne X-koordinater. Derfor skal alle lokale koordinater efter transformationen sorteres, hvorefter sammenligningen kan foretages.

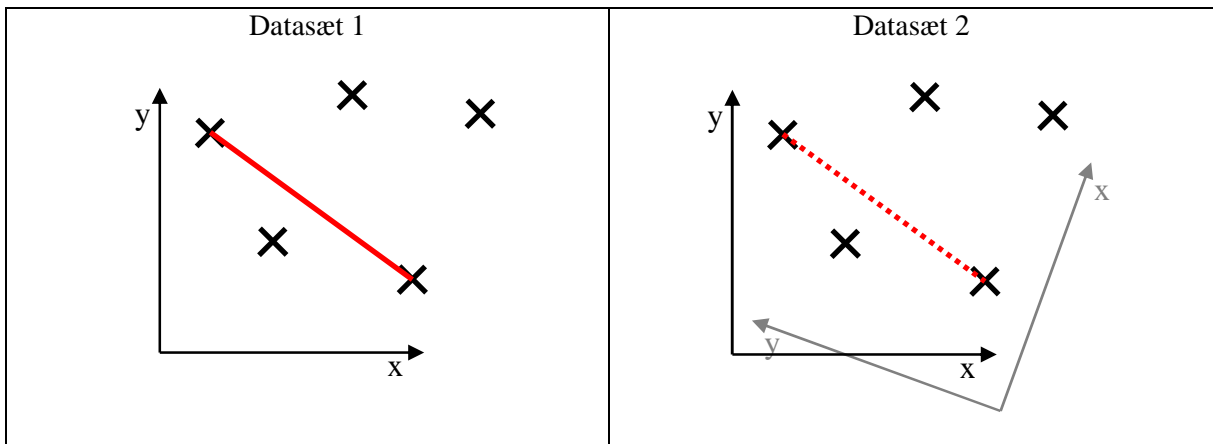
I modsætning til de tidligere præsenterede værktøjer, kræver dette, at der på forhånd er genkendt to fællespunkter i hver opstilling. Dette begrundes med, at hvis der ikke er genkendt nogle punkter på forhånd, er der rigtig mange måder, hvorpå et datasæt kan transformeres over i et andet. Ligeledes er der rigtig mange måder, hvorpå et datasæt kan transformeres over i et andet, hvis der er genkendt et punkt på forhånd, idet det datasæt, der transformeres, kan drejes et uendeligt antal gange omkring det punkt, der er genkendt.

Værktøjet kan tages i anvendelse, når de to samme punkter findes i begge datasæt for derved at have nogle punkter at orientere efter. Grunden til at det kun er nødvendigt med to punkter er, at det vurderes, at en 2D sammenligning af punkter er tilstrækkeligt for at genkende fællespunkter, og derfor kræves der kun er en drejning om Z-aksen og to flytninger i henholdsvis X og Y for at orientere de to datasæt relativt i forhold til hinanden. Det vurderes, at en skalering ikke er nødvendig i forhold til genkendelsen. Den omtalte transformation har derfor kun tre parametre, hvilket medfører, at to punkter med X- og Y-koordinater er tilstrækkelig for at udføre transformationen.

Det første datasæt bibeholder sin orientering, mens det andet datasæt transformeres over i det første datasæt. Transformationen foretages således, at det af de to kendte punkter med den højeste Z-værdi fra det andet datasæt transformeres over i det kendte punkt med den højeste Z-værdi fra det første datasæt, mens punktet fra andet datasæt med den laveste Z-værdi transformeres over i punktet fra det første datasæt med den laveste Z-værdi. Det vurderes, at et område sjældent er fuldstændigt vandret, og at der dermed oftest vil være en forskel mellem Z-værdierne ved de to punkter. Hvis Z-værdien for de to punkter skulle vise sig at være ens, kan begge løsningsmuligheder undersøges. Efter transformationen er det muligt ud fra 2D-koordinaterne i det første datasæt at undersøge, om et punkt med samme placering findes i det andet datasæt.

For at illustrere principperne for værktøjet er der, på samme måde som tidligere, vist et eksempel nedenfor. Eksemplet kan ses som en forlængelse af eksemplet på Figur 5.1. De røde linier på Figur 5.7 forbinder de to allerede kendte fællespunkter i begge datasæt. Det første datasæt bibeholdes i det lokale koordinatsystem. Det andet datasæt til højre i Figur 5.7 drejes og flyttes i forhold til det første datasæt. De grå akser på det andet datasæt på Figur 5.7 er de oprindelige lokale akser, mens de sorte er akserne efter en drejning og to flytninger. Når det

andet datasæt er transformeret over i det samme system, er det muligt ud fra 2D-koordinaterne at finde punkter, som er fælles for begge datasæt.



Figur 5.7: Viser eksempel med relativ genkendelse

Matematikken der ligger bag dette værktøj, er en beregning af to retningsvektorer, eksempelvis med udgangspunkt i det punkt med den højeste Z-værdi, samt en difference mellem to koordinater. På baggrund af de to retningsvektorer er det muligt at beregne en vinkel, som udgør drejningen mellem de to lokale systemer. En efterfølgende beregning af en difference mellem en koordinat til et af de kendte punkter fra det ene datasæt, samt koordinaterne til det samme punkt i det andet datasæt, udgør de to flytninger i henholdsvis X- og Y-retningen.

For at finde ud af hvor omfangsrigt værktøjet er, tages der igen udgangspunkt i, at der er indmålt 1.000 punkter fra hver opstilling, samt at de indmålte punkter fra hver opstilling dækker et område på  $100 \cdot 100$  meter. Den lidt anderledes områdestørrelse er valgt, for at gøre beregningerne mere overskuelige. Hvis der er genkendt to punkter i hver opstilling, er der dermed 998 ukendte punkter i hver opstilling, der skal kontrolleres for, om de er fællespunkter. Hvis det igen antages, at punkterne ligger jævnt fordelt i området, kan det beregnes, at der er  $(100 \text{ meter} \cdot 100 \text{ meter} / 998 \text{ punkter})$  cirka 1 punkt per 10 kvadratmeter. Det betyder, at det virker fornuftigt at benytte værktøjet til genkendelse af fællespunkter, idet punkterne kan bestemmes inden for få centimeters nøjagtighed.

Fordelen ved værktøjet er, at det er en struktureret måde at genkende ekstra fællespunkter i to datasæt, og at det ser ud til, at der forholdsvis let vil kunne foretages en genkendelse, hvis der på forhånd er genkendt to punkter. Igen skal der benyttes en del matematik, men beregningen af transformationsparametre bør heller ikke give anledning til større problemer. Ulempen med dette værktøj er, at den kræver, at de to samme punkter er fundet i begge datasæt, for at det andet datasæt kan orienteres i forhold til det første, og dermed ikke kan benytte selvstændigt som genkendelsesværktøj.

#### 5.1.4 Sammenligning af højdeforskelle

Betragtninger i forhold til Z-værdien indgik også som et værktøj i forbindelse med afgangsprojektet [Jellesen, 2005], som er beskrevet i afsnit 2.2 Eksisterende litteratur. Ved afgangsprojektet blev Z-værdien anvendt direkte ved sammenligning, da denne, ved hjælp af de kendte koordinater fra opstillingerne, blev omregnet til et landsdækkende system. Ved værktøjet beskrevet i dette afsnit, vil der blive taget udgangspunkt i højdeforskelle, da formålet med programmet er, at denne skal kunne anvendes ved frie opstillinger. Sammenligning af højde-

forskelle er i princippet det samme værktøj, som er beskrevet i afsnit 5.1.1 Sammenligning af afstande, da en højdeforskel svarer til en afstandsberægning i 1D, mens sammenligning af afstande bygger på en afstandsberægning i 2D.

Værktøjet bygger på højdeforskelle på baggrund af lokale Z-værdier fra to datasæt. Højdeforskellene beregnes mellem de målte punkter. Når alle kombinationer af højdeforskelle er beregnet mellem punkterne målt fra henholdsvis det ene og det andet datasæt, kan disse sorteres for efterfølgende at finde matchende højdeforskelle i de to datasæt. På denne måde er det muligt at udpege fællespunkter ud fra højdeforskellene. Som udgangspunkt vil det være nødvendigt at arbejde med numeriske værdier, idet det ikke kan vides, i hvilken rækkefølge punkternes Z-værdi benyttes til at lave differencen. Derfor kan en højdeforskel i en opstilling give en positiv værdi, mens højdeforskellen mellem de samme to punkter fra en anden opstilling giver den samme værdi, bare negativ.

Som tidligere foretages nogle beregninger, for at undersøge hvor omfangsrigt værktøjet er. Beregningerne tager udgangspunkt i 1.000 indmålte punkter fra hver opstilling. Antallet af kombinationer af højdeforskelle for hver opstilling er det samme antal som ved afstandsberægning i 2D. Hvis det antages, at den maksimale højdeforskel fra hver opstilling er på 5 meter, som vurderes at være en gennemsnitlig højdeforskel ved detailmåling, og de 499.500 forskellige højdeforskelle fordeles ligeligt i intervallet mellem 0 og 5 meter, med et internt interval på 1 mm, vil der være  $(499.500/5.000)$  100 ens højdeforskelle inden for hvert interval. Erstattes den maksimale højdeforskel derimod med 20 meter, som vurderes, er en stor værdi set i forhold til detailmåling, og højdeforskellene på samme måde som tidligere fordeles ligeligt med et internt interval på 1 mm, vil der være  $(499.500/20.000)$  25 ens højdeforskelle inden for hvert interval. På baggrund af disse beregninger er der på trods af den store højdeforskel stadig mange ens højdeforskelle inden for hvert interval, som alle kan være mulige fællespunkter til det samme antal højdeforskelle i samme interval fra den anden opstilling. Dette giver  $(25 \cdot 25)$  625 forskellige kombinationer af fællespunkter inden for hvert interval på 1 mm. Dette skal ligeledes kombineres med, at der med totalstationen er en måleusikkerhed, der gør, at antallet af kombinationer bliver endnu flere. På baggrund heraf vurderes det, at dette værktøj ikke kan anvendes alene i forbindelse med genkendelse fællespunkter, men at denne skal suppleres med mindst ét andet værktøj.

En fordel ved værktøjet er, at det er en struktureret måde at genkende fællespunkter, samt at matematikken, der skal benyttes, er den mest simple af alle de opstillede værktøjer, idet der blot er tale om at finde differencer. Ulempen ved dette værktøj er, at det på trods af forholdsvis store højdeforskelle ikke er muligt at finde entydige par til fællespunkter, hvis der er mange punkter.

### 5.1.5 Objektkodetildeling

Dette værktøj, indgik også i den metode, som blev anvendt i afgangsprojektet [Jellesen, 2005], der er beskrevet i afsnit 2.2 Eksisterende litteratur. Værktøjet blev ved afgangsprojektet [Jellesen, 2005] anvendt i forbindelse med den indledende rutine.

Som beskrevet i afsnit 3 Problemformulering vil alle punkter, uanset punktets kode, blive inddraget i forbindelse med en genkendelse af fællespunkter. Hvis alle punkter betragtes som fællespunkter, uanset hvilken objektkode punktet har, og det antages, at der fra hver opstilling måles 1.000 punkter vil der mellem to opstillinger være  $(1.000 \cdot 1.000)$  1.000.000 forskellige kombinationer af fællespunkter. Dette bliver dog betragteligt reduceret, hvis koderne kommer



i betragtning, når fællespunkterne skal genkendes, samt det at fællespunkterne får den samme kode ved de enkelte opstillinger. En forudsætning for dette er, at der i forbindelse med opmålingen ikke er foretaget fejl ved tildeling af objektkode til de målte punkter. Hvis det antages, at de 1.000 målte punkter fordeles ligeligt mellem 50 objektkoder vil der være 20 punkter inden for hver objektkode. Hvert af de 20 punkter er derfor mulige fællespunkter med de 20 punkter med samme kode fra den anden opstilling. Dette vil give  $(20 \cdot 20)$  400 forskellige kombinationer inden for hver objektkode mellem to opstillinger. På baggrund af disse beregninger vurderes det, at objektkode ikke kan stå alene som værktøj til genkendelse af fællespunkter.

En fordel ved anvendelse af dette værktøj er, at der ikke skal benyttes matematik til at lave genkendelse. Ulempen ved dette værktøj er, at det ikke er muligt at finde entydige par til fællespunkter.

### **5.1.6 Opsamling**

Igennem de ovenstående underafsnit er værktøjerne, der kan benyttes til at genkende fællespunkter, blevet præsenteret. Præsentationen har vist, at der ikke findes ét værktøj, der alene kan genkende fællespunkter, når der arbejdes med opstillinger med 1.000 indmålte punkter. Dette skyldes for alle værktøjerne, at der er for mange kombinationsmuligheder, og der dermed ikke kan opnås en entydig identifikation af en afstand, vinkel, koordinat, Z-differens eller objektkode, hvilket igen betyder, at der ikke kan genkendes fællespunkter. I alle tilfældene opnås der utrolig mange kombinationsmuligheder, når der ikke er genkendt fællespunkter på forhånd. Det står derfor klart, at de forskellige værktøjer skal benyttes i en eller anden form for kombination, for derved at kunne opnå automatisk genkendelse af fællespunkter. Man kan derfor forestille sig, at der skal ske en reduktion af antallet af punkter, før den egentlige genkendelse af fællespunkter kan finde sted. Til at foretage denne reduktion, virker det sidste værktøj, Objektкодetildeling, som et oplagt valg. Derved vil der opnås en reduktion i antallet af punkter, der skal indgå i den automatiske genkendelsesproces. En videre reduktion i antallet af punkter er ikke mulig, og de øvrige værktøjer skal derfor inddrages herefter. Som det er nævnt under de enkelte værktøjer, kræver Sammenligning af vinkler og Relativ genkendelse, at der allerede er genkendt to punkter mellem datasættene, og derfor er de værktøjer, der kan benyttes til den indledende genkendelse altså Sammenligning af afstande og Sammenligning af højdeforskelle. Udarbejdelsen af hvilke værktøjer der skal benyttes til programmet, samt i hvilken kombination de skal inddrages, vil ske senere i rapporten.

## **5.2 Opstilling af krav til program**

I dette afsnit vil der blive opstillet en række konkrete krav til programmet, som samtidig kan fungere som retningslinier for operatøren af programmet. I afsnittet vil der blive opstillet krav i forbindelse med antallet af fælles- og fikspunkter samt krav i forbindelse med objektkode. Afslutningsvis vil der i afsnittet være en kravspecifikation, der fungerer dels som en opsamling på underafsnittene i dette afsnit og dels som en opsamling på afsnit 3.1 Problemafgrænsning.

### **5.2.1 Antal fælles- og fikspunkter**

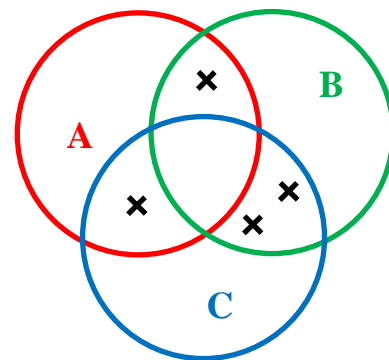
I dette underafsnit vil der blive opstillet retningslinier for hvor mange fælles- og fikspunkter, som skal anvendes, for at der kan genkendes punkter. Med udgangspunkt i indledningen til kapitel 5 Hovedanalyse den overordnede fremgangsmåde med hensyn til genkendelse af punkter, at fællespunkterne skal genkendes som det første, hvorefter en genkendelse af fikspunkter kan finde sted. Derfor vil dette afsnit være opbygget således, at der først vil være en

behandling af antallet af fællespunkter i hver opstilling, hvorefter der vil være en behandling af antallet af fikspunkter.

Som beskrevet i afsnit 3.1 Problemafgrænsning skal der opstilles et minimum af krav til operatøren af programmet. Dette gælder også med hensyn til planlægningen af måleopgaven, hvor retningslinierne tilstræbes at være så enkle som muligt. Det vurderes, at en fastlæggelse af et minimum af fællespunkter, bestående af et ens antal fællespunkter mellem to opstillinger, som ønskes knyttet sammen, vil være det mest optimale med hensyn til at opstille et minimum af krav til operatøren. Det vil naturligvis styrke sammenknytningen, hvis nogle af fællespunkterne er fælles mellem mere end to opstillinger, men dette ønskes ikke opstillet som et krav, da retningslinierne derved kan blive mere komplicerede. Det står selvfølgelig operatøren frit for at måle flere fællespunkter end hvad retningslinierne foreskriver. I dette afsnit vil der udelukkende blive set på, hvad der som minimum skal måles af fællespunkter.

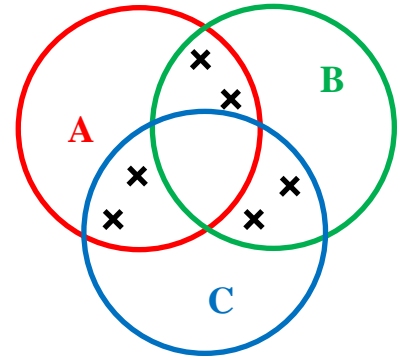
I forbindelse med fastlæggelse af antallet af fællespunkter er det vigtigt at skelne mellem to former for sammenknytninger ved hjælp af anblok. Den ene er sammenknytning med anblok, hvor der til sidst foretages en samlet udjævning af alle opstillinger på én gang. Den anden er sammenknytning i forbindelse med genkendelsen af fællespunkter, hvor der løbende foretages nye beregninger ved hjælp af anblok, efterhånden som der genkendes fællespunkter. Med hensyn til beregningsmetode samt antallet af transformationsparametre er de to sammenknytningsformer ens. Ved beregning ved hjælp af anblok anvendes der tre transformationsparametre, som er to flytninger og en drejning, da det vurderes at skalering ikke er nødvendig at inddrage i almindelig landmåling. For at finde foreløbige værdier som en sådan transformation kræver, kan dette ske ved at inddrage skaleringen i en indledende beregning til at fastlægge nogle foreløbige værdier, hvorefter en beregning ved hjælp af anblok med anvendelse af tre transformationsparametre kan beregnes.

I afsnit 3.1 Problemafgrænsning blev det fastlagt, at alle opstillingerne skulle kunne knyttes sammen ved hjælp af fællespunkter alene. Et eksempel på hvordan tre opstillinger kan knyttes sammen med anblok er vist i Figur 5.9. Af figuren fremgår det, at de tre opstillinger (A-C) kan knyttes sammen med anvendelse af fire fællespunkter. Grunden til at der ikke skal flere fællespunkter til, er at alle opstillinger knyttes sammen i en samlet udjævning. Ved den indledende beregning ved hjælp af anblok, hvor de foreløbige transformationsparametre beregnes, er der ingen overbestemmelse. Derimod vil der ved den endelige beregning ved hjælp af anblok med anvendelse af de tre transformationsparametre være to overbestemmelser. Det er tidligere i afsnittet beskrevet, at der mellem de enkelte opstillinger skal fastlægges et minimum af fællespunkter. Ved sammenknytning af to opstillinger skal der som minimum være to fællespunkter for at kunne foretage en beregning ved hjælp af anblok. På baggrund af dette skal der derfor som minimum være to fællespunkter mellem to opstillinger, der ønskes knyttet sammen. Dette minimum opfylder eksemplet i Figur 5.9 ikke. Et andet eksempel i Figur 5.8 viser tre opstillinger (A-C), som samlet set kan knyttes sammen med anvendelse af anblok samt opfylder kravet om, at der skal være minimum to fællespunkter parvist mellem opstillingerne. Som tidligere beskrevet, er det i eksemplet på Figur 5.8 muligt at knytte de enkelte opstillinger sammen enkeltvis med anvendelse af anblok, da der mellem opstillingerne er to fælles-



Figur 5.8: Viser eksempel med tre opstillinger, der kan knyttes sammen med anblok

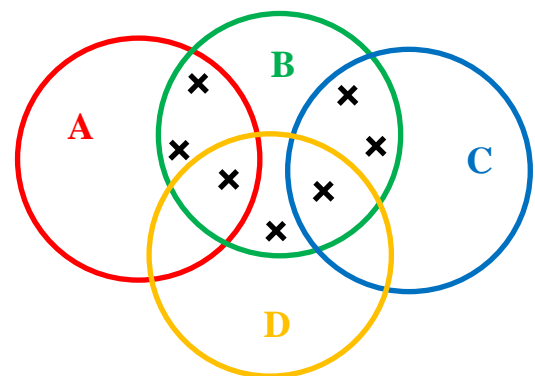
punkter. Med to fællespunkter mellem opstillingerne er der ved den indledende beregning ved hjælp af anblok ingen overbestemmelser, da skaleringen indgår i forbindelse med beregningen af de foreløbige transformationsparametre. Ved den efterfølgende beregning, hvor skaleringen undlades, er der en overbestemmelse mellem hver opstilling. Ved en let beregning ved hjælp af anblok vil der ved eksemplet på Figur 5.8 være seks overbestemmelser, når tre transformationsparametre anvendes.



Figur 5.9: Viser eksempel med tre opstillinger der parvist kan knyttes sammen med en 2D transformation

I forbindelse med det program der ønskes udviklet, vurderes det, at det er vigtigt, at der er mere end en enkelt overbestemmelse mellem de enkelte opstillinger for derved at mindske fejl i forbindelse med genkendelse af punkter. Det vurderes derfor, at et minimum på tre fællespunkter mellem sammenknyttende opstillinger vil være passende, da der derved opnås tre overbestemmelser ved to opstillinger med tre fællespunkter. Dette vil samtidig betyde, at to tilstødende opstillinger ikke nødvendigvis har tre fællespunkter, hvis opstillingerne hver især har tre fællespunkter med en anden opstilling. I hovedtræk skal alle opstillinger kunne transformeres sammen med én anden opstilling ved hjælp af tre fællespunkter. Anvendelsen af tre fællespunkter vil samtidig give to overbestemmelser ved en flytning i Z. Med dette krav til antallet af fællespunkter vil der ikke opstå problemer i forbindelse med en samlet sammenknytning ved hjælp af anblok.

Et eksempel på hvordan ovenstående skal tolkes er vist i Figur 5.10. På figuren er der vist fire opstillinger, som har betegnelserne fra A-D. Mellem opstillingerne er der fællespunkter, som på figuren er vist med sorte krydser. Samlet set er der i eksemplet ni overbestemmelser med anvendelse af tre transformationsparametre. På figuren fremgår det, at Opstilling B har tre fællespunkter med hver af de øvrige opstillinger, hvilket er kravet fra afsnittet ovenfor. Yderligere fremgår det, at Opstilling A og Opstilling D kun har et fællespunkt på trods af, at disse to opstillinger er tilstødende opstillinger. Det vurderes, jævnfør afsnittet ovenfor, at det ikke er nødvendigt, da de to opstillinger hver især har tre fællespunkter med Opstilling B. På baggrund af dette eksempel kan det i forbindelse med genkendelsen af fællespunkter være nødvendigt at gennemse flere opstillinger, før opstillinger hvorimellem der er minimum tre fællespunkter, findes.



Figur 5.10: Viser et eksempel med fire opstillinger

Med hensyn til fikspunkter skal disse, ifølge den overordnede fremgangsmåde, genkendes efter, at alle fællespunkterne er genkendt i den samlede datamængde. Ved anblok sker der en samlet udjævning i 2D og 1D, når lokale koordinater transformeres over i et overordnet koordinatsystem. For at foretage en sådan transformation skal der som minimum være to fikspunkter, da to fikspunkter vil kunne fastlægge den samlede datamængde i et overordnet koordinatsystem. Med to fikspunkter opnås der én overbestemmelse. For at få flere overbestemmelser vurderes det, at et minimum på tre fikspunkter er passende for at kunne genkende disse mellem den samlede datamængde og en fikspunktskoordinat-fil.

Kravene i forbindelse med antallet af fællespunkter er, at der som minimum skal være tre fællespunkter mellem opstillinger, der skal sammenknyttes, hvilket ikke medfører at to tilstødende opstillinger nødvendigvis skal have tre fællespunkter, hvis opstillingerne hver især har tre fællespunkter med en anden opstilling. Kravene i forbindelse med antallet af fikspunkter er, at der som minimum skal være tre fikspunkter i den samlede måleopgave.

### 5.2.2 Objektkode

Som det er beskrevet tidligere i rapporten, er tildeling af objektkode til de indmålte punkter tænkt som en nødvendig del af det program, der skal udvikles. Dette er nødvendigt, for at de indmålte punkter kan omsættes til et forståeligt og brugbart kort. Derudover er det blevet beskrevet, at netop tildeling af objektkoder, vil kunne benyttes som et værktøj, der kan reducere antallet af mulige fællespunkter. I dette underafsnit vil brugen af objektkoder blive diskuteret, således at der kan opstilles krav til objektkodetildelingen i den endelige kravspecifikation.

Umiddelbart virker det simpelt at tildele de punkter, der skal benyttes som fællespunkter, en fællespunktkode, samt at give fikspunkter en fikspunktskode. Dermed vil der være et begrænset antal punkter, der skal køres igennem genkendelsesrutinen.

På baggrund af den erfaring, der er opnået gennem studietiden, er det dog blevet klart, at det kan være svært at overskue, hvilke punkter der kan ses fra flere forskellige opstillinger, og dermed kan benyttes som fællespunkter. Dermed kan der opstå den situation, at der fra én opstilling indmåles forskellige objekter, der tildeles deres respektive objektkode, mens det senere viser sig, at det også fra en anden opstilling er muligt at se punkterne, og dermed tildeles punkterne objektkoden fællespunkt. Det tilsvarende gør sig gældende for fikspunkter, idet det også kan vise sig, at det efterfølgende er nødvendigt at benytte nogle af de indmålte punkter, som fikspunkter, efter at disse først har fået deres respektive objektkode. Denne problemstilling gør, at objektkoderne ikke kan sammenlignes direkte, men at fælles- og fikspunktskoderne skal fungere som en slags jokere, der kan matches med alle de øvrige objektkoder i kodeltabellen og derved ikke blive frasorteret i objektkodesammenligningen. Dermed vil der opstå mange kombinationsmuligheder, som vil nedsætte værktøjets effektivitet.

Derfor vurderes det, at objektkoderne fiks- og fællespunkt ikke skal benyttes. I stedet skal alle indmålte objekter blot tildeles deres respektive objektkode. Dermed vil objektkodesammenligningen ske direkte på de aktuelle punkters respektive objektkoder.

De objekter, der kan benyttes som fælles- og fikspunkter, skal være veldefinerede, for at den nødvendige præcision kan opnås. Dermed er objekter, der kan benyttes, for eksempel objekter som søm, nedløbsriste, brønddæksler, retromærker samt bygningshjørner, hvor der samtidig markeres en højde, således punktet er defineret i 3D. Objekter der derimod ikke er anvendelige, er objekter som levende hegn, lygtepæle og lignende.

Kravene i forbindelse med objektkoden er, at punkter skal tildeles deres respektive objektkode. Dette medfører, at eksempelvis et søm, der udelukkende benyttes som fællespunkt, skal have objektkoden for søm.

### 5.2.3 Kravspecifikation

På baggrund af de ovenstående underafsnit og afsnit 3.1 Problemafgrænsning, kan der opstilles følgende kravspecifikation til den automatiske genkendelse af fælles- og fikspunkter:

- Minimum tre fællespunkter mellem opstillinger der skal knyttes sammen
- Minimum tre fikspunkter i måleopgaven
- Veldefinerede objekter benyttes som fælles- og fikspunkter, hvor punkterne gives deres respektive objekt-koder
- Programmering i MATLAB
- Programmering på PC med styresystemet Windows
- Programmet skal kunne håndtere frie opstillinger
- Let anvendeligt for operatør
- Input til programmet skal være lokale koordinater
- Programmet skal kunne køre automatisk

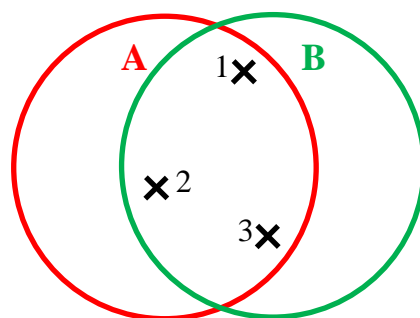
### 5.3 Forbedring af eksisterende værktøjer

I dette afsnit vil der på baggrund af afsnit 5.1 Præsentation af værktøjer til program og afsnit 5.2 Opstilling af krav til program være en beskrivelse af, hvordan de præsenterede værktøjer kan forbedres for derved at opnå en større reduktion i antallet af punkter. Når der i dette afsnit anvendes henvisninger til underafsnit i afsnit 5.1 Præsentation af værktøjer til program vil overskrifterne fremstå med kursiv. I opsamlingen under afsnit 5.1 Præsentation af værktøjer til program vurderes det, at værktøjerne *Sammenligning af afstande*, *Sammenligning af højdeforskelle* samt *Objektkodetildeling* kan anvendes indledningsvis for at opnå en reduktion af antallet af punkter. Efterfølgende kan de øvrige værktøjer inddrages. Yderligere blev der i kravspecifikationen i afsnit 5.2.3 Kravspecifikation opstillet en række krav til programmet. To af kravene var, at der som minimum skal være tre fællespunkter mellem opstillinger, der skal knyttes sammen, samt at det kun er veldefinerede objekter, der skal benyttes som fælles- og fikspunkter. Forbedringerne af værktøjerne beskrevet i de efterfølgende underafsnit vil være opbygget omkring kravet om, at der som minimum skal være tre fællespunkter mellem sammenknyttede opstillinger samt tage udgangspunkt i, at den indledende afstandssammenligning, sammenligning af højdeforskelle samt en objektkodetildeling skal foretages.

Af de indledende værktøjer er det, i dette afsnit, valgt at tage udgangspunkt i *Sammenligning af afstande*. Afsnittets struktur er derfor således, at der først vil være en kort præsentation af indholdet af en matrice indeholdende genkendte afstande fra to opstillinger. I de efterfølgende underafsnit vil der være en overordnet præsentation af fire forbedringer af de eksisterende værktøjer. Forbedringerne består dels af effektivisering af værktøjer på baggrund af de krav der er opstillet, og dels af effektivisering gennem kombination af flere værktøjer. En mere uddybende beskrivelse af forbedringerne samt afstandsgenkendelsen vil blive beskrevet i afsnit 5.4 Udarbejdelse af genkendelsesprocedure. Afslutningsvis vil der i dette afsnit være en opsamling.

Inden genkendelsesmatricen kan opstilles skal afstandene mellem punkterne fra de to opstillinger beregnes. Afstandene beregnes jævnfør afsnit 5.1.1 Sammenligning af afstande ved hjælp af Pythagoras' sætning. Når samtlige afstande for to opstillinger er beregnet, kan der efterfølgende ske en genkendelse af de samme afstande mellem de to opstillinger. For at illustrere hvordan de overordnede principper bag denne genkendelse fungerer, vil der i de næste afsnit være en gennemgang af et eksempel. I eksemplet vil der være tre fællespunkter mellem de to opstillinger, som jævnfør afsnit 5.2.3 Kravspecifikation er minimum. Eksemplet vil blive udbygget i forbindelse gennemgangen af de enkelte forbedringer, som beskrives i de efterfølgende underafsnit.

Eksemplet på Figur 5.11 viser to opstillinger (A og B), hvorimellem der er tre fællespunkter (1-3). For at gøre semplet mere overskueligt i den efterfølgende forklaring har fællespunkterne fra Opstilling A fået følgende punktnumre 11, 12 og 13, som henviser til punkterne 1, 2 og 3 på figuren. I Opstilling B har fællespunkterne fået punktnumre 21, 22 og 23, som igen henviser til punkterne 1-3 på figuren. Nedenfor er indholdet af de to opstillinger vist som to vektorer.



Figur 5.11: Viser et eksempel, som vil blive udbygget i de efterfølgende underafsnit

$$A = \begin{bmatrix} 11 \\ 12 \\ 13 \end{bmatrix} \quad B = \begin{bmatrix} 21 \\ 22 \\ 23 \end{bmatrix}$$

For at kunne beregne afstandene skal de enkelte punkter kombineres parvis, således at alle punkterne bliver kombineret med hinanden. Strukturen på matricerne, hvori punktkombinationerne samt afstandene er i, er følgende:

$$A_{\text{Afst}} = [\text{Punkt 1} \quad \text{Punkt 2} \quad \text{Afstand}]$$

Kombinationen af afstande for de enkelte opstillinger er vist nedenfor, hvor hver række indeholder to punkter samt en afstand derimellem. Eksempelvis indeholder den første række i  $A_{\text{Afst}}$  og i  $B_{\text{Afst}}$  Punkt 1 og 2 samt afstanden derimellem.

$$A_{\text{Afst}} = \begin{bmatrix} 11 & 12 & 5 \text{ meter} \\ 11 & 13 & 6 \text{ meter} \\ 12 & 13 & 7 \text{ meter} \end{bmatrix} \quad B_{\text{Afst}} = \begin{bmatrix} 21 & 22 & 5 \text{ meter} \\ 21 & 23 & 6 \text{ meter} \\ 22 & 23 & 7 \text{ meter} \end{bmatrix}$$

På baggrund af ovenstående matricer kan de enkelte afstande blive kombineret mellem de to opstillinger. Den samlede matrice, hvor punkterne, hvorimellem den samme afstande er beregnet, stilles over for hinanden, er vist nedenfor.

$$AB_{\text{Afst}} = \begin{bmatrix} 11 & 12 & 21 & 22 \\ 11 & 13 & 21 & 23 \\ 12 & 13 & 22 & 23 \end{bmatrix}$$

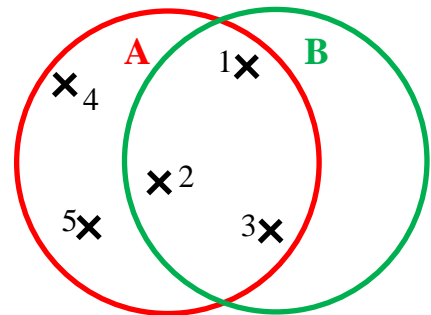
Af den første række i ovenstående genkendelsesmatrice,  $AB_{\text{Afst}}$ , fremgår det, at afstanden mellem Punkt 11 og 12 er den samme som mellem Punkt 21 og 22. Yderligere skal det bemærkes, at alle punkter optræder to gange i hver opstilling, fordi der er tre fællespunkter. Havde der i stedet været fire fællespunkter, ville hvert punkt optræde tre gange og så videre. På baggrund af ovenstående matricer kan det konkluderes, at hvert punkt som minimum skal optræde to gange i hver opstilling, da et af kravene til programmet er, at der som minimum skal være tre fællespunkter mellem to sammenknyttende opstillinger.

I de efterfølgende underafsnit vil der være en beskrivelse af forbedringer til udvalgte værktøjer samt måder at kombinere forskellige værktøjer for derved at optimere reduktionen af punkter.

### 5.3.1 Logisk frasortering

I forbindelse med værktøjet *Sammenligning af afstande* eller *Sammenligning af højdeforskelle* er der to forskellige logiske forbedringer, som vil blive beskrevet i dette underafsnit. Begge forbedringer bygger på, at alle fællespunkter som minimum skal optræde to gange i genkendelsesmatricen. Præsentationen af forbedringerne vil tage udgangspunkt i værktøjet *Sammenligning af afstande*.

Den første forbedring er baseret på, at punkter, der kun optræder én gang i genkendelsesmatricen,  $AB_{\text{Afst}}$ , ikke er et fællespunkt. For at illustrere denne forbedring er der i det efterfølgende afsnit gennemgået et eksempel. Eksemplet, som er vist på Figur 5.12, er det samme eksempel som er gennemgået tidligere i afsnittet dog er der tilføjet to punkter. Disse punkter er Punkt 4 og 5 som ikke er fællespunkter, da disse kun er målt fra Opstilling A. Punktnummerringen er den samme som ved det tidligere gennemgået eksempel. Nedenfor er indholdet af de to opstillinger vist som to vektorer.



Figur 5.12: Viser et eksempel, hvor Punkt 4 og 5 ikke er fællespunkter

$$A = \begin{bmatrix} 11 \\ 12 \\ 13 \\ 14 \\ 15 \end{bmatrix} \quad B = \begin{bmatrix} 21 \\ 22 \\ 23 \end{bmatrix}$$

Matricerne for de to opstillinger er vist nedenfor, hvor den første række i  $A_{\text{Afst}}$  og i  $B_{\text{Afst}}$  er afstanden mellem Punkt 1 og 2. Det skal dog bemærkes, at matricen  $A_{\text{Afst}}$  kun indeholder et uddrag af kombinationerne af punkter samt deres beregnede afstande. Matricernes opbygning er den samme som tidligere. Af matricen  $A_{\text{Afst}}$  fremgår det, at afstanden mellem Punkt 4 og 5 er den samme som mellem Punkt 1 og 2. Grunden til at der kun er vist et uddrag af  $A_{\text{Afst}}$ , er at afstandene af de øvrige kombinationer, alle er afstande som ikke findes i  $B_{\text{Afst}}$ .

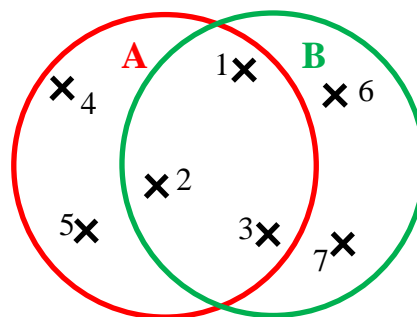
$$A_{\text{Afst}} = \begin{bmatrix} 11 & 12 & 5 \text{ meter} \\ 11 & 13 & 6 \text{ meter} \\ 12 & 13 & 7 \text{ meter} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ 14 & 15 & 6 \text{ meter} \end{bmatrix} \quad B_{\text{Afst}} = \begin{bmatrix} 21 & 22 & 5 \text{ meter} \\ 21 & 23 & 6 \text{ meter} \\ 22 & 23 & 7 \text{ meter} \end{bmatrix}$$

På samme måde som tidligere er der opstillet en genkendelsesmatrice,  $AB_{\text{Afst}}$ , hvor hver række repræsenterer to punkter fra hver opstilling, hvorimellem afstanden er den samme. Da afstanden mellem Punkt 4 og 5 er den samme som mellem Punkt 1 og 3, optræder Punkt 21 fra Opstilling B sammen med Punkt 23 to gange i genkendelsesmatricen.

$$AB_{\text{Afst}} = \begin{bmatrix} 11 & 12 & 21 & 22 \\ 11 & 13 & 21 & 23 \\ 12 & 13 & 22 & 23 \\ 14 & 15 & 21 & 23 \end{bmatrix}$$

Punkterne 14 og 15 indgår kun én gang i genkendelsesmatricen. På baggrund heraf er disse to punkter ikke fællespunkter og række 4 kan slettes. Ved at finde punkter, som kun optræder i genkendelsesmatricen én gang og slette den række sker der samtidig med en reduktion i antallet af rækker også en reduktion af antallet af punkter. Hvis Punkt 15 eksempelvis indgår med et andet punkt i en ny række i genkendelsesmatricen, vil række 4 stadig skulle slettes, da Punkt 14 kun indgår én gang.

Den anden forbedring bygger på, at hvis et punkt kun optræder sammen med det samme punkt, er omtalte punkt ikke et fællespunkt. Som tidligere illustreres denne forbedring ved at gennemgå et eksempel. Eksemplet, på Figur 5.13, er det samme eksempel som er gennemgået tidligere i afsnittet, dog er der tilføjet fire punkter, som ikke er fællespunkter, da disse kun er målt fra én af opstillingerne. Punktnummereringen er den samme som blev anvendt ved det tidligere gennemgåede eksempel. Nedenfor er indholdet af de to opstillinger vist som to vektorer.



Figur 5.13: Viser et eksempel, hvor Punkt 4, 5, 6 og 7 ikke er fællespunkter

$$A = \begin{bmatrix} 11 \\ 12 \\ 13 \\ 14 \\ 15 \end{bmatrix} \quad B = \begin{bmatrix} 21 \\ 22 \\ 23 \\ 26 \\ 27 \end{bmatrix}$$

Matricerne indeholdende afstandene er vist nedenfor for de to opstillinger. Det skal dog bemærkes, at matricerne  $A_{\text{Afst}}$  og  $B_{\text{Afst}}$  kun indeholder et uddrag af kombinationerne af punkter samt deres beregnede afstande. Matricernes opbygning er den samme som tidligere. Af matricen  $A_{\text{Afst}}$  og  $B_{\text{Afst}}$  fremgår det, at afstanden mellem Punkt 4 og 5 samt 6 og 7 er den samme som mellem Punkt 1 og 2. Grunden til at der kun er vist et uddrag af  $A_{\text{Afst}}$  og  $B_{\text{Afst}}$ , er som tidligere, at afstandene mellem de øvrige punkt-kombinationer alle er afstande, som kun findes i den ene opstilling.

$$A_{\text{Afst}} = \begin{bmatrix} 11 & 12 & 5 \text{ meter} \\ 11 & 13 & 6 \text{ meter} \\ 12 & 13 & 7 \text{ meter} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ 14 & 15 & 6 \text{ meter} \end{bmatrix} \quad B_{\text{Afst}} = \begin{bmatrix} 21 & 22 & 5 \text{ meter} \\ 21 & 23 & 6 \text{ meter} \\ 22 & 23 & 7 \text{ meter} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ 26 & 27 & 6 \text{ meter} \end{bmatrix}$$



På samme måde som tidligere er der opstillet en genkendelsesmatrice,  $AB_{\text{Afst}}$ , hvor hver række repræsenterer to punkter fra hver opstilling, hvorimellem afstanden er den samme. Da afstanden mellem Punkt 4 og 5 både er den samme som mellem Punkt 1 og 3 og Punkt 6 og 7, optræder Punkt 14 og 15 sammen to gange i genkendelsesmatricen. Af samme grund optræder Punkt 26 og 27 også to gange i genkendelsesmatricen.

$$AB_{\text{Afst}} = \begin{bmatrix} 11 & 12 & 21 & 22 \\ 11 & 13 & 21 & 23 \\ 12 & 13 & 22 & 23 \\ 14 & 15 & 21 & 23 \\ 14 & 15 & 26 & 27 \\ 11 & 13 & 26 & 27 \end{bmatrix}$$

Som beskrevet ovenfor genkendelsesmatricen indgår punkterne 14 og 15 som kombination to gange i genkendelsesmatricen. Af den grund er disse ikke fællespunkter, hvilket kan begrundes med, at et fællespunkt skal indgå som en kombination af mindst to forskellige punkter. Rækkerne 4 og 5 skal derfor slettes. Af samme grund er punkterne 26 og 27 heller ikke fællespunkter, hvilket medfører, at række 5 og 6 skal slettes. Hvis Punkt 15 eksempelvis indgår med et andet punkt i en ny række, skal rækkerne 4 og 5 stadig slettes, da Punkt 14 kun indgår sammen med Punkt 15, og dermed er Punkt 14 ikke et fællespunkt.

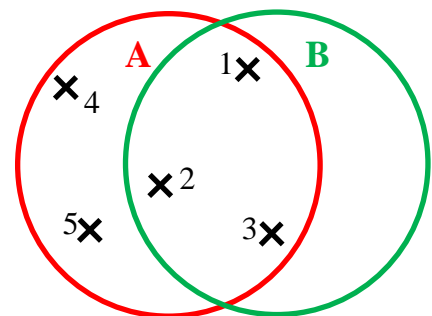
De to forbedringer beskrevet i dette underafsnit vil i de efterfølgende afsnit blive betragtet som én forbedring, da disse supplerer hinanden, samt det at de begge er bygget op omkring samme krav, med at alle fællespunkter som minimum skal optræde to gange i genkendelsesmatricen.

### 5.3.2 Kombination af afstande og højdeforskelle

En måde at forbedre værktøjerne er ved at kombinere dem. Den første kombination er mellem *Sammenligning af afstande* og *Sammenligning af højdeforskelle*. Ved at kombinere flere værktøjer på én gang kan der opnås en større reduktion, da de enkelte punkter skal opfylde flere kriterier for, at punktet kan betragtes som et fællespunkt.

Som tidligere vil der bliver gennemgået et eksempel, som er vist på Figur 5.14. Nedenfor er indholdet af de to opstillinger vist som to vektorer.

$$A = \begin{bmatrix} 11 \\ 12 \\ 13 \\ 14 \\ 15 \end{bmatrix} \quad B = \begin{bmatrix} 21 \\ 22 \\ 23 \end{bmatrix}$$



Figur 5.14: Viser et eksempel, hvor Punkt 4 og 5 ikke er fællespunkter

Strukturen på matricerne indeholdende afstande og højdeforskelle er følgende:

$$A_{\text{Afst}/\Delta Z} = [\text{Punkt 1} \quad \text{Punkt 2} \quad \text{Afstand} \quad \text{Højdeforskel}]$$

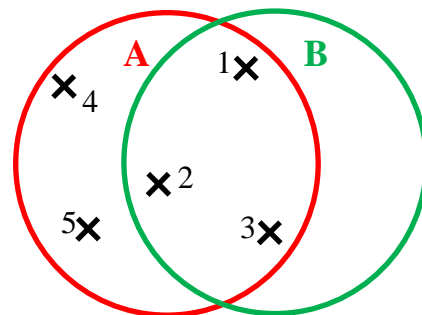
Matricerne for de to opstillinger er vist nedenfor. Det skal dog bemærkes, at matricen  $A_{\text{Afst}/\Delta Z}$  indeholder et uddrag af kombinationerne af punkter. Grunden til, at der kun er vist et uddrag af  $A_{\text{Afst}/\Delta Z}$ , er at afstandene mellem de øvrige punkt-kombinationer, alle er afstande som ikke findes i  $B_{\text{Afst}/\Delta Z}$ .

$$A_{\text{Afst}/\Delta Z} = \begin{bmatrix} 11 & 12 & 5 \text{ meter} & 0,2 \text{ meter} \\ 11 & 13 & 6 \text{ meter} & 0,5 \text{ meter} \\ 12 & 13 & 7 \text{ meter} & 0,4 \text{ meter} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 14 & 15 & 6 \text{ meter} & 0,7 \text{ meter} \end{bmatrix} \quad B_{\text{Afst}/\Delta Z} = \begin{bmatrix} 21 & 22 & 5 \text{ meter} & 0,2 \text{ meter} \\ 21 & 23 & 6 \text{ meter} & 0,5 \text{ meter} \\ 22 & 23 & 7 \text{ meter} & 0,4 \text{ meter} \end{bmatrix}$$

Ved at inddrage højdeforskellen sammen med afstanden kan den sidste række i Opstilling A ikke blive kombineret med række 2 fra Opstilling B. Dette begrundes med, at disse rækker, på trods af, at afstanden mellem punkterne stemmer overens, har forskellige højdeforskelle. På baggrund heraf er punkterne 4 og 5 ikke fællespunkter.

### 5.3.3 Kombination af afstande og objekt-koder

To andre værktøjer, som kan kombineres, er *Sammenligning af afstande* og *Objekt-kodetildeling*. For at illustrere hvordan en kombination af disse værktøjer kan reducere i antallet af punkter, vil der som tidligere blive gennemgået et eksempel, som er vist på Figur 5.15. Nedenfor er de opmålte punkter målt fra de to opstillinger samt deres tilhørende koder vist som to matricer.



Figur 5.15: Viser et eksempel, hvor Punkt 4 og 5 ikke er fællespunkter

$$A = \begin{bmatrix} 11 & \text{Rist} \\ 12 & \text{Brønd} \\ 13 & \text{Søm} \\ 14 & \text{Brønd} \\ 15 & \text{Skilt} \end{bmatrix} \quad B = \begin{bmatrix} 21 & \text{Rist} \\ 22 & \text{Brønd} \\ 23 & \text{Søm} \end{bmatrix}$$

Strukturen på matricerne indeholdende afstandene samt objekt-koder er følgende:

$$A_{\text{Afst}/\text{Kode}} = [\text{Punkt 1} \quad \text{Kode 1} \quad \text{Punkt 2} \quad \text{Kode 2} \quad \text{Afstand}]$$

Det skal her bemærkes, at kode 1 knytter sig til Punkt 1, mens kode 2 knytter sig til Punkt 2. Matricerne for de to opstillinger er vist nedenfor. Det skal dog bemærkes, at matricen  $A_{\text{Afst}}$  indeholder et uddrag af kombinationerne af punkter. Grunden til at der kun er vist et uddrag af  $A_{\text{Afst}/\text{Kode}}$  er som tidligere, at afstandene mellem de øvrige punkt-kombinationer alle er afstande som ikke findes i  $B_{\text{Afst}/\text{Kode}}$ .

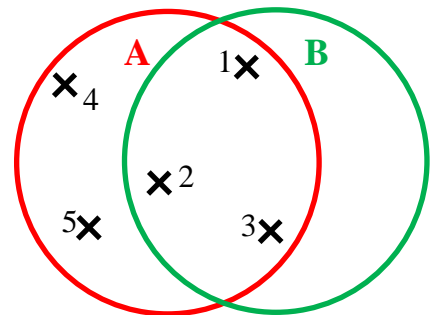
$$A_{\text{Afst/Kode}} = \begin{bmatrix} 11 & \text{Rist} & 12 & \text{Brønd} & 5 \text{ meter} \\ 11 & \text{Rist} & 13 & \text{Søm} & 6 \text{ meter} \\ 12 & \text{Brønd} & 13 & \text{Søm} & 7 \text{ meter} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 14 & \text{Brønd} & 15 & \text{Skilt} & 6 \text{ meter} \end{bmatrix}$$

$$B_{\text{Afst/kode}} = \begin{bmatrix} 21 & \text{Rist} & 22 & \text{Brønd} & 5 \text{ meter} \\ 21 & \text{Rist} & 23 & \text{Søm} & 6 \text{ meter} \\ 22 & \text{Brønd} & 23 & \text{Søm} & 7 \text{ meter} \end{bmatrix}$$

Ved at inddrage objektkoder sammen med afstande kan den sidste række i Opstilling A ikke blive kombineret med række 2 fra Opstilling B. Dette begrundes med, at række 2 fra Opstilling B består af en rist og et søm, mens den sidste række i Opstilling A består af en brønd og et skilt.

### 5.3.4 Kombination af afstande og vinkler

Yderligere to værktøjer som kan kombineres er *Sammenligning af afstande* og *Sammenligning af vinkler*. Da et af kravene til programmet er, at der som minimum skal være tre fællespunkter mellem to sammenknyttende opstillinger kan *Sammenligning af vinkler* anvendes, da dette værktøj som minimum kræver tre punkter. Som tidligere illustreres kombinationen af disse to værktøjer med et eksempel, som er vist på Figur 5.16.



Figur 5.16: Viser et eksempel, hvor Punkt 4 og 5 ikke er fællespunkter

For at gøre en matrice, som præsenteres senere i dette underafsnit, mere overskueligt vil matricer indeholdende punktcombinationer samt deres indbyrdes afstande blive opstillet. Strukturen på matricerne er følgende:

$$A_{\text{Afst}} = [\text{Punkt 1} \quad \text{Punkt 2} \quad \text{Afstand}]$$

Matricerne for de to opstillinger, som indeholder punktcombinationer og afstande, er vist nedenfor. Det skal her bemærkes, at matricen  $A_{\text{Afst}}$  indeholder et uddrag af kombinationerne af punkter. Grunden til dette er, at en kombination af netop disse afstande senere kan give en vinkel, som kan genfindes i Opstilling B.

$$A_{\text{Afst}} = \begin{bmatrix} 11 & 12 & 5 \text{ meter} \\ 11 & 13 & 6 \text{ meter} \\ 12 & 13 & 7 \text{ meter} \\ 13 & 14 & 10,5 \text{ meter} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ 14 & 15 & 6 \text{ meter} \end{bmatrix}$$

$$B_{\text{Afst}} = \begin{bmatrix} 21 & 22 & 5 \text{ meter} \\ 21 & 23 & 6 \text{ meter} \\ 22 & 23 & 7 \text{ meter} \end{bmatrix}$$

Strukturen på den endelige kombination af afstande og vinkler er vist nedenfor.

$$A_{\text{Afst/Vinkel}} = [\text{Punkt 1.1} \quad \text{Punkt 1.2} \quad \text{Afstand 1} \quad \text{Punkt 2.1} \quad \text{Punkt 2.2} \quad \text{Afstand 2} \quad \text{Vinkel}]$$

Det skal her bemærkes, at Punkt 1.1 er det første punkt ved den første afstand, Afstand 1, mens Punkt 1.2 er det andet punkt ved Afstand 1. Det samme gør sig gældende ved Punkt 2.1 og 2.2, som er punkter til den anden afstand. Matricen  $A_{\text{Afst/Vinkel}}$  indeholder stadig et uddrag af kombinationerne af punkter med samme begrundelse som tidligere. Det skal her bemærkes, at ét punkt skal gå igen i begge rækker (i  $A_{\text{Afst}}$  eller  $B_{\text{Afst}}$ ) før, at der kan beregnes en vinkel. Matricerne for de to opstillinger er vist nedenfor.

$$A_{\text{Afst/Vinkel}} = \begin{bmatrix} 11 & 12 & 5 \text{ meter} & 11 & 13 & 6 \text{ meter} & 50 \text{ gon} \\ 11 & 12 & 5 \text{ meter} & 12 & 13 & 7 \text{ meter} & 85 \text{ gon} \\ 11 & 13 & 6 \text{ meter} & 12 & 13 & 7 \text{ meter} & 65 \text{ gon} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 13 & 14 & 10,5 \text{ meter} & 14 & 15 & 6 \text{ meter} & 50 \text{ gon} \end{bmatrix}$$

$$B_{\text{Afst/Vinkel}} = \begin{bmatrix} 21 & 22 & 5 \text{ meter} & 21 & 23 & 6 \text{ meter} & 50 \text{ gon} \\ 21 & 22 & 5 \text{ meter} & 22 & 23 & 7 \text{ meter} & 85 \text{ gon} \\ 21 & 23 & 6 \text{ meter} & 22 & 23 & 7 \text{ meter} & 65 \text{ gon} \end{bmatrix}$$

Ved den første række i  $A_{\text{Afst/Vinkel}}$  er der beregnet en vinkel mellem afstandene 11-12 og 11-13 med udgangspunkt i Punkt 11. Ved at inddrage vinkler sammen med afstande kan den sidste række fra  $A_{\text{Afst/Vinkel}}$  ikke blive kombineret med række 1  $B_{\text{Afst/Vinkel}}$ , da både afstande og vinkel skal stemme overens. På baggrund heraf er punkterne 4 og 5 ikke fællespunkter.

### 5.3.5 Opsamling

Gennem dette afsnit er der præsenteret fire forskellige forbedringer til de eksisterende værktøjer, som kan være anvendelige når genkendelsesproceduren påbegyndes. De gennemgåede forbedringer består dels af en forbedring af et enkelt værktøj på baggrund af kravet om, at der som minimum skal være tre fællespunkter mellem to sammenknyttende opstillinger og dels af forskellige kombinationer af værktøjer, som sammen har den virkning, at flere punkter kan blive frasorteret, da de enkelte kombinationer af punkter skal opfylde to kriterier før, at punkterne kan betragtes som mulige fællespunkter.

På trods af at afsnittet har opstillet en række forbedringer, er det vigtigt at gøre sig klart, at forbedringerne ikke kan løse alle situationer, der kan opstå. Hvis der eksempelvis er flere punkter end de der er fællespunkter, der danner de samme afstande og højdeforskelle, vil disse blive genkendt, og taget med videre i genkendelsesproceduren. Disse situationer vil ikke blive beskrevet nærmere her. I stedet vil disse situationer blive beskrevet i forbindelse med testen af programmet, afsnit 5.6 Test af program.

Alle forbedringerne beskrevet i dette afsnit skal ikke nødvendigvis med i den endelige genkendelsesprocedure. De enkelte forbedringer i dette afsnit skal blot betragtes som mulige værktøjer, som kan inddrages, hvis dette findes nødvendigt. I afsnit 5.4 Udarbejdelse af genkendelsesprocedure vil der være en diskussion af hvilke af de enkelte værktøjer samt deres

forbedringer, der skal inddrages i genkendelsesproceduren, samt i hvilken rækkefølge de udvalgte værktøjer skal inddrages.

## 5.4 Udarbejdelse af genkendelsesprocedure

I dette afsnit vil det blive beskrevet, hvordan de tidligere præsenterede værktøjer og forbedringer kan udnyttes til at lave en genkendelsesprocedure af fællespunkter, og som lever op til de krav, der er opstillet i ovenstående kravspecifikation. Der vil indledningsvist blive taget en diskussion af, hvilken rækkefølge de forskellige værktøjer skal benyttes. Med udgangspunkt i den opstillede rækkefølge, vil de enkelte værktøjer blive nærmere beskrevet.

Det er gennem præsentationen af værktøjerne blevet klart, at det ikke er muligt at vælge ét af værktøjerne, og lave en procedure der kan genkende fællespunkter udelukkende på baggrund af dette værktøj. Derfor skal de forskellige værktøjer kombineres, således at de enkelte værktøjers kvaliteter udnyttes bedst muligt. Når der i dette afsnit henvises til underafsnit i afsnit 5.1 Præsentation af værktøjer til program og 5.3 Forbedring af eksisterende værktøjer, vil overskrifterne fremstå med kursiv.

### 5.4.1 Diskussion

På baggrund af de tidligere opstillede værktøjer, samt forbedringerne af disse værktøjer, vil de forskellige værktøjer blive kombineret, så genkendelsesproceduren bliver så effektiv som mulig. Hvilken kombination der er mest effektiv, vil være forskellig fra datasæt til datasæt. For eksempel vil det ikke hjælpe at benytte *Objektkodetildeling*, hvis alle punkter er veldefinerede punkter. På samme måde vil *Sammenligning af højdeforskelle* ikke have nogen effekt, hvis de indmålte objekter ligger i samme niveau. Denne diskussion vil ikke omfatte de specielle situationer, der kan opstå når der måles. Disse ekstraordinære situationer vil derimod blive gennemgået senere i rapporten, når det udviklede program testes, afsnit 5.6 Test af program.

I forbindelse med at skulle udvikle en genkendelsesprocedure for op til 1.000 punkter fra hver opstilling, er det vigtigt, at der indledningsvist frasorteres en del af punkterne, uden at der kræves for omfangsrigt regnekraft. Derfor vurderes det, at det første logiske skridt i processen er at benytte *Objektkodetildeling*. Punkterne med objektkoderne inddeles herefter i to kategorier, alt efter om objekterne er tilstrækkeligt veldefinerede eller ej. De objekter der er veldefinerede, anvendes herefter i genkendelsesprocessen. I mange tilfælde vil denne kategorisering af objekterne medføre, at der frasorteres en del af punkterne, men dette kan dog ikke siges med sikkerhed. Dette er den eneste mulighed for at frasortere punkter uden at benytte matematik, og de efterfølgende beregninger vil naturligvis blive mere omfattende, desto flere punkter der er sluppet gennem *Objektkodetildeling*.

Det er tidligere blevet fastslået, at der er to mulige værktøjer, der kan benyttes som det indledende matematiske værktøj, disse værktøjer er *Sammenligning af afstande* og *Sammenligning af højdeforskelle*. Som beskrevet i afsnit 5.3 Forbedring af eksisterende værktøjer, kan en kombination af disse værktøjer benyttes, *Kombination af afstande og højdeforskelle*, for at reducere i antallet af mulige fællespunkter. Det betyder, at alle afstande og alle højdeforskelle indledningsvist skal beregnes. Herefter kan der foretages en genkendelsesrutine, hvor det sikres, at både afstandene og højdeforskellene er ens, inden for en fastsat spredning. Fastsættelsen af spredningens størrelse vil først blive berørt senere, idet dette afsnit blot behandler genkendelsesproceduren. Denne rutine vil med sikkerhed fjerne mange kombinationsmuligheder, men som det er beskrevet i gennemgangen af værktøjerne, vil der med stor sandsynlighed være flere forkerte kombinationsmuligheder, der klarer sig gennem rutinen. I flade områder, vil

højdeforskellene for eksempel spille en begrænset rolle, hvilket medfører, at det kun er sammenligningen af afstande, der faktisk benyttes. I forbindelse med dette valg, vurderes det at være fornuftigt at frasortere alle afstande under 1 meter. Dette begrundes med, at usikkerheden på indmålte punkter kan risikere at blive større end selve afstanden mellem punkterne. Dette medfører, at der vil være stor usikkerhed på afstandene, der dermed oftere vil slippe gennem genkendelsen. Desuden vurderes det ikke at være noget problem at stille dette krav, idet fællespunkter inden for denne afstand ikke bidrager til god geometri i opmålingen.

Det vurderes, at det vil være fornuftigt, at tilføje endnu en forbedring i sammenhæng med *Kombination af afstande og højdeforskelle*, nemlig *Kombination af afstande og objekt-koder*. Dermed kontrolleres det, at de punkter der arbejdes videre med i genkendelsesproceduren, har de samme objekt-koder fra henholdsvis Opstilling A og B. Det vurderes, at denne forbedring kan benyttes på nuværende tidspunkt, idet det let kan kontrolleres, om de punkter der danner afstandene og højdeforskellene, samtidigt også har de samme objekt-koder. Denne metodes effektivitet er afhængig af, hvor mange forskellige objekt-koder punkterne har, idet metoden ikke har nogen effekt, hvis alle punkter har den samme objekt-kode. Ved at benytte de to ovennævnte kombinationer samtidig, vurderes det, at værktøjernes effektivitet kan optimeres yderligere. Dette begrundes med, at det kan undersøges, om objekt-koderne til de relativt højeste Z-værdi er ens, for hver afstand der sammenlignes, og tilsvarende med de relativt laveste Z-værdier.

På nuværende tidspunkt kan der stadig findes mange forkerte mulige par til fællespunkter. De resterende værktøjer, der kan benyttes, er alle meget beregningstunge, og inden disse tages i brug, er det hensigtsmæssigt, at der frasorteres så mange af de forkerte mulige par til fællespunkter som muligt. Derfor vurderes det, at det på nuværende tidspunkt vil være en god idé, at benytte flere af de forbedringer, der er gennemgået i afsnit 5.3 Forbedring af eksisterende værktøjer, og som kan fjerne forkerte kombinationsmuligheder, og dermed begrænse antallet af kombinationsmuligheder, der skal gennemløbes i de senere anvendte værktøjer.

Derfor vurderes det, at endnu en forbedring fra afsnit 5.3 Forbedring af eksisterende værktøjer, kan benyttes, nemlig *Logisk frasortering*. Det vurderes, at det er hensigtsmæssigt at benytte denne forbedring på nuværende tidspunkt, idet der vil være frasorteret en del af de forkerte kombinationsmuligheder, på baggrund af de tidligere rutiner. Denne metodes effektivitet afhænger af, at der ikke er for mange kombinationsmuligheder tilbage, idet sandsynligheden for at forbedringen kan frasortere forkerte punkter bliver mindre, desto flere kombinationer der er. Denne forbedring skal køre i en løkke, idet der hele tiden kan opstå nye situationer, når der fjernes rækker fra matricen.

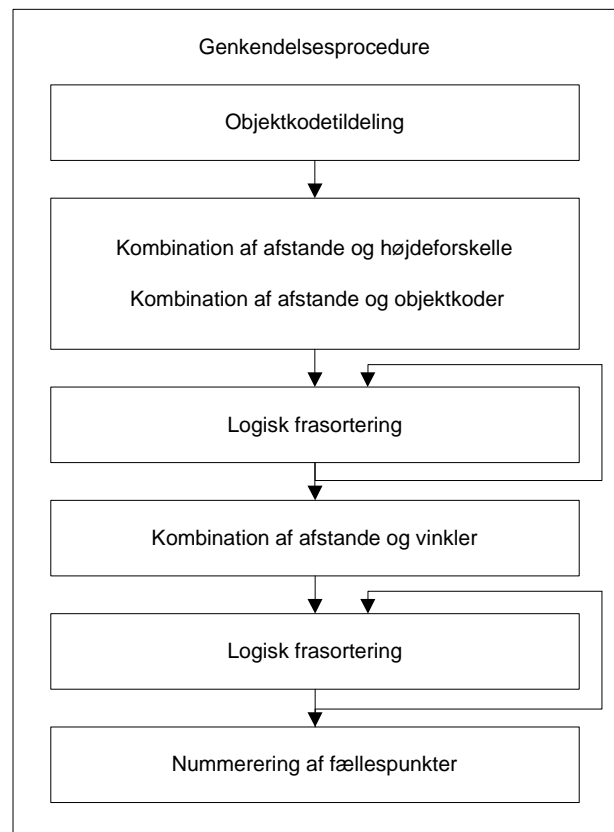
På baggrund af disse forbedringer, vurderes det, at der vil være udtyndet tilstrækkeligt i antallet af kombinationsmuligheder, til at endnu et værktøj kan tages i brug. Derfor vurderes det, at *Sammenligning af vinkler* bør inddrages. Som det er beskrevet tidligere, kan dette værktøj med fordel kombineres med afstande, *Kombination af afstande og vinkler*, således der ikke skal beregnes vinkler mellem samtlige punkter, men blot de der findes mindst to gange, og dermed er mulige fællespunkter. Effektiviteten vil igen være afhængig af, at der ikke er for mange kombinationsmuligheder, idet der dermed skal beregnes mange vinkelkombinationer, hvilket jævnfør afsnit 5.1.2 Sammenligning af vinkler, medfører at værktøjet ikke kan genkende fællespunkter.

Dernæst vurderes det, at det vil være fornuftigt at benytte forbedringen *Logisk frasortering* igen, idet denne rutine vil fjerne kombinationsmuligheder, der fejlagtigt er sluppet igennem de tidligere rutiner. Grunden til at denne forbedring benyttes endnu en gang er, at der vil være fjernet kombinationsmuligheder, i forhold til første gang forbedring blev benyttet, og det derfor er muligt, at der på ny findes punkter, der kun optræder en enkelt gang, eller udelukkende med det samme punkt. Ligesom første gang denne forbedring benyttes, skal forbedringen køre i en løkke.

Endelig skal de fundne fællespunkter tildeles ens punktnummer, således at de kan benyttes i den efterfølgende transformation ved hjælp af anblok.

På baggrund af ovenstående diskussion, kan genkendelsesproceduren sammenfattes til Figur 5.17, der på skematisk måde viser strukturen af genkendelsesproceduren.

De enkelte kasser i Figur 5.17 vil i den resterende del af rapporten blive omtalt som procedurer.



Figur 5.17: Viser genkendelsesproceduren

#### 5.4.2 Beskrivelse af genkendelsesproceduren

I dette underafsnit vil de enkelte procedurer, samt de forbedringer der er valgt at benytte i genkendelsesproceduren, blive nærmere beskrevet. Dette gøres for at klarlægge, hvordan de forskellige procedurer rent logisk skal udformes i forbindelse med programmeringen. Selve det programmeringstekniske er beskrevet i Appendiks C, og dette afsnit skal derfor kun ses som en forklaring af, hvordan procedurerne skal fungere.

Det er som beskrevet valgt at tage udgangspunkt i *Objektkodetildeling*. Denne procedure virker ved, at kun de punkter, der er veldefinerede, medtages til næste skridt i genkendelsesproceduren.

Det næste skridt er jævnfør Figur 5.17, *Kombination af afstande og højdeforskelle* og *Kombination af afstande og objekt-koder*. For at kunne foretage sammenligningerne skal samtlige af-

stande og højdeforskelle beregnes. Når dette er gjort, vil der for hver opstilling være en usorteret matrice med en række afstande, højdeforskelle og objekt-koder, hvor antallet er afhængig af, hvor mange punkter der er indmålt og kommet igennem *Objektkodetildelingen*. Afstandene og højdeforskellene fra hver opstilling skal herefter først sammenlignes, og derefter undersøges det, om objekt-koderne for de sammenlignede afstande er ens. Denne sammenligning kan foretages ved forskellige metoder. Sammenligningen vil som tidligere nævnt, ske inden for et senere fastsat interval. Fastsættelsen af dette interval vil ikke blive diskuteret nærmere her.

Den første metode hvorpå *Kombination af afstande og højdeforskelle* og *Kombination af afstande og objekt-koder* kan foretages, er at tage den første afstand fra Opstilling A, og sammenligne denne med samtlige afstande fra Opstilling B, og samtidig sammenligne de tilsvarende højdeforskelle og objekt-koder, og så fremdeles for alle afstande fra Opstilling A. Hvis både afstanden og højdeforskellen begge ligger inden for de fastsatte intervaller, og objekt-koderne er ens, er punkterne mulige fællespunkter. Denne fremgangsmåde vil dog blive utrolig omfangsrig, idet det tidligere er vist, at der kan være op til cirka 500.000 afstande i hver opstilling, hvilket medfører, at sammenligningsprocessen i værste tilfælde skal køre  $500.000 \cdot 500.000 = 250.000.000.000$  gange. Derfor ønskes det at udvikle en anden søgemetode. Muligheden for at udvikle en metode, der fungerer anderledes, og som vil kunne spare processe- ringstid, er derfor blevet diskuteret. For at minimere processeringstiden, skal det altså undgås, at samtlige afstande fra Opstilling A skal sammenlignes med samtlige fra Opstilling B.

En måde hvorpå det kan undgås at sammenligne samtlige afstande fra begge opstillinger, er ved at sortere afstandene fra hver opstilling efter længde, enten fra den mindste mod den stør- ste eller modsat, og derefter lave sammenligningen løbende, for derved at undgå at sammen- ligne samtlige afstande med hinanden. Dermed fås en matrice fra hver opstilling, hvor samtlige afstande er indeholdt i sorteret rækkefølge, mens højdeforskellene og objekt-koderne, der er mellem de tilsvarende to punkter, ligeledes er listet op:

$$\text{OpstA} = \begin{bmatrix} \text{afst}_{11} & \Delta Z_{11} & \text{obj.k} & \text{obj.k} \\ \text{afst}_{12} & \Delta Z_{12} & \text{obj.k} & \text{obj.k} \\ \text{afst}_{13} & \Delta Z_{13} & \text{obj.k} & \text{obj.k} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \text{afst}_{1n} & \Delta Z_{1n} & \text{obj.k} & \text{obj.k} \end{bmatrix} \quad \text{OpstB} = \begin{bmatrix} \text{afst}_{21} & \Delta Z_{21} & \text{obj.k} & \text{obj.k} \\ \text{afst}_{22} & \Delta Z_{22} & \text{obj.k} & \text{obj.k} \\ \text{afst}_{23} & \Delta Z_{23} & \text{obj.k} & \text{obj.k} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \text{afst}_{2n} & \Delta Z_{2n} & \text{obj.k} & \text{obj.k} \end{bmatrix}$$

Grunden til at det vælges at sortere efter afstande frem for højdeforskelle, er at der er størst sandsynlighed for, afstandene vil fordele sig over et større interval end de tilsvarende højde- forskelle.

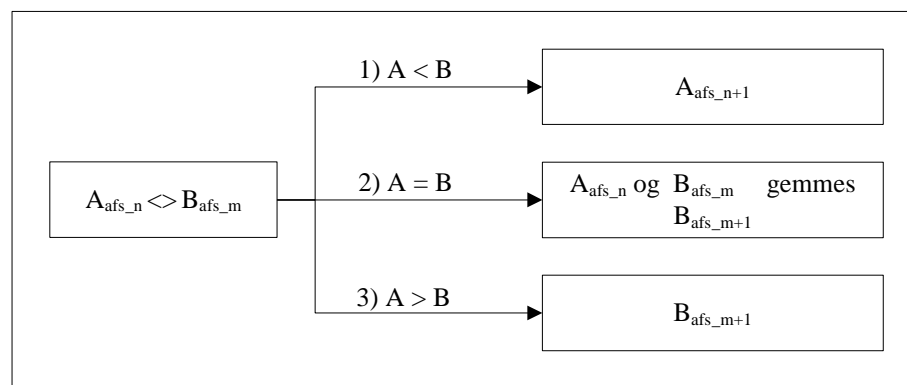
Denne måde at sammenligne afstande på, beskrives i det efterfølgende med udgangspunkt i, at matricerne er sorteret med den korteste afstand først, og den længste sidst. Dette er første skridt for at minimere processeringstiden, idet sammenligningen nu kan foretages for den kor- teste afstand først, med udgangspunkt i de sammenlignede afstande kan det nu samtidig un- dersøges, om de tilsvarende højdeforskelle ligger inden for den fastsatte grænse, samt om ob- jekt-koderne er ens fra opstilling til opstilling. Hvis begge værdier ligger inden for grænserne, og objekt-koderne er ens, er der fundet et muligt par til fællespunkter.



Metoden foregår ved, at en afstand fra Opstilling A sammenlignes med en afstand fra Opstilling B, og der kan dermed opstå tre scenarier. På nuværende tidspunkt ses der ikke på spredningen på afstandene, idet dette afsnit blot beskriver genkendelsesproceduren. Sammenligningen, hvor spredningsintervallerne er medtaget, er beskrevet i Appendiks C. De tre scenarier er:

1. Afstand i Opstilling A er kortere end afstand i Opstilling B
2. Afstand i Opstilling A er lig med afstand i Opstilling B
3. Afstand i Opstilling A er længere end afstand i Opstilling B

I Figur 5.18, er de tre scenarier opstillet, mens det yderligere er beskrevet, hvad der sker efterfølgende. Efter hvert scenarie, foretages en ny sammenligning og der opstår dermed et nyt scenarie. I forbindelse med hvert scenarie, undersøges det både om afstande og højdeforskelle stemmer overens for begge opstillinger.



Figur 5.18: Viser de tre scenarier

I det første scenarie, kan det konstateres, at afstanden fra Opstilling A ikke kan benyttes, idet den er kortere end afstanden fra Opstilling B. Herefter sammenlignes den næste afstand fra Opstilling A, med afstanden fra Opstilling B, og dette fortsættes, indtil en afstand fra Opstilling A er lig en afstand i Opstilling B, og dermed er genkendt (scenarie 2). Eller til afstanden er større end afstanden fra Opstilling B (scenarie 3).

I det andet scenarie, noteres det, at afstandene fra hver opstilling er genkendt, og punkterne gemmes som mulige fællespunkter. Dernæst ses der på den næste afstand fra Opstilling B, der herefter sammenlignes med den samme afstand fra Opstilling A, for at se om disse afstande også er lig hinanden. Dette gøres, indtil afstanden fra Opstilling B er længere end afstanden, den sammenlignes med i Opstilling A (scenarie 3).

I det tredje scenarie, kan det konstateres, at afstanden fra Opstilling B ikke kan benyttes, idet den er kortere end afstanden fra Opstilling A. Herefter sammenlignes afstanden fra Opstilling A med den næste fra Opstilling B, og dette fortsættes, indtil afstandene er lig hinanden (scenarie 2), eller til afstanden fra Opstilling A, er kortere end afstande fra Opstilling B (scenarie 1).

Denne proces skal dermed foretages, så længe der er afstande i matricerne fra begge opstillinger. Sorteringen giver en ekstra programmeringsdel, nemlig sorteringsprocessen, men det vurderes, at denne ekstra proces er fornuftig at benytte, idet antallet af sammenligninger vil falde markant. Ved at benyttes denne metode, vil hver afstand fra Opstilling A kun blive be-

nyttet én gang, dog op til flere gange hvis afstanden bliver genkendt i matricen med afstande fra Opstilling B, idet den derefter skal sammenlignes med den næste afstand. I modsætning til den oprindelige sammenligning af alle afstande, hvor samtlige afstande skal sammenlignes, kræver denne metode ét enkelt gennemløb af begge matricer.

Samtidig med *Kombination af afstande og højdeforskelle*, benyttes *Kombination af afstande og objekt-koder*. *Kombination af afstande og objekt-koder* er i første omgang interessant at kontrollere for, om objekt-koderne der danner afstanden fra Opstilling A, er de samme objekt-koder, der danner afstanden fra Opstilling B. Det er kontrolleret, at højdeforskellene er ens, men ikke om den højeste Z-værdi fra Opstilling A har den samme objektkode som den højeste Z-værdi fra Opstilling B, hvilket skal være tilfældet, hvis der er tale om fællespunkter. Derfor kan det yderligere undersøge, om den relativt højeste Z-værdi for hver afstand har samme kode, og tilsvarende med den relativt laveste Z-værdi.

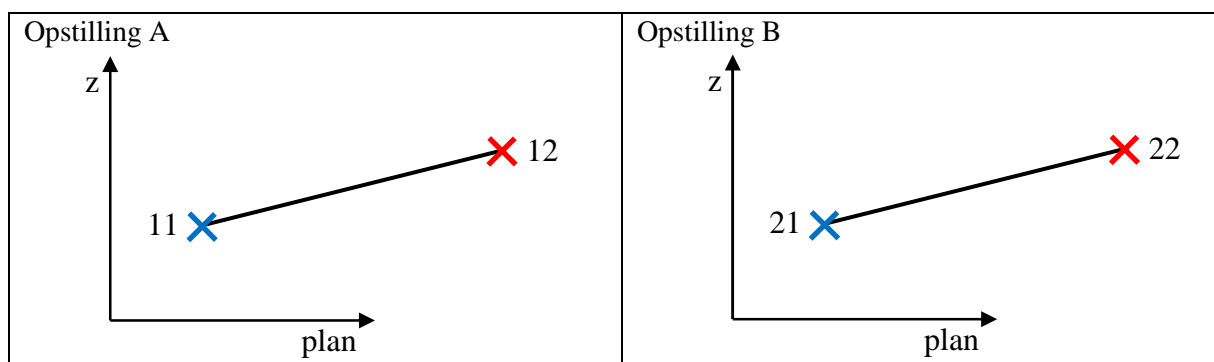
Det skal derfor undersøges om objekt-koden for det punkt, med den største relative Z-værdi, der indgår i en afstand fra Opstilling A, ligeledes er objekt-koden for det punkt, med den største relative Z-værdi, der danner den tilsvarende afstand i Opstilling B, og tilsvarende med de to punkter fra hver opstilling med den laveste relative Z-værdi. Dette kan give tre situationer, der beskrives gennem de følgende eksempler:

- Relativt højeste og laveste Z-værdi fra hver opstilling har ens objektkode
- Relativt højeste og laveste Z-værdi fra hver opstilling har forskellig objektkode
- Relative Z-værdier fra hver opstilling er ens, eller inden for et lille interval

Først vises tilfældet hvor de højeste og laveste Z-værdier har ens objektkode. I Tabel 5.1 er attributterne til Figur 5.19 opstillet.

Opstilling A			Opstilling B		
Punkt	Objektkode	Relativ Z-værdi	Punkt	Objektkode	Relativ Z-værdi
11	Søm	7	21	Søm	3
12	Rist	10	22	Rist	6

Tabel 5.1: Eksempel 1, attributterne til Figur 5.19



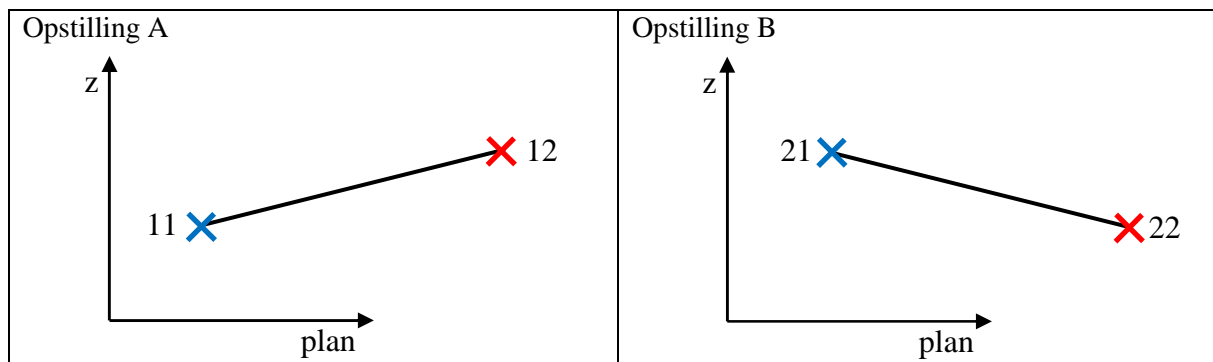
Figur 5.19: Eksempel 1, objekt-koder for henholdsvis den relativt højeste og laveste Z-værdi er ens

Det ses, at der er ens højdeforskelle, og at både de højeste og laveste relative Z-værdier har den samme objektkode, og er dermed mulige fællespunkter.

Dernæst vises tilfældet, hvor der igen er ens højdeforskelle, men hvor de højeste og laveste Z-værdier har forskellig objektkode. I Tabel 5.2 er attributterne til Figur 5.20 opstillet.

Opstilling A			Opstilling B		
Punkt	Objektkode	Relativ Z-værdi	Punkt	Objektkode	Relativ Z-værdi
11	Søm	7	21	Søm	6
12	Rist	10	22	Rist	3

Tabel 5.2: Eksempel 2, attributterne til Figur 5.20



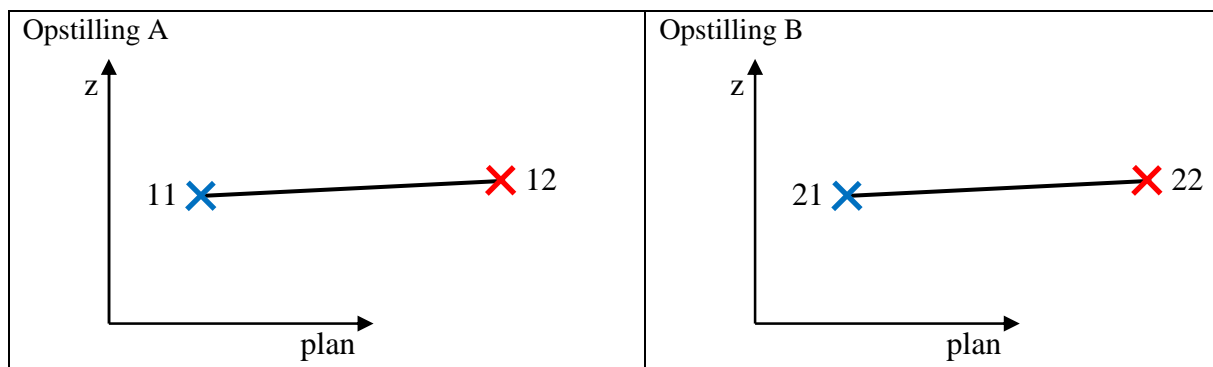
Figur 5.20: Eksempel 2, objektkoder for henholdsvis den relativt højeste og laveste Z-værdi er forskellig

Det ses, at der er ens højdeforskelle, men at de relativt højeste og laveste relative Z-værdier ikke har den samme objektkode. Der er dermed ikke tale om mulige fællespunkter.

Endelig vises tilfældet, hvor de højeste og laveste Z-værdier er ens, eller ligger inden for et lille interval. I Tabel 5.3 er attributterne til Figur 5.21 opstillet.

Opstilling A			Opstilling B		
Punkt	Objektkode	Relativ Z-værdi	Punkt	Objektkode	Relativ Z-værdi
11	Søm	5,01	21	Søm	6,01
12	Rist	5,02	22	Rist	6,02

Tabel 5.3: Eksempel 3, attributterne til Figur 5.21



Figur 5.21: Eksempel 3, De relative Z-værdier for hver opstilling er ens eller inden for et lille interval

Det ses, at der er ens højdeforskelle, men at de relativt højeste og laveste Z-værdier er næsten ens, og de samme objektkoder skal derfor indgå i begge afstande, uden hensyntagen til Z-værdierne.

Når dette gennemløb er foretaget, vil der altså være en matrice, der beskriver, hvilke punkter fra hver opstilling, der er med til at danne en afstand, som findes i begge opstillinger. Samtidig er højdeforskellene og objektkoderne mellem de punkter, der danner genkendte afstande, blevet kontrolleret, og i matricen findes der altså kun de punkter, der beskriver genkendte af-

stande, højdeforskelle og objektkoder, der er ens for henholdsvis den relativt højeste og laveste Z-værdi.

Det næste skridt i genkendelsesproceduren er jævnfør Figur 5.17, *Logisk frasortering*. Første del af denne forbedring skal, som tidligere beskrevet, frasortere punkter, der kun optræder en enkelt gang, idet fællespunkter som minimum vil optræde to gange. Det er vigtigt, at der ses på begge opstillinger hver for sig, idet punktnumrene ikke har nogen sammenhæng fra opstilling til opstilling. Det vil sige, at forbedringen skal fungere ved at søge igennem for punktnumre fra hver opstilling, og slette de rækker, hvori der er punkter, der kun optræder én gang. Anden del af *Logisk frasortering* skal, som tidligere beskrevet, frasortere punkter, der kun optræder med ét andet punkt, idet fællespunkter som minimum vil optræde med to forskellige punkter. Igen er det vigtigt, at der ses på hver opstilling for sig, idet punktnumrene ikke har nogen sammenhæng fra opstilling til opstilling. Det vil sige, at denne forbedring skal fungere ved at søge igennem for punktnumre fra hver opstilling, og notere rækkerne med punktnumrene, hvis de enkelte punktnumre er kombineret med det samme punktnummer, hver gang det optræder. Dette gøres henholdsvis for Opstilling A og B, med udgangspunkt i alle de oprindelige kombinationsmuligheder, og derefter slettes de rækker, som ikke indeholder mulige fællespunkter.

Endelig er det vigtigt, at de to forbedringer løber i en løkke, idet der kan fremkomme nye tilfælde, efterhånden som andre rækker slettes fra den oprindelige matrice.

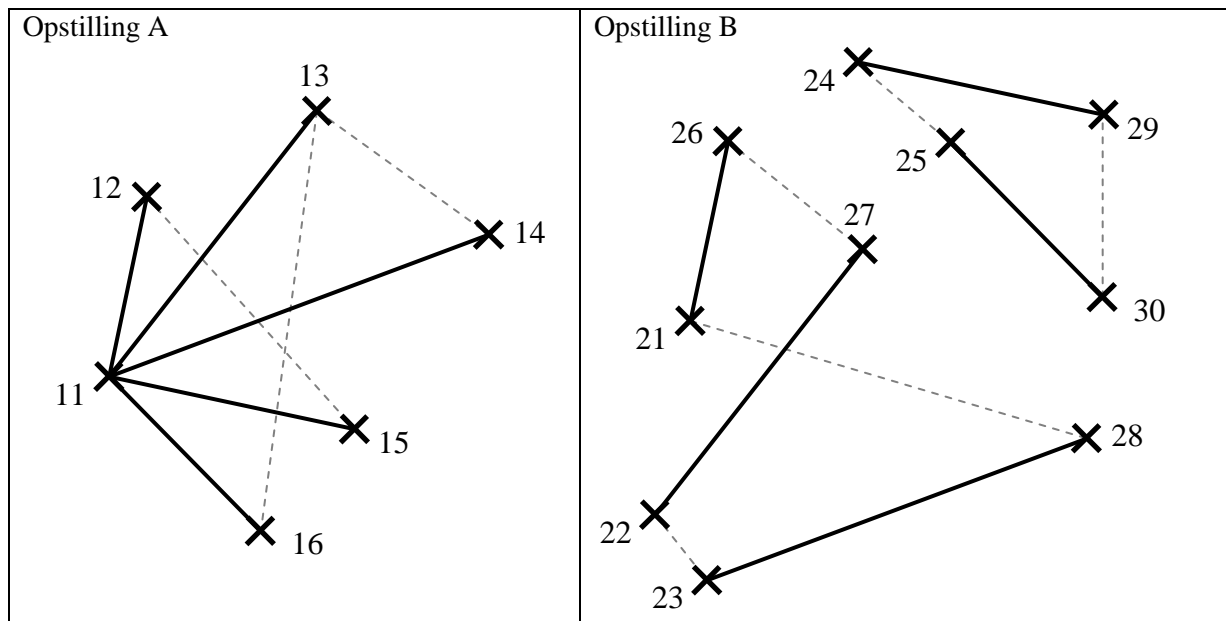
Det næste skridt er jævnfør Figur 5.17, *Kombination af afstande og vinkler*. Denne kombination af værktøjer skal, som tidligere beskrevet, beregne vinkler mellem punkter, der er mulige fællespunkter. Der tages udgangspunkt i, at fællespunkter vil optræde minimum to gange. På baggrund af den tidligere beskrevne forbedring, *Logisk frasortering*, er det sikkert, at alle punkter der er tilbage, optræder mindst to gange. Det kan derfor være nærliggende at tro, at der skal beregnes vinkler mellem alle de punkter der optræder i matricen. Dette vil dog ikke være tilfældet, hvilket beskrives gennem det følgende eksempel, hvor strukturen på matricen er således:

$$AB_{\text{Afst}} = [\text{Punkt 1.1} \quad \text{Punkt 1.2} \quad \text{Punkt 2.1} \quad \text{Punkt 2.2}]$$

Hvor Punkt 1.1 og Punkt 1.2 er punkter fra Opstilling A der giver en afstand, der er genkendt i Opstilling B ved Punkt 2.1 og Punkt 2.2.

Først gives et eksempel, hvor det ikke er nødvendigt at beregne vinkler, der tages udgangspunkt i matricen  $AB_{\text{Afst}}$ , og Punkt 11 fra Opstilling A, der er listet op de fem gange det optræder. Prikkerne illustrerer de øvrige rækker i matricen, hvor alle de andre punktnumre optræder mindst én ekstra gang, idet de ellers ville være blevet fjernet gennem de tidligere processer, i Figur 5.22 visualiseres situationen:

$$AB_{\text{Afst1}} = \begin{bmatrix} 11 & 12 & 21 & 26 \\ 11 & 13 & 22 & 27 \\ 11 & 14 & 23 & 28 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 11 & 15 & 24 & 29 \\ 11 & 16 & 25 & 30 \end{bmatrix}$$



Figur 5.22: Illustrerer sammenhængen mellem punkterne i matricen  $AB_{\text{Afst1}}$ . De stiplede linier illustrerer at alle punkter optræder i to genkendte afstande.

I dette tilfælde vil det ikke være nødvendigt at beregne vinkler for Punkt 11, idet det tydeligt ses, at Punkt 11 ikke kan være fællespunkt, idet der ikke er nogle punkter fra Opstilling B, der optræder mere end en enkelt gang. Det fremgår også af  $AB_{\text{Afst1}}$ , idet der i rækkerne hvor Punkt 11 optræder i Opstilling A, ikke findes et nummer i Opstilling B, der findes mere én gang.

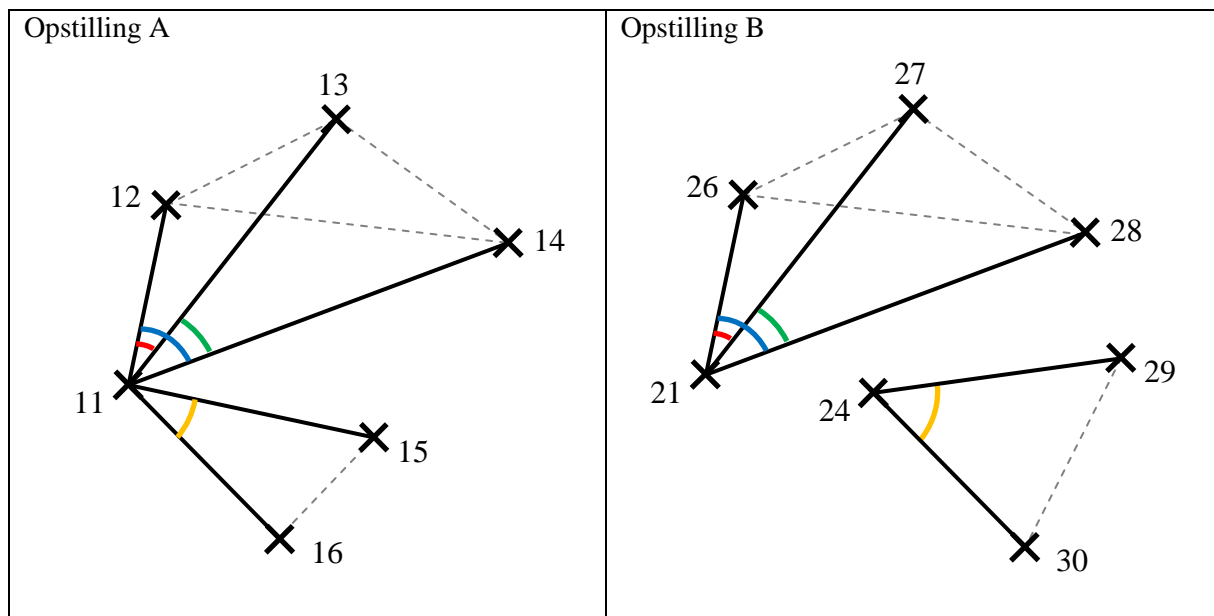
Derfor gives et eksempel, hvor det er nødvendigt at beregne vinkler, igen tages der udgangspunkt i Punkt 11 fra Opstilling A, der er listet op de fem gange, det optræder.

$$AB_{\text{Afst2}} = \begin{bmatrix} 11 & 12 & 21 & 26 \\ 11 & 13 & 21 & 27 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 11 & 14 & 21 & 28 \\ 11 & 15 & 24 & 29 \\ 11 & 16 & 24 & 30 \end{bmatrix}$$

I dette tilfælde vil det derimod være interessant at beregne for eksempel vinklen mellem punkterne 11-12 og 11-13, og se om den er magen til den vinkel, der er mellem punkterne 21-26 og 21-27. I Tabel 5.4 er de vinkler, der skal undersøges listet op, og illustreret i Figur 5.23.

Opstilling A	Opstilling B	Vinkel jævnfør Figur 5.23
11-12, 11-13	21-26, 21-27	Rød
11-12, 11-14	21-26, 21-28	Blå
11-13, 11-14	21-27, 21-28	Grøn
11-15, 11-16	24-29, 24-30	Gul

Tabel 5.4: Vinklerne som skal undersøges samt farvehensvisning til Figur 5.23



Figur 5.23: Illustrerer sammenhængen mellem punkterne i matricen  $AB_{Afst2}$ . De stiplede linier illustrerer at alle punkter optræder i to genkendte afstande.

Hvis det viser sig, at vinklen/vinklerne fra Opstilling A og B genkendes, inden for et senere fastsat interval, kan det dermed konkluderes, at punkterne fra henholdsvis Opstilling A og B er mulige fællespunkter. I Figur 5.23 kan det ses, at punkterne 11, 12, 13 og 14 samt 21, 26, 27 og 28, fra henholdsvis Opstilling A og B er mulige fællespunkter, da vinklerne mellem dem er ens. I modsætning er vinklen mellem Punkt 11, 15 og 16 samt 24, 29 og 30 ikke genkendt. Derfor kan punkterne 15 og 16 samt 29 og 30 ikke være fællespunkter.

Når samtlige punkter fra Opstilling A er gennemløbet, vil samtlige vinkler, der skal beregnes, være fundet. Dermed vil der også være genkendt vinkler mellem alle punkterne 11, 12, 13 og 14 fra Opstilling A, og punkterne 21, 26, 27 og 28 fra Opstilling B.

I forbindelse med beregningen af vinkler vil der være en undersøgelse af om der bliver genkendt færre vinkler fra to punkter, som udgør en afstand, end fra de øvrige punkter. Hvis dette er tilfældet vil disse blive slettet, da disse som kombination af hinanden ikke er mulige fællespunkter. En uddybende beskrivelse af denne undersøgelse findes i Appendiks C.

Herefter er det næste skridt jævnfør Figur 5.17, at gentage forbedringen *Logisk frasortering*.

Det sidste skridt jævnfør Figur 5.17, er *Nummerering af fællespunkter*. Ved denne rutine skal de genkendte fællespunkter nummereres, hvilket vil foregå ved at undersøge hvilke punkter, der går igen i de samme rækker i både Opstilling A og B. Efterfølgende skal disse punkter have samme fællespunktsnummer. Rutinen vil blive illustreret med et eksempel, som er vist i nedenstående matrice, hvor punkterne 11, 12 og 13 samt 21, 22 og 23 er fællespunkter fra henholdsvis Opstilling A og B.

$$AB_{\text{Afst}} = \begin{bmatrix} 11 & 12 & 21 & 22 \\ 11 & 13 & 21 & 23 \\ 12 & 13 & 22 & 23 \end{bmatrix}$$

Ved eksemplet ovenfor går Punkt 11 igen i rækkerne 1 og 2. Da Punkt 21 ligeledes går igen i de samme rækker, skal Punkt 11 og 21 have det samme fællespunktsnummer. Denne rutine fortsættes, indtil der ikke er flere punkter.

Fællespunktnumrene vil efterfølgende være tildelt således:

Opstilling A	Opstilling B	Fællespunktsnummer
11	21	1
12	22	2
13	23	3

Tabel 5.5: Viser punkterne fra de to opstillinger samt fællespunktsnumrene til disse

### 5.4.3 Opsamling

Gennem en diskussion er der i dette afsnit blevet klarlagt, hvilken rækkefølge de tidligere præsenterede værktøjer og forbedringer skal være i. Rækkefølgen er fastlagt for at kunne udnytte værktøjerne og forbedringerne bedst muligt i genkendelsesproceduren. Efter gennemgangen af rækkefølgen, er opbygningen af de enkelte værktøjer beskrevet. Dette er gjort med udgangspunkt i afstandssammenligningen, der ligger til grund for hele genkendelsesproceduren. Gennemgangen er foretaget dels ved at beskrive hvordan værktøjet logisk set fungerer, samt dels ved hvordan det skal virke i genkendelsesproceduren

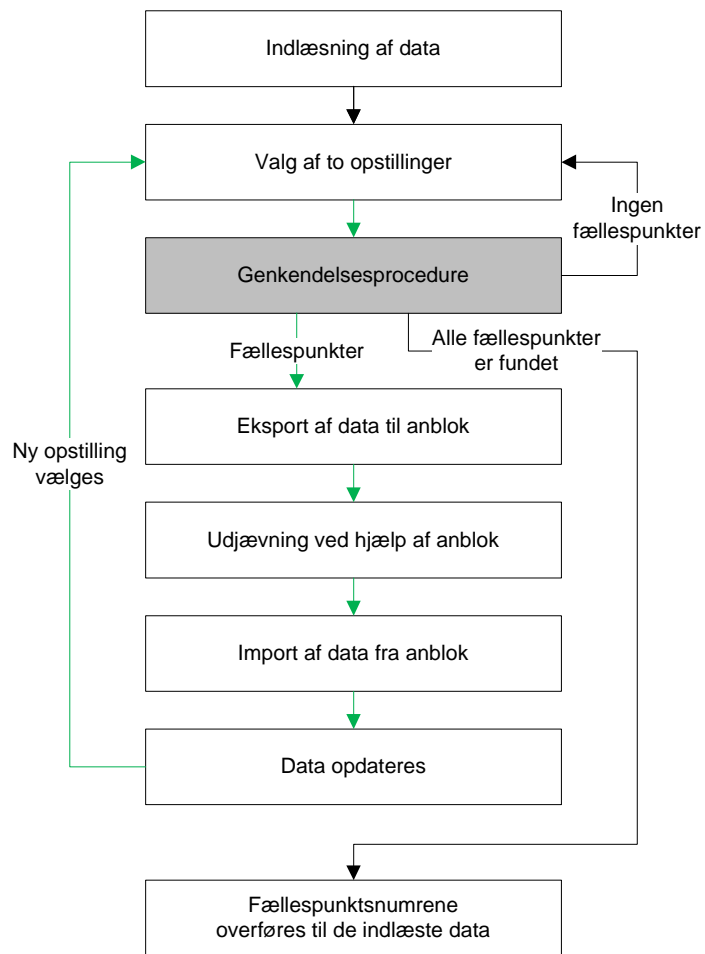
## 5.5 Udarbejdelse af program

I dette afsnit vil der være en beskrivelse af den resterende del af programmet, som ligger udover genkendelsesproceduren. Indledningsvis vil der i afsnittet være en kort introduktion til, hvilke procedurer der mangler, for at programmet kan køre selvstændigt. Denne introduktion afsluttes med et diagram over programmet. Efterfølgende vil der være en præsentation af de enkelte procedurer i diagrammet. I denne beskrivelse vil der være fokus på, at programmet skal kunne genkende fællespunkter mellem opstillinger. I de efterfølgende afsnit vil genkendelse af fikspunkter blive integreret i den struktur, som vil blive præsenteret i starten af dette afsnit. En uddybning af de enkelte procedurer, der beskrives i dette afsnit, kan findes i Appendix C. Når der i dette afsnit er henvisninger til de enkelte procedurer i figurene, skrives procedurenavnet med kursiv.

Efter at genkendelsesproceduren er på plads, mangler der stadig nogle forskellige procedurer før og efter genkendelsesproceduren. De enkelte procedurer er vist i Figur 5.24. Den første procedure der mangler er, at data skal hentes ind i Matlab. Når filerne er hentet ind i Matlab, skal der dernæst være en udvælgelse af de to opstillinger, som skal gennemløbes genkendelsesproceduren. Denne udvælgelse skal udarbejdes således, at denne på en struktureret måde kan sammen-sætte opstillingerne, så alle fællespunkterne kan findes. Efter at genkendelsesproceduren er gennemløbet, og der er fundet fællespunkter, skal alle detailpunkter transformeres over i det samme koordinatsystem. Denne transformation sker på baggrund af transformationsparametre, der findes ved hjælp af anblok. Derfor eksporteres fællespunkterne til et eksternt program, der udjævner punkterne ved hjælp af anblok. Efterfølgende skal resultaterne fra udjævningen hentes ind i programmet. Dernæst skal der være en procedure, der opdaterer de sammenknyttede opstillinger, således at disse kommer i samme koordinatsystem, og kan an-

vendes til næste gennemløb men med en ny opstilling. Når alle fællespunkter er fundet, skal der være en procedure, hvori fællespunktensnumrene overføres til de indlæste data, så fællespunkterne får de samme numre i de oprindelige opstillinger. De enkelte procedurer i de hvide kasser i Figur 5.23, vil blive gennemgået i de efterfølgende afsnit.

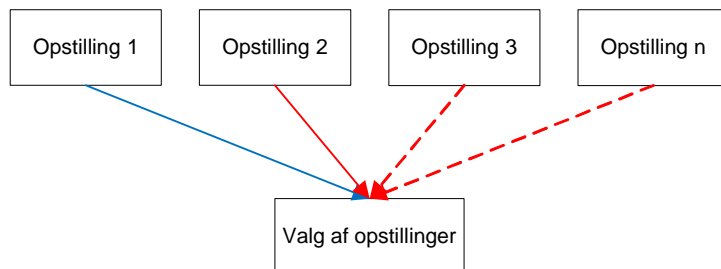
Måden at inddrage input-filer til programmet kan fungere på flere forskellige måder. Det er valgt, at data hentes ind ved hjælp af en Master-fil. Det vil sige, at de filer, der skal hentes ind, er noteret i omtalte Master-fil. De filer, som skal hentes ind, er de enkelte opstillinger. Yderligere hentes en kodetabel, indeholdende koder til veldefinerede objekter med tilhørende definitions-spredninger, også ind i programmet. Definitionsspredningerne indgår i forskellige beregninger af spredninger, som er i Appendiks D.



Figur 5.24: Overordnet struktur af program uden fikspunkter

Baggrunden for at det er valgt at hente data ind ved hjælp af en Master-fil, som vurderes at være en simpel måde at udføre dette på, er, at det er fundet vigtigst at bruge ressourcerne på genkendelse af fælles- og fikspunkter frem for at fremstille en grafisk brugerflade, hvor input-filerne manuelt kan vælges.

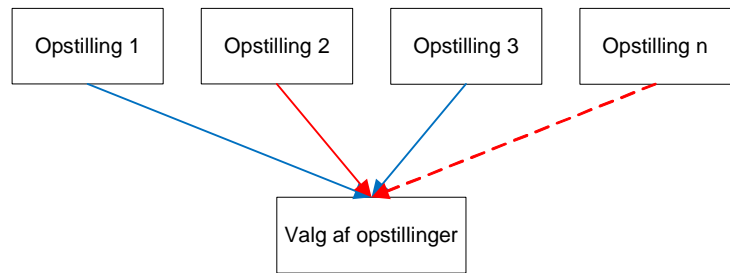
Når filerne er hentet ind i Matlab, skal der vælges to opstillinger. Et af kravene til programmet er, at alle opstillinger som minimum skal have tre fællespunkter med en anden opstilling. Det er derfor valgt, at den første opstilling holdes fast. Dette er i Figur 5.25 vist med en blå pil. Det undersøges ved hjælp af genkendelsesproceduren, om der er fællespunkter mellem den første og den anden opstilling. Hvis dette ikke er tilfældet, undersøges det om den tredje opstilling har minimum tre fællespunkter med den første opstilling og så videre.



Figur 5.25: Valg af de første to opstillinger



Når der er fundet fællespunkter mellem to opstillinger, bliver disse transformeret sammen, så de to stillinger kan betragtes som én. I Figur 5.26 er der fundet punkter mellem Opstilling 1 og 3. Dette er illustreret med to blå pile. Dernæst undersøges det om disse har minimum tre fællespunkter med Opstilling 2. Dette fortsættes, til der er fundet fællespunkter mellem alle opstillinger.



Figur 5.26: Valg af en ny opstilling, når der er fundet fællespunkter mellem Opstilling 1 og 3

Når der gennem genkendelsesproceduren er fundet fællespunkter, og disse har fået tildelt punktnumre, skal disse eksporteres til en fil, som efterfølgende kan hentes ind i programmet ScanOBS. I Appendiks B findes der en programbeskrivelse af ScanOBS.

I programmet ScanOBS foretages en udjævning ved hjælp af anblok. Det er valgt, at programmet ScanOBS skal starte automatisk, når der er blevet tildelt fællespunktsnumre, og input-filen til ScanOBS er genereret. Dette er valgt for at gøre genkendelsen af fællespunkter så automatisk som mulig. Operatøren skal dog manuelt trykke på seks knapper i forbindelse med hver udjævning i ScanOBS. En beskrivelse af hvilke knapper der skal trykkes på er beskrevet i Appendiks C. I Appendiks B vil der også være en præsentation af dokumentations-filen fra ScanOBS.

Når udjævningen er udført ved hjælp af anblok, skal resultaterne importeres fra ScanOBS. De værdier, som skal hentes fra dokumentations-filen, er de udjævnede fællespunktskoordinater samt transformationsparametrene.

Efter udjævningen skal opstillingerne, som er valgt, samles til en matrice. Det er valgt, at de udjævnede fællespunkter skal indgå i den samlede matrice. Dette begrundes med, at de enkelte fællespunkter fra opstillingerne derved bliver repræsenteret med ét punkt til næste gennemløb. De øvrige punkter fra opstillingerne skal efterfølgende transformeres over i samme system, som de udjævnede fællespunkter ligger i. Dette sker ved hjælp af transformationsparametrene fra dokumentations-filen.

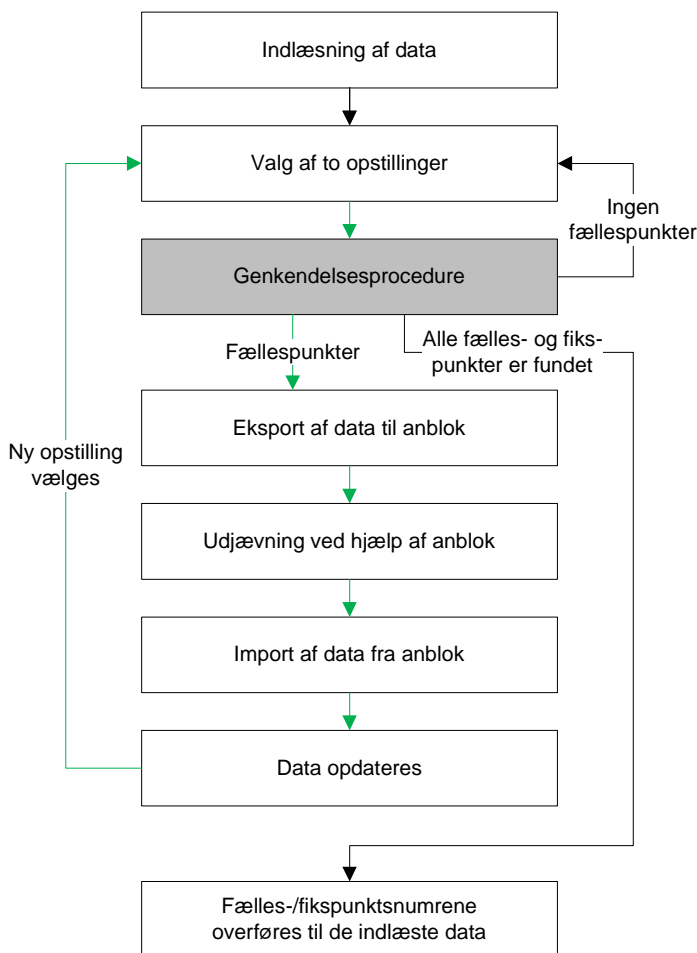
Programmet gennemløbes i de grønne pile, jævnfør Figur 5.24, indtil der ved proceduren: *Valg af to opstillinger*, kun er én opstilling tilbage, der ikke er fundet fællespunkter i. Når der i genkendelsesproceduren er fundet fællespunkter mellem den sidste opstilling og den samlede matrice, er alle fællespunkterne mellem alle opstillingerne fundet. Efterfølgende fortsættes i proceduren: *Fællespunktsnumrene overføres til de indlæste data*. Begrundelsen for at fællespunkterne mellem den sidste opstilling og de øvrige opstillinger ikke skal udjævnes er, at dette ikke er nødvendigt, da fællespunkterne efter nummertildelingen i genkendelsesproceduren har fået tildelt nummer. I den sidste procedure overskrives fællespunktens oprindelige numre i de enkelte opstillinger med de tildelte fællespunktsnumre, og efterfølgende eksporteres de opdaterede opstillingerne til nye filer.

I den ovenstående gennemgang ver alle fællespunkterne mellem opstillingerne fundet, og punktsnumrene overføres til lingernes filer. I de efterfølgende afsnit vil der være en beskrivelse af, hvordan fikspunkterne inddrages i programmet.

Når fikspunkter skal inddrages, er de procedurer, der skal gennemløbes, næsten identiske med dem, som er gennemgået ovenfor. De enkelte procedurer er vist i Figur 5.27.

I den første procedure hentes filerne ind ligesom i den første procedure i Figur 5.24, dog hentes der også en fikspunkts-fil ind samtidig med opstillingerne og kodetabellen.

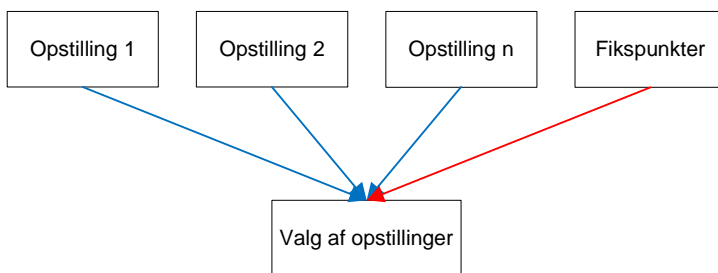
De efterfølgende gennemløb med de grønne pile i Figur 5.27 er de samme procedurer som ved Figur 5.24. Når den sidste opstilling vælges foretages endnu ét gennemløb med de grønne pile frem til proceduren: *Valg af to opstillinger*.



Figur 5.27: Overordnet struktur på programmet med fikspunkter

Når alle fællespunkterne er fundet, har fået tildelt fællespunktsnummer, og er eksporteret til ScanOBS, skal punkterne udjævnes. Begrundelsen for at alle fællespunkterne udjævnes, når fikspunkterne er med i programmet er, at der efterfølgende skal findes fikspunkter i opstillingerne, som alle skal være i samme system.

Når alle opstillinger er knyttet sammen, skal der i proceduren: *Valg af to opstillinger*, hvor valg af opstillinger har fundet sted, som det sidste vælges fikspunkter. Dette er illustreret i Figur 5.28, hvor alle opstillingerne er knyttet sammen, vist med blå pile, og fikspunkterne vælges, hvilket er vist med rød pil.



Figur 5.28: Fikspunkts-filen vælges når alle opstillinger er knyttet sammen

Når fikspunkterne er valgt, skal opstillingerne gennemløbes genkendelsesproceduren med fikspunkterne, for at genkende disse punkter. Når fikspunkterne er fundet i opstillingerne, bliver disse tildelt et fikspunktsnummer. Dernæst skal fælles- og fikspunkternes numre overføres til de oprindelige filer. Dette sker i den sidste procedure, hvor fælles- og fikspunkternes op-

rindelige punktnumre overskrives i de enkelte opstillinger og i fikspunkts-filen, med de i programmet tildelte, fælles- og fikspunktsnumre.

Programmet er udarbejdet således, at dette både kan håndtere sammenknytning af opstillinger uden fikspunkter og opstillinger med fikspunkter.

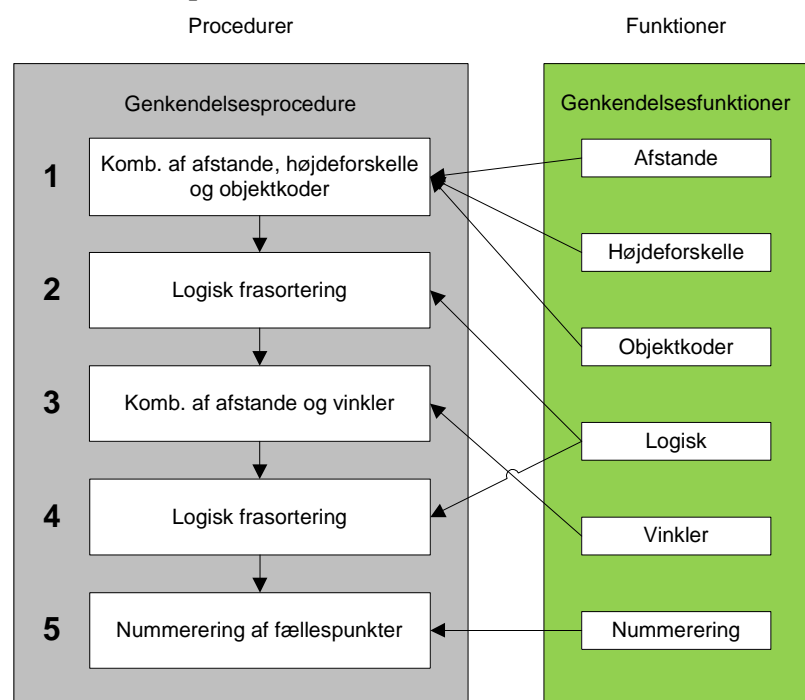
## 5.6 Test af program

Formålet med dette kapitel er at teste det udviklede program. Dette gøres for at sikre, at den tidligere opstillede kravspecifikation og problemformulering er opfyldt. Kapitlet opdeles i tre afsnit, ét hvor de enkelte funktioner i genkendelsesproceduren testes, ét hvor genkendelsesproceduren mellem to opstillinger testes, se Figur 5.29, og ét hvor det samlede program testes.

I testen af de enkelte funktioner i genkendelsesproceduren, vil det blive kontrolleret, at de enkelte funktioner hver især fungerer. I forbindelse med testen af genkendelsesproceduren, vil forskellige datasæt blive undersøgt, for at kontrollere at genkendelsesproceduren kan identificere fællespunkter og nummerere dem korrekt. I forbindelse med testen af det samlede program, undersøges det, om programmet kan sammenknytte et antal opstillinger korrekt sammen, og ligeledes om fælles- og fikspunkterne nummereres korrekt. I afsnittet vil punkter, der ikke er fællespunkter, blive benævnt *detailpunkter*, mens fællespunkter naturligvis benævnes *fællespunkter*. I Appendiks E beskrives dataindsamlingen, der er foretaget for at kunne foretage de ønskede tests. Desuden er de enkelte tests beskrevet uddybende i Appendiks E, således der i dette afsnit kun vil ske en kort opridsning af de vigtigste resultater.

### 5.6.1 Test af funktioner i genkendelsesproceduren

Formålet med dette afsnit er, at beskrive testen af de seks funktioner der indgår i genkendelsesproceduren, se Figur 5.29. Dette gøres for at kontrollere, at hver funktion kan frasortere punkter, der ikke er fællespunkter. Kontrollen af hver funktion beskrives på baggrund af testene foretaget i Appendiks E. Fælles for disse tests er, at der tages udgangspunkt i et antal fællespunkter, hvorefter der ændres i dataene, for at kunne vise at funktionerne virker.



Figur 5.29: Viser funktioner og procedurer i genkendelsesproceduren

#### Afstande

Formålet med denne test er at kontrollere, at funktionen *Afstande* fungerer. I denne test benyttes fem fællespunkter, der køres gennem den første procedure, uden der ændres ved dem.

Testen viser, at afstandsfunktionen fungerer, idet der findes genkendte afstande mellem alle fællespunkterne. Testen viser, at funktionen *Afstande* får matchet de rigtige punkter fra hver opstilling.

### Højdeforskelle

Formålet med denne test er at kontrollere, at funktionen *Højdeforskelle* fungerer. Også i denne test benyttes fem fællespunkter, der køres gennem den første procedure. For at teste at funktionen, der kontrollerer at funktionen *Højdeforskelle* virker, ændres den relative Z-værdi for to af fællespunkterne, hvilket medfører, at disse to punkter dermed ikke skulle komme igennem proceduren som fællespunkter.

Testen viser, at de to fællespunkter med ændrede Z-værdier er blevet frasorteret, og dermed kan det konkluderes, at funktionen *Højdeforskelle* fungerer.

### Objektkoder

Formålet med denne test er at kontrollere, at funktionen *Objektkoder* fungerer. Igen benyttes fem fællespunkter, der køres gennem den første procedure. For at teste at funktionen *Objektkoder* fungerer, ændres objektkoden for to af fællespunkterne, hvilket skulle medføre, at disse ikke skulle komme igennem proceduren som fællespunkter.

Testen viser, at de to fællespunkter med ændrede objektkoder er blevet frasorteret, og dermed kan det også konkluderes, at funktionen *Objektkoder* virker.

### Logisk

Formålet med denne test er at kontrollere, at funktionen *Logisk* fungerer. For at teste denne funktion, benyttes tre fællespunkter, samt seks detailpunkter, der i testen antages at være sluppet igennem den første procedure.

Testen viser, at funktionen virker, idet de seks detailpunkter frasorteres, og at både del 1 og del 2 af funktionen *Logisk* frasorterer en del af detailpunkterne.

### Vinkler

Formålet med denne test er at kontrollere, at funktionen *Vinkler* fungerer. For at teste denne funktion, benyttes tre fællespunkter, samt ét ekstra fællespunkt fra hver opstilling, der antages at være et tilfældigt detailpunkt, der er sluppet igennem de første to procedurer.

Testen viser, at detailpunktet frasorteres, og det kan derfor konkluderes, at funktionen *Vinkler* fungerer.

### Nummerering

Formålet med denne test er at kontrollere, at funktionen *Nummerering* fungerer. Selv om *Nummerering* ikke er en funktion, der frasorterer forkerte mulige par til fællespunkter, testes det, at nummereringen sker korrekt. Derfor benyttes fem fællespunkter.

Testen viser, at fællespunkterne gives korrekte fællespunktnumre, og det kan derfor konkluderes, at funktionen *Nummerering* fungerer, når fællespunkterne findes igennem de tidligere procedurer.

### 5.6.2 Test af genkendelsesprocedure

Formålet med dette afsnit er at beskrive testen af den samlede genkendelsesprocedure. Dette gøres for at kontrollere, at genkendelsesproceduren kan frasortere punkter, der ikke er fællespunkter. Kontrollen foretages ved at teste forskellige situationer. Hver situation beskrives på baggrund af testene foretaget i Appendiks E. Fælles for disse tests er, at der tages udgangspunkt i et antal fælles- og detailpunkter, for at kunne vise at genkendelsesproceduren virker i de forskellige situationer. Testen udføres ved at benytte forskellige datasæt, der hver udgør en situation, der kan opstå ved detailmåling. De situationer, der ønskes testet, er:

- Almindelig situation
- Ens Z-værdier
- Ens objekt-koder
- Fællespunkter på linie
- Geometrisk ens objekter

I hver test undersøges det om, og i så fald hvornår, genkendelsesproceduren finder fællespunkter.

#### Almindelige situationer

Formålet med denne test er at kontrollere, at genkendelsesproceduren kan identificere fællespunkter mellem to ”tilfældige” opstillinger med mange fælles- og detailpunkter. Til at foretage testen af denne situation, foretages to gennemløb med forskelligt antal fællespunkter.

Gennemløb	Fællespunkter		Detailpunkter		Fællespunkter identificeret efter:
	Antal	Antal koder	Antal	Antal koder	
1	3	1	Ca. 100	11	2. procedure
2	15	2	Ca. 100	11	2. procedure

Tabel 5.6: Resultaterne fra testene med de almindelige situationer

Testen viser, at genkendelsesproceduren kan identificere fællespunkter, på trods af at der er mange detailpunkter i datasættene. I begge gennemløb identificeres fællespunkterne efter den anden procedure, hvilket betyder, at der i begge tilfælde slipper forkerte genkendte afstande igennem den første procedure. Dette er dog forventeligt, idet der beregnes og sammenlignes et stort antal afstande.

#### Ens Z-værdier

Formålet med denne test er at kontrollere, at genkendelsesproceduren kan identificere fællespunkter mellem to opstillinger med mange fælles- og detailpunkter, der er indmålt i et fladt område. Til at foretage testen af denne situation, foretages to gennemløb, hvor Z-værdien til alle fælles- og detailpunkter sættes til 2.700 meter.

Gennemløb	Fællespunkter		Detailpunkter		Fællespunkter identificeret efter:
	Antal	Antal koder	Antal	Antal koder	
1	3	1	Ca. 100	11	3. procedure
2	9	1	Ca. 100	11	3. procedure

Tabel 5.7: Resultaterne fra testene med ens Z-værdier

Testen viser, at genkendelsesproceduren kan identificere fællespunkter i et helt fladt område. Igen identificeres fællespunkterne efter den tredje procedure. I denne test slipper der mange

forkerte mulige par til fællespunkter igennem de første to procedure, men den tredje procedure viser sig meget effektiv, og fjerner alle de forkerte.

### Ens objekt-koder

Formålet med denne test er at kontrollere, at genkendelsesproceduren kan identificere fællespunkter mellem to opstillinger, hvor der er indmålt mange ens objekter. Til at foretages testen af denne situation, foretages igen to gennemløb, denne gang hvor objekt-koderne til samtlige fælles- og detailpunkter omdøbes, og gives den samme objekt-kode.

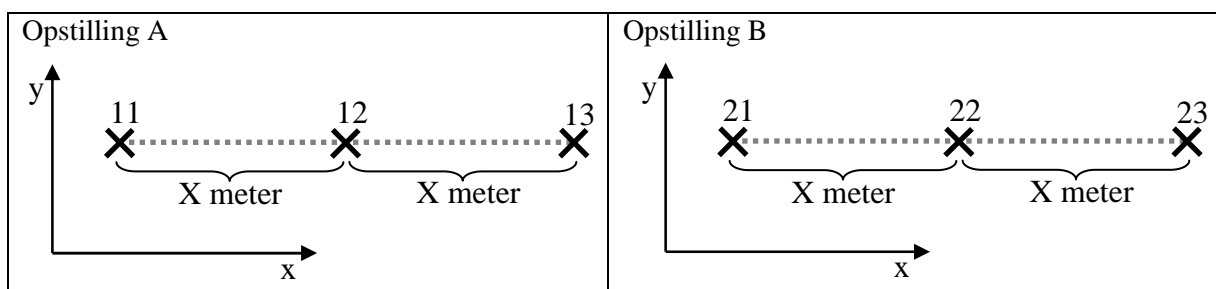
Gennemløb	Fællespunkter		Detailpunkter		Fællespunkter identificeret efter:
	Antal	Antal koder	Antal	Antal koder	
1	3	1	Ca. 100	1	3. procedure
2	9	1	Ca. 100	1	3. procedure

Tabel 5.8: Resultaterne fra testene med ens objekt-koder

Testen viser, at genkendelsesproceduren kan identificere fællespunkter, på trods af at alle objekterne der er indmålt, har fået samme objekt-kode. Også i denne test slipper der mange forkerte mulige par til fællespunkter igennem de første to procedurer, men alle frasorteres ved den tredje procedure.

### Fællespunkter på linie

Formålet med denne test er at teste, hvorvidt genkendelsesproceduren kan identificere fællespunkter, når disse er placeret på en lige linie og med den samme indbyrdes afstand, se Figur 5.30.



Figur 5.30: Viser to opstillinger, hvor der er målt tre punkter på en linie med samme indbyrdes afstand

Der opstår problemer, idet afstandene 11-12 og 12-13 begge genkendes med afstandene 21-22 og 22-23. Derfor ønskes det at teste, hvordan genkendelsesproceduren fungerer, hvis fællespunkterne tilfældigvis placeres sådan. I testen foretages tre gennemløb, hvor igennem det testes, om genkendelsesproceduren kan identificere fællespunkter i disse situationer.

Gennemløb	Fællespunkter		Kommentar	Fællespunkter identificeret efter:
	Antal	Antal koder		
1	3	1	Tre punkter på linie	Ikke identificeret
2	3 + 1 alm.	1	Tre punkter på linie + ét punkt	3. procedure
3	4 + 2 alm.	1	Fire punkter på linie + to punkter	3. procedure

Tabel 5.9: Resultaterne fra testene med fællespunkter på linie

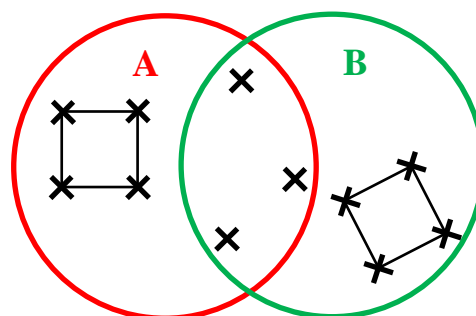
Testen viser, at genkendelsesproceduren i nogle tilfælde ikke kan genkende fællespunkter, når disse ligger på en linie, og med samme indbyrdes afstand. I det første gennemløb lykkedes identificeringen ikke, idet der ikke er andre punkter end de på linien. Det viser sig efterfølgende, at proceduren *Kombination af vinkler og afstande* gør, at fællespunkterne på linie kan

identificeres, hvis der er andre fællespunkter end dem på linien. Der er dog det forbehold, at der maksimalt må være to flere fællespunkter på linien, end der er andre fællespunkter. Dette må der derfor tages højde for af operatøren.

Desuden er det testet, at genkendelsesproceduren fungerer, når der er indmålt detailpunkter på linie. Det kræver dog, at der er mindst ét fællespunkt mere, end der er punkter på linien.

### Geometrisk ens objekter

Formålet med denne test er at teste, hvorvidt genkendelsesproceduren kan identificere fællespunkter, når der er indmålt geometrisk ens objekter fra hver opstilling. Der kan opstå problemer, idet genkendelsen af et antal fællespunkter bygger på, at fællespunkterne fra hver opstilling danner den samme geometriske figur. Til at illustrere dette er der udarbejdet et eksempel i Figur 5.31. Af figuren fremgår det, at der fra Opstilling A og Opstilling B er indmålte to identiske kvadratiske objekter, som ikke er fællespunkter. Derfor ønskes det at teste, hvordan genkendelsesproceduren fungerer, hvis der eksempelvis måles identiske skure, hvor nogle indmåles fra én opstilling og andre fra én anden.



Figur 5.31: Viser to opstillinger hvor der er indmålt geometrisk ens objekter

Til at foretage testen foretages to gennemløb, hvor geometrisk ens objekter fra forskellige opstillinger inddrages som detailpunkter.

Gennemløb	Fællespunkter		Geometrisk ens objekter		Fællespunkter identificeret efter:
	Antal	Antal koder	Antal	Antal koder	
1	3	1	1	1	Ikke identificeret 3. procedure
2	9	1	1	1	

Tabel 5.10: Resultaterne fra testene fra geometrisk ens objekter

Testen viser, at genkendelsesproceduren i nogle situationer kan håndtere geometrisk ens objekter, mens det i andre situationer ikke lykkes at identificere fællespunkterne. Alt afhængig af de geometriske objekters facon, skal der benyttes et antal tilfældigt placeret fællespunkter. Det kan altså konkluderes, at hvis der indmåles geometrisk helt ens objekter fra forskellige opstillinger, kan genkendelsesproceduren benyttes til at identificere fællespunkter, hvis der indmåles et tilstrækkeligt antal fællespunkter.

Det er valgt ikke at foretage en test af genkendelsesproceduren, hvis der indmåles geometrisk ens objekter der benyttes som fællespunkter. Det begrundes med at afhængig af objekternes facon, vil der være forskellige krav til antallet af fællespunkter.

Endelig er genkendelsesproceduren med de indmålte vinduer fra Opstilling 4 og 5 blevet gennemført. Det viste sig, at genkendelsesproceduren var i stand til at identificere de fire fællespunkter der beskriver vinduet, samt de tre almindelige fællespunkter. Grunden til, at identificeringen af vinduerne lykkedes, skyldes at der ikke genkendes så mange afstande, som i de andre tilfælde, idet der arbejdes med 2D-afstande. Selv om dette eksempel lykkedes, frarådes det dog også at benytte vinduer som fælles- og detailpunkter, idet der vil opstå problemer, hvis der indmåles et større antal vinduer.

Det er umiddelbart ikke muligt at fastsætte retningslinier for hvor mange fællespunkter, der skal benyttes, idet antallet afhænger af de geometrisk ens objekters facon. Det vurderes derfor, at i stedet for at opstille en række krav til operatøren, skal det undgås at benyttes geometrisk ens objekter som detail- og fællespunkter.

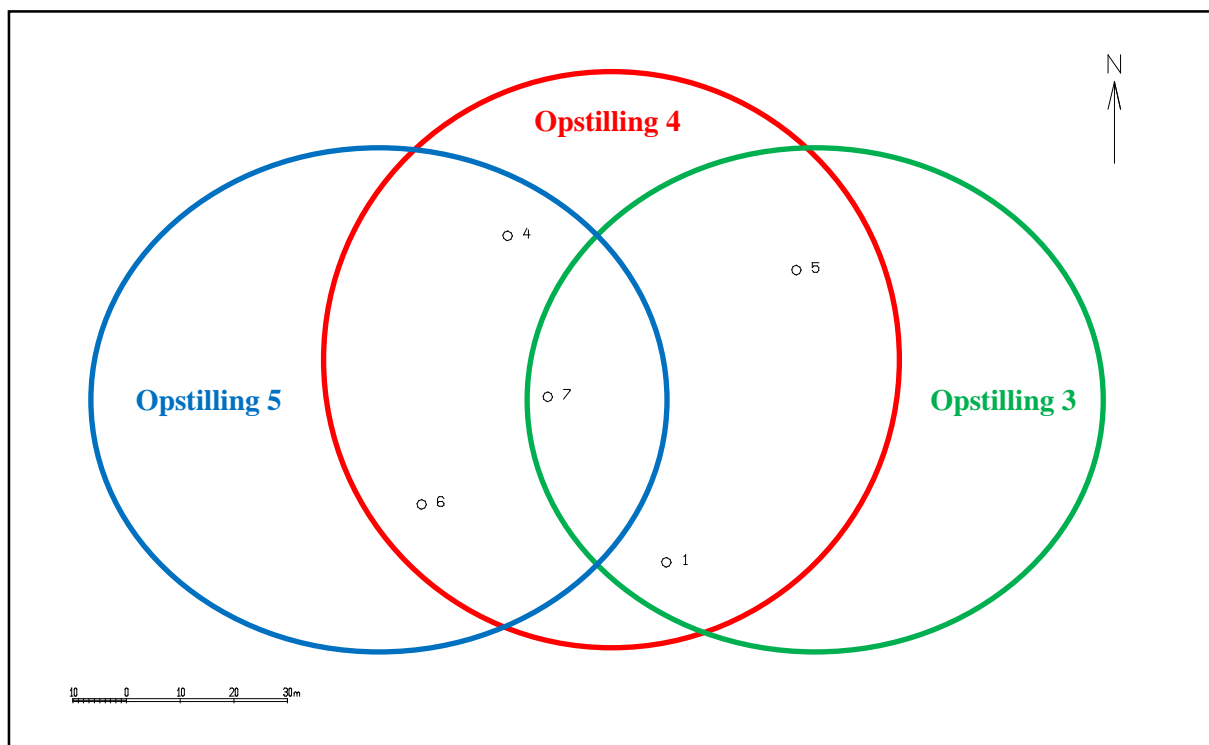
### 5.6.3 Test af hele programmet

Formålet med dette afsnit er at teste hele programmet. I de tidligere afsnit har der været en test af både de enkelte funktioner samt en test af den samlede genkendelsesprocedure. Dette afsnit vil derfor tage udgangspunkt i at teste, om programmet kan håndtere flere opstillinger, samt om programmet kan håndtere inddragelsen af fikspunkter. Først vil en sammenknytning af tre opstillinger blive testet, hvorefter samme test udføres på fem opstillinger. Afslutningsvis vil inddragelsen af fikspunkter blive testet, sammen med sammenknytningen af fem opstillinger. En uddybende beskrivelse af de enkelte tests findes i Appendiks E.

I testene vil alle almindelige detailpunkter være inddraget, for samtidig at kunne kontrollere, om programmet samtidig kan håndtere de mange punkter. Dette er gjort, fordi de enkelte opstillinger løbende bliver samlet i en matrice i programmet, og derved kommer denne til at indeholde mange punkter.

#### Test med tre opstillinger

Formålet med denne test er at kontrollere, om programmet kan knytte tre opstillinger sammen. Yderligere ønskes det at teste, om programmet kan håndtere, at opstillingerne ikke bliver hentet ind i den rækkefølge, som de skal knyttes sammen. De tre opstillinger som skal knyttes sammen er Opstilling 3, 4 og 5. I Figur 5.32 er det vist, hvordan de tre opstillinger skal knyttes sammen.



Figur 5.32: Viser hvordan de tre opstillinger skal knyttes sammen



Af figuren fremgår det, at Opstilling 3 og 5 kun har et fællespunkt og at de derfor ikke kan knyttes direkte sammen. I testen vil opstillingerne derfor blive hentet ind således, at Opstilling 4 hentes ind til sidst, for derved at teste om programmet kan håndtere, at de to første opstillinger ikke har nok fællespunkter.

Af testen fremgår det, at programmet ikke havde problemer med at håndtere, at opstillingerne kom ind i en anden rækkefølge, end den rækkefølge de skulle knyttes sammen. I testen blev alle fem fællespunkter fundet i filerne, indeholdende de enkelte opstillinger, som blev opdateret og udskrevet til nye filer.

### **Test med fem opstillinger**

Formålet med denne test er at kontrollere, om programmet kan sammenknytte mange opstillinger. Til at teste dette sammenknyttes fem opstillinger, hvor der i alt er ti fællespunkter.

Af Appendiks E fremgår det, at alle fællespunkterne blev fundet i testen, og at de opdaterede opstillinger blev udskrevet korrekt til filer.

### **Test med fem opstillinger og fikspunkter**

Denne test har til formål at kontrollere, om programmet kan sammenknytte mange opstillinger samt fikspunkter. For at teste dette, sammenknyttes fem opstillinger, med i alt ti fællespunkter, samt otte fikspunkter indmålt med GPS. De otte indmålte punkter består både af fællespunkter og detailpunkter.

Af Appendiks E fremgår det, at alle punkter blev genkendt i testen, og at filerne blev opdateret korrekt.

## **5.6.4 Opsamling**

Igennem dette afsnit er det blevet kontrolleret, at de enkelte funktioner i genkendelsesproceduren hver især virker, at den samlede genkendelsesprocedure virker, samt at det samlede program, der kan knytte flere opstillinger sammen, inden disse knyttes sammen med eventuelle fikspunkter, også fungerer.

De enkelte funktioner i genkendelsesproceduren viste sig alle at være i stand til at frasortere forkerte mulige par til fællespunkter. Derudover formåede nummereringsfunktionen, at tildele fundne fællespunkter korrekte fællespunktnumre. Genkendelsesproceduren fandt i de fleste tilfælde fællespunkter mellem to opstillinger, dog var der enkelte situationer, hvor dette ikke lykkedes. Disse mislykkede tilfælde skyldes genkendelsesprocedurens programmering, hvor der tages udgangspunkt at sammenligne afstande. Når der findes ens afstande, højdeforskelle og objekt-koder i flere opstillinger, viste det sig, at genkendelsen ikke kunne foretages, hvilket medfører, at der skal opsættes nogle enkle krav til en eventuel operatør, for at undgå disse problemer. Til sidst blev det samlede program testet, og det viste sig, at programmet som ønsket kunne knytte flere opstillinger sammen, på trods af at disse ikke indlæses i den rækkefølge, som de skal knyttes sammen. Endelig blev det vist, at programmet kan knytte opstillinger sammen med fikspunkter.



## 6 Konklusion

I dette kapitel vil det samlede projekt blive opsummeret, for at kunne svare på problemformuleringen. Med udgangspunkt i den opstillede problemformulering, beskrives det hvilke valg der er truffet igennem rapporten, for til sidst at kunne svare på problemformuleringen.

Problemformuleringen blev udarbejdet på baggrund af en foranalyse, hvor det blev undersøgt, hvordan større måleopgaver bliver klaret i praksis, samt om der opleves problemer med nummereringen af fælles- og fikspunkter. Desuden blev den begrænsede eksisterende litteratur inden for emnet undersøgt. Det viste sig, at det kunne være interessant, at undersøge emnet nærmere, idet der ikke på daværende tidspunkt var et program der levede op til de krav der stilles, hvis det ønskes, at benytte automatisk genkendelse af fælles- og fikspunkter. Problemformuleringen blev udarbejdet på baggrund af, at der havde vist sig et muligt behov, for at kunne undgå at tildele fælles- og fikspunkter et entydigt nummer fra opstilling til opstilling, når der benyttes frie opstillinger. Dette skyldes dels, at der kan spares tid i marken ved ikke at skulle holde styr på punktnumrene fra opstilling til opstilling, og dels at der kan spares tid efterfølgende på kontoret, idet fejl på grund af fejlnummerering kan undgås. Derfor blev følgende problemformulering udarbejdet:

Hvordan kan en automatisk rutine løse problemet med nummerering af fælles- og fikspunkter i forbindelse med større måleopgaver?

Efter at problemformuleringen var opstillet, blev der efterfølgende lavet en problemafgrænsning. Et af kravene var, at programmet skal fungere når der benyttes frie opstillinger, og at der derudover også skal benyttes lokale koordinater. Derudover blev det bestemt, at programmet skulle udvikles i programmeringssproget Matlab, og køres på en PC med styresystemet Windows.

Efter projektets ydre afgrænsninger var klarlagt, var der behov for, at finde ud af hvordan et program til automatisk genkendelse af fælles- og fikspunkter grundlæggende skulle fungere. Overordnet kan denne proces opdeles i to dele:

- Udarbejdelse af genkendelsesprocedure
- Udarbejdelse af samlet program

### Udarbejdelse af genkendelsesprocedure

Genkendelsesproceduren skulle kunne finde fællespunkter mellem to opstillinger, eller fikspunkter mellem én opstilling og en fikspunkts-fil.

For at kunne programmere genkendelsesproceduren, var det nødvendigt at opstille nogle værktøjer der kunne benyttes. Derfor blev de værktøjer, der muligvis kunne benyttes, opstillet. Dernæst blev der opstillet krav til programmet, hvor det vigtigste var, at der som minimum skal være tre fællespunkter mellem de opstillinger, der skal knyttes sammen. Dette kræves dels for at sikre at der er overbestemmelser i udjævningerne der skal foretages, og dels for at fastlægge et ens antal fællespunkter, som minimumskrav, fra hver opstilling. Desuden blev det bestemt, at alle objekter der indmåles, skal have deres respektive objektkode. På baggrund af ovenstående kunne der udarbejdes en kravspecifikation for programmet.

For at opfylde kravspecifikationen, skulle der dermed udvikles en genkendelsesprocedure, på baggrund af de opstillede værktøjer og krav. Gennem en diskussion blev der udarbejdet en

genkendelsesprocedure, hvor de fleste af værktøjerne blev inddraget således, at deres styrker blev udnyttet bedst muligt. Noget af det vigtigste i denne diskussion var, at det blev valgt at tage udgangspunkt i en afstandssammenligning, af forskellige afstande fra hver opstilling. På baggrund af denne diskussion, kunne genkendelsesproceduren udvikles og programmeres.

### **Udarbejdelse af program**

Efter at genkendelsesproceduren blev udarbejdet, skulle der udarbejdes et samlet program, således det er muligt at knytte flere end to opstillinger sammen. Indledningsvis indeholder programmet derfor indlæsning af alle opstillinger, samt eventuelt en fikspunkts-fil. Dernæst findes der fællespunkter mellem opstillingerne, hvor opstillingerne ikke behøver at komme i den rækkefølge, de skal sammenknyttes i. Hver gang to opstillinger knyttes sammen, transformeres koordinaterne fra opstillinger over i det samme koordinatsystem, således de efterfølgende fungerer som én opstilling. Transformationen sker på baggrund af en udjævning ved hjælp af anblok. Når alle opstillingerne er knyttet sammen, og der til sidst eventuelt er knyttet en fikspunkts-fil på, opdateres de oprindelige filer, så fællespunkterne i filerne har fået ens numre.

### **Resultat**

Efter at programmet blev udviklet, blev det testet, om det virker i praksis. Igennem forskellige tests viste det sig, at næsten alle de situationer der blev testet for, lykkedes. Disse tests viste blandt andet, at der kunne sammenknyttes opstillinger, hvorimellem der var flere end 100 detailpunkter, og mange fællespunkter. Programmet kunne også håndtere, hvis alle punkterne fik samme objektkode eller Z-værdi. Derudover blev flere opstillinger knyttet sammen, inden der blev fundet fællespunkter mellem disse opstillinger samt en fikspunktfil.

Det viste sig dog, at i visse situationer kunne der opstå problemer. Disse situationer er, når der indmåles geometrisk ens objekter fra to opstillinger. Hvad enten disse objekter benyttes som fællespunkter, eller blot er detailpunkter, opstår der problemer, idet der bliver genkendt flere afstande på grund af de ens afstande i objekterne. Denne problemstilling kan løses ved at indmåle et tilstrækkeligt antal andre fællespunkter, der ligger tilfældigt placeret. Det er ikke vurderet muligt at opstille retningslinier for disse tilfælde, idet det nødvendige antal almindelige fællespunkter er afhængigt af de geometriske ens objekters antal og facon. Derfor tilrådes det, at undgå at indmåle geometrisk ens objekter fra forskellige opstillinger.

### **Afrunding**

Overordnet kan det konkluderes, at ved at benytte det udviklede program, kan problemer med nummerering af fælles- og fikspunkter undgås. Dermed kan der både spares tid i marken, og på kontoret. Det skal dog bemærkes, at programmet ikke er testet i alle tænkelige situationer, og der dermed er en risiko for, at der kan opstå problemer i situationer som der ikke er testet for. Endelig kan der, som ved almindelig sammenknytning, opstå problemer, hvis der ikke er tilstrækkelig med fællespunkter mellem opstillingerne. Dermed risikeres det, at to opstillinger ikke kan blive knyttet sammen, og at programmet dermed ikke kan få genereret de opdaterede filer, da selve genkendelsesproceduren vil fortsætte i en uendelig løkke. Derfor vil det være fornuftigt, altid at indmåle nogle ekstra fællespunkter, hvilket også vil sikre flere overbestemmelser i forbindelse med udjævningen af opstillingerne.

## 7 Perspektivering

I dette kapitel vil der være en beskrivelse af hvilke yderligere udviklingsmuligheder der findes til det udviklede program. Disse udviklingsmuligheder knytter sig dels til hvordan programmet kan videreudvikles, hvis kravene fra kravspecifikationen blev lempet og dels til hvordan programmet, mere programmeringsteknisk, kan udvikles. I de efterfølgende afsnit vil disse forskellige udviklingsmuligheder blive beskrevet.

I forbindelse med udviklingen af programmet er der fastsat forskellige krav. Et af disse krav er, at programmet skal kunne håndtere frie opstillinger. Det vurderes, at programmet med en enkelt justering også vil kunne håndtere opstillinger i kendte punkter. Denne justering består i, at opstillingspunkterne skal inddrages i opstillings-filerne på tilsvarende vis som de indmålte punkter. På den måde inddrages opstillingspunktet i beregningerne i programmet.

Et andet krav til programmet er, at hver opstilling, som minimum skal have tre indmålte fællespunkter til fælles med én anden opstilling. Det vurderes, at programmet kan håndtere færre punkter mellem de enkelte opstillinger. Dette kræver dog, at operatøren er bevidst om, at der mellem to af opstillingerne skal være minimum tre fællespunkter for, at programmet kan komme i gang med en fornuftig sammenknytning med overbestemmelser. Dernæst er det ikke nødvendigt, at de enkelte opstillinger skal have tre fællespunkter med den samme opstilling, men at de enkelte fællespunkter fra en opstilling kan være mellem forskellige opstillinger, dog skal operatøren være bevidst om, at de øvrige opstillinger skal kunne knyttes enkeltvis på de to opstillinger, hvorimellem der er tre fællespunkter. Det kræves derfor, at operatøren har overblikket i marken til at tænke på, at alle opstillinger skal knyttes sammen ved hjælp af anblok.

Et yderligere krav til programmet er, at alle punkter i input-filerne skal være defineret i 3D. Det vurderes, at programmet med justeringer også vil kunne håndtere punkter, der ikke nødvendigvis er defineret i 3D. Da programmet skal anvendes til at genkende fælles- og fikspunkter, vurderes det, at det ikke er relevant, at programmet skal kunne håndtere punkter defineret i 1D. Dette begrundes med, at disse punkter ikke er veldefinerede objekter i planen. Det vurderes derimod, at en videreudvikling af programmet, så dette også kan håndtere punkter defineret i 2D, vil være mere anvendeligt. Disse punkter kan eksempelvis være hushjørner, hvor der ikke er foretaget afmærkning i højden. For at det udviklede program skal kunne håndtere punkter, som kun er defineret i 2D kræves det, at disse punkter får tilført en default værdi eller andet som indikerer, at punktet ikke skal medtages i den funktion, hvor der foretages en sammenligning af z-værdier, dog skal punktet medtages i den resterende del af den første procedure i genkendelsesproceduren, hvor der foretages en sammenligning af afstande samt sammenligning af objekt-koder.

Endnu et krav til programmet er, at fikspunkterne er indmålt med GPS. Det vurderes, at programmet også kan håndtere fikspunkter, som eksempelvis er indmålt med totalstation. Denne tilføjelse kræver, at den fastsatte punktspredning samt spredning på højdeforskellen ændres således, at disse stemmer overens med den målenøjagtighed som fikspunkterne indmåles med.

Det udviklede program kan håndtere én fikspunkts-fil. Med justeringer af det udviklede program, vurderes det, at programmet også kan håndtere flere fikspunkts-filer. Dette kræver dog, at der mellem de enkelte fikspunkts-filer og alle opstillingerne som minimum er tre indmålte fikspunkter, som skal genkendes. Et alternativ til dette kan være at programmet indlednings-

vis samler fikspunkts-filerne i en samlet matrice, hvori genkendelsen kan finde sted. Dette kræver dog, at fikspunkts-filerne er i det samme system.

Det er gennem projektet fastlagt, at det udviklede program ikke kan håndtere geometrisk ens objekter, hverken som detailpunkter eller som fællespunkter. Det vurderes dog, at de geometrisk ens objekter kan medtages. Dette kræver dog at objekterne, når disse indmåles i marken, skal tildeles en tillægskode således, at disse ikke bliver inddraget i genkendelsesproceduren, men først inddraget når output-filerne genereres.

Udviklingsmuligheder i forbindelse med det mere programmeringstekniske kan være at udforme en brugerflade til det udviklede program. Ved at udforme en brugerflade, frem for anvendelse af den nuværende Master.obs, øges programmets brugervenlighed. Brugerfladen kan blandt andet anvendes til indlæsning af de enkelte opstillings-filer, fikspunkts-filer samt kodeliste med veldefinerede objekter. Ydermere kan der, i en sådan brugerflade, også være mulighed for, at ændre i de fastsatte værdier, så som punktspredninger og begyndelsesnummer til fælles- og fikspunkter, inden programmet startes.

Inden programmet eventuelt kan sættes i produktion kræves det, at programmet bliver fuldstændigt gennemtestet. Med dette menes, at programmet skal testes på forskellige typer af måleopgaver som der arbejdes med i praksis. Dette begrundes med, at programmet på nuværende tidspunkt kun er testet på en opstillet målesituation, hvor det primært er tekniske detaljer, som er indmålt.

Yderligere vil der også skulle være en finpudsning af programmet før dette kan sættes i produktion. Med dette menes, at der kan foretages forbedringer af programmet i form af optimering af forskellige funktioner. Funktioner der kan optimeres er blandt andet den anvendte søgefunktion, hvor der i programmet er anvendt en standard Matlab-funktion. Derudover kan sorteringen af de enkelte opstillinger også optimeres således, at denne bliver mindre beregningstung.

**Litteraturliste**

I denne liste er litteraturen angivet efter: Forfatter, titel, udgiver, årstal.

- [Kvale, 1997] Kvale, Steinar, *Interview: En introduktion til det kvalitative forskningsinterview*, Hans Reitzels Forlag, 1997
- [Aunsborg, 1997] Aunsborg, Christian, *Projektarbejdes teori og metode*, Aalborg Universitet, 1997
- [Borre, 1993] Borre, Kai, *Landmåling*, CT-TRYK NYK.F., 1993
- [Jensen, 2005] Jensen, Karsten, *Landmåling i teori og praksis*, Aalborg Universitet,  
2. udgave, 2005
- [Jellesen, 2005] Jellesen, Jacob J., Sørensen, Morten M. og Øhlenschläger, Andreas,  
*Anblok-Udjævning*, Afgangprojekt, 2005

## **Appendiks- og bilagsliste**

Appendiks A - Interview

Appendiks B - ScanOBS

Appendiks C - Udvikling af program

Appendiks D - Grænseværdier

Appendiks E - Test af program

Bilag A - Vejledning til ScanOBS

Derudover er der vedlagt data på en Bilags-CD, der findes bagerst i rapporten, sammen med en indholdsfortegnelse.



# Appendiks A: Interview

---

Dette appendiks indeholder de spørgsmål, som er udarbejdet på baggrund af de emneområder, der er beskrevet i afsnit 2.1 Interview. Derudover indeholder appendikset også et referat af de enkelte interview, som er bygget op omkring svarene på de enkelte spørgsmål.

## Indhold

1	Interview.....	1
1.1	Spørgsmål til interview .....	1
1.2	Interview med landinspektør Arnt Madsen, Nellemann & Bjørnkjær.....	2
1.3	Interview med landinspektør René Bundgaard Christensen, LE34 .....	4



## 1 Interview

Formålet med dette appendiks er at beskrive de foretagne interview. Interviewene skal give et indblik i, hvordan større måleopgaver kan udføres, samt hvilke forskelligheder der er fra firma til firma ved den samme opgave. Dette gøres for at opnå forståelse for, hvilke problemer der kan opstå i sådanne situationer, samt være med til at opklare om der er problemer med nummereringen af fællespunkter i praksis.

### 1.1 Spørgsmål til interview

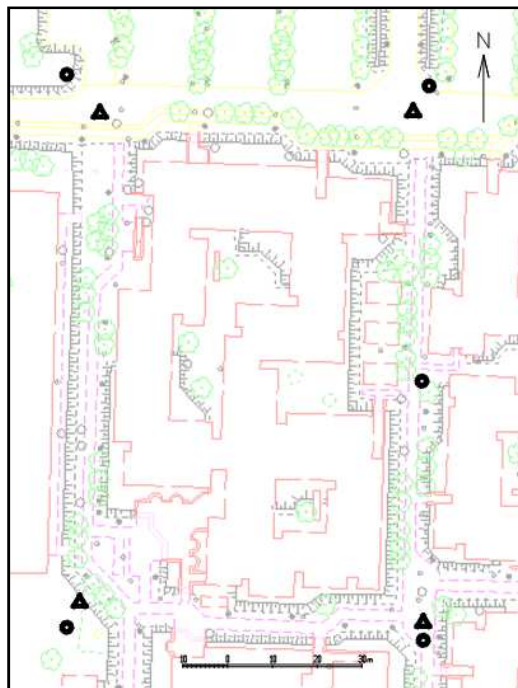
På baggrund af emneområderne i afsnit 2.1 Interview i rapporten er der udarbejdet en række spørgsmål samt en opgave. Opgaven består i, at de enkelte interviewpersoner bliver præsenteret for et kort over Fibigerstræde 11 med de omkringliggende bygninger, hvor opgaven mere specifik er indmåling af Fibigerstræde 11. Efter præsentationen af kortet skal interviewpersonen oplyse, hvordan han/hun vil løse den med hensyn til placering af opstillinger samt fælles- og fikspunkter. De udarbejdede spørgsmål, som vil blive benyttet i interviewene, er følgende:

1. Hvordan vil du løse opgaven? (Antal opstillinger, fællespunkter og fikspunkter)
  - Få et overblik over om den pågældende anvender fikspunkter eller fællespunkter til at knytte opstillinger sammen.
2. Har du en punktnummerstrategi inden du går i marken?
  - Findes der forud for markarbejdet en standard punktnummerstrategi, eller har den enkelte medarbejder en punktnummerstrategi?
3. Hvordan noteres punktnumre i marken?
  - Noteres punkterne udelukkende i målebog eller direkte på jorden?
4. Benytter du målebog ved større måleopgaver?
  - Har den enkelte medarbejder en målebog?
5. Hvordan sikres sammenhæng ved forskellige personer fra dag til dag?
  - Hvis der er forskellige medarbejdere på samme måleopgave.
6. Hvad benyttes som fællespunkter?
  - Hvilke objekter benyttes som fællespunkter - hvis nogen?
7. I hvor høj grad benyttes reflektorløs måling?
  - For at have et overblik over om det overhovedet benyttes.
8. Har du oplevet problemer med identifikation af fællespunkter – og hvad medførte det?
  - Problemer med at der kan være nogle punkter, som har fået forkert punktnummer.
  - Hvilke konsekvenser har forkert nummerering medført?
9. Findes der i praksis et behov for automatisk genkendelse af fællespunkter?

## 1.2 Interview med landinspektør Arnt Madsen, Nellemann & Bjørnkjær

1.

I Figur 1.1 ses det hvordan, Arnt umiddelbart ville angribe opgaven, der blev forelagt ham. Det ses, at han ville etablere fire fikspunkter, et i hvert hjørne af Fibigerstræde 11, markeret med trekkanter. På baggrund af disse fikspunkter ville han lave en fri opstilling i nærheden af hvert fikspunkt, markeret med cirkler, således der til hver opstilling kan indmåles tre fikspunkter, for derved at kunne knytte opstillingerne direkte på et overordnet koordinatsystem. Fra hver opstilling ville han indmåle et tilstrækkeligt antal fællespunkter, i dette tilfælde hushjørner på Fibigerstræde 11 og de omkringliggende bygninger, således der kan laves det nødvendige antal opstillinger i de smalle karréer mellem bygningerne, til de detailpunkter der ikke kan indmåles fra de fire opstillinger i hjørnerne. Han var meget opmærksom på, at hvis det var muligt, ville han lave opmålinger igennem bygningerne, for at optimere sikkerheden i nettet. Endelig havde Arnt følgende holdning til indmålingen af fællespunkter: ”Hellere et par for meget end et par for lidt.



Figur 1.1: Illustrerer Arnts løsning på opgaven

Tilbage på kontoret vil Arnt lave én stor udjævning, hvori fikspunkterne indgår, hvilket skyldes, at han ikke er sikker på, at fællespunkter alene vil kunne knytte målingerne sammen. Arnt kunne dog fortælle, at i andre situationer, hvor der ikke er så mange fikspunkter til rådighed, er det nødvendigt at sikre sig, at de forskellige opstillinger kan knyttes sammen alene på baggrund af fællespunkter.

2.

Arnt gav udtryk for, at det var meget forskelligt fra person til person, hvilken punktnummerstrategi der benyttes. Der er planer om at ensrette det, men tidshorizonten vurderede Arnt til at være meget lang. Selv kalder han fikspunkter fra 1000 og op, fællespunkter fra 1050 og op, mens detailpunkter benævnes fra 1 og op. I situationer med mere end 1000 detailpunkter, springes der fra nummer 999 til 1100, med mindre der er over 100 fiks- og fællespunkter.

3.

Om punktnumre noteres i marken afhænger af situationen. Arnt fortalte, at ved små opgaver, der kan gennemføres på én dag, ville han formentlig ikke notere numre. Ved større opgaver, der strækker sig over mere end én enkelt dag, ville Arnt notere punktnumre, hvor det er muligt, for eksempel benyttes der ofte Gema-søm, der bankes i asfalt, hvor der så kan sprayes et nummer ved siden af. Derudover fortalte Arnt, at han ofte benytter targets, der kan sættes fast på de fleste overflader, og dermed kan placeres, så de ikke berøres af andre personer i mellemtiden. Disse kan ligeledes nummereres med en sprittusch, således der ikke sprayes på andres ejendom. Desuden påpegede Arnt, at med nutidens software er det muligt at få totalstationen til automatisk at indstille på fikspunkter, når blot to fiks- eller fællespunkter er indmålt,

hvilket gør det lettere at finde eventuelle glemte fiks- og fællespunkter, samt at opdage eventuelle punktnummerfejl.

4.

Arnt kunne fortælle, at målebogen kun sjældent benyttes, og som oftest var det i tilfælde, hvor en del af detailområder ikke kan indmåles som normalt, men hvor der skal bruges målebånd, skæring af linjer eller lignende. Derimod er det mest benyttet at printe et oversigtskort, og placere og notere de benyttede fiks- og fællespunkter så præcist som muligt på dette kort. I opgaver der strækker sig over længere tid, fortalte Arnt, at han også ville notere, hvilket objekt fiks- eller fællespunktet er, hvilket også kan være en stor hjælp, hvis en sag overtages fra en anden person.

5.

Hvis en sag ikke gennemføres af den samme person, benytter Nellemann & Bjørnkjær et omslag, hvor sagen er placeret, så længe den er aktiv. Ved at benytte de føromtalt skitser af området, hvor fiks- og fællespunkter er noteret, sikres der sammenhæng, hvis sagen overdrages til en anden person. Ligeledes kan der laves noter om, hvilke filer der er lavet, hvad de indeholder og hvilke numre forskellige punkter har fået.

6.

I forbindelse med dette spørgsmål vurderede Arnt, at der er tale om to forskellige situationer alt efter om der er tale om en lille eller stor måleopgave. Ved små måleopgaver, der er hurtigt overstået kan fællespunkter godt være et kridtkryds afsat på asfalten, hvis ikke der kræves høj nøjagtighed. Ellers benyttes der ofte Gema-søm, der bankes i asfalten, eller hushjørner hvor der markeres hvilken højde der måles, for også at kunne benytte koten. Ved større opgaver, der strækker sig over et større tidsrum, benyttes ligeledes hushjørner og Gema-søm, ligesom der kan benyttes kloakdæksler. Ved denne type opgaver bemærkede Arnt, at det var vigtigt at gøre sig klart, at eksempelvis kloakdæksler let kan blive hævet op til flere centimeter, hvis der asfalteres imellem to målinger.

7.

Reflektorløs måling benyttes kun i meget lille grad. Hvor det er muligt, anvendes der et bygningsprisme til at indmåle de ønskede punkter, idet der hermed opnås en bedre nøjagtighed.

8.

Arnt kunne fortælle, at han ind imellem oplever, at der er fejl i nummereringen, hvilket primært skyldes, at der er tastet forkert, eller noteret forkert på skitsen. Konsekvensen af denne fejl er forskellig, alt efter hvordan målingen foretages, det vil sige, om der arbejdes udelukkende med observationer, der omregnes til koordinater på kontoret efter målingen, eller om der arbejdes med observationer, der omregnes til koordinater i marken. Når der kun arbejdes med observationer, kan en fejl vise sig svær at finde, når data indlæses i computeren på kontoret, hvilket i sidste ende kan betyde, at det er nødvendigt at foretage en ekstra tur i marken. Konsekvensen af dette vurderede Arnt dog til ikke at være så stor, idet det ofte viser sig nødvendigt med en ekstra tur, når det viser sig, at der er glemt enkelte detaljer. Hvis der derimod arbejdes med koordinater i marken, vil fejl i nummereringen vise sig, så snart der er målt tre punkter, idet opstillingens koordinater dermed beregnes. Derfor vil fejlen kunne opdages inden den medfører fejl. Dette medfører også, at den sidste metode er den foretrukne. Endelig sagde Arnt, at de hos Nellemann & Bjørnkjær var ved at teste et nyt program, der i højere

grad end tidligere programmer er i stand til at opdage punktnummerfejl. Dette program kan dog udelukkende anvendes på kontoret.

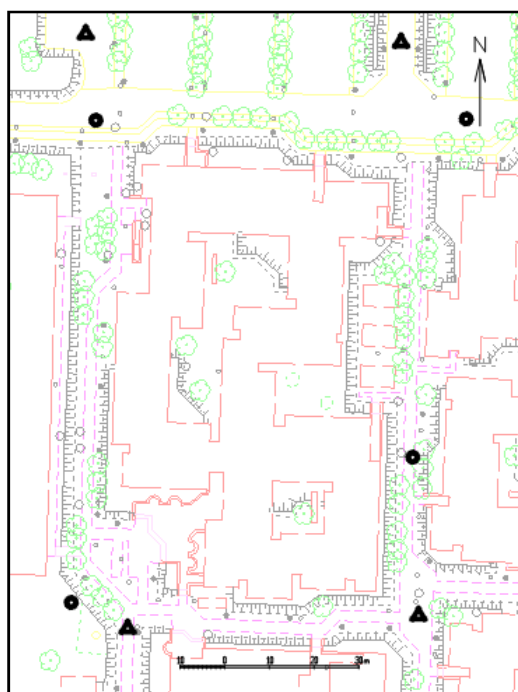
9.

Som afslutning på interviewet med Arnt Madsen blev han spurgt, om han kunne se nogle fordele ved automatisk genkendelse af fællespunkter. Arnts umiddelbare vurdering er, at han stadig vil skrive punktnumrene ned, men efter en forklaring om genkendelsens formål, lyder det som om, at han godt kan se en idé med automatisk genkendelse. Dog stiller han sig lidt skeptisk ved at hvert punkt ikke har en entydig identifikation, hvis der opstår problemer med de indsamlede data.

### 1.3 Interview med landinspektør René Bundgaard Christensen, LE34

1.

I Figur 1.2, ses det, hvordan René umiddelbart ville angribe opgaven. Det ses, at han ville placere et fikspunkt i nærheden af hvert af de fire hjørner af Fibigerstræde 11, markeret med trekkanter, og ved hjælp af disse etablere det antal frie opstillinger der er nødvendigt, markeret med cirkler. Derudover ville han indmåle et antal fællespunkter, i dette tilfælde hushjørner, både på Fibigerstræde 11, samt de omkringliggende bygninger, der kan benyttes til at knytte ekstra opstillinger i karréerne sammen. René vil altså benytte fællespunkter, men fortalte at i situationer som eksempelvis indmåling af større veje, vil han formentlig udelukkende benytte fikspunkter, idet det kan være svært at se de samme hushjørner fra flere opstillinger, idet der ved vej-måling er tale om et smalt langt område.



Figur 1.2: Illustrerer Renés løsning på opgaven

Tilbage på kontoret vil René lave én stor udjævning, hvor han inddrager de indmålte fikspunkter. De indmålte fællespunkter skal ikke alene kunne knytte opstillingerne sammen, men benyttes i højere grad som sikkerhed, for at dette kan lade sig gøre.

2.

René kunne fortælle, at de hos LE34 har to forskellige metoder, alt efter opgavens omfang. Ved opgaver som den der blev forelagt i forbindelse med interviewet, benytter hver medarbejder sin egen punktnummerstrategi. Fælles for medarbejderne er dog, at ofte benævnes højdefikspunkter fra 7000 og op, opstillinger fra 8000 og op, mens fikspunkter benævnes fra 9000 og op, der er dog ikke noget krav om at gøre det på denne måde. Ved store banemålinger, hvor hvert fikspunkt indmåles flere gange, benævnes fikspunkterne med dato samt et fortløbende nummer, eksempelvis 2302\_01, og dagen efter benævnes det første 2402\_01. Ligeledes benævnes opstillingerne efter dato, eksempelvis 092302\_01. I den type opgaver er der altså en struktureret punktnummerstrategi, som skal følges, for at det er muligt at holde styr på data, samt ikke mindst at finde fejl. Særligt i forbindelse med banemålinger fortalte René, at det er vigtigt, at der er styr på punktnummerstrategien, idet der kun indmåles observationer,

som beregnes til koordinater tilbage på kontoret. Dette skyldes, at ved at gøre det på denne måde, kan der spares mange gåture for at indmåle fikspunkter, idet fikspunkterne ligger langt fra, og på begge sider af opstillingerne, ved denne type opgave.

3.

Hvor det er muligt, skriver René altid punkternes numre i marken. Ofte noteres de også på et oversigtskort over opgaven, således at fikspunkter og fællespunkter placeres og benævnes på kortet.

4.

René fortalte, at han aldrig bruger målebog. I situationer hvor der skal konstrueres punkter, gør han dette direkte på totalstationen, hvor forskellige funktioner kan benyttes til at konstruere de ønskede punkter. På den måde sikrer han sig et overblik over, hvor langt han er kommet i en given opgave, idet alle punkter kan plottes på skærmen. I den forbindelse påpegede han også, at skærmens opløsning er fuldt tilstrækkelig til at give det nødvendige overblik. Den gode opløsning på skærmen benytter René til at bevare overblikket, når en opgave strækker sig over flere dage, og som derfor indeholder mange punkter, som visualiseres på skærmen.

Desuden benytter René som tidligere nævnt, at printe et oversigtskort over området, og på dette kort notere fikspunkter og fællespunkter. Endelig nævnte René, at det kan være meget besværligt, at notere numre på skitser når det regner.

5.

Ved mindre opgaver er det kun sjældent, at der er flere personer på samme sag, men når det sker, er oversigtskortet til stor hjælp. Ved større opgaver benyttes der som tidligere nævnt en struktureret punktnummerstrategi, der sikrer, at alle personer ved hvordan forskellige punkter skal nummereres.

6.

René benytter gerne hushjørner som fællespunkter, hvor han desuden markerer højden. Derudover benytter han Gema- og Hilti-søm, samt retromærker, der kan sættes fast på de fleste overflader. Netop retromærker er meget benyttet hos LE34, idet de kan placeres steder, der ikke berøres af entreprenørmaskiner og lignende, og dermed kan benyttes lang tid efter, for eksempel hvis der senere skal afsættes bygninger. Generelt fortalte René, at der helst benyttes faste genstande, idet sandsynligheden for at kunne benytte gamle punkter senere dermed er større.

7.

Reflektorløs måling benyttes, hvis der er opgaver, der kræver en begrænset nøjagtighed eller utilgængelige punkter som for eksempel kørestrømsledninger og karnapper. Det udføres under stor opmærksomhed, for at undgå fejlmålinger.

8.

René kunne fortælle, at problemer med identifikationen af punktnumre ofte opstår, når der blot indsamles observationer i marken, som derefter omregnes til koordinater på kontoret. Her kunne han fortælle, at i forbindelse med de tidligere omtalte banemålinger kan en punktfejl let tage 15-30 minutter, idet de indsamlede data skal indeles i mindre datasæt, og på den måde finde ud af hvor fejlen er opstået.

Derfor arbejder René også med koordinater i marken, når det er muligt, idet han dermed får kontrolleret for punktfejl, og samtidig får beregnet opstillingens nøjagtighed. Endelig giver det også den fordel, at han som tidligere nævnt kan plote alle punkter på skærmen, og dermed kan bevare overblikket over opgaven.

9.

Umiddelbart kunne René godt se anvendeligheden i at undgå at holde styr på punktnumrene, og han nævnte, at der ofte ikke skal mange opstillinger til, før der meget let kan opstå fejl i nummereringen. Dog stillede han og andre medarbejdere sig tvivlende ved, at et punkt ikke beskrives ved det samme nummer fra opstilling til opstilling, idet man på den måde måske kan føle, at man ikke har det overordnede overblik over fiks- og fællespunkternes placering.



# Appendiks B: ScanOBS

---

I dette appendiks vil der være en beskrivelse af programmet ScanOBS, som bliver brugt i forbindelse med det udviklede program.

## Indhold

1	Programbeskrivelse af ScanOBS .....	1
1.1	Generel præsentation af ScanOBS.....	1
1.2	Anvendelse af ScanOBS i projektet.....	2



## 1 Programbeskrivelse af ScanOBS

Dette appendiks vil omhandle programmet ScanOBS, der er et udjævningsprogram til GeoCAD. Appendikset vil være delt op i to afsnit, hvor der i det første afsnit vil være en generel præsentation af ScanOBS, mens det næste afsnit vil klarlægge anvendelsen af ScanOBS i projektet.

### 1.1 Generel præsentation af ScanOBS

ScanOBS udjævner punkter ved hjælp af anblok. Som input anvender programmet koordinater, som denne udjævner direkte på. Da ScanOBS ikke udjævner på retnings- og afstandsobserverationer, skal programmet ikke forveksles med et egentligt netudjævningsprogram. [Bilag A, s. 2]

Da ScanOBS kun kan udjævne på koordinater, er der i programmet mulighed for, ved anvendelse af "ScanOBS.exe", at omregne observationer til koordinater. [Bilag A, s. 1]

Efter indmåling af punkter i marken er der med ScanOBS mulighed for at foretage fejlsøgning i observationerne, beregne de udjævnede koordinater for derefter at få dannet en GeoCAD bnr-fil indeholdende de registrerede detailpunkter. [Bilag A, s. 2]

Mere specifik giver udjævningsprogrammet blandt andet mulighed for at udjævne koordinater i plan og højde, hvor det er muligt at udjævne enten med eller uden fikspunkter. Hvis det vælges at udjævne med fikspunkter, er der mulighed for at fastsætte forskellige spredninger på de givne fikspunkter. Undervejs i udjævningen er der mulighed for at vurdere residualerne. Programmet giver også mulighed for at foretage en robust udjævning, hvorved fejl i observationerne bliver lettere at finde. Yderligere bliver der efter udjævningen dannet en dokumentationsfil samt netskitse. [Bilag A, s. 4]

I forbindelse med udjævningen i ScanOBS, som udføres ved hjælp af anblok, foretages der både en simultan 2D transformation samt en simultan 1D translation. Når der i ScanOBS udjævnes uden fikspunkter, fastholdes den første opstilling. Når første opstilling fastholdes, indgår der fire transformationsparametre gange antal opstillinger minus en i udjævningen ved hjælp af anblok. Disse parametre er: en drejning om Z-aksen samt flytning i X, Y og Z. Når ScanOBS udjævner med fikspunkter, er der også mulighed for at inddrage målforhold som parameter. Det vil sige, at når fikspunkter inddrages, kan der være fem transformationsparametre gange antal opstillinger. Ved inddragelsen af målforhold er der tre valgmuligheder. Disse er følgende:

- Alle opstillinger har variabel målforhold
- Alle opstillinger har en fælles målforhold
- Alle opstillinger har målforholdet 1:1 [Bilag A, s. 8]

For at anvende ScanOBS kræves det, at en obs-fil, som indeholder koordinaterne til de opstillinger, som skal udjævnes, ligger i en mappe ved navn Obs. Hvis fikspunkter skal anvendes, skal disse være i en fix-fil samt ligge i en mappe ved navn Fikspunkter. Efterfølgende bliver følgende mapper genereret:

- Dok
- Maxidok

- Obs
- Fikspunkter
- Fikspunkter\_beregnet
- Bnr
- Bnr\_netskitser
- GSI [Bilag A, s. 3]

I disse mapper gemmes de filer, som bliver udarbejdet i forbindelse med udjævningen.

## 1.2 Anvendelse af ScanOBS i projektet

I forbindelse med genkendelse af fælles- og fikspunkter ønskes det at udjævne opstillingerne løbende for at optimere søgningen efter fælles- og fikspunkter. For at opnå et bedre resultat af denne løbende udjævning vurderes det, at denne skal foretages ved hjælp af anblok, hvor der både foretages en 2D samt en 1D sammenknytning. Da ScanOBS anvender udjævning ved hjælp af anblok, samt udjævner i 2D samt 1D, vurderes det, at ScanOBS kan anvendes i forbindelse med genkendelsen af fælles- og fikspunkter.

Ønskes det kun at foretage en udjævning på baggrund af koordinater alene, findes der i ScanOBS et alternativ til obs-filen. Dette er en dat-fil, som udelukkende indeholder opstillingsnummer, punktnummer, N, E og H. Dat-filen er struktureret således at:

- Nr. er i kolonne 1-12
- N er i kolonne 13-24
- E er i kolonne 25-36
- H er i kolonne 37-48

Hvor Nr. indeholder tekst, mens de resterende N, E og H indeholder reelle tal med decimalpunktum. Alle opstillinger er adskilt af et opstillingsnummer, som er i kolonne 1-12.

Et eksempel på en dat-fil er vist nedenfor

1			
8000	140.603	72.070	-0.810
8001	116.732	91.707	-1.182
8002	123.687	121.847	0.396
2			
8000	102.700	70.619	-1.607
8001	78.414	89.731	-1.976
8002	84.700	120.014	-0.401

Figur 1.1: Viser et eksempel på en dat-fil

Når udjævningen er foretaget i ScanOBS, skal de udjævnede koordinater samt transformationsparametrene anvendes. Disse findes i dokumentations-filen.

Et eksempel på en dokumentations-fil er vist nedenfor.

=====  
 Følgende datafiler er indlæst:  
 =====

C:\Documents and Settings\Tina Sørensen\Dokumenter\Dokumenter\AAU\10. semester\Matlab-filer\Obs\Sam\_fil.dat

Tidspunkt for kørsel dd.mm.yy hh.mm: 22.05.09 16:12  
 \*\*\*\*\*  
 \* OPSTILLINGSUDJÆVNING I PLAN OG HØJDE \*  
 \*\*\*\*\*

LIDT STATESTIK  
 .....

	Plan	Højde	Max v (mm)	
			Plan	Højde
Antal punkter: . . . . .	3	3		
Antal opstillinger: . . . . .	2	2		
Antal punkter i opstillinger: .	6	6		
Antal udvægtede ditto: . . . .	0	0	0	0
Antal fikspunkter: . . . . .	0	0		
Antal udvægtede fikspunkter: . .	0	0	0	0
Sigma grundfejl (Sgp/Sgh): . . .	0.004	0.001		
Sigma afstand (Sap/Sah): . . . .	0.000	0.000		
Antal overbestemmelser: . . . .	3	2		
Spredning på vægtenheden: . . .	0.723	1.225		
Antal overbestemmelser opst.: . .	3	2		
Spredning på vægtenheden opst.: .	0.723	1.225	3	1
Antal overbestemmelser fiksp.: . .	0	0		
Spredning på vægtenheden fiksp.: .	0.000	0.000	0	0

Målforhold i planet: Alle opstillinger: Målforhold: 1:1  
 Ingen afstandsreduktion til ellipsoiden

Sp = Sqrt ( Sgp\*\*2 + ( L\*Sap\*0.00001)\*\*2 ) (Sp og L: meter; Sgp: meter; Sap: ppm)  
 Sh = Sqrt ( Sgh\*\*2 + (L\*L\*Sah\*0.00001)\*\*2 ) (Sh og L: meter; Sgh: meter; Sah: ppm/meter)

Apriori spredning (mm) for 3 afstande (m):

Sp10: 4; Sp100: 4; Sp1000: 4  
 Sh10: 1; Sh100: 1; Sh1000: 1

OPSTILLINGSOBSERVATIONER sorteret efter opstilling  
 .....

op = antal observationer per punkt  
 u = udvægtet se herunder:  
 - = udvægtet ved manuel markering  
 \* = udvægtet ved robust udjævning

PktNr	op	OpstNr	lb	obsN (m)	obsE (m)	obsH (m)	dist2D (m)	AsN (mm)	AsE (mm)	AsH (mm)	vN (mm)	vE (mm) u	vR (mg)	vA (mm) u	vH (mm) u
8000	2	1	1	140.603	72.070	-0.810	0.000	4	4	1	-2	0	-3	-1	0
8001	2	1	1	116.732	91.707	-1.182	0.000	4	4	1	3	1	2	-3	1
8002	2	1	1	123.687	121.847	0.396	0.000	4	4	1	-1	0	3	0	-1
8000	2	2	1	102.700	70.619	-1.607	0.000	4	4	1	2	0	0	1	0
8001	2	2	1	78.414	89.731	-1.976	0.000	4	4	1	-3	-1	1	-2	-1
8002	2	2	1	84.700	120.014	-0.401	0.000	4	4	1	1	0	0	1	0

OPSTILLINGSOBSERVATIONER sorteret efter punktnummer  
 .....

oo = antal observationer per opstilling  
 u = udvægtet se herunder:  
 - = udvægtet ved manuel markering  
 \* = udvægtet ved robust udjævning

PktNr	OpstNr	lb	oo	obsN (m)	obsE (m)	obsH (m)	dist2D (m)	AsN (mm)	AsE (mm)	AsH (mm)	vN (mm)	vE (mm) u	vR (mg)	vA (mm) u	vH (mm) u
8000	1	1	3	140.603	72.070	-0.810	0.000	4	4	1	-2	0	-3	-1	0
8000	2	1	3	102.700	70.619	-1.607	0.000	4	4	1	2	0	0	1	0
8001	1	1	3	116.732	91.707	-1.182	0.000	4	4	1	3	1	2	-3	1
8001	2	1	3	78.414	89.731	-1.976	0.000	4	4	1	-3	-1	1	-2	-1
8002	1	1	3	123.687	121.847	0.396	0.000	4	4	1	-1	0	3	0	-1
8002	2	1	3	84.700	120.014	-0.401	0.000	4	4	1	1	0	0	1	0

FIKSPUNKTER  
 .....

u = udvægtet se herunder:  
 - = udvægtet ved manuel markering  
 \* = udvægtet ved robust udjævning

PktNr	obsN (m)	obsE (m)	obsH (m)	AsN (mm)	AsE (mm)	AsH (mm)	vN (mm)	vE (mm)	u	vH (mm)	u
-------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	---------	---------	---	---------	---

-----

UDJÆVNEDE KOORDINATER  
 .....

PktNr	N (m)	E (m)	H (m)
8000	13.594	-23.138	-0.810
8001	-10.272	-3.500	-1.181
8002	-3.322	26.639	0.396

TRANSFORMATIONSPARAMETRE  
 .....

$N = a*n + b*e + tranN$   
 $E = -b*n + a*e + tranE$   
 $H = h + tranH$

sp.nP = Maks spredning (storakse) på et nypunkt (plan) i afstanden 100 meter fra opstilling/modelcenter  
 sp.tH = Spredning på højdetransformationen

Geoidenhøjden er sat til 39.500 meter

OpstNr	lb	a	b	tranN	tranE	PPMsys	PPMref	sp.nP (mm)	tranH (m)	sp.tH (mm)
1	1	1.0000000000	0.0000000000	-127.007	-95.208	0	0	4	0.000	0
2	1	0.9997608240	0.0218699521	-90.627	-91.495	0	0	24	0.796	1





# Appendiks C: Udvikling af program

---

Dette appendiks indeholder en gennemgang af det udviklede program.

## Indhold

1	Program til genkendelse af fælles- og fikspunkter .....	1
1.1	Forarbejde til program .....	1
1.2	Procedurer inden genkendelsesproceduren .....	3
1.2.1	Indlæsning af data.....	3
1.2.2	Objektkodetildeling .....	4
1.2.3	Valg af to opstillinger .....	4
1.3	Genkendelsesproceduren .....	6
1.3.1	Kombination af afstande, højdeforskelle og objektkoder.....	6
1.3.2	Logisk frasortering .....	10
1.3.3	Kombination af afstande og vinkler .....	11
1.3.4	Logisk frasortering .....	14
1.3.5	Nummerering af fællespunkter.....	14
1.4	Procedurer efter genkendelsesproceduren .....	17
1.4.1	Eksport af data til anblok.....	17
1.4.2	Udjævning ved hjælp af anblok.....	18
1.4.3	Import af data fra anblok .....	22
1.4.4	Data opdateres .....	22
1.4.5	Fællespunktsnumrene overføres til de indlæste data.....	23
1.5	Inddragelse af fikspunkter.....	24
1.6	Samlet præsentation af programmet .....	26



## 1 Program til genkendelse af fælles- og fikspunkter

I dette appendiks vil der være en gennemgang af det udviklede program. Gennemgangen af programmet i appendikset vil være mere teknisk end den tidligere gennemgang i rapporten, dog vil der ikke være en detaljeret beskrivelse af de enkelte løkker i programmet. Appendikset kan læses sideløbende med det script, som et blevet udarbejdet. Navnet på scriptet er Program.m og findes på Bilags-CD 01.02. De betegnelser, der anvendes om de forskellige matrixer i dette appendiks, er de samme betegnelser, som anvendes i scriptet. For at køre det samlede program, kræves det, at programmerne Matlab og GeoCAD er installerede, samt at programmet ScanOBS haves.

Genkendelsesproceduren findes særskilt i Bilags-CD 01.01, og er navngivet Genkendelsesprocedure.m. Dette script afspejler afsnit 1.3 Genkendelsesproceduren i dette appendiks. For at køre dette script kræves der kun Matlab, idet der ikke foretages en efterfølgende udjævning, da der kun genkendes fællespunkter mellem to opstillinger.

Appendikset vil være delt op således, at der i det første afsnit vil være en beskrivelse af de forskellige filer, som skal udarbejdes, inden programmet kan køres. Ligeledes vil der være en beskrivelse af indholdet af input-filerne. I de efterfølgende tre afsnit ses der bort fra inddragelsen af fikspunkter i programmet, mens der i femte afsnit vil være en beskrivelse af, hvordan fikspunkterne inddrages i programmet. I det andet afsnit i appendikset vil der være en gennemgang af den del af programmet, som ligger forud for genkendelsesproceduren. Efterfølgende vil der i næste afsnit være en gennemgang af genkendelsesproceduren, hvor de enkelte procedurer vil blive gennemgået mere detaljeret end i gennemgangen i rapporten. I fjerde afsnit vil den resterende del af programmet, som er den del, der ligger efter genkendelsesproceduren blive gennemgået. I det femte afsnit vil der være en præsentation af, hvordan fikspunkterne inddrages i programmet. Afslutningsvis vil der i sidste afsnit i appendikset være en samlet præsentation af hele programmet, hvor de tre dele bliver samlet i én figur. Når der i dette appendiks er henvisninger til de enkelte procedurer i figurene, skrives procedurenavnet med kursiv.

### 1.1 Forarbejde til program

Inden programmet kan køres, skal der udarbejdes forskellige filer og mapper. Heriblandt er de to vigtigste filer Master.obs og kald.arg. Den første fil anvendes som input-fil til programmet, mens den anden fil anvendes til at starte programmet ScanOBS.

Det er valgt, at indlæsningen af data skal ske ved hjælp af en obs-fil kaldet Master.obs. I denne Master.obs skal der være henvisninger til de filer, som skal hentes ind i programmet. Filtyperne på de indlæste filer er valgfrit, dog skal filerne kunne indlæses i TextPad.

For at vise indholdet af en Master.obs er der nedenfor vist et eksempel.

```

MASTER
-----
Opstillinger
-----
  Op1.txt
  Op2.txt
  Op3.txt
  Op4.txt
-----
Fikspunkter
-----
  Fiks.txt
-----
Koder og definitionsspredning
-----
  Kodetabel.txt
    
```

Figur 1.1: Viser et eksempel på Master.obs

Master.obs er bygget således op, at der er tre overskrifter. Den første overskrift er "Opstillinger", hvorunder navnene på de enkelte filer, som indeholder opstillingerne, noteres. Hver fil indeholder data fra én opstilling i et lokalt koordinatsystem, hvor indholdet i filerne er følgende: punktnummer, kode, X-, Y- og Z-koordinat, alle adskilt af et mellemrum. Rækkefølgen af opstillingerne er underordnet, da et af kravene til programmet er, at alle opstillinger skal kunne knyttes sammen med en anden opstilling ved hjælp af minimum tre fællespunkter. Der må ikke være blanke linier mellem navnene på de enkelte opstillinger i filen, mens der efter listen af navne skal være en blank linie. Den anden overskrift er "Fikspunkter", hvor de indmålte fikspunkter findes i et overordnet koordinatsystem. Indholdet af filen er følgende: punktnummer, kode, X-, Y- og Z-koordinat, alle adskilt af et mellemrum. Der skal på samme måde som tidligere være en blank linie efter fil-navnet. Den sidste overskrift er "Koder og definitionsspredning", hvorunder navnet på den fil indeholdende koder til veldefinerede objekter samt deres tilhørende definitionsspredninger findes.

Definitionsspredningen er et udtryk for, hvor nøjagtigt det enkelte objekt er defineret i marken. Der findes en tabel, hvor definitionsspredningen for forskellige objekter er listet op. I denne tabel er objekter som for eksempel brønd, rist, hushjørner og mast fastsat til at have en definitionsspredning på 0,5 - 5 cm. [Borre, 1993, s. 218-219] Det vurderes, at definitionsspredningen på et veldefineret objekt er væsentlig mindre end 5 cm. I nedenstående tabel er der opstillet eksempler på vejledende definitionsspredninger, der kan anvendes i kode-filen.

Objekt	Definitionsspredning
Søm	2 mm
Brønd	5 mm
Rist	8 mm

Tabel 1.1: Viser eksempler på definitionsspredninger

Efter navnet på kode-filen i Master.obs skal der være en blank linie, for at indlæsningen af Master.obs kan gennemføres. Af Figur 1.1 fremgår det, at der er fire opstillinger, som skal knyttes sammen.

Den anden fil som skal udarbejdes er kald.arg. Indholdet af filen er vist i Figur 1.2. Filen anvendes ved start af programmet ScanOBS. Den første linie i kald.arg henviser til det sted,

hvor data om de opstillinger, der skal knyttes sammen, er i, mens tredje linie henviser til det sted, hvor filen med fikspunkterne er. Filen med data om opstillingerne, Sam\_fil.dat, bliver automatisk lavet i scriptet. Da fikspunkterne ikke skal anvendes i ScanOBS, står der til sidst i tredje linie i kald.arg et T, hvilket betyder, at filen er tom.

```
st 1 C:\XXX_STINAVN_XXX\Obs\Sam_fil.dat
st 2 S
fx 1 C:\XXX_STINAVN_XXX\Fikspunkter\T
fx 2 S
```

Figur 1.2: Viser indholdet af kald.arg

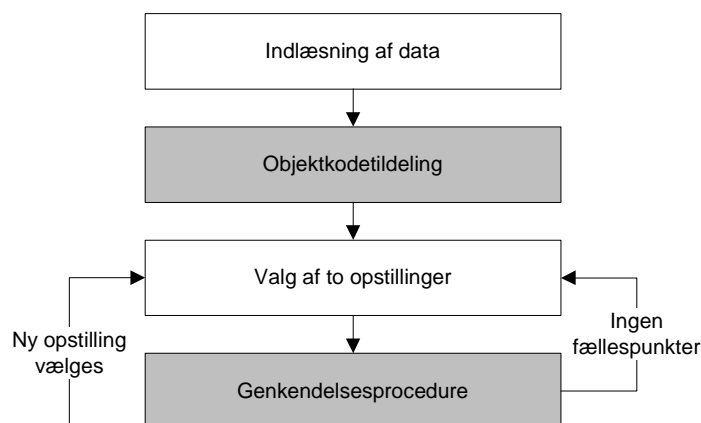
Scriptet placeres i en mappe, hvorfra programmet skal køre. Stinavnet til denne mappe kopieres, og sættes ind i stedet for XXX\_STINAVN\_XXX i Figur 1.2. Efterfølgende skal der oprettes én mappe, som skal være i den samme mappe, som scriptet er i. Navnet på den mappe, der skal oprettes, er: Obs.

Scriptet er udarbejdet således, at dette kan håndtere både opstillinger uden fikspunkter tilknyttet, og opstillinger hvor fikspunkter er tilknyttet. Hvis der ikke skal tilknyttes nogle fikspunkter, skal der være en blank linie i stedet for et fil-navn under overskriften Fikspunkter i Master.obs. Skal der derimod knyttes fikspunkter til opstillingerne, skrives fil-navnet under overskriften Fikspunkter.

## 1.2 Procedurer inden genkendelsesproceduren

Procedurerne inden genkendelsesproceduren er følgende: *Indlæsning af data*, *Objektkodetildeling* og *Valg af to opstillinger*. Det er valgt at tage objektkodetildelingen ud af genkendelsesproceduren. En begrundelse herfor er i afsnit 1.2.2 Objektkodetildeling.

Strukturen på procedurerne inden genkendelsesproceduren er vist i Figur 1.3. I de efterfølgende underafsnit vil der være en beskrivelse af de tre omtalte procedurer inden genkendelsesproceduren, som i figuren er vist med kasser.



Figur 1.3: Viser strukturen på procedurerne inden genkendelsesproceduren

### 1.2.1 Indlæsning af data

Ved indlæsning af data til programmet sker dette ved hjælp af Master.obs. Når de enkelte opstillinger bliver hentet ind i Matlab, bliver de gemt i en vektor indeholdende celler. Det vil sige, at hver plads i vektoren indeholder data fra én opstilling gemt i en matrice. Ved at arbejde i celler kan data fra opstillingerne samles i en vektor, uafhængig af hvor mange punkter der er i de enkelte opstillinger. Denne vektor har betegnelsen koor\_org, da denne ikke bliver ændret i løbet af programmet.

Kode-filen bliver ligeledes hentet ind i Matlab og gemmes i en matrice, som har betegnelsen kode\_fil. I forbindelse med indlæsningen af de enkelte koder med tilhørende definitions-spredninger, bliver spredningen på en polær måling adderet til de enkelte definitionssprednin-

ger, for derved at få et samlet udtryk for punktspredningen. Formlerne der ligger bag omtalte spredninger, samt en beskrivelse heraf findes i Appendix D. Det vil i den efterfølgende procedure være den samlede punktspredning, som anvendes.

Output fra denne procedure er `koor_org` og `kode_fil`, som indeholder følgende:

$$\text{koor\_org} = [\{\text{Op1.txt}\} \quad \{\text{Op2.txt}\} \quad \cdots \quad \{\text{OpN.txt}\}]$$

Hvor hver enkelt celle indeholder:  $\{\text{Op1.txt}\} = [\text{nr.} \quad \text{kode} \quad X \quad Y \quad Z]$

$$\text{kode\_fil} = [\text{kode} \quad \text{spredning}]$$

### 1.2.2 Objektkodetildeling

Objektkodetildeling er i rapporten en del af genkendelsesproceduren. Det er valgt at tage denne procedure ud af genkendelsesproceduren, fordi proceduren med stor sandsynlighed skal gennemløbes flere gange på den samme opstilling, hvis proceduren er en integreret del af genkendelsesproceduren. Dette begrundes med, at hver enkelt matrice i `koor_org` kan blive hentet ind flere gange i genkendelsesproceduren, hvis der ikke findes fællespunkter i mellem opstillingerne. Ved at have objektkodetildelingen uden for genkendelsesproceduren skal denne kun gennemløbes én gang for hver opstilling.

Ved gennemløb af denne procedure hentes de enkelte matricer fra `koor_org` ind, hvor koderne til de enkelte punkter matches med alle objektkoderne i matricen `kode_fil`. Når matricerne med opstillingerne efterfølgende gemmes, erstattes punkternes oprindelige numre med punktets rækkenummer fra den oprindelige matrice i `koor_org`. Dette gøres for, at det senere er muligt at henvise tilbage til matricerne i `koor_org`, når alle fællespunkterne er fundet, og har fået tildelt de rigtige fællespunktsnumre. I forbindelse med, at punkterne med veldefinerede objektkoder gemmes i en vektor indeholdende celler, gemmes spredningen, der hentes fra `kode_fil`, også.

Output fra denne procedure er `koor`, som indeholder følgende:

$$\text{koor} = [\{\text{Op1\_vel}\} \quad \{\text{Op2\_vel}\} \quad \cdots \quad \{\text{OpN\_vel}\}]$$

Hvor hver celle indeholder:  $\{\text{Op1\_vel}\} = [\text{r.nr.} \quad \text{kode} \quad \text{spredning} \quad X \quad Y \quad Z]$

### 1.2.3 Valg af to opstillinger

Inden valget af de to opstillinger er det vigtigt at understrege, at alle opstillingerne i `koor` forbliver uændret gennem genkendelsesproceduren. Det er valgt at anvende to hjælpe-matricer til at holde styr på hvilke opstillinger, som er knyttet sammen, og hvilke opstillinger, der mangler at blive knyttet sammen ved hjælp af fællespunkter. Hjælpe-matricerne er `k_med` og `k_uden`, som er henholdsvis opstillingerne, som er med i sammenknytningen og opstillingerne, som endnu ikke er sammenknyttet. Da den første opstilling som bliver gemt i `koor`, er den opstilling som alle øvrige skal transformeres over i, holdes denne fast fra starten af. Derfor indeholder `k_med` følgende:

$$\text{k\_med} = [1 \quad \text{længden af } 1]$$

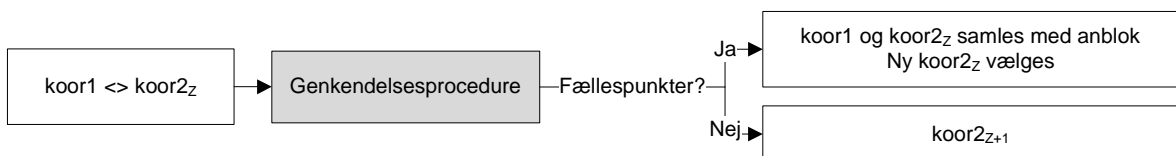
1-tallet i  $k\_med$  refererer til, at det er den første matrice i  $koor$ , og i anden søjle er længden af den første matrice i  $koor$ , det vil sige antallet af punkter, som skal anvendes i en senere procedure. Efterhånden som der findes fællespunkter mellem den første opstilling og de øvrige fra  $koor$ , vil deres matricenummer samt længde blive inddraget i  $k\_med$  som en ny række.

De resterende opstillinger er derfor i  $k\_uden$ , og denne indeholder derfor følgende:

$$k\_uden = \begin{bmatrix} 2 & \text{længden af 2} \\ 3 & \text{længden af 3} \\ \vdots & \vdots \\ n & \text{længden af n} \end{bmatrix}$$

Tallene i første søjle refererer til de pågældende matricenumre i  $koor$ , som indeholder data fra de enkelte opstillinger. Ligesom i  $k\_med$  er længden af de pågældende matricer opstillet i anden søjle. Efterhånden som der findes fællespunkter i matricerne, som  $k\_uden$  refererer til, vil rækken indeholdende det pågældende matricenummer blive slettet fra  $k\_uden$ , og blive sat ind i  $k\_med$ .

Med udgangspunkt i  $k\_med$  og  $k\_uden$  sker udvælgelsen af to opstillinger. Principperne bag udvælgelsen af opstillinger er vist i Figur 1.4. I figuren er  $koor1$  den første opstilling, som også har matricenummeret, der er i  $k\_med$ , mens  $koor2_z$  er den første opstilling, som der endnu ikke er fundet fællespunkter i, som har matricenummeret, der er i den første række i  $k\_uden$ . Disse to opstillinger gennemløbes genkendelsesproceduren. Hvis der er fundet fællespunkter sammenknyttes  $koor1$  med  $koor2_z$  ved hjælp af ScanOBS, hvilket beskrives nærmere i afsnit 1.4.2 Udjævning ved hjælp af anblok. Efterfølgende indgår  $koor2_z$  i  $koor1$ , det vil sige, at rækken med matricenummeret til  $koor2_z$  bliver tilføjet til  $k\_med$  og slettet fra  $k\_uden$ . Med andre ord bliver listen,  $k\_uden$ , over opstillinger som der endnu ikke er fundet fællespunkter i én mindre, mens listen,  $k\_med$ , over opstillinger der er fundet fællespunkter i, bliver én længere. Der vælges en ny  $koor2_z$ , som nu er den første i den opdaterede liste,  $k\_uden$ , der sammen med den opdaterede  $koor1$ , som indeholder alle matricerne i  $k\_med$ , gennemløber genkendelsesproceduren. Der vil være en beskrivelse af hvordan  $koor1$  opdateres i afsnit 1.4.4 Data opdateres. Hvis der ikke findes nogle fællespunkter mellem  $koor1$  og  $koor2_z$ , vælges den næste opstilling i listen,  $koor2_{z+1}$ , der er det næste matricenummer i  $k\_uden$ , som samme med  $koor1$  gennemløber genkendelsesproceduren.



Figur 1.4: Viser principperne bag valg af opstillinger

Senere i programmet vil der være behov for at samle flere opstillinger i samme matrice, hvor der vil være brug for at kunne skelne mellem hvilke opstillinger, de enkelte punkter oprindeligt kommer fra. Derfor får alle punkterne i forbindelse med udvælgelses-proceduren en tillægskode til deres rækkenumre, som består af et punktum og efterfølgende opstillingens matricenummer i  $koor$ . Denne tillægskode som er koblet på rækkenummeret vil følge de enkelte punkter gennem genkendelsesproceduren. For at illustrere hvordan tillægskoden bliver ind-

draget, er der nedenfor et eksempel. Ved første gennemløb er indholdet af koor1, matricenummer 1 i koor, mens indholdet af koor2 er matricenummer 2 i koor.

$$\text{koor1} = \begin{bmatrix} 2.01 & 1000 & 0,003 & 10,3 & 10,7 & 5,4 \\ 3.01 & 1000 & 0,003 & 12,6 & 15,2 & 3,0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \end{bmatrix}$$

$$\text{koor2} = \begin{bmatrix} 1.02 & 1000 & 0,003 & 5,1 & 20,8 & 2,6 \\ 5.02 & 1000 & 0,003 & 2,6 & 5,4 & 7,3 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \end{bmatrix}$$

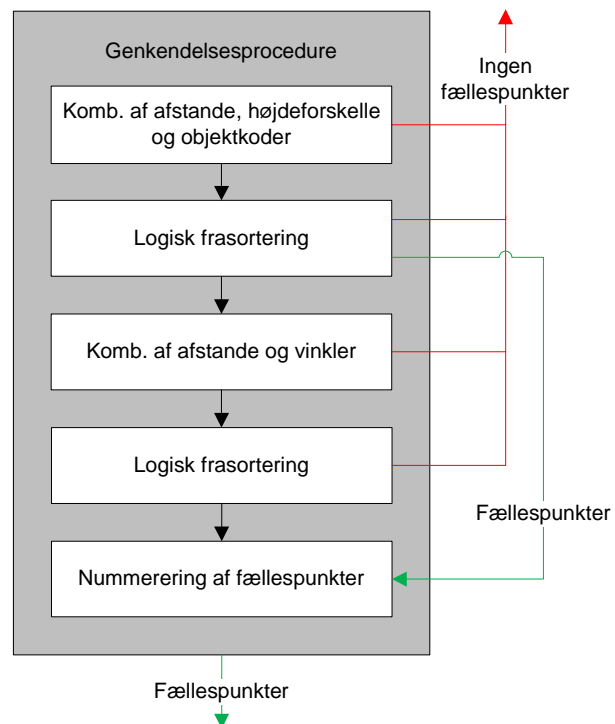
Af matricerne ovenfor fremgår det, at de første to rækker i koor1 er rækkerne 2 og 3 fra koor\_org matricenummer 1, mens de to første rækker i koor2 er rækkerne 1 og 5 fra koor\_org matricenummer 2.

Output fra denne procedure er koor1 og koor2, hvor koor1 opdateres, når der er fundet fællespunkter, mens koor2 ændres ved hver gennemløb.

### 1.3 Genkendelsesproceduren

I dette afsnit vil genkendelsesproceduren blive gennemgået, hvor det primært er en beskrivelse af inddragelsen af de forskellige intervaller, i form af spredninger, der vil være i fokus. Derudover vil der i forbindelse med gennemgangen også være en beskrivelse af de forskellige kontroller til undersøgelse af, om der er fundet fællespunkter eller ej. En beskrivelse af de grundlæggende principper for de enkelte procedurer kan findes i rapporten i afsnit 5.4 Udarbejdelse af genkendelsesprocedure.

Genkendelsesproceduren indeholder følgende procedurer: *Kombination af afstande, højdeforskelle og objektkoder*, *Logisk frasortering*, *Kombination af afstande og vinkler* samt *Nummerering af fællespunkter*.



Figur 1.5: Viser strukturen på genkendelsesproceduren

Strukturen på genkendelsesproceduren er vist i Figur 1.5. I de efterfølgende underafsnit vil der være en beskrivelse af de fem procedurer i genkendelsesproceduren, som i figuren er vist med hvide kasser, der er indeholdt i den grå kasse.

#### 1.3.1 Kombination af afstande, højdeforskelle og objektkoder

Som tidligere beskrevet er denne procedure sammensat af to forskellige værktøjer. Disse er kombination af afstande og højdeforskelle samt kombination af afstande og objektkoder. Det



sidste værktøj er i scriptet integreret i det første. I denne gennemgang vil de to værktøjer dog blive behandlet hver for sig, i det omfang det kan lade sig gøre, for at gennemgangen stadig kan afspejle proceduren i scriptet.

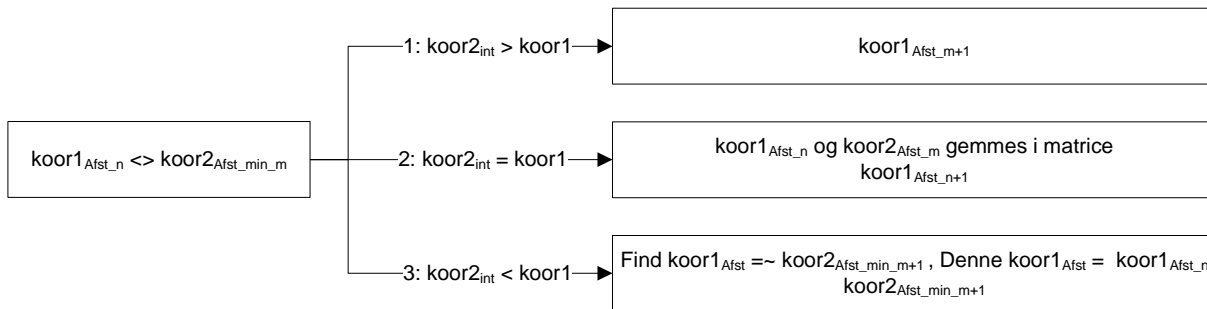
Det første der sker i denne procedure, er, at afstandene og højdeforskellene skal beregnes for samtlige kombinationer af punkter for både koor1 og koor2. Efterfølgende frasorteres alle afstande, som er under én meter. Efter disse indledende beregninger findes der to matricer, hvori blandt andet afstande og højdeforskelle er listet op sammen med de tilhørende række-numre til punkterne, hvorimellem den pågældende afstand og højdeforskel er beregnet. I koor2 er de tilhørende spredninger på afstandsdifferencen også beregnet samtidig med de øvrige beregninger. Spredningen på afstandsdifferencen beregnes på baggrund af punktspredningerne for de to punkter, der udgør afstanden, som ved hjælp af koderne hentes fra matricen kode\_fil. Yderligere er fejlgrænsen, som er  $\pm 3$  gange spredningen på afstandsdifferencen, beregnet, samt lagt til og trukket fra de beregnede afstande og tilføjet i matricen for koor2 i to særskilte søjler. Formlerne der ligger bag disse spredninger, findes i Appendiks D. Omtalte søjler repræsenterer henholdsvis minimum og maksimum i intervallet på afstanden, hvorimellem en tilsvarende afstand skal befinde sig mellem for, at der kan være tale om den samme afstand. På samme måde er et minimum og maksimum for et interval for højdeforskellen beregnet og tilføjet i to søjler i koor2. Spredningen på en højdeforskel er, jævnfør Appendiks D, en fast værdi. En forklaring på hvorfor det kun er i koor2, der beregnes spredninger, minimum- og maksimumværdier, følger senere i dette underafsnit.

Det efterfølgende i denne procedure er, at afstandene og højdeforskellene skal sammenholdes for koor1 og koor2. Først er koor1 sorteret efter de beregnede afstande, og koor2 er sorteret efter minimum i intervallet på afstandene begge med den mindste først. Efter denne sortering skal de enkelte intervaller på afstandene i koor2 sammenholdes med afstandene fra koor1, og der kan i den forbindelse opstå tre scenarier, som er følgende:

1. Afstand i koor1 er kortere end intervallet på afstand i koor2
2. Afstand i koor1 er inden for intervallet på afstanden i koor2
3. Afstand i koor1 er længere end intervallet på afstand i koor2

Når de enkelte afstande fra koor1 sammenholdes med afstandene fra koor2, er der på afstandene fra koor2 fastsat et interval. Dette interval er fastsat med den forudsætning, at de to punkter fra koor2, der danner den pågældende afstand, har de samme koder som de to punkter, der danner afstanden fra koor1. Dette kan antages, da der efter anvendelsen af dette værktøj undersøges, om de omtalte punkter fra henholdsvis koor1 og koor2 har de samme koder. Derfor er der kun beregnet interval på koor2. Grunden til, at det er koor2, der beregnes intervaller på, er, at denne vil være den mindste matrice, da koor1 vokser, efterhånden som der findes fællespunkter.

I Figur 1.6 nedenfor, er de tre scenarier opstillet, mens der efterfølgende vil være en yderligere beskrivelse af de enkelte trin. Efter hvert scenarie, foretages en ny sammenligning og dermed et nyt scenarie.



**Figur 1.6:** Viser princippet for kombination af afstande og højdeforskelle med inddragelse af intervaller

Den første mulighed der undersøges, når første minimum i intervallet på afstanden fra koor2 sammenholdes med afstanden fra koor1, er, om afstanden fra koor1 er kortere end intervallet på afstanden i koor2. Samtidig med undersøgelserne for om afstandene fra koor1 er inden for intervallet på afstanden, undersøges det om højdeforskellen fra koor1, er inden for intervallet på højdeforskellen fra koor2. Hvis afstanden fra koor1 er kortere end intervallet på afstanden i koor2, jævnfør scenarie 1 i den øverste kasse til højre på Figur 1.6, sammenholdes den næste afstand fra koor1 med det samme interval på afstanden fra koor2.

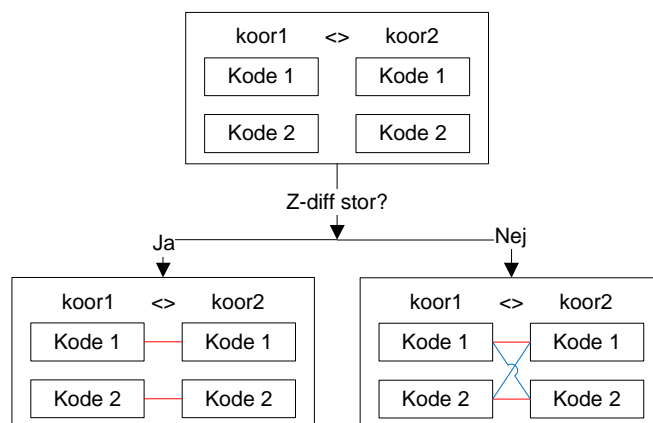
Den anden mulighed der undersøges, når første minimum i intervallet på afstanden fra koor2 sammenholdes med afstanden fra koor1, er om afstanden fra koor1, ligger inden for intervallet på afstanden fra koor2. Ligeledes undersøges det, om højdeforskellen fra koor1 er inden for intervallet på højdeforskellen fra koor2. Hvis dette er tilfældet, at både afstanden og højdeforskellen fra koor1 begge ligger inden for intervallerne fra koor2, jævnfør scenarie 2 i den midterste kasse til højre på Figur 1.6, gemmes de fire punkters række numre fra henholdsvis koor1 og koor2, som indgår i de to afstande, i matricen Sam\_forl. Efterfølgende sammenholdes den næste afstand i koor1 med det samme interval på afstanden fra koor2.

Den sidste mulighed der undersøges, når første minimum i intervallet på afstanden fra koor2 sammenholdes med afstanden på koor1, er om koor1 er længere end intervallet på afstand i koor2. Samtidig undersøges det, om højdeforskellen fra koor1 er inden for intervallet på højdeforskellen fra koor2. Hvis afstanden fra koor1 er længere end intervallet på afstanden fra koor2, skal det næste interval på afstanden fra koor2 undersøges. Inden det næste interval undersøges, findes den afstand fra koor1, som er tættest på minimum i intervallet på afstanden fra koor2. Denne afstand er den afstand fra koor1, som det næste interval på afstanden fra koor2 skal sammenholdes med. Dermed kan det undgås at sammenholde de afstande, der er for korte i koor1, med den efterfølgende afstand fra koor2.

Efter at have undersøgt afstande og højdeforskelle skal objekt koden undersøges, således at punkterne til matchende afstande fra koor1 og koor2 har de samme objekt koder. For at klarlægge de enkelte skridt i forbindelse med dette værktøj er der udarbejdet en figur. I forbindelse med undersøgelsen af objekt koder skal det undersøges, om højdeforskellen mellem punkterne er stor nok til, at denne kan skelnes. Med dette menes, om denne overstiger fejlgrænsen, som er  $\pm$  tre gange spredningen på en difference.

Strukturen på denne undersøgelse er vist i Figur 1.7. I den øverste kasse er vist, at koor1 og koor2 sammenholdes. der er vist to kasser med henholdsvis *Kode 1* og *Kode 2*, hvor *Kode 1* repræsenterer koden for det relativt laveste punkt, mens *Kode 2* repræsenterer koden til det relativt højeste punkt, hvorimellem afstanden er beregnet.

Det undersøges, hvorvidt højdeforskellen er større end fejlgrænsen. Her skal begge højdeforskelle være større end fejlgrænsen for, at der svares ja til denne undersøgelse. Når der er svaret ja i denne undersøgelse, får de sammenholdte afstande et flag i form af et 1-tal. 1-tallet gemmes i output-matricen, der beskrives afslutningsvis i dette afsnit. De sammenholdte afstande hvorimellem højdeforskellen er for lille, får et flag i form af tallet 0. Ved at tildele de sammenholdte afstande flag og efterfølgende sortere dem efter stigende højdeforskel, er det senere muligt at udnytte denne information.



Figur 1.7: Strukturen på kombination af afstande og objektkoder

Først beskrives det når højdeforskellen overstiger fejlgrænsen. Informationen om at højdeforskellen fra både koor1 og koor2 overstiger fejlgrænsen, kan anvendes når objektkoderne sammenholdes, da objektkoden for det relativt laveste punkt i koor1 skal stemme overens med objektkoden for det relativt laveste punkt i koor2 og tilsvarende for de relativt højeste punkter. Dette er i Figur 1.7 vist med røde streger i nederste kasse til venstre.

Når højdeforskellen ikke overstiger fejlgrænsen, kan informationen, om hvilke punkter der er relativt lavest og relativt højest, derfor ikke udnyttes. Når punkternes objektkoder sammenholdes, er der to muligheder for at kombinere koderne. Den ene er, at de passer sammen parvist, det vil sige, at *Kode 1* i henholdsvis koor1 og koor2 er de samme, og at *Kode 2* er de samme for både koor1 og koor2. Den anden mulighed er, at de passer sammen på kryds, det vil sige, at *Kode 1* i koor1 og *Kode 2* i koor2 passer sammen, og *Kode 2* i koor1 passer med *Kode 1* i koor2. De to kombinationsmuligheder er vist i Figur 1.7 med røde og blå streger i nederste kasse til højre.

Når denne procedure er gennemløbet, passer rækkerne sammen parvist med hensyn til afstande, højdeforskelle og objektkoder.

Output fra denne procedure er Sam\_for1, som indeholder følgende:

$$\text{Sam\_for1} = [\text{koor1 r.nr. 1} \quad \text{koor1 r.nr. 2} \quad \text{koor2 r.nr. 1} \quad \text{koor2 r.nr. 2} \quad \text{Flag}]$$

Den første søjle er det første punkt for afstanden i koor1, mens anden søjle er andet punkt i samme afstand. Tredje og fjerde søjle repræsenterer henholdsvis første og andet punkt i afstanden i koor2. I sidste søjle er flaget.

Flaget der blev anvendt i forbindelse med undersøgelsen, af om højdeforskellen er større eller mindre end fejlgrænsen, vil blive gemt for hver sammenholdt afstand. Den information der

ligger bag flaget, vil senere blive anvendt i forbindelse med afsnit 1.3.3 Kombination af afstande og vinkler.

Afslutningsvis vil der i denne procedure være en undersøgelse af, om Sam\_forl er tom, hvilket betyder, at der ikke er nogen fællespunkter mellem koor1 og koor2. Hvis Sam\_forl er tom, vil der i kassen: ”Valg af to opstillinger” blive udvalgt en ny koor2, hvorefter genkendelsesproceduren vil blive gennemløbet igen.

### 1.3.2 Logisk frasortering

Som beskrevet i rapporten er denne procedure sammensat af to dele. Som tillæg til denne procedure vil der være en kontrol af, om fællespunkterne er fundet. Strukturen er vist i Figur 1.8.

I den første del af denne procedure skal punkter, der kun optræder én gang frasorteres, da fællespunkter som minimum skal optræde to gang i Sam\_forl. I forbindelse med undersøgelsen af om punkterne optræder én gang, er det vigtigt at undersøge både koor1, første og anden søjle i Sam\_forl, og koor2, tredje og fjerde søjle i Sam\_forl.

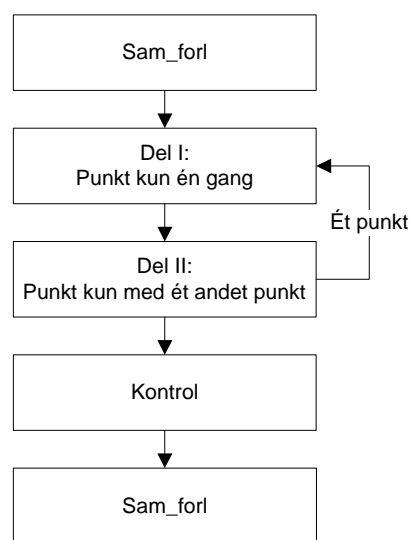
I anden del skal punkter, der kun optræder med ét andet punkt, frasorteres, da fællespunkter som minimum skal optræde med to forskellige punkter. Som ved den første del skal både koor1 og koor2 undersøges.

Efter anden del af gennemløbet foretages en undersøgelse af, om nogle af punkterne kun optræder én gang. Dette gøres for både koor1 og koor2. Hvis der i vektorerne findes et punkt, der kun optræder én gang, skal Del I og Del II gennemløbes igen. Findes der kun punkter, der optræder mere end én gang, foretages den efterfølgende kontrol.

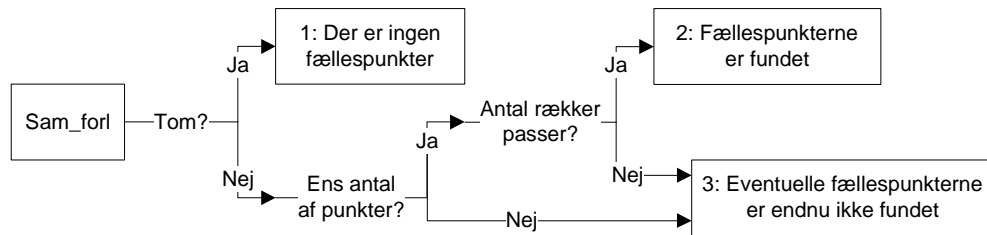
Efter gennemløbet af denne procedure skal det, jævnfør Figur 1.5, undersøges hvilken af følgende scenarier, der er opfyldt:

1. Der er ingen fællespunkter
2. Fællespunkterne er fundet
3. Eventuelle fællespunkterne er endnu ikke fundet

Det første scenarie er i Figur 1.5 vist med en rød pil, det andet scenarie er vist med en grøn pil, mens det sidste scenarie er vist med en sort pil, som fører videre til næste procedure i genkendelsesproceduren. I Figur 1.9 er principperne bag udvælgelsen af de enkelte scenarier vist.



Figur 1.8: Viser den overordnede struktur på logisk frasortering



Figur 1.9: Viser principperne bag udvælgelsen af ét af de tre scenarier

Når det undersøges, hvilket af scenarierne der er opfyldt, undersøges det først, om Sam\_forl er tom. Hvis denne er tom, er der ingen fællespunkter, og det første scenarie er opfyldt. Hvis Sam\_forl ikke er tom undersøges det, om der er lige mange af alle punkter for både koor1, som i Sam\_forl er de to første søjler, og for koor2, som er tredje og fjerde søjle. Dette undersøges, da punkter fra begge opstillinger skal fremgå lige mange gange, for at fællespunkterne muligvis er fundet. Hvis antallet af punkter passer, undersøges det, om antallet af rækker stemmer overens med det antal, som der er af hvert punkt. Eksempelvis hvis der er tre af hver punkt for både koor1 og koor2, skal der være (2+1) tre rækker i Sam\_forl for at være sikker på, at fællespunkterne er fundet. Havde der i stedet været fire af hvert punkt, skal der være (3+2+1) seks rækker i Sam\_forl og så videre. De to eksempler er vist nedenfor, hvor der i den første er tre fællespunkter, mens der i den næste er fire fællespunkter.

$$\text{Sam\_forl}_1 = \begin{bmatrix} 1.01 & 2.01 & 1.02 & 2.02 \\ 1.01 & 3.01 & 1.02 & 3.02 \\ 2.01 & 3.01 & 2.02 & 3.02 \end{bmatrix} \quad \text{Sam\_forl}_2 = \begin{bmatrix} 1.01 & 2.01 & 1.02 & 2.02 \\ 1.01 & 3.01 & 1.02 & 3.02 \\ 1.01 & 4.01 & 1.02 & 4.02 \\ 2.01 & 3.01 & 2.02 & 3.02 \\ 2.01 & 4.01 & 2.02 & 4.02 \\ 3.01 & 4.01 & 3.02 & 4.02 \end{bmatrix}$$

Hvis både antallet af punkter og antallet af rækker stemmer overens, er det andet scenarie opfyldt. Passer antallet af rækker ikke med antallet af hvert punkt, skal genkendelsesproceduren fortsætte, da eventuelle fællespunkter endnu ikke er fundet, og det tredje scenarie er dermed opfyldt. Det tredje scenarie er også opfyldt, hvis antallene af hvert punkt er forskellige, hvilket medfører, at fællespunkterne endnu ikke er fundet.

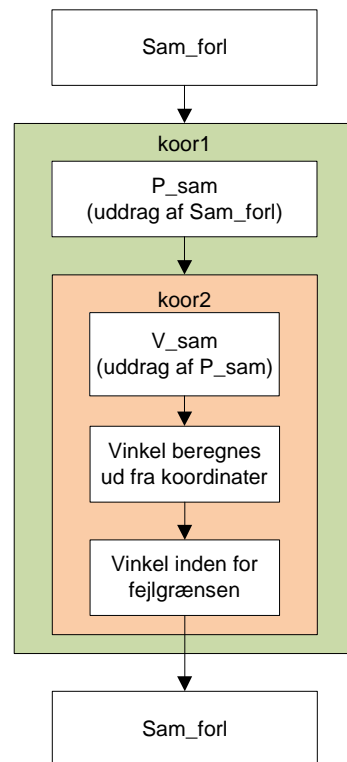
Output fra denne procedure er igen Sam\_forl.

### 1.3.3 Kombination af afstande og vinkler

Denne procedure tager, som de tidligere, udgangspunkt i Sam\_forl, hvor afstanden mellem punkterne fra henholdsvis koor1 og koor2 er de samme. Den overordnede struktur for kombination af afstande og vinkler er vist i Figur 1.10. De efterfølgende afsnit vil tage udgangspunkt i denne struktur.

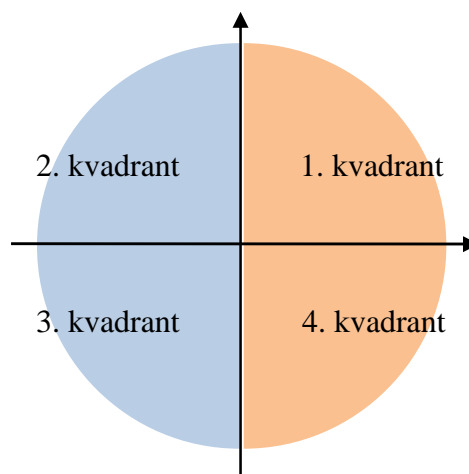
Først tages der udgangspunkt i koor1, hvor alle rækker, hvori det første Punkt n i koor1 indgår i første eller anden søjle, samles til matricen P\_sam.

Efterfølgende undersøges det, om nogle af punkterne i tredje og fjerde søjle i P\_sam går igen. Tredje og fjerde søjle rer punkter fra koor2. Hvis eksempelvis Punkt m fra koor2 går igen i P\_sam, samles de pågældende rækker i V\_sam. I delse med V\_sam undersøges det, om der i søjlen flag er et 1-tal eller et nul. Hvis der er et 1-tal, betyder dette, at det første punkt fra henholdsvis koor1 og koor2 er de relativt laveste punkter, og det andet punkt er det relativt højeste punkt. Derfor skal Punkt n og Punkt m stå på de samme pladser, det vil sige, at hvis Punkt n står i første søjle skal Punkt m være i tredje søjle eller hvis Punkt n står i anden søjle, skal Punkt m være i fjerde søjle. Hvis Punkt m og Punkt n ikke står på de samme pladser, undlades omtalte række i V\_sam. Ved at undersøge om punkterne står på de rigtige pladser, bliver det også undersøgt, om de har de rigtige objekt-koder. Står der i stedet et nul under søjlen flag, undersøges det, om koderne for Punkt m og Punkt n er de samme. Dette undersøges, fordi at når højdeforskellen er mindre end fejlgrænsen, passer koderne ikke nødvendigvis sammen parvist, men kan også passe sammen på kryds, jævnfør Figur 1.7



Figur 1.10: Viser den overordnede struktur på kombination af afstande og vinkler

Dernæst hentes de rigtige koordinater til punkterne i V\_sam fra henholdsvis koor1 og koor2. Når koordinaterne er hentet, kan retningsvinklerne mellem punkterne samt en difference mellem to retningsvinkler, som betegnes vinklerne, sammen med den tilhørende spredning på vinklen for punkterne, beregnes. Der beregnes først vinkler for de to rækker fra koor2. Ligeledes beregnes der vinkler mellem de tilsvarende to rækker for koor1. I forbindelse med beregningen af retningsvinklerne er der foretaget en fortegnanalyse. Det vil sige, at vinklerne er i intervallet mellem  $\pm 200$  gon. Af Figur 1.11 illustrerer den røde farve i 1. og 4. kvadrant at vinklerne er positive med nul ved Y-retningen, mens de blå farve illustrerer, at vinklerne her er negative. Da vinklerne fra de to opstillinger skal kunne sammenlignes, skal disse vinkler være sammenlignelige. Her kan der opstå problemer, idet vinklen kan beregnes enten med eller mod urets retning. Et eksempel herpå er, hvis der måles to vinkler, hvor vinklen fra den ene opstilling er 150 gon, mens den fra den anden opstilling er 250 gon, er disse to vinkler i princippet den samme. For at sikre at vinklerne kan sammenlignes, vælges det, at det er den mindste af de to vinkler, der foretages en undersøgelse af. I forbindelse med undersøgelsen, kontrolleres det, om de to vinkler er større eller mindre end 200 gon, når den mindste retningsvinkel trækkes fra den største. Hvis vinklen er større end 200 gon, lægges der 400 gon til den mindste af de to retningsvinkler, som vinklen bliver beregnet ud fra, for derved at opnå at den beregnede vinkel ikke overstiger 200 gon. Efterfølgende trækkes den mindste fra den største, hvor den tidligere mindste vinkel nu er den største.

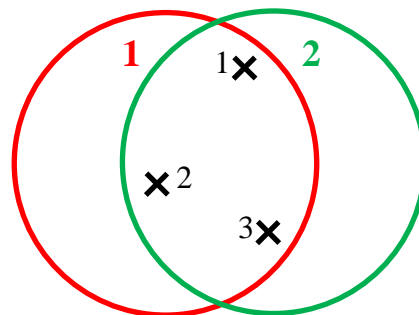


Figur 1.11: Viser de fire kvadranter

Det undersøges derefter, om vinklerne fra henholdsvis koor1 og koor2 stemmer overens inden for den beregnede fejlgrænse. Denne fejlgrænse er beskrevet i Appendiks D. Hvis vinklerne stemmer overens, er de tre punkter fra koor1 og koor2 mulige fællespunkter. De to rækker med de mulige fællespunkter gemmes i en matrice, som laves om til matricen Sam\_forl, når alle mulige fællespunkter er fundet.

Når alle vinklerne er beregnet for Punkt m, undersøges det, om der er andre punkter, som går igen i V\_sam. Hvis dette ikke er tilfældet, undersøges det næste punkt, n+1, for koor1 og en ny P\_sam opstilles. Proceduren gennemløbes, indtil alle punkter fra koor1 er undersøgt.

Efterfølgende kan matricen Fael\_pkt, der indeholder punkter til de afstande, hvorimellem der er genkendt vinkler, opstilles. Hvis der eksempelvis er tre fællespunkter mellem to opstillinger, skal hver kombination af punkter, som udgør en afstand, optræde to gang for hver opstilling. Dette begrundes med, at hver afstand indgår i to beregninger af vinkler, som bliver genkendt, en for hvert punkt. Til at illustrere hvordan Fael\_pkt er opstillet, er der nedenfor vist et eksempel, hvor tre fællespunkter er indmålt fra to opstillinger, se Figur 1.12.



Figur 1.12: Viser et eksempel med tre fællespunkter mellem to opstillinger

For bedre at kunne illustrere eksemplet opstilles matricen Sam\_forl, som er output fra afsnit 1.3.2 Logisk frasortering, og hvor alle fællespunkterne er fundet.

$$\text{Sam\_forl} = \begin{bmatrix} 1.01 & 2.01 & 1.02 & 2.02 & 1 \\ 1.01 & 3.01 & 1.02 & 3.02 & 1 \\ 3.01 & 2.01 & 3.02 & 2.02 & 1 \end{bmatrix}$$

Når der i programmet beregnes vinkler, tages der først udgangspunkt i det første punkt, Punkt n, fra Opstilling 1, som er Punkt 1.01, samt det første punkt i de rækker som Punkt 1.01 indgår i, Punkt m, fra Opstilling 2, som er Punkt 1.02. Den første vinkel der beregnes for Opstilling 1, er derfor vinklen mellem punkterne 1.01, 2.01 og 3.01, hvor vinklen beregnes med udgangspunkt i Punkt 1.01. Ligeledes beregnes den første vinkel fra Opstilling 2, som er vinklen mellem punkterne 1.02, 2.02 og 3.02, hvor vinklen beregnes med udgangspunkt i Punkt 1.02. De beregnede vinkler opstilles i vektorer, som er vist nedenfor.

$$\begin{aligned} V_{\text{op1}} &= [1.01 \quad 2.01 \quad 1.01 \quad 3.01 \quad 50 \text{ gon}] \\ V_{\text{op2}} &= [1.02 \quad 2.02 \quad 1.02 \quad 3.02 \quad 50 \text{ gon}] \end{aligned}$$

Af den første vektor fremgår det, at vinklen er beregnet med udgangspunkt i Punkt 1.01 og at punkterne i første og anden søjle udgør den første afstand, mens punkterne i tredje og fjerde søjle udgør den anden afstand. I femte søjle er den beregnede vinkel. Efterfølgende opstilles matricen Fael\_pkt med udgangspunkt i V\_op1 og V\_op2. For at illustrere indholdet af denne matrice er denne vist nedenfor, hvor ovenstående V\_op1 og V\_op2 indgår i de to første rækker.

$$\text{Fael\_pkt} = \begin{bmatrix} 1.01 & 2.01 & 1.02 & 2.02 \\ 1.01 & 3.01 & 1.02 & 3.01 \\ 2.01 & 3.01 & 2.02 & 3.02 \\ 2.01 & 1.01 & 2.02 & 1.02 \\ 3.01 & 2.01 & 3.02 & 2.02 \\ 3.01 & 1.01 & 3.02 & 1.02 \end{bmatrix}$$

Af Fael\_pkt fremgår det, at den første vinkel for henholdsvis Opstilling 1 og Opstilling 2 er beregnet med udgangspunkt i henholdsvis Punkt 1.01 og 1.02, som i ovenstående V\_op1 og V\_op2. I Fael\_pkt fremgår det, at alle punkter fremgår, som kombination med det samme andet punkt, to gange.

Efterfølgende foretages der i denne procedure en undersøgelse, hvor det undersøges, om der er nogle afstande, som indgår færre gange end de afstande som indgår flest gange. Det vil sige, at hvis der i ovenstående eksemplet er to punkter, som kun fremgår én gang som kombination af hinanden, kan denne række slettes, da disse som kombination af hinanden ikke er mulige fællespunkter. Havde der i stedet været fire fællespunkter i eksemplet, havde hvert punkt fremgået i Fael\_pkt, som kombination med det samme andet punkt, fire gange. Ved undersøgelsen vil punkter, der fremgår tre eller færre gange, som kombination med det samme punkt, blive slettet, da disse som kombination af hinanden ikke er mulige fællespunkter. Efterfølgende overføres en reduceret udgave af matricen Fael\_pkt til Sam\_forl. Reduktionen består i, at alle rækker, hvor punkter som kombination af det samme andet punkt, kun fremgår én gang, slettes.

Output fra denne procedure er igen matricen Sam\_forl.

Afslutningsvis vil der i denne procedure være en undersøgelse af, om Sam\_forl er tom, hvilket betyder, at der ikke er nogen fællespunkter mellem koor1 og koor2. Hvis Sam\_forl er tom vil der i kassen: "Valg af to opstillinger" blive udvalgt en ny koor2, hvorefter genkendelsesproceduren vil blive gennemløbet igen.

#### 1.3.4 Logisk frasortering

Den næste procedure er en gentagelse af Del I og Del II fra afsnit 1.3.2 Logisk frasortering. Denne gang vil kontrollen, af om der er fundet fællespunkter, ikke blive udført, da dette ikke er nødvendigt, idet den næste procedure er: *Nummerering af fællespunkter*.

Output fra denne procedure er Sam\_forl.

Afslutningsvis vil der dog være en undersøgelse af, om Sam\_forl er tom, hvilket betyder, at der ikke er nogen fællespunkter mellem koor1 og koor2. Hvis Sam\_forl er tom vil der i kassen: "Valg af to opstillinger" blive udvalgt en ny koor2, hvorefter genkendelsesproceduren vil blive gennemløbet forfra.

#### 1.3.5 Nummerering af fællespunkter

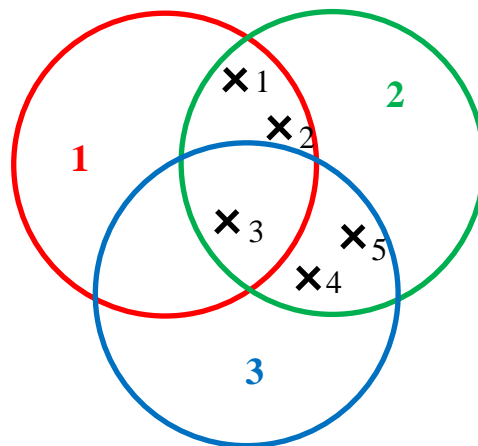
I denne procedure skal de genkendte fællespunkter nummereres, hvilket vil foregå ved at undersøge hvilke punkter, der går igen i de samme rækker i både koor1 og koor2. Efterfølgende skal disse punkter have samme fællespunktsnummer.



Inden proceduren tages i anvendelse, opdateres `k_med`, så denne også indeholder den række, som der arbejdes med i `k_uden`. Samtidig vil der være en opdatering af `k_uden` hvor omtalte række, som er indsat i `k_med`, slettes. Derefter indeholder `k_med` også matricenummeret for `koor2` samt dennes længde, og `k_uden` bliver en række kortere.

Proceduren er herunder illustreret med et eksempel, som er vist i nedenstående matrice `Sam_forl`, hvor punkterne 1.01, 2.01 og 3.01 samt 1.02, 2.02 og 3.02 er fællespunkter fra henholdsvis `koor1` og `koor2`. Eksemplet er ligeledes vist i Figur 1.13, hvor `koor1` er Opstilling 1 og `koor2` er Opstilling 2. Fællespunkterne i figuren vil i de efterfølgende blive tildelt fællespunktstallene 8001, 8002 og så videre.

$$\text{Sam\_forl} = \begin{bmatrix} 1.01 & 2.01 & 1.02 & 2.02 \\ 1.01 & 3.01 & 1.02 & 3.02 \\ 2.01 & 3.01 & 2.02 & 3.02 \end{bmatrix}$$



Figur 1.13: Viser et eksempel på sammenknytning af tre opstillinger

Ved eksemplet ovenfor går Punkt 1.01 igen i rækkerne 1 og 2. Da Punkt 1.02 ligeledes går igen i de samme rækker, skal Punkt 1.01 og 1.02 have det samme fællespunktstallene. Denne rutine fortsættes, indtil der ikke er flere punkter.

I forbindelse med tildelingen af fællespunktstallene opstilles matricen `Sam`. For at illustrere indholdet af matricen `Sam` er denne vist for eksemplet ovenfor. Matricen `Sam` er vist nedenfor. I matricen `Sam`, som er opstillet efter, at de første fællespunkter er fundet mellem Opstilling 1 og 2, er fællespunkterne i Opstilling 1 listet op i den første søjle, mens fællespunkterne i Opstilling 2 er i anden søjle. I sidste søjle har fællespunkterne fået tildelt fællespunktstallene. Fællespunktstallene vil altid optræde i den sidste søjle i `Sam`. Af den første række i `Sam` fremgår det, at Punkt 8001 er indmålt fra Opstilling 1 og 2.

$$\text{Sam} = \begin{bmatrix} 1.01 & 1.02 & 8001 \\ 2.01 & 2.02 & 8002 \\ 3.01 & 3.02 & 8003 \end{bmatrix}$$

`Sam` skal senere danne grundlag for udarbejdelsen af filen `Sam_fil.dat`, som bliver anvendt til udjævning ved hjælp af `anblok` i `ScanOBS`.

Matricen `Sam` ovenfor opstilles, når der findes fællespunkter første gang. Anden gang der findes fællespunkter bliver ovenstående `Sam` omdøbt til `Sam1` og en ny matrice, `Sam2`, bliver opstillet. Denne er vist nedenfor. I `Sam2` fremgår det, af første række i første søjle, at fællespunktet, Punkt 8003 fra ovenstående `Sam`, er inddraget i `Sam2`, da genkendelsesrutinen har fundet endnu et fællespunkt til Punkt 8003. Den øverste række har derfor igen fået fællespunktstallene 8003. Den resterende del af `Sam2` er opbygget på samme måde som matricen `Sam` ovenfor.

$$\text{Sam2} = \begin{bmatrix} 103 & 3.03 & 8003 \\ 4.02 & 4.03 & 8004 \\ 5.02 & 5.03 & 8005 \end{bmatrix}$$

Når matricerne Sam1 og Sam2 er opstillet, skal disse samles til matricen Sam, som igen skal danne grundlag for udarbejdelsen af Sam\_fil.dat. Når Sam skal samles udarbejdes en tom matrix, hvor antallet af søjler er én mere end antallet af rækker i k\_med og antallet af rækker i Sam, er samme antal, som der er fundet fællespunkter.

Matricen Sam er, efter at indholdet fra matricerne Sam1 og Sam2 er overført, vist nedenfor.

$$\text{Sam} = \begin{bmatrix} 1.01 & 1.02 & 0 & 8001 \\ 2.01 & 2.02 & 0 & 8002 \\ 3.01 & 3.02 & 3.03 & 8003 \\ 0 & 4.02 & 4.03 & 8004 \\ 0 & 5.02 & 5.03 & 8005 \end{bmatrix}$$

Af Sam fremgår det, at fællespunkterne der er fundet i den første opstilling, er vist i første søjle, mens fællespunkterne fundet i den anden opstilling er vist i den anden søjle, og i tredje søjle fællespunkterne fundet i den sidste opstilling. I sidste søjle har fællespunkterne igen fået tildelt fællespunktsnumre.

I programmet får det første fællespunkt nummer 8000, og derefter er nummereringen fortløbende. Hvis det ønskes, at nummereringen skal starte med en anden værdi, ændres variabelen *pnr* i en af de første linier i scriptet.

Output fra denne procedure er Sam, som indeholder følgende:

$$\text{Sam} = \begin{array}{cccc} \text{Op1} & \text{OpN} & \dots & \text{Fællespkt.nr.} \\ \left[ \begin{array}{cccc} \text{r.nr.} & \text{r.nr.} & \dots & \text{Punktnummer} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \end{array} \right] \end{array}$$

## 1.4 Procedurer efter genkendelsesproceduren

Strukturen på procedurerne efter genkendelsesproceduren er vist i Figur 1.14. Jævnfør figuren er procedurerne efter genkendelsesproceduren følgende: *Eksport af data til anblok, Udjævning ved hjælp af anblok, Import af data fra anblok, Data opdateres* samt *Fællespunktsnumrene overføres til de indlæste data*.

Når proceduren: *Data opdateres* gentages gennemløbet fra proceduren: *Valg af to opstillinger*.

Den sidste procedure: *Fællespunktsnumrene overføres til de indlæste data* foretages, når fællespunkterne er fundet i alle opstillinger.

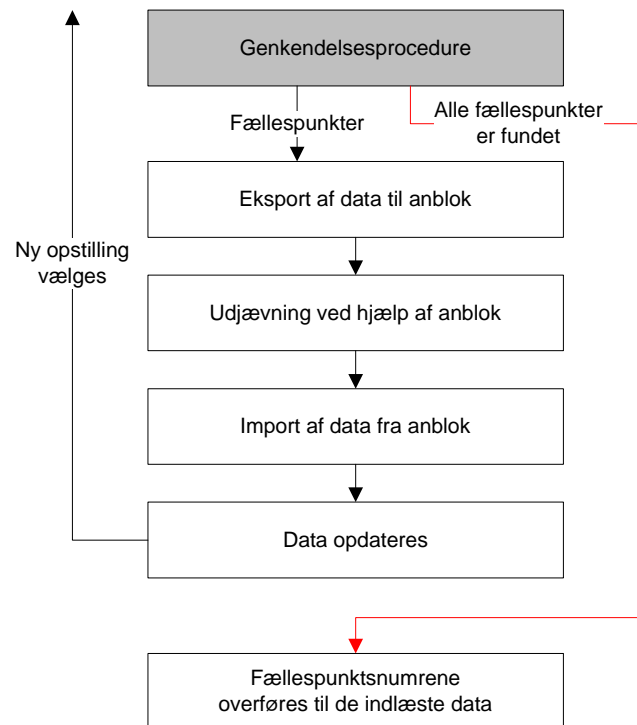
I de efterfølgende underafsnit vil der være en beskrivelse af de fire første procedurer efter genkendelsesproceduren, som i figuren er vist med kasser. Efterfølgende vil der være en beskrivelse af den sidste procedure, hvortil der er en rød pil, samt en beskrivelse af hvordan denne hænger sammen med de øvrige procedurer.

### 1.4.1 Eksport af data til anblok

Efter at de enkelte fællespunkter har fået tildelt deres fællespunktsnummer, skal disse udskrives til Sam\_fil.dat. For bedre at kunne illustrere indholdet af dat-filen vil den anden Sam matrice fra afsnit 1.3.5 Nummerering af fællespunkter blive omdannet til Sam\_fil.dat. Matricen Sam er vist nedenfor.

$$\text{Sam} = \begin{bmatrix} 1.01 & 1.02 & 0 & 101 \\ 2.01 & 2.02 & 0 & 102 \\ 3.01 & 3.02 & 3.03 & 103 \\ 0 & 4.02 & 4.03 & 104 \\ 0 & 5.02 & 5.03 & 105 \end{bmatrix}$$

I den første linie i Sam\_fil.dat skrives matricenummeret på den første opstilling. Dette nummer er det første tal i k\_med. Dernæst skrives de fundne fællespunkter i denne opstilling. De enkelte punkter får de tildelte fællespunktsnumre og deres oprindelige koordinater, X-, Y- og Z-koordinater, fra koor, hvor matricenummeret er det første tal i k\_med. Rækkefølgen af de oprindelige koordinater bliver dog ændret i Sam\_fil.dat, så rækkefølgen er Y-, X- og Z-koordinater. Grunden til, at rækkefølgen er ændret, er, at når ScanOBS startes, kan der kun vælges "YX lokalt" eller "NE lokalt". Her vælges "NE lokalt", hvilket kræver, at Y-



Figur 1.14: Viser strukturen på procedurerne efter genkendelsesproceduren

koordinaten kommer før X-koordinaten. Efterfølgende skrives det næste matricenummer. I de efterfølgende rækker skrives fællespunkterne fra anden opstilling i k\_med. Dette fortsættes, indtil der ikke er flere opstillinger i k\_med.

1			
101	28.208	9.472	7.462
102	37.201	0.560	6.620
103	28.816	2.088	13.717
2			
101	23.631	-8.650	7.466
102	21.789	-21.142	6.216
103	17.531	-13.602	13.146
104	11.576	-23.711	3.746
105	15.040	-5.490	10.149
3			
103	7.822	29.244	20.150
104	19.601	32.887	11.549
105	4.680	21.398	17.058

Figur 1.15: Viser et eksempel på Sam\_fil.dat, hvor koordinaterne til punkterne er opdagede

Output fra denne procedure er Sam\_fil.dat

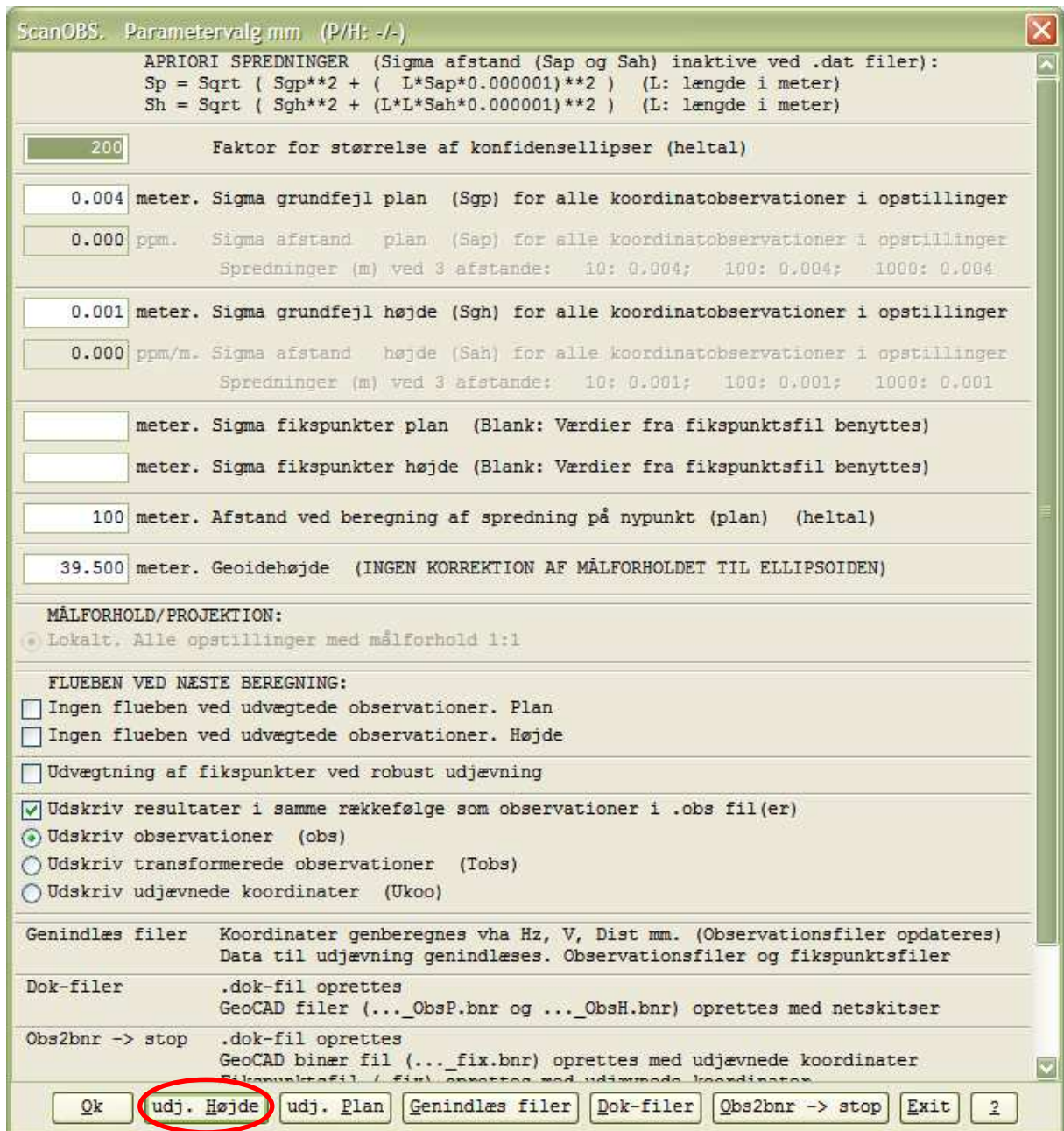
### 1.4.2 Udjævning ved hjælp af anblok

Programmet ScanOBS bliver automatisk startet op, efter at Sam\_fil er blevet genereret. Den første dialogboks der kommer, når scriptet køres, er vist i Figur 1.16. Ved denne dialogboks vælges "Fortsæt", da den første opstilling bliver holdt fast i stedet for inddragelse af fikspunkter.



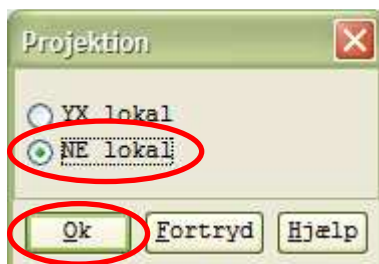
Figur 1.16: Viser den første dialogboks fra ScanOBS

I den næste dialogboks er der mulighed for at ændre på nogle af parametrene, der anvendes i forbindelse med udjævningen ved hjælp af anblok. Den næste dialogboks er vist i Figur 1.17. Da det ikke ønskes at ændre parametrene, vælges knappen "Udj. Højde". Grunden til at der udjævnes i højden først, er, at grove fejl oftest vil være lettere at opdage, når der udjævnes i højden. Der forventes dog ikke grove fejl i de data, som er læst ind i ScanOBS, da disse er nøje undersøgt igennem genkendelsesproceduren.



Figur 1.17: Viser den anden dialogboks fra ScanOBS

I den næste dialogboks, som er vist i Figur 1.18, vælges "NE lokalt".



Figur 1.18: Viser den tredje dialogboks fra ScanOBS



I den efterfølgende dialogboks, som er vist i Figur 1.19, er fællespunkterne udjævnet i højden. Af dialogboksen fremgår det, at spredningen på vægtenheden er på 1,225 og at det maksimale residual på højden er på 1 mm.

ScanOBS. Udjævning af opstillinger. Højder (P/H: -/+)

Antal punkter: . . . . . 3 | op = antal observationer per punkt  
 Antal opstillinger: . . . . . 2 |

Antal punkter i opstillinger: . 6 | - = udvægtet ved manuel markering  
 Antal udvægtede ditto: . . . . 0 | \* = udvægtet ved robust udjævning

Antal fikspunkter: . . . . . 0 | sp.tH = spredning på højdetransf.  
 Antal udvægtede fikspunkter: . 0 |

Sigma grundfejl højde (m): . . . 0.001 |  
 Sigma afstand højde (ppm/m): . 0.000 |

Antal overbestemmelser: . . . . 2 |  
 Spredning på vægtenheden: . . . 1.225 | Max sp.tH (R=100m) (mm): 1

Antal overbestemmelser opst.: . 2 |  
 Spredning på vægtenheden opst.: 1.225 | Max vH (mm): 1

Antal overbestemmelser fixp.: . 0 |  
 Spredning på vægtenheden fixp.: 0.000 | Max vH (mm): 0

---

OBSERVATIONER I OPSTILLINGER HØJDER

	PktNr	op	OpstNr	lb	obsH (m)	dist2D (m)	AsH (mm)	vH (mm)	sp.tH (mm)
<input checked="" type="checkbox"/>	8000	2	1	1	-0.401	0.000	1	1	0
<input checked="" type="checkbox"/>	8001	2	1	1	-1.607	0.000	1	0	0
<input checked="" type="checkbox"/>	8002	2	1	1	-1.976	0.000	1	-1	0
<input checked="" type="checkbox"/>	8000	2	3	1	0.396	0.000	1	0	1
<input checked="" type="checkbox"/>	8001	2	3	1	-0.810	0.000	1	0	1
<input checked="" type="checkbox"/>	8002	2	3	1	-1.182	0.000	1	1	1

Alle punkter i opstillinger er vist

Hent udvægtede markeringer fra den plane udjævning

---

INGEN FIKSPUNKTER HØJDER -- FRI UDJEVNING

Udjævn Robust udj. parametre Obs2bnr -> stop **udj. Plan** ?

Figur 1.19: Viser den fjerde dialogboks fra ScanOBS

I den næste dialogboks, som er vist i Figur 1.20, er fællespunkterne udjævnet i planen. Af dialogboksen fremgår det, at spredningen på vægtenheden er på 0,723, mens det maksimale residual er på 3 mm. Det maksimale residual findes på en Y-koordinat.

ScanOBS. Udjævning af opstillinger. Plan (P/H: +/+)

Antal punkter: . . . . .	3		op = antal observationer per punkt
Antal opstillinger: . . . . .	2		
Antal punkter i opstillinger: . . . . .	6		- = udvægtet ved manuel markering
Antal udvægtede ditto: . . . . .	0		* = udvægtet ved robust udjævning
Antal fikspunkter: . . . . .	0		Alle opstillinger: Målforhold: 1:1
Antal udvægtede fikspunkter: . . . . .	0		Ingen afstandsreduktion til ellipsoide
Sigma grundfejl plan: . . . . .	0.004 m		
Sigma afstand plan: . . . . .	0.000 ppm		
Antal overbestemmelser: . . . . .	3		
Spredning på vægtenheden: . . . . .	0.723		Max sp.nP (R=100m) (mm): 27
Antal overbestemmelser opst.: . . . . .	3		
Spredning på vægtenheden opst.: . . . . .	0.723		Max vN/vE (mm): 3
Antal overbestemmelser fixp.: . . . . .	0		
Spredning på vægtenheden fixp.: . . . . .	0.000		Max vN/vE (mm): 0

OBSERVATIONER I OPSTILLINGER PLAN

	PktNr	op	OpstNr	lb	obs N (m)	obs E (m)	vN (mm)	vE (mm)	sp.nP (mm)
<input checked="" type="checkbox"/>	8000	2	1	1	84.700	120.014	1	0	4
<input checked="" type="checkbox"/>	8001	2	1	1	102.700	70.619	2	0	4
<input checked="" type="checkbox"/>	8002	2	1	1	78.414	89.731	-3	-1	4
<input checked="" type="checkbox"/>	8000	2	3	1	123.687	121.847	-1	0	27
<input checked="" type="checkbox"/>	8001	2	3	1	140.603	72.070	-2	0	27
<input checked="" type="checkbox"/>	8002	2	3	1	116.732	91.707	3	1	27

Alle punkter i opstillinger er vist

Rent udvægtede markeringer fra højdeudjævningen

INGEN FIKSPUNKTER PLAN -- FRI UDJÆVNING

Figur 1.20: Viser den femte dialogboks fra ScanOBS

Når der er foretaget en udjævning i højden og planen, vælges knappen "Obs2bnr -> stop" i dialogboksen vist i Figur 1.20.

I den efterfølgende dialogboks, som er vist i Figur 1.21, vælges "Fortsæt", og scriptet fortsætter herefter den næste procedure.

Max lille/storakse

For beregnede nypunkter er de maksimale spredninger:

Plan. Ikke transformeret/ingen detailpunkter	
Lilleakse:	- mm
Storakse:	- mm
Højde. Ikke transformeret/ingen detailpunkter	
Højde:	- mm

Figur 1.21: Viser den sjette dialogboks fra ScanOBS

Når udjævningen er foretaget, bliver der genereret en dokumentations-fil, hvori resultaterne fra udjævningen kan findes. I starten af dokumentations-filen findes lidt statistik, hvor blandt andet antallet af punkter samt spredningen på vægtenheden kan findes. Efterfølgende findes opstillingsobservationerne sorteret på to forskellige måder. Dernæst er der i filen plads til fikspunkter. Derefter er de udjævnede koordinater til fællespunkterne listet op. Sidst i filen er transformationsparametrene listet op.

Output som skal anvendes fra ScabOBS er dokumentations-filen: Sam\_fil.dok

### 1.4.3 Import af data fra anblok

Efter at ScanOBS har udført en udjævning ved hjælp af anblok på fællespunkterne, skal resultaterne hentes ind i scriptet. Resultaterne som skal anvendes i scriptet findes i Sam\_fil.dok. De data, som skal anvendes fra Sam\_fil.dok, er de udjævnede fællespunkter samt transformationsparametre. De udjævnede koordinater hentes ind i matricen Udj\_koor, hvor koordinatrækkefølgen ændres tilbage til X, Y og Z.

I Sam\_fil.dok bliver der udregnet transformationsparametre til alle opstillinger, som er med i Sam\_fil.dat. Da de enkelte opstillinger bliver transformeret over i den første opstilling, skulle det ikke være nødvendigt at hente transformationsparametre til denne opstilling, men da de udjævnede koordinater er reduceret til tyngdepunktet, er der nogle flytninger til den første opstilling, som skal anvendes for at få denne over i det koordinatsystem, som de udjævnede fællespunkter er i. Transformationsparametrene til alle opstillingerne hentes derfor ind i programmet i matricen Trans\_par.

Output fra denne procedure er matricerne Udj\_koor og Trans\_par, som indeholder følgende:

$$\text{Udj\_koor} = [\text{nr} \quad \text{X} \quad \text{Y} \quad \text{Z}]$$

$$\text{Trans\_par} = [\text{a} \quad \text{b} \quad \text{tranX} \quad \text{tranY} \quad \text{tranZ}]$$

### 1.4.4 Data opdateres

Efter at de udjævnede koordinater til fællespunkterne samt transformationsparametrene er hentet ind, skal koor1 opdateres. Matricen koor1 skal opdateres således, at indholdet af matricen er de udjævnede fællespunkter, de transformerede koordinater til den første matrice, med undtagelse af fællespunkterne samt de transformerede koordinater til koor2, hvor fællespunkterne ligeledes ikke medtages.

I matricen Udj\_koor fra ScanOBS er koderne til fællespunkterne ikke med. Derfor skal disse findes som det første. Koderne til punkterne findes ved anvendelse af Sam, hvori række-numrene til punkterne findes, hvorefter det er muligt, ved hjælp af koor1 og koor2, at finde de rigtige koder til de udjævnede fællespunkter.

For at illustrere indholdet af den opdaterede koor1 tages der udgangspunkt i den første Sam matrice fra afsnit 1.3.5 Nummerering af fællespunkter. Matricen er vist nedenfor.

$$\text{Sam} = \begin{bmatrix} 1.01 & 1.02 & 8001 \\ 2.01 & 2.02 & 8002 \\ 3.01 & 3.02 & 8003 \end{bmatrix}$$



Med udgangspunkt i Sam opstilles den opdaterede koor1, hvor de udjævnede fællespunkter står først. Det skal her bemærkes, at fællespunkterne adskiller sig fra de øvrige punkter ved, at disse ikke har fået tildelt en tillægskode. Efterfølgende opstilles de enkelte punkter, som ikke er fællespunkter, fra den første matrice, som er i k\_med. Disse punkter bliver, ved hjælp af transformationsparametrene, transformeret over i de udjævnede fællespunkters koordinatsystem. Dernæst opstilles punkterne, der ikke er fællespunkter, fra den næste matrice, som er i k\_med, hvor punkterne ligeledes transformeres over i samme system ved hjælp af det næste sæt transformationsparametre fra Trans\_par.

$$\text{koor1} = \begin{bmatrix} 8001 & \text{kode} & \text{spredning} & X & Y & Z \\ 8002 & \text{kode} & \text{spredning} & X & Y & Z \\ 8003 & \text{kode} & \text{spredning} & X & Y & Z \\ ?.01 & \text{kode} & \text{spredning} & X & Y & Z \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ ?.02 & \text{kode} & \text{spredning} & X & Y & Z \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \end{bmatrix}$$

Anden gang koor1 opdateres, er der forud herfor beregnet nye transformationsparametre til de tre opstillinger. De enkelte punkter skal igen transformeres over i de udjævnede fællespunkters koordinatsystem ved hjælp af transformationsparametrene.

Output fra denne procedure er koor1, som indeholder følgende:

$$\text{koor1} = [\text{r.nr.} \quad \text{kode} \quad \text{spredning} \quad X \quad Y \quad Z]$$

Hele programmet gennemløbes, indtil der er fundet fællespunkter i alle opstillinger, og k\_uden dermed er tom. Efter at den sidste opstilling vælges i proceduren: *Valg af opstillinger*, og genkendelsesproceduren gennemløbes, findes de sidste fællespunkter. Matricen k\_uden er tom, når proceduren: *Nummerering af fællespunkter* er udført.

#### 1.4.5 Fællespunktsnumrene overføres til de indlæste data

Når der er fundet fællespunkter i den sidste opstilling, skal den røde pil efter genkendelsesproceduren i Figur 1.14, følges frem denne procedure.

Ved hjælp af Sam overføres de rigtige fællespunktsnumre til de oprindelige punkter i de rigtige matricer i matricen koor\_org. I Sam indgår fællespunktsnumrene i den sidste søjle. De øvrige søjler refererer til punkter, der er fællespunkter, hvor decimalen er matricenummeret i koor\_org, mens heltallet er rækkenummeret til punktet.

Efterfølgende skrives data fra de enkelte opstillinger til filer, hvor hver fil indeholder én opstilling. Filerne bliver navngivet, således at deres oprindelige filnavn står først, hvorefter der er tilføjet "\_opd". Endelsen på filerne, der beskriver hvilken filtype det er, er den samme, som da den oprindelige fil blev indlæst. Eksempelvis kommer opstillings-filen "Op1.txt" til at hedde "Op1\_opd.txt", når denne bliver opdateret med fællespunkter.

### 1.5 Inddragelse af fikspunkter

Når fikspunkterne skal inddrages i programmet, skal fil-navnet på fikspunkts-filen indsættes i Master.obs under overskriften ”Fikspunkter”. Når fikspunkterne hentes ind i Matlab, gemmes disse i matricen `fiks_org`.

En overordnet struktur på programmet med inddragelse af fikspunkter er vist i Figur 1.22, hvor genkendelsesproceduren er illustreret i en grå kasse.

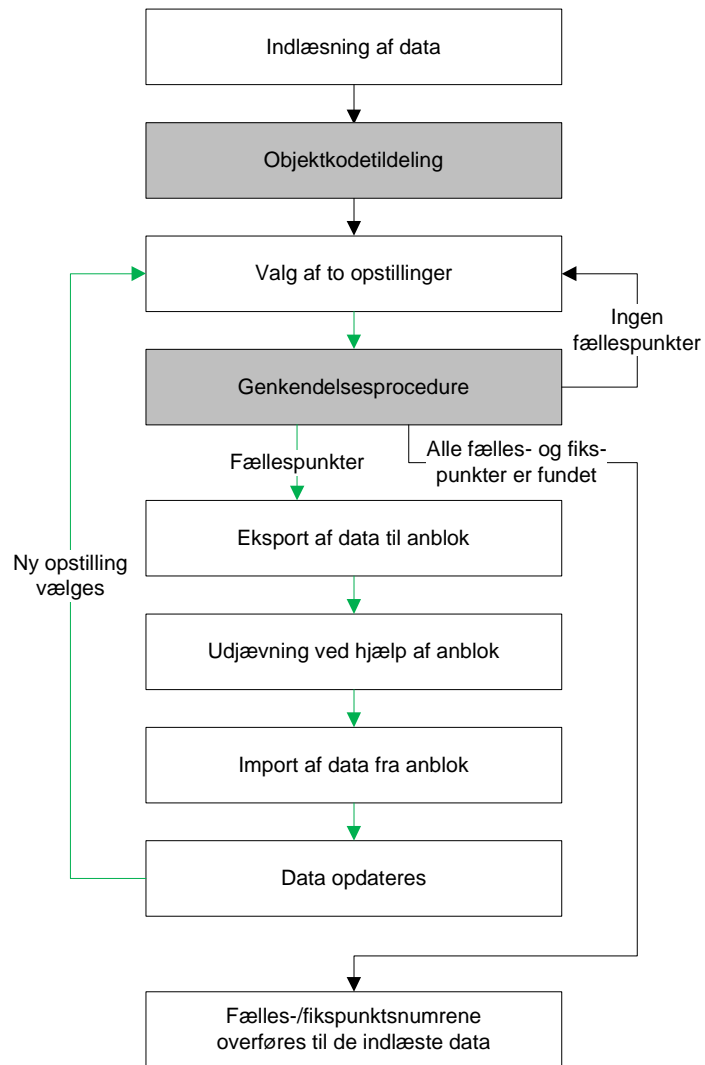
I forbindelse med indlæsningen af de enkelte fikspunkter, bliver spredningsbidraget fra GPS-målingerne adderet med definitionsspredningen til objekterne. Formlerne der ligger bag omtalte spredninger samt en beskrivelse heraf, findes i Appendiks D. Det vil i den efterfølgende procedure være samlede punktspredning, som anvendes.

Punktspredningerne til enkelte fikspunkter bliver tildelt i forbindelse med proceduren *Objektkodetildeling*. Proceduren er den samme som ved fællespunkter, hvor de enkelte punkter får tildelt rækkenummer samt en tillægskode. Efter proceduren, fås matricen `fiks_koor`, der indeholder: punktnummer, kode, spredning, X-, Y- og Z-koordinater.

Gennemløbet af de øvrige procedurer er identiske med de gennemgåede procedurer i de tidligere afsnit, dog skal den sidste opstilling gennemløbe alle procedurerne (i den grønne ring i Figur 1.22) frem til den igen er ved proceduren: *Valg af to opstillinger*.

Ved proceduren: *Valg af to opstillinger* hentes matricen `fiks_koor`, og indlæses i `koor2` og i `k_uden` indsættes det næste matricenummer, som endnu ikke er anvendt, samt længden af matricen `fiks_koor`. Dette gøres, da `k_med` skal opdateres, inden fikspunkterne kan blive nummereret. Denne opdatering skal ske ved hjælp af indholdet af `k_uden`.

Når fikspunkterne er fundet gennem de første procedurer i genkendelsesproceduren, skal fikspunkterne nummereres i den sidste procedure i genkendelsesproceduren. Det er valgt, at nummereringen af fikspunkter er fortløbende efter fællespunkterne, som tidligere er tildelt fællespunkterne mellem opstillingerne.



Figur 1.22: Overordnet struktur på programmet med fikspunkter

Efterfølgende overføres de rigtige fælles- og fikspunktsnumre til de enkelte opstillinger og fikspunkts-filen. Dette gøres ved hjælp af Sam, hvor de oprindelige punktnumre overskrives med fælles- og fikspunktsnumre. I Sam indgår fælles- og fikspunktsnumrene i den sidste søjle. I den næstsidste søjle indgår de fikspunkter fra fiks\_koor, som er fundet i opstillingerne. I denne søjle refererer heltallet til række nummeret i matricen fiks\_org. De øvrige søjler refererer til punkter, der er fælles- eller fikspunkter, hvor decimalen er matricenummeret i koor\_org, mens heltallet er række nummeret til punktet.

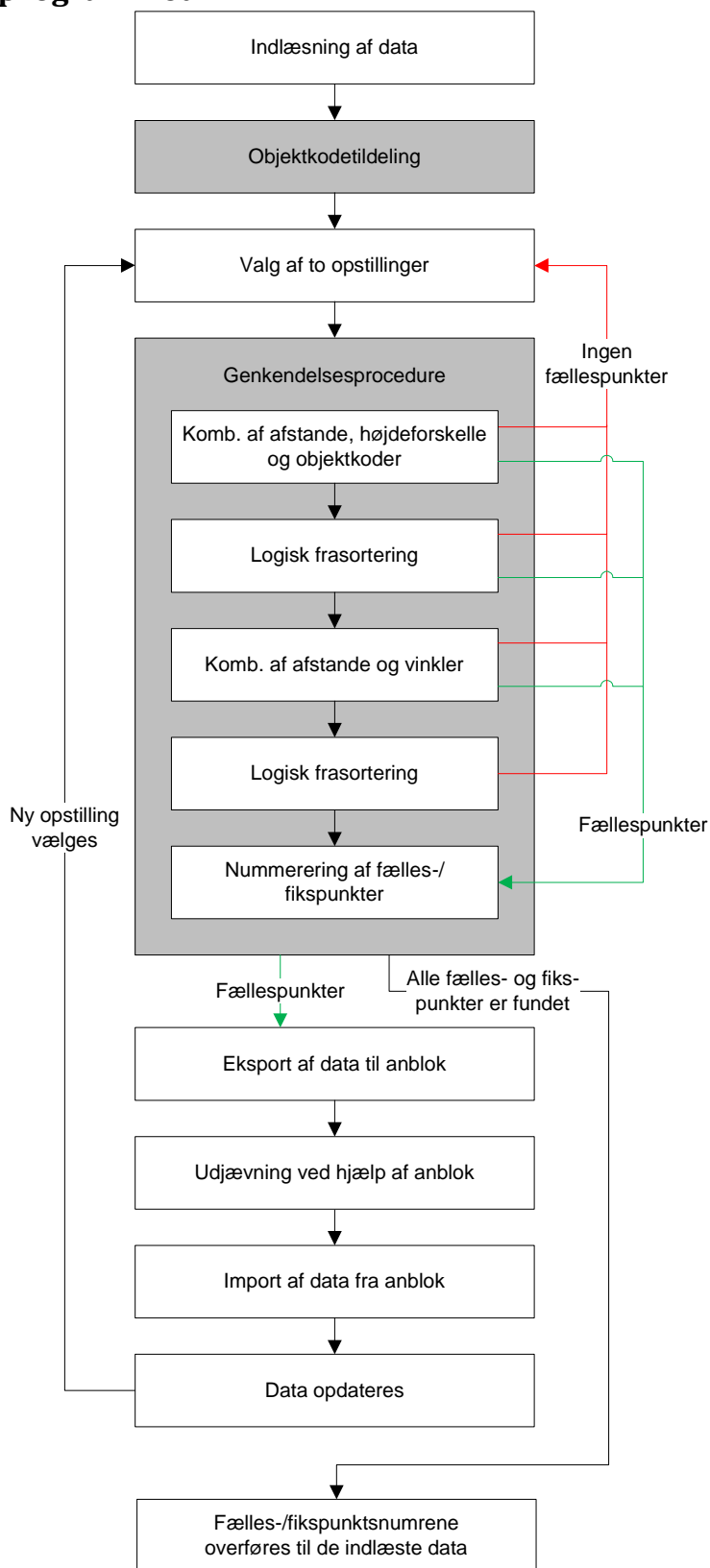
Efterfølgende skrives de opdaterede data fra de oprindelige opstillings-filer og fikspunkts-fil ud til nye filer. Filerne bliver navngivet således, at deres oprindelige filnavn står først, hvorefter der er tilføjet "\_opd". Endelsen på filerne, der beskriver, hvilken filtype det er, er den samme, som da den oprindelige fil blev indlæst. Eksempelvis kommer opstillings-filen "Op1.txt" til at hedde "Op1\_opd.txt", når denne bliver opdateret med fællespunkter og eventuelt fikspunkter.

## 1.6 Samlet præsentation af programmet

Dette afsnit skal betragtes som en opsamling på strukturen af programmet, hvor forskellige procedurer i programmet er beskrevet i de forudgående afsnit. I afsnittet vil der være en kort præsentation af det samlede program, hvor de enkelte procedurer ikke vil blive gennemgået, da disse er blevet detaljeret beskrevet i de tidligere afsnit.

Hele programmet er vist i Figur 1.23, hvor de enkelte procedurer, som tidligere er beskrevet, er vist i forskellige kasser.

Figuren viser programmets procedurer fra indlæsning af de forskellige data, som består af opstillinger, kodetabel og eventuelt fikspunkter, til at de enkelte punkter bliver genkendt som fælles- eller fikspunkter, og filerne bliver opdateret med de rigtige fælles- eller fikspunktsnumre.



Figur 1.23: Samlet struktur på hele programmet

# Appendiks D: Grænseværdier

---

Dette appendiks indeholder en udledning og beskrivelse af de formler, der benyttes i forbindelse med beregningen af fejlgrænserne i sammenligningen af henholdsvis afstande, højdeforskelle og vinkler.

## Indhold

1	Grænseværdier.....	1
1.1	Definition af $\sigma_p$ .....	1
1.1.1	Definition.....	2
1.1.2	Polær måling.....	2
1.1.3	RTK.....	3
1.1.4	Beregning af $\sigma_p$ .....	4
1.2	Afstande.....	4
1.2.1	Beregning af én afstand.....	4
1.2.2	Spredning på én afstand.....	4
1.2.3	Difference mellem to afstande.....	5
1.2.4	Spredning på differencen.....	5
1.2.5	Beregning af grovfejlsgrænse, Fællespunkter.....	5
1.2.6	Beregning af grovfejlsgrænse, Fikspunkter.....	6
1.3	Højdeforskelle.....	6
1.3.1	Beregning af én Z-værdi.....	6
1.3.2	Spredning på én Z-værdi.....	6
1.3.3	Højdeforskel.....	8
1.3.4	Spredning på en højdeforskel.....	8
1.3.5	Differencen mellem to højdeforskelle.....	8
1.3.6	Spredning på differencen.....	8
1.3.7	Beregning af grovfejlsgrænse, Fællespunkter.....	8
1.3.8	Beregning af grovfejlsgrænse, Fikspunkter.....	8
1.4	Vinkler.....	9
1.4.1	Beregning af én retningsvinkel.....	9
1.4.2	Spredning på én retningsvinkel.....	10
1.4.3	Vinkel.....	10
1.4.4	Spredning på en vinkel.....	10
1.4.5	Differencen mellem to vinkler.....	11
1.4.6	Spredning på differencen.....	11
1.4.7	Beregning af grovfejlsgrænse, Fællespunkter.....	11
1.4.8	Beregning af grovfejlsgrænse, Fikspunkter.....	12



## 1 Grænseværdier

Formålet med dette appendiks er at opstille de formler, der skal benyttes for at beregne fejlgrænser i forbindelse med sammenligningen af afstande, højdeforskelle og vinkler. Dette gøres for at kunne bestemme inden for hvilken fejlgrænse, henholdsvis afstande, højdeforskelle og vinkler skal stemme overens, for at der er tale om genkendte størrelser i forbindelse med genkendelsesproceduren.

Appendikset opdeles i et afsnit for henholdsvis definition af punktspredning, afstande, højdeforskelle og vinkler. I forbindelse med sammenligningen i genkendelsesproceduren, ses der på differencen mellem to værdier. Opbygningen af hvert afsnit er at der først beskrives, hvordan der beregnes én værdi ved polær måling, derefter udledes formlen for spredningen på værdien, hvorefter spredningen på differencen udledes. Spredningen på differencen benyttes i hvert afsnit til at beregnes fejlgrænsen, som benyttes til at bestemme, om for eksempel to værdier er genkendt. Inden for landmåling er det almindeligt at vælge, at grovfejlsgrænsen er  $3\sigma$ , hvilket betyder at 99,7 % af målingerne, statistisk set, vil ligge inden for det fundne interval. Til sidst i hvert afsnit beregnes de tilsvarende spredninger til fikspunkter, der antages at blive indmålt med GPS.

I nogle tilfælde vil der blive beregnet en fast værdi for grovfejlsgrænsen, mens der i andre tilfælde vil blive beregnet en værdi på baggrund af de objekter, der benyttes i sammenligningen. Under de enkelte afsnit begrundes det, hvilken metode der anvendes.

### 1.1 Definition af $\sigma_p$

Det vælges at definere punktspredningen som:

$$\sigma_p = \sqrt{\frac{\sigma_x^2 + \sigma_y^2}{2}} \quad [\text{Jensen, 2005, s. 67}]$$

Hvor  $\sigma_x$  er spredningen på X-koordinatet  
 $\sigma_y$  er spredningen på Y-koordinatet

Punkternes spredning vurderes at være ens i alle retninger, hvilket medfører at  $\sigma_p = \sigma_x = \sigma_y$

Det vælges at definere en total punktspredning som:

$$\sigma_{P\_total} = \sqrt{\sigma_{\text{Bidrag}}^2 + \sigma_{\text{Def}}^2}$$

Hvor  $\sigma_{\text{Bidrag}}$  er spredningen på målemetoden i meter  
 $\sigma_{\text{Def}}$  er definitionsspredningen i meter

Grunden til, at der indføres en definitionsspredning, er, at fælles- og fikspunkterne er almindelige detailpunkter, der skal indmåles fra mindst to opstillinger, eller fra mindst én opstilling og med GPS, og at disse objekter ofte kan være svære at måle nøjagtigt det samme sted hver gang. Derfor vurderes det nødvendigt, at tildele de enkelte veldefinerede objekter en definitionsspredning.

I dette afsnit vil bidraget for henholdsvis  $\sigma_{\text{Def}}$  og  $\sigma_{\text{Bidrag}}$  blive beskrevet, for at afklare om det er nødvendigt at beregne begge led, eller om det ene overstiger det andet i så høj grad, at det ikke får nogen indflydelse på den samlede spredning. Spredningen på målemetoden bliver opdelt i to dele, polær måling og RTK-måling.

### 1.1.1 Definition

I forbindelse med genkendelsen af fællespunkter, er det, som tidligere beskrevet valgt at inddele objekterne, der indmåles, i to grupper, veldefinerede og ikke-veldefinerede, og kun inddrage de veldefinerede objekter i genkendelsesproceduren. Dermed skal de forskellige veldefinerede objekter tildeles en definitionsspredning. Til opgaver, der indeholder indmåling af andre objekter, end de i tabellen listede, må operatøren tilføje disse objekter, og den tilsvarende definitionsspredning,  $\sigma_{\text{Def}}$ . Eksempler på definitionsspredninger kan ses i Tabel 1.1:

Objekt	Definitionsspredning
Søm	2 mm
Brønd	5 mm
Rist	8 mm

Tabel 1.1: Viser eksempler på definitionsspredninger

### 1.1.2 Polær måling

På grund af den tidligere definerede punktspredning, kan der ved polær måling med totalstation fra fri opstilling, beregnes et skøn for detailpunktets spredning med god tilnærmelse. [Jensen, 2005, s. 67, formel 11.3]:

$$\sigma_{\text{PM}} = \sqrt{\frac{\sigma_s^2 + \sigma_\beta^2 \frac{S^2}{\omega^2}}{2}}$$

Hvor  $\sigma_s$  er spredningen på den reducerede afstand i meter  
 $\sigma_\beta$  er spredningen på den målte vinkel i gon

Derefter kan spredningen på  $\sigma_s$  findes. [Jensen, 2005, s. 68, formel 11.4]

$$\sigma_s = \sqrt{\sigma_g^2 + (\sigma_a S 10^{-3})^2 + \sigma_c^2}$$

Hvor  $\sigma_g$  er grundfejlen i meter  
 $\sigma_a$  er den afstandsafhængige fejl i meter pr. kilometer  
 $S$  er den reducerede afstand i meter  
 $\sigma_c$  er centreringsspredningen i meter

Derefter kan spredningen på  $\sigma_\beta$  findes. [Jensen, 2005, s. 68, formel 11.5]

$$\sigma_\beta = \sqrt{\left(\frac{\sigma_r}{n_{\text{hz}}}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_c \omega}{S}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_r}{n_{\text{hz}}}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_c \omega}{S_B}\right)^2}$$



Hvor  $\sigma_r$  er spredningen på en horisontalretning målt med én sats i gon  
 $n_{hz}$  er antallet af satser  
 $\sigma_c$  er centreringsspredningen i meter  
 $S$  er sigtelængden fra A til P i meter  
 $S_B$  er sigtelængden fra A til B (udgangssigtet) i meter  
 $\omega$  er  $200/\pi$

Denne værdi er erfaringsmæssig ikke særlig stor, men for at undersøge den faktiske størrelse af  $\sigma_{PM}$  udregnes et eksempel.

Parametre der benyttes:  $\sigma_g = 0,001$  meter  
 $\sigma_a = 0,0015$  meter/km  
 $S = 100$  meter  
 $\sigma_c = 0,002$  meter  
 $n_{hz} = 0,5$   
 $S_B = 100$  meter

$$\sigma_{PM} = \sqrt{\frac{\sigma_s^2 + \sigma_\beta^2 \frac{S^2}{\omega^2}}{2}} = \sqrt{\frac{0,001m^2 + 0,002m^2 \frac{100m^2}{\omega^2}}{2}} = 0,002 \text{ meter}$$

Det kan dermed konkluderes, at bidraget fra den polære måling er ca. 2 mm. Denne værdi inddrages som en fast værdi. Denne værdi er forholdsvis lille, men dog i nogle tilfælde tæt på definitionsspredningen. Derfor vurderes det, at bidraget skal indgå i beregningen af den endelige spredning, selv om den i nogle tilfælde ikke vil få nogen indflydelse. Det skal bemærkes, at denne værdi er beregnet på baggrund af, at afstandene er sat til 100 meter. Denne længde vurderes kun sjældent at blive overskredet, og derfor vurderes det, at denne værdi kan benyttes for alle målinger.

### 1.1.3 RTK

Et skøn for punktspredningen ved RTK-målinger på grundlag af GPSnet beregnes nedenfor. [Jensen, 2005, s. 173, formel 18.2]

$$\sigma_p = \frac{\sigma_{Plan}}{\sqrt{2}} = \sigma_{gPlan} + S\sigma_{aPlan}$$

Hvor  $\sigma_{Plan}$  er planspredningen i mm  
 $\sigma_{gPlan}$  er grundfejlen i mm  
 $\sigma_{aPlan}$  er den afstandsafhængige fejl i ppm  
 $S$  er afstanden til referencestation i km

Hvis afstanden til referencestationen er 5 km, og der benyttes værdier som i eksempel 18.2 i bogen *Landmåling i Teori og Praksis*, [Jensen, 2005, s. 174], fås følgende værdi for punktspredningen ved RTK-målinger:

$$\sigma_{P\_RTK} = 0,008 \text{ meter}$$

Det skal bemærkes, at denne værdi er gældende for punkter, der er indmålt én gang. Denne værdi inddrages som en fast værdi.

### 1.1.4 Beregning af $\sigma_p$

På baggrund af det ovenstående skal der beregnes en samlet punktspredning ved totalstationsmålinger:

$$\sigma_{P\_total\_PM} = \sqrt{\sigma_{PM}^2 + \sigma_{Def}^2}$$

Ved fikspunkter beregnes den samlede punktspredning ved RTK-målinger:

$$\sigma_{P\_total\_RTK} = \sqrt{\sigma_{RTK}^2 + \sigma_{Def}^2}$$

I de efterfølgende afsnit vil notationen for den samlede punktspredning være  $\sigma_p$ . I forbindelse med sammenknytningen mellem opstillinger og fikspunkter benyttes ovenstående notation.

## 1.2 Afstande

Formålet med dette afsnit er at udlede formelen for fejlgrænsen i forbindelse med sammenligningen af afstande.

### 1.2.1 Beregning af én afstand

Først beregnes én afstand. Det antages, at punkterne der danner alle afstande, har samme nøjagtighed i hver retning. Det medfører, at i alle tilfælde kan koordinatsystemet roteres, således at alle afstande kan beregnes ved at benytte følgende formel:

$$S = X_2 - X_1$$

Hvor  $X_1$  og  $X_2$  er X-koordinatet til Punkt 2 og 1

### 1.2.2 Spredning på én afstand

Ved at benytte fejlforplantning på dette udtrykket, fås variansen på en afstand:

$$\sigma_S^2 = \left( \frac{\partial S}{\partial X_2} \right)^2 \sigma_{X_2}^2 + \left( \frac{\partial S}{\partial X_1} \right)^2 \sigma_{X_1}^2 = 1\sigma_{X_2}^2 + 1\sigma_{X_1}^2 = \sigma_{X_2}^2 + \sigma_{X_1}^2$$

Hvor  $\sigma_{X_2}^2$  og  $\sigma_{X_1}^2$  er variansen på X-koordinatet for Punkt 2 og 1

Dermed kan spredningen på en afstand beregnes:

$$\sigma_S = \sqrt{\sigma_{X_2}^2 + \sigma_{X_1}^2}$$

Hvor  $\sigma_{X_2}$  og  $\sigma_{X_1}$  er spredningen på X-koordinatet for Punkt 2 og 1

### 1.2.3 Difference mellem to afstande

I forbindelse med genkendelsesproceduren ses der på differencen mellem to afstande:

$$d = S_2 - S_1$$

Hvor  $S_2$  og  $S_1$  er to afstande

### 1.2.4 Spredning på differencen

For at finde fejlgrænsen på differencerne, findes først variansen på differencen:

$$\sigma_d^2 = \left( \frac{\partial d}{\partial S_2} \right)^2 \sigma_{S_2}^2 + \left( \frac{\partial d}{\partial S_1} \right)^2 \sigma_{S_1}^2 = 1\sigma_{S_2}^2 + 1\sigma_{S_1}^2 = \sigma_{S_2}^2 + \sigma_{S_1}^2$$

Hvor  $\sigma_{S_2}^2$  og  $\sigma_{S_1}^2$  er variansen på Afstand 2 og 1

Dermed kan spredningen på en differens beregnes:

$$\sigma_d = \sqrt{\sigma_{S_2}^2 + \sigma_{S_1}^2}$$

Hvor  $\sigma_{S_2}$  og  $\sigma_{S_1}$  er spredningen på Afstand 2 og 1

Vi ved, at de objekter der danner afstandene der sammenlignes, skal have den samme objekt-kode, og dermed samme spredning, hvilket betyder, at  $\sigma_{S_1} = \sigma_{S_2} = \sigma_S$ , hvilket igen medfører:

$$\sigma_d = \sqrt{\sigma_{S_2}^2 + \sigma_{S_1}^2} = \sqrt{2\sigma_S^2} = \sqrt{2}\sigma_S$$

Herefter kan formlerne samles til ét samlet udtryk for spredningen på differencen:

$$\sigma_d = \sqrt{2}\sigma_S = \sqrt{2}\sqrt{(\sigma_{X_2}^2 + \sigma_{X_1}^2)} = \sqrt{2(\sigma_{X_2}^2 + \sigma_{X_1}^2)}$$

### 1.2.5 Beregning af grovfejlgrænse, Fællespunkter

For at finde den maksimale størrelse differencen må have, findes fejlgrænsen:

$$d_{\max} = \pm 3\sqrt{2(\sigma_{X_2}^2 + \sigma_{X_1}^2)}$$

Som tidligere vist, ved vi, at spredningen på X- og Y-kordinaterne er den samme, hvilket betyder, at spredningen på X-kordinatet kan erstattes med punktspredningen, hvilket medfører, at fejlgrænsen kan beregnes således:

$$d_{\max} = \pm 3\sigma_d = \pm 3\sqrt{2(\sigma_{P_2}^2 + \sigma_{P_1}^2)}$$

Hvor  $\sigma_{P_2}$  og  $\sigma_{P_1}$  er punktspredningen for Punkt 2 og 1

Det vurderes, at dette udtryk for grovfejlsgrænsen skal beregnes for hver afstand, idet punktspredningen kan variere fra punkt til punkt, da punkterne har forskellige objekt-koder.

### 1.2.6 Beregning af grovfejlsgrænse, Fikspunkter

Ved sammenknytning af fikspunkter, er punktspredningen forskellig for henholdsvis totalstation og GPS, derfor beregnes fejlgrænsen efter følgende formel:

$$d_{\max} = \pm 3 \sqrt{(\sigma_{P\_total\_PM2}^2 + \sigma_{P\_total\_PM1}^2) + (\sigma_{P\_total\_RTK2}^2 + \sigma_{P\_total\_RTK1}^2)}$$

Hvor  $\sigma_{P\_total\_PM2}$  og  $\sigma_{P\_total\_PM1}$  er punktspredninger til polært målte punkter  
 $\sigma_{P\_total\_RTK2}$  og  $\sigma_{P\_total\_RTK1}$  er punktspredninger til RTK-målte punkter

På tilsvarende vis som ved fællespunkter, vurderes det, at grovfejlsgrænsen skal beregnes for hver afstand.

## 1.3 Højdeforskelle

Formålet med dette afsnit er at udlede formelen for fejlgrænsen i forbindelse med sammenligningen af højdeforskelle.

### 1.3.1 Beregning af én Z-værdi

Z-værdier findes ved, at beregne forskellen i højden mellem totalstation og prisme. [Jensen, 2005, s. 29, formel 6.2]

$$Z = S_d \cos V + \left( \frac{(1 - k_{ref})}{2R} S_d^2 \sin^2 V \right) + i_h - s_h$$

Hvor  $S_d$  er den skrå afstand i meter  
 $V$  er zenitdistancen i gon  
 $k_{ref}$  er refraktionskoefficienten  
 $R$  er en repræsentativ værdi for Jordens radius i meter  
 $i_h$  er instrumenthøjden i meter  
 $s_h$  er sigteskivehøjden i meter

### 1.3.2 Spredning på én Z-værdi

Herefter kan spredningen på én Z-værdi beregnes. [Jensen, 2005, s. 30, formel 6.3]

$$\sigma_z^2 = \left( \frac{\partial z}{\partial S_d} \right)^2 \sigma_{S_d}^2 + \left( \frac{\partial z}{\partial V} \right)^2 \frac{\sigma_v^2}{n_v \omega^2} + \left( \frac{\partial z}{\partial k_{ref}} \right)^2 \sigma_{K_{ref}}^2 + \left( \frac{\partial z}{\partial i_h} \right)^2 \sigma_{i_h}^2 + \left( \frac{\partial z}{\partial s_h} \right)^2 \sigma_{s_h}^2$$

Hvor  $\sigma_{S_d}$  er spredningen på den målte skrå afstand i meter  
 $\sigma_v$  er spredningen på zenitdistancen i gon  
 $n_v$  er antallet af målte satser  
 $\sigma_{K_{ref}}$  er spredningen på refraktionskoefficienten  
 $\sigma_{i_h}$  er spredningen på instrumenthøjden i meter  
 $\sigma_{s_h}$  er spredningen på sigteskivehøjden i meter

Det medfører, at spredningen kan beregnes efter følgende udtryk:

$$\sigma_z^2 = \left( (\cos V) + \left( 2S_d \frac{1-k_{\text{ref}}}{2R} \sin^2 V \right) \right)^2 \sigma_{S_d}^2 + \left( (-S_d \sin V) + \left( \sin 2V \left( \frac{(1-k_{\text{ref}})S_d^2}{2R} \right) \right) \right)^2 \frac{\sigma_v^2}{n_v \omega^2} + \left( \frac{-S_d^2 \sin^2 V}{2R} \right)^2 \sigma_{K_{\text{ref}}}^2 + 1^2 \sigma_{i_h}^2 + 1^2 \sigma_{s_h}^2$$

Som det kan ses af formlen for spredningen på én Z-værdi, er det omfangsrigt at beregne denne størrelse for hver enkelt værdi. Derfor vil der blive beregnet en størrelse, der er repræsentativ for så mange situationer som muligt, og dermed kan benyttes som fast værdi for spredningen på Z-værdierne.

For at finde den samlede spredning på en Z-værdi adderes definitionsspredningen:

$$\sigma_{Z_{\text{total}}} = \sqrt{\sigma_Z^2 + \sigma_{\text{Def}}^2}$$

For at finde en fast værdi, undersøges spredningen for Z-værdien beregnet med forskellige parametre.

Parametrene der benyttes:  $k_{\text{ref}} = 0,13$   
 $\sigma_{S_d} = 0,002$  meter  
 $\sigma_{k_{\text{ref}}} = 0,15$   
 $\sigma_v = 0,001$  gon  
 $n_v = 0,5$   
 $\sigma_{i_h} = 0$  meter  
 $\sigma_{s_h} = 0,002$  meter  
 $R = 6.386.000$  meter  
 $\sigma_{\text{Def}} = 0,005$  meter

Med disse parametre fås følgende spredninger på Z-værdierne,  $\sigma_{Z_{\text{total}}}$ :

$S_d(\text{m}) \setminus V(\text{gon})$	60	80	100
100	0,0057	0,0058	0,0058
200	0,0065	0,0069	0,0070

**Tabel 1.2:** Viser de beregnede værdier i meter for den samlede spredning på en Z-værdi

Ud fra ovenstående resultater, vurderes det, at den faste værdi for spredningen på en Z-værdi kan fastsættes til 6 mm. Det begrundes med, at der kun sjældent måles længere end 100 meter. Selv i de tilfælde hvor der eventuelt måles op til 200 meter, er spredningen ikke meget større, og spredningen sættes derfor til de 6 mm, idet denne værdi vurderes at være passende for størstedelen af målingerne.

I det efterfølgende betegnes den totale spredningen på en Z-værdi som  $\sigma_z$

### 1.3.3 Højdeforskel

I forbindelse med genkendelsesproceduren beregnes der en højdeforskel mellem to Z-værdier fra henholdsvis Opstilling 1 og 2.

$$\Delta Z = Z_2 - Z_1$$

Hvor  $Z_2$  og  $Z_1$  er to Z-værdier fra én opstilling

### 1.3.4 Spredning på en højdeforskel

Først findes spredningen på  $\Delta Z$ .

$$\sigma_{\Delta Z} = \sqrt{\sigma_{Z_2}^2 + \sigma_{Z_1}^2} = \sqrt{2}\sigma_Z = \sqrt{2} \cdot 0,006 \text{ meter} = 0,008 \text{ meter}$$

Hvor  $\sigma_{Z_2}$  og  $\sigma_{Z_1}$  er spredningen på Z-værdien for Punkt 2 og 1 fra én opstilling

### 1.3.5 Differencen mellem to højdeforskelle

I genkendelsesproceduren beregnes der en differens mellem højdeforskellen fra hver opstilling, Z-differencen.

$$Z_{\text{diff}} = \Delta Z_2 - \Delta Z_1$$

Hvor  $\Delta Z_2$  og  $\Delta Z_1$  er højdeforskellen fra Opstilling 2 og 1

### 1.3.6 Spredning på differencen

For at finde fejlgrænsen på differencerne, findes spredningen på differencen på tilsvarende vis som tidligere.

$$\sigma_{Z_{\text{diff}}} = \sqrt{\sigma_{\Delta Z_2}^2 + \sigma_{\Delta Z_1}^2} = \sqrt{2} \cdot \sigma_{\Delta Z} = \sqrt{2} \cdot 0,008 \text{ meter} = 0,012 \text{ meter}$$

Hvor  $\sigma_{\Delta Z_2}$  og  $\sigma_{\Delta Z_1}$  er spredningen på højdeforskellen fra Opstilling 2 og 1

### 1.3.7 Beregning af grovfejlgrænse, Fællespunkter

Dermed kan fejlgrænsen for Z-differencerne findes:

$$Z_{\text{diff}_{\text{max}}} = \pm 3\sigma_{Z_{\text{diff}}} = \pm 3 \cdot 0,012 \text{ meter} = \pm 0,036 \text{ meter}$$

Denne værdi er integreret i scriptet som en fast værdi.

### 1.3.8 Beregning af grovfejlgrænse, Fikspunkter

Dermed kan der beregnes et skøn for spredningen på højden ved RTK-målinger på grundlag af GPSnet. [Jensen, 2005, s. 173, formel 18.3]

$$\sigma_Z = \sigma_{gZ} + S\sigma_{aZ}$$

Hvor  $\sigma_{gZ}$  er grundfejlen i mm  
 $\sigma_{aZ}$  er den afstandsafhængige fejl i ppm  
S er afstanden til referencestation i km

Hvis afstanden til referencestationen er 5 km, og der benyttes værdier som i eksempel 18.2 i bogen *Landmåling i Teori og Praksis*, fås følgende værdi for spredningen på højden ved RTK-målinger: [Jensen, 2005, s. 174]

$$\sigma_{Z\_RTK} = 0,017 \text{ meter}$$

Det skal bemærkes, at denne værdi er gældende for punkter, der er indmålt én gang.

Det giver følgende spredning på en højdeforskel ved RTK-måling:

$$\sigma_{\Delta Z} = \sqrt{\sigma_{Z\_RTK_2}^2 + \sigma_{Z\_RTK_1}^2} = \sqrt{2}\sigma_{Z\_RTK} = \sqrt{2} \cdot 0,017 \text{ meter} = 0,024 \text{ meter}$$

Ved sammenknytning af opstillinger og fikspunkter, er spredningen på højden forskellig for henholdsvis totalstation og GPS, derfor beregnes fejlgrænsen efter følgende formel:

$$\sigma_{Z\_diff} = \sqrt{\sigma_{\Delta Z\_PM}^2 + \sigma_{\Delta Z\_RTK}^2} = \sqrt{0,008^2 + 0,024^2} = 0,025 \text{ meter}$$

Hvor  $\sigma_{\Delta Z\_PM}$  er spredningen på en højdeforskel til polært målte punkter  
 $\sigma_{\Delta Z\_RTK}$  er spredningen på en højdeforskel til RTK-målte punkter

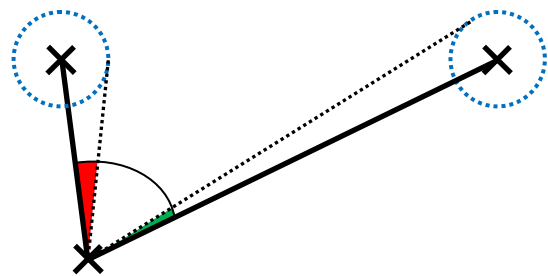
Dermed kan fejlgrænsen Z-differencen findes:

$$Z_{diff\_max} = \pm 3\sigma_{Z\_diff} = \pm 3 \cdot 0,025 \text{ meter} = \pm 0,076 \text{ meter}$$

Denne værdi er integreret i scriptet som en fast værdi.

## 1.4 Vinkler

Formålet med dette afsnit er at udlede formelen for fejlgrænsen i forbindelse med sammenligningen af vinkler. Vinklerne findes ved at finde differencen mellem to retningsvinkler. Det vælges, at beregne en værdi for fejlgrænsen for hver vinkel, idet afstanden mellem de tre punkter der danner vinklen, afgør hvor stor usikkerheden er på vinklen, se Figur 1.1.



Figur 1.1: Viser afstandens betydning for spredningen på vinklen

### 1.4.1 Beregning af én retningsvinkel

Retningsvinklerne findes indledningsvis. [Jensen, 2005, s.143, formel 16.7] Det skal bemærkes, at notationen er ændret, idet der arbejdes med X- og Y-kordinater.

$$\alpha = \text{atan}\left(\frac{\Delta X}{\Delta Y}\right)$$

Hvor  $\Delta X$  og  $\Delta Y$  er forskellen mellem X- og Y-kordinaterne for Punkt 1 og 2

### 1.4.2 Spredning på én retningsvinkel

Herefter kan variansen på retningsvinklen findes. [Jensen, 2005, s. 143, formel 16.9]

$$\sigma_a^2 = \mathbf{J}_a \sum_{\Delta} \mathbf{J}_a^T = \begin{vmatrix} \frac{\Delta X}{S^2} & \frac{\Delta Y}{S^2} \\ \sigma_{\Delta X}^2 & \sigma_{\Delta XY} \\ \sigma_{\Delta YX} & \sigma_{\Delta Y}^2 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \end{vmatrix}^T$$

Hvor  $\sigma_{\Delta x}^2$  er variansen på differencen i X,  $\sigma_{\Delta x}^2 = \sigma_{x2}^2 + \sigma_{x1}^2$   
 $\sigma_{\Delta y}^2$  er variansen på differencen i Y,  $\sigma_{\Delta y}^2 = \sigma_{y2}^2 + \sigma_{y1}^2$   
 $\sigma_{\Delta xy}$  og  $\sigma_{\Delta yx}$  er kovarianserne på differencen i X og Y

Det antages, at X- og Y-koordinaterne er uafhængige, hvilket medfører, at kovarianserne er 0. Det vides, at henholdsvis  $\sigma_{x2}$  og  $\sigma_{y2}$  og  $\sigma_{x1}$  og  $\sigma_{y1}$  er ens, idet spredningen for hvert punkt er ens i begge retninger, hvilket betyder, at

$$\sigma_{\Delta x}^2 = \sigma_{\Delta y}^2 = \sigma_s^2 = \sigma_{p2}^2 + \sigma_{p1}^2$$

Hvor  $\sigma_{p2}$  og  $\sigma_{p1}$  er punktspredningen for Punkt 2 og 1

Det medfører, at variansen på retningsvinklen kan findes ved:

$$\sigma_a^2 = \mathbf{J}_a \sum_{\Delta} \mathbf{J}_a^T = \begin{vmatrix} \frac{\Delta X}{S^2} & \frac{\Delta Y}{S^2} \\ (\sigma_{p2}^2 + \sigma_{p1}^2) & 0 \\ 0 & (\sigma_{p2}^2 + \sigma_{p1}^2) \end{vmatrix} \begin{vmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \end{vmatrix}^T$$

Spredningen på retningsvinklen er dermed:

$$\sigma_a = \sqrt{\mathbf{J}_a \sum_{\Delta} \mathbf{J}_a^T}$$

Udtrykket for  $\sigma_a$  er i radian.

### 1.4.3 Vinkel

I forbindelse med genkendelsesproceduren ses der på differencen mellem to retningsvinkler, der giver den vinkel, der skal benyttes i sammenligningen:

$$V = \alpha_2 - \alpha_1$$

Hvor  $\alpha_2$  og  $\alpha_1$  er to retningsvinkler

### 1.4.4 Spredning på en vinkel

For at finde fejlgrænsen på vinklen, der skal sammenlignes, findes variansen på differencen.

$$\sigma_v^2 = \left( \frac{\partial V}{\partial \alpha_2} \right)^2 \sigma_{\alpha_2}^2 + \left( \frac{\partial V}{\partial \alpha_1} \right)^2 \sigma_{\alpha_1}^2 = 1 \sigma_{\alpha_2}^2 + 1 \sigma_{\alpha_1}^2 = \sigma_{\alpha_2}^2 + \sigma_{\alpha_1}^2$$

Hvor  $\sigma_{\alpha_2}^2$  og  $\sigma_{\alpha_1}^2$  er variansen på retningsvinklen fra Punkt 2 og 1



Dermed kan spredningen på vinklen findes.

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma_{\alpha_2}^2 + \sigma_{\alpha_1}^2}$$

Hvor  $\sigma_{\alpha_2}$  og  $\sigma_{\alpha_1}$  er spredningen på retningsvinklen fra Punkt 2 og 1

Dermed kan formlerne samles til ét samlet udtryk for variansen på de enkelte vinkler.

$$\sigma_v^2 = J_{\alpha_2} \sum_{\Delta_2} J_{\alpha_2}^T + J_{\alpha_1} \sum_{\Delta_1} J_{\alpha_1}^T$$

Endelig kan formlen for spredningen de enkelte vinkler findes.

$$\sigma_v = \sqrt{J_{\alpha_2} \sum_{\Delta_2} J_{\alpha_2}^T + J_{\alpha_1} \sum_{\Delta_1} J_{\alpha_1}^T}$$

Udtrykket for  $\sigma_v$  er i radian.

#### 1.4.5 Differencen mellem to vinkler

I forbindelse med genkendelsesproceduren ses der på differencen mellem to vinkler, vinkel-differencen.

$$V_{\text{diff}} = V_2 - V_1$$

Hvor  $V_2$  og  $V_1$  er to vinkler

#### 1.4.6 Spredning på differencen

For at finde fejlgrænsen på differencerne, findes først spredningen på differencen. Formlen opstilles nedenfor, idet det igen vides, at spredningen er ens fra begge opstillinger.

$$\sigma_{v_{\text{diff}}} = \sqrt{\sigma_{V_2}^2 + \sigma_{V_1}^2} = \sqrt{2\sigma_v^2} = \sqrt{2}\sigma_v$$

Hvor  $\sigma_{v_2}$  og  $\sigma_{v_1}$  er spredningen på vinklen fra Opstilling 2 og 1

#### 1.4.7 Beregning af grovfejlgrænse, Fællespunkter

For at finde den maksimale størrelse, som differencen må have, findes grovfejlgrænsen:

$$V_{\text{max}} = \pm 3\sigma_{v_{\text{diff}}} = \pm 3\sqrt{2}\sigma_v = \pm 3\sqrt{2} \left( J_{\alpha_2} \sum_{\Delta_2} J_{\alpha_2}^T + J_{\alpha_1} \sum_{\Delta_1} J_{\alpha_1}^T \right)$$

Det vurderes, at dette udtryk for grovfejlgrænsen skal beregnes for hver vinkel, idet punktspredningen kan variere fra punkt til punkt, da punkterne har forskellige objekt-koder.

**1.4.8 Beregning af grovfejlsgrænse, Fikspunkter**

Ved RTK-måling benyttes følgende formel:

$$V_{\max} = \pm 3\sigma_{V_{\text{diff}}} = \pm 3\sqrt{\left( J_{\alpha_{PM2}} \sum_{\Delta_{PM2}} J_{\alpha_{PM2}}^T + J_{\alpha_{PM1}} \sum_{\Delta_{PM1}} J_{\alpha_{PM1}}^T \right) + \left( J_{\alpha_{RTK2}} \sum_{\Delta_{RTK2}} J_{\alpha_{RTK2}}^T + J_{\alpha_{RTK1}} \sum_{\Delta_{RTK1}} J_{\alpha_{RTK1}}^T \right)}$$

Hvor            Notationen PM er ved polær måling  
                  Notationen RTK er ved RTK-måling

På tilsvarende vis som ved fællespunkter, vurderes det, at grovfejlsgrænsen skal beregnes for hver vinkel.

# Appendiks E: Test af program

---

Dette appendiks indeholder en gennemgang af de tests, der udføres, for at kontrollere at programmet virker. Som i rapporten testes genkendelsesprocedurens enkelte funktioner først. Dernæst testes det, om den samlede genkendelsesprocedure kan genkende fællespunkter i forskellige målesituationer. Til sidst testes det samlede program, hvor flere opstillinger bliver knyttet sammen. De anvendte ortofotos tilhører Cowi.

## Indhold

1	Test af program.....	1
1.1	Dataindsamling .....	1
1.1.1	Opstilling 1 .....	4
1.1.2	Opstilling 2 .....	4
1.1.3	Opstilling 3 .....	5
1.1.4	Opstilling 4 .....	6
1.1.5	Opstilling 5 .....	6
1.2	Test af funktioner.....	7
1.2.1	Afstande.....	7
1.2.2	Højdeforskelle .....	8
1.2.3	Objektkoder .....	9
1.2.4	Logisk .....	9
1.2.5	Vinkler.....	10
1.2.6	Nummerering.....	11
1.3	Test af genkendelsesprocedure .....	12
1.3.1	Almindelige situationer .....	12
1.3.2	Ens Z-værdier .....	14
1.3.3	Ens objektkoder .....	16
1.3.4	Fællespunkter på linie.....	17
1.3.5	Geometrisk ens objekter .....	20
1.4	Test af hele programmet .....	22
1.4.1	Test med tre opstillinger .....	23
1.4.2	Test med fem opstillinger.....	25
1.4.3	Test med fem opstillinger og fikspunkter.....	28



## 1 Test af program

Formålet med dette appendiks er at teste det udviklede program. Dette gøres ved at teste programmet i tre dele, ét hvor de enkelte funktioner i genkendelsesproceduren testes, ét hvor genkendelsesproceduren testes for forskellige målesituationer, og ét hvor det samlede program testes. Inden testene gennemgås, beskrives dataindsamlingen, der ligger til grund for testene.

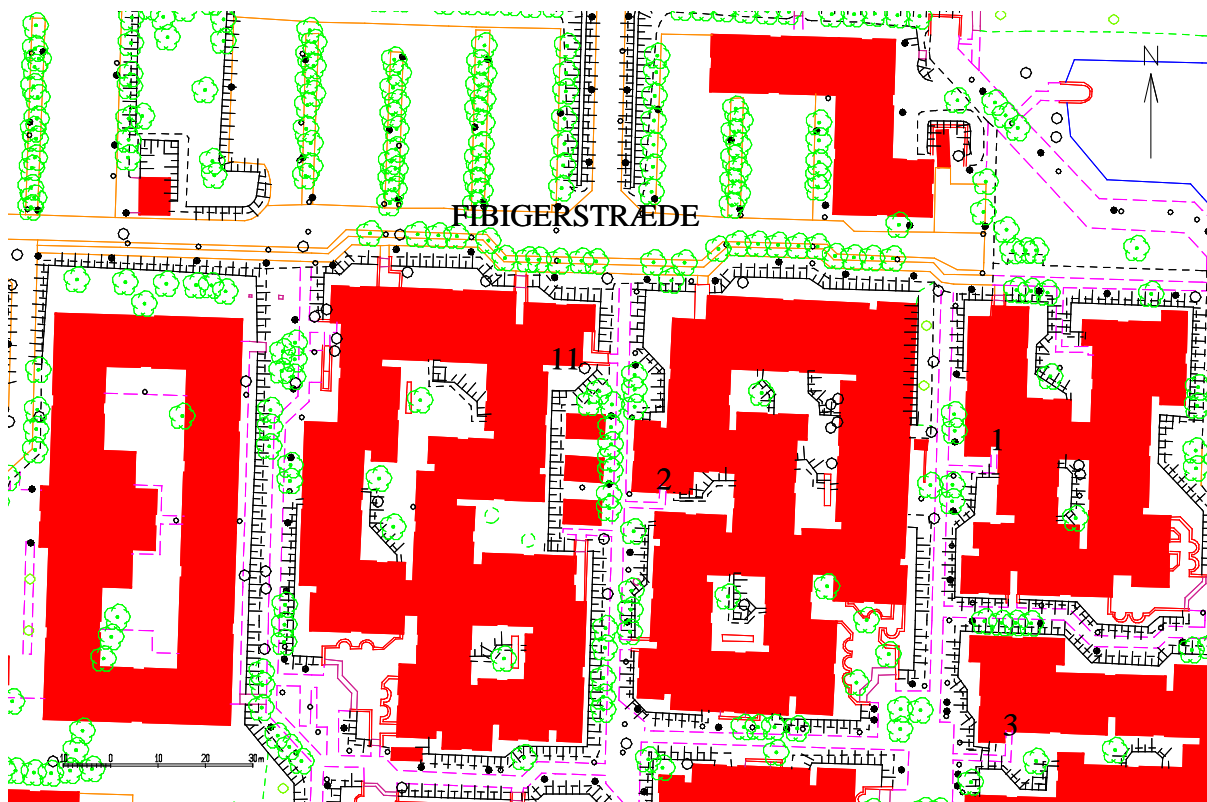
Til at foretage testen af funktionerne og selve genkendelsesproceduren, anvendes scriptet Genkendelsesprocedure.m, som findes på Bilags-CD 01.01. Til testen af det samlede program anvendes scriptet Program.m, som ligeledes findes på Bilags-CD 01.02.

Igennem testene henvises der til de benyttede data på Bilags-CD'en. Ved henvisningerne henvises der direkte til de pågældende mapper, hvor input-filerne findes. I disse mapper findes input-filer til de forskellige gennemløb, der foretages i de enkelte tests, hvor det sidste tal i filnavnet henviser til gennemløbet. Ligeledes findes der i den pågældende mappe output-filerne, som vil være navngivet på tilsvarende vis.

### 1.1 Dataindsamling

For at kunne udføre de ønskede tests, er det nødvendigt med data fra fem forskellige opstillinger. Der ønskes to opstillinger med 10 fællespunkter og 100 detailpunkter i hver, således at genkendelsesproceduren kan testes, samt yderligere tre opstillinger med et begrænset antal fælles- og detailpunkter, således at det kan testes, at programmet kan sammenknytte flere opstillinger. Derudover indmåles et antal fikspunkter, således det til sidst kan testes, om programmet også kan identificere fikspunkter.

Til at udføre indmålingen af fælles- og detailpunkter anvendes den nyeste totalstation, der er introduceret i landmålingsundervisningen, Leicas TCR1205+, og der benyttes polær måling dels med infrarød laser, og dels med reflektorløs laser. Det vælges at indmåle et område omkring Fibigerstræde 11, se Figur 1.1, og den dertil hørende parkeringsplads. Det skyldes, at området er forholdsvis åbent, hvilket medfører, at det vil være muligt at indmåle de ønskede fællespunkter fra flere opstillinger. For at kunne indmåle de ønskede 10 fællespunkter og 100 detailpunkter fra to opstillinger, vurderes det, at opstillingerne skal placeres mellem henholdsvis Fibigerstræde 10 og 11, og Fibigerstræde 11 og 2, idet der dermed kan indmåles punkter i karéerne mellem bygningerne. De resterende tre opstillinger kan placeres på parkeringspladsen, hvormed de ønskede fællespunkter samt detailpunkter kan indmåles. Fællespunkterne placeres i området, i så varierende højde som muligt, for senere at have muligheden for at justere Z-værdierne, for at teste genkendelsesproceduren i fladt område. Fællespunkterne etableres med en træpløk med et kryds, eller et kryds på asfalten.



Figur 1.1: Viser området hvori der indmåles

På måledagen, den 6. maj 2009, var det skyet og blæsende, med vindstød op til 20 m/s. For at være sikre på at opnå en tilstrækkelig nøjagtighed, anvendtes derfor stokkestativ som støtte ved indmåling af etablerede fællespunkter.

Det ønskes at foretage målinger fra følgende fem opstillinger markeret med rød på Figur 1.2, hvor fællespunktets placering er markeret med blå. I den efterfølgende gennemgang af opstillingerne og dertilhørende figurer anvendes de samme farver og signaturer.



Figur 1.2: Viser fællespunkter og fikspunkternes placering

Resultatet af opmålingen kan ses i Tabel 1.1, og i oprindelig form med dertil hørende kodetabel på Bilags-CD 02.01. Indholdet af hver opstilling beskrives nærmere i de efterfølgende afsnit.

Opstilling	Målte fællespunkter	Antal detailpunkter	Detailpunktnumre
1	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10	114	101-214
2	1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10	110	301-410
3	1, 5, 7, 9, 10	7	500-506
4	1, 4, 5, 6, 7	12	600-611
5	2, 3, 4, 6, 7	24	650-663 og 700-709

Tabel 1.1: Viser hvilke punkter samt antallet af detailpunkter, der er indmålt fra hvilke opstillinger

Det skal bemærkes, at det ikke var muligt at indmåle fællespunkt 4 fra Opstilling 2, hvilket medfører, at der maksimalt er ni fællespunkter. For overskuelighedens skyld har fællespunkterne fået det samme punktnummer i hver opstilling, hvilket gør det lettere at udføre testen. Intensionen med opmålingen er ikke at kunne fremstille et fuldstændigt kort, men blot at indsamle data til testen af programmet. Derfor er der ikke lavet ekstra opstillinger, for at indmåle skjulte hushjørner, brønddæksler og lignende. Derimod er det forsøgt at få indmålt mange forskellige objekter. Ved hver opstilling er fællespunkterne indmålt som det første.

Til at udføre indmålingen af fikspunkter anvendes Leicas GPS System 500. Det ønskes både at indmåle fælles- og detailpunkter som fikspunkter, for at kontrollere at programmet kan håndtere begge typer. Derfor indmåles fem fællespunkter, samt tre detailpunkter, se Tabel 1.2 og Figur 1.3.

Indmålte fællespunkter	Indmålte detailpunkter
1	11
2	12
4	13
5	
10	

Tabel 1.2: Viser hvilke punkter, der er anvendt som fikspunkter



Figur 1.3: Viser de indmålte fikspunkter

Hvert punkt er indmålt én gang, og GPS'en er dermed ikke initialiseret for at undgå systematiske fejl. De indmålte fikspunkter kan ses på Bilags-CD 02.02.

For at mindske antallet af forskellige definitionsspredninger, fastsættes definitionsspredningen til 0,006 meter, for alle indmålte objekttyper.

### 1.1.1 Opstilling 1

Teksten henviser til Figur 1.4. De første 100 punkter i Opstilling 1, er punkter, der normalt vil blive indmålt ved teknisk måling, markeret med magenta. Punkterne 200-203, 204-207 og 208-211 er tre geometrisk ens objekter, markeret med cyan, mens punkterne 212-214 er punkter på en linie med samme indbyrdes afstand, markeret med grøn.



Figur 1.4: Viser punkterne målt fra Opstilling 1 samt opstillingspunktet

### 1.1.2 Opstilling 2

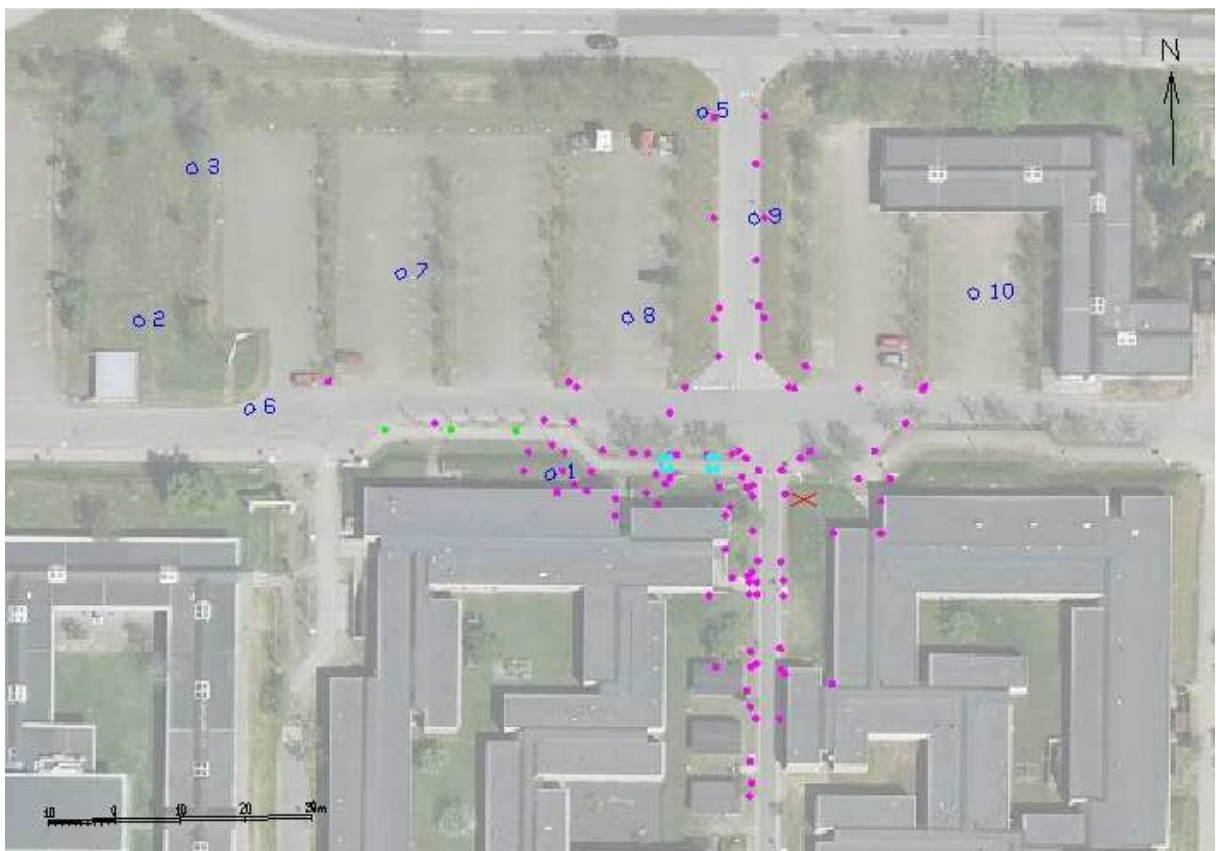
Teksten henviser til Figur 1.5. De første 100 punkter i Opstilling 2, er igen almindelige punkter, markeret med magenta. Punkterne 355-360 er nedløbsriste, der også er indmålt fra Opstilling 1, og dermed også fungerer som fællespunkter. Grunden til at disse er indmålt, er for at kontrollere, om genkendelsesproceduren kan genkende fællespunkter, der ikke er så nøjagtige som de 10 etablerede. Sammenhængen mellem de ekstra fællespunkter målt op fra Opstilling 1 og 2 er vist i Tabel 1.3.



Opstilling 1	Opstilling 2
153	359
155	358
156	357
157	356
158	355
159	360

Tabel 1.3: Viser de ekstra fællespunkter

Punkterne 400-403 og 404-407 er to geometrisk ens objekter, magen til de, der er indmålt fra Opstilling 1, markeret med cyan. Punkterne 408-410 er de samme tre punkter på en linie med samme indbyrdes afstand som indmålt fra Opstilling 1, markeret med grøn.



Figur 1.5: Viser punkterne målt fra Opstilling 2 samt opstillingspunktet

### 1.1.3 Opstilling 3

Teksten henviser til Figur 1.6. Alle punkterne ud over fællespunkterne i Opstilling 3, er almindelige punkter, markeret med magenta.



Figur 1.6: Viser punkterne målt fra Opstilling 3 samt opstillingspunktet

#### 1.1.4 Opstilling 4

Teksten henviser til Figur 1.7. De første otte punkter i Opstilling 4, ud over fællespunkterne, er almindelige punkter, markeret med magenta. De resterende fire punkter, 608-611 er et vindue i Fibigerstræde 11, markeret med orange.



Figur 1.7: Viser punkterne målt fra Opstilling 4 samt opstillingspunktet

#### 1.1.5 Opstilling 5

Teksten henviser til Figur 1.8. Punkterne 650-653 er det samme vindue som er indmålt fra Opstilling 4, markeret med orange. Mens 654-657 er et identisk vindue, markeret med lilla. Punkterne 658-663 er almindelige punkter, markeret med magenta. Punkterne 700-703 og 704-707 er geometrisk ens objekter, som er magen til dem, der er indmålt fra Opstilling 1 og 2, markeret med cyan. Endelig er punkterne 708-709 to af de punkter på en linie og med samme indbyrdes afstand, som er indmålt fra Opstilling 1 og 2, markeret med grøn.

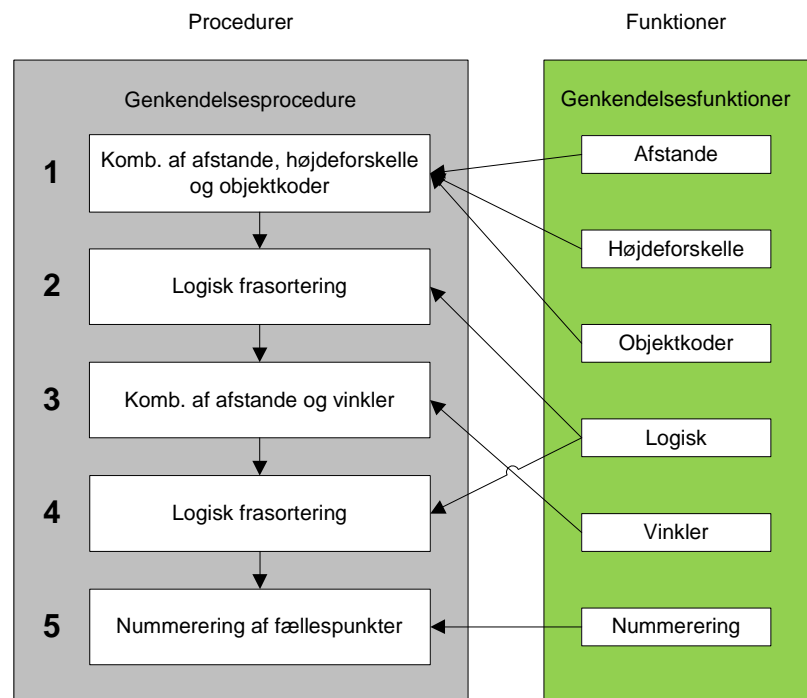


Figur 1.8: Viser punkterne målt fra Opstilling 5 samt opstillingspunktet

Hermed er indholdet af hver opstilling beskrevet, og de forskellige tests kan herefter foretages ved at benytte det nødvendige indhold fra hver opstilling.

## 1.2 Test af funktioner

Formålet med dette afsnit er at teste de enkelte funktioner, der tilsammen udgør genkendelsesproceduren. For at teste de enkelte funktioner, fremstilles forskellige datasæt, der tilpasses, således testens formål kan opfyldes. I hver test beskrives datasættene, der benyttes, hvorefter resultatet af testen af de enkelte funktioner beskrives.



Figur 1.9: Viser sammenhængen mellem funktioner og procedurer

### 1.2.1 Afstande

Formålet med denne test er at kontrollere, at funktionen *Afstande* fungerer. Dette gøres ved at vise, at når der benyttes fællespunkter, kommer disse gennem den første procedure, og idet der ikke er manipuleret med objektkoder eller Z-værdier, viser det, at afstandsberegningen i genkendelsesproceduren fungerer. Inputtet er fem fællespunkter, der også kan ses på Bilags-CD 03.01.01:

Opstilling 1	Opstilling 2
Punkt 1	Punkt 1
Punkt 2	Punkt 2
Punkt 3	Punkt 3
Punkt 5	Punkt 5
Punkt 6	Punkt 6

Tabel 1.4: Viser de anvendte fællespunkter

Når disse punkter gennemløbes den første procedure, fås en større matrice, *Sam\_forl*, hvor alle de genkendte afstande er fundet:

$$\text{Sam\_forl} = \begin{bmatrix} 5 & 2 & 5 & 2 & 1 \\ 3 & 2 & 3 & 2 & 1 \\ 5 & 3 & 5 & 3 & 1 \\ 5 & 1 & 5 & 1 & 1 \\ 4 & 1 & 4 & 1 & 1 \\ 1 & 2 & 1 & 2 & 1 \\ 1 & 3 & 1 & 3 & 1 \\ 4 & 3 & 4 & 3 & 1 \\ 5 & 4 & 5 & 4 & 1 \\ 4 & 2 & 4 & 2 & 1 \end{bmatrix}$$

Det ses, at alle de fem fællespunkter findes fire gange i *Sam\_forl*, og dermed er alle afstande mellem fællespunkterne fundet, og det kan derfor konkluderes, at funktionen *Afstande* fungerer.

### 1.2.2 Højdeforskelle

Formålet med denne test er at kontrollere, at funktionen *Højdeforskelle* fungerer. Der benyttes fællespunkter, hvor der manipuleres med *Z*-værdierne.

Alle punkterne er fællespunkter, og punkterne 1, 2 og 3 i hver opstilling beholder deres *Z*-værdi, mens Punkt 5 og 6 fra Opstilling 1 gives *Z*-værdierne -1,400 meter og -2,700 meter, og Punkt 5 og 6 fra Opstilling 2 gives *Z*-værdierne -1,600 meter og -2,300 meter, data findes på Bilags-CD 03.01.02. I Tabel 1.5 ses *Z*-værdien til punkterne før og efter ændringerne:

Punkt	Opstilling 1		Opstilling 2	
	Z-værdi før (m)	Z-værdi efter (m)	Z-værdi før (m)	Z-værdi efter (m)
1	-1,403	-1,403	0,258	0,258
2	-0,069	-0,069	1,590	1,590
3	-1,006	-1,006	0,651	0,651
5	-1,933	-1,400	-0,268	-1,600
6	-2,536	-2,700	-0,883	-2,300

Tabel 1.5: Viser de oprindelige og de ændrede *Z*-værdier

Opstilling 1	Opstilling 2
Punkt 1	Punkt 1
Punkt 2	Punkt 2
Punkt 3	Punkt 3
Punkt 5	Punkt 5
Punkt 6	Punkt 6

Tabel 1.6: Viser de anvendte fællespunkter

Efter første procedure ses der på Sam\_forl:

$$\text{Sam\_forl} = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 & 2 & 1 \\ 1 & 3 & 1 & 3 & 1 \\ 2 & 3 & 2 & 3 & 1 \end{bmatrix}$$

Funktionen *Højdeforskelle* finder altså fællespunkter, 1-tallet i sidste kolonne viser, at højdeforskellene er større end fejlgrænsen, og derfor skal objektkoderne til de relativt højeste og laveste Z-værdier stemme overens, i den senere objektcodesammenligning.

### 1.2.3 Objektkoder

Formålet med denne test er at kontrollere, at funktionen *Objekt-koder* fungerer. Der benyttes fællespunkter, hvor der manipuleres med objektkoderne.

De tre første fællespunkter gives parvist ens objektkoder, mens Punkt 5 og 6 gives forskellig objektkode i hver opstilling, input kan ses på Bilags-CD 03.01.03:

Opstilling 1	Opstilling 2
Punkt 1	Punkt 1
Punkt 2	Punkt 2
Punkt 3	Punkt 3
Punkt 5	Punkt 5
Punkt 6	Punkt 6

Tabel 1.7: Viser de anvendte fællespunkter

Efter første procedure ses der på Sam\_forl:

$$\text{Sam\_forl} = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 & 2 & 1 \\ 1 & 3 & 1 & 3 & 1 \\ 2 & 3 & 2 & 3 & 1 \end{bmatrix}$$

Resultatet viser, at funktionen *Objekt-koder* finder fællespunkterne.

### 1.2.4 Logisk

Formålet med denne test er at kontrollere, at funktionen *Logisk* fungerer. Til at foretage denne kontrol, vil der ikke blive benyttet input-filer med punkter. I stedet opstilles en matrice, Sam\_forl, der skal forestille at være outputtet efter den første procedure. Dermed er tallene i matricen ikke punktnumre, men række-numre fra inputtet.

Der tages udgangspunkt i, at der igen er tre fællespunkter, disse er naturligvis kommet igennem den første funktion, men derudover er forskellige andre afstande genkendt. Derfor fås en matrice, der ser således ud, se Bilags-CD 03.01.04:

$$\text{Sam\_forl} = \begin{bmatrix} 2 & 3 & 2 & 3 & 0 \\ 1 & 2 & 1 & 2 & 0 \\ 1 & 3 & 1 & 3 & 0 \\ 10 & 14 & 2 & 25 & 0 \\ 10 & 14 & 3 & 25 & 0 \\ 13 & 15 & 22 & 24 & 0 \\ 15 & 14 & 22 & 23 & 0 \\ 18 & 19 & 28 & 29 & 0 \end{bmatrix}$$

Efter at denne matrice køres igennem den anden proceduren, fås følgende output:

$$\text{Sam\_forl} = \begin{bmatrix} 2 & 3 & 2 & 3 & 0 \\ 1 & 2 & 1 & 2 & 0 \\ 1 & 3 & 1 & 3 & 0 \end{bmatrix}$$

Dette er forventet, idet de nederste tre rækker vil blive fjernet igennem første del af *Logisk* frasortering, da der i disse rækker indgår rækkenumre, der kun indgår én gang. Række 4 og 5 fjernes igennem anden del af *Logisk*, idet rækkenumrene 10 og 14 kun optræder med hinanden. Dermed kan det konkluderes, at funktionen *Logisk* fungerer.

### 1.2.5 Vinkler

Formålet med denne test er at kontrollere, at funktionen *Vinkler* fungerer. Til dette formål benyttes fem fællespunkter. Derfor fås følgende input, se Bilags-CD 03.01.05:

Opstilling 1	Opstilling 2
Punkt 1	Punkt 1
Punkt 2	Punkt 2
Punkt 3	Punkt 3
Punkt 5	Punkt 6

Tabel 1.8: Viser de anvendte fællespunkter

For at vise at funktionen *Vinkler* virker, er det herefter nødvendigt, at manipulere med outputtet efter den anden procedure. Derfor opstilles følgende *Sam\_forl* efter den anden funktion, se Bilags-CD 03.01.05:

$$\text{Sam\_forl} = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 & 2 & 1 \\ 1 & 3 & 1 & 3 & 1 \\ 2 & 3 & 2 & 3 & 1 \\ 1 & 4 & 1 & 5 & 1 \\ 3 & 4 & 3 & 5 & 1 \\ 2 & 4 & 2 & 5 & 1 \end{bmatrix}$$

Sam\_forl indeholder række-numrene fra inputtet. Punkt 5 og 6 skal herefter ses som almindelige detailpunkter, der er kommet igennem de tidligere procedurer, for henholdsvis Opstilling 1 og 2. Grunden til at dette skridt er nødvendigt, er for at få nogle punkter, hvis afstande og højdeforskelle stemmer overens. Dermed er situationen den, at punkterne 5 og 6 ligger sådan, at de danner ens afstande med fællespunkterne 1, 2 og 3, men ikke er fællespunkter, bemærk at 4-tallet i Sam\_forl svarer til Punkt 5, mens 5-tallet svarer til Punkt 6.

Efter denne procedure er udført, fås følgende nye Sam\_forl:

$$\text{Sam\_forl} = \begin{bmatrix} 2 & 3 & 2 & 3 & 0 \\ 1 & 2 & 1 & 2 & 0 \\ 1 & 3 & 1 & 3 & 0 \end{bmatrix}$$

På baggrund af, at Punkt 4 og 5 fungerer som to tilfældige detailpunkter, er det forventet, at de nederste tre rækker fjernes, og dermed er det vist, at funktionen *Vinkler* fungerer.

### 1.2.6 Nummerering

Formålet med denne test er at kontrollere, at funktionen *Nummerering* fungerer. Dette er ikke en funktion, der kan fjerne forkerte punkter, men udelukkende foretager tildeling af fællespunktnumre. Derfor opstilles følgende Sam\_forl, der skal benyttes efter den fjerde procedure. Sam\_forl opstilles på baggrund af 5 fællespunkter, og er dermed den samme, som Tabel 1.4, se Bilags-CD 03.01.06:

$$\text{Sam\_forl} = \begin{bmatrix} 5 & 2 & 5 & 2 & 1 \\ 3 & 2 & 3 & 2 & 1 \\ 5 & 3 & 5 & 3 & 1 \\ 5 & 1 & 5 & 1 & 1 \\ 4 & 1 & 4 & 1 & 1 \\ 1 & 2 & 1 & 2 & 1 \\ 1 & 3 & 1 & 3 & 1 \\ 4 & 3 & 4 & 3 & 1 \\ 5 & 4 & 5 & 4 & 1 \\ 4 & 2 & 4 & 2 & 1 \end{bmatrix}$$

Efter at denne procedure er udført, ses der på outputtet, som findes i matricen Sam, der ser således ud:

$$\text{Sam} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 8000 \\ 2 & 2 & 8001 \\ 3 & 3 & 8002 \\ 4 & 4 & 8003 \\ 5 & 5 & 8004 \end{bmatrix}$$

Det kan dermed konkluderes, at funktionen *Nummerering* fungerer.

### 1.3 Test af genkendelsesprocedure

Formålet med dette afsnit er at teste den samlede genkendelsesprocedure. Dette udføres ved at benytte forskellige datasæt, der hver udgør en situation, der kan opstå ved detailmåling. Dermed testes det, hvorvidt genkendelsesproceduren kan finde fællespunkter i de forskellige situationer. De situationer der ønskes testet, er:

- Almindelig situation
- Ens Z-værdier
- Ens objekt-koder
- Fællespunkter på linie
- Geometrisk ens objekter

I det efterfølgende vil de forskellige tests blive udført og beskrevet, således at resultaterne kort kan præsenteres i rapporten.

#### 1.3.1 Almindelige situationer

Det vurderes, at det bør testes, om genkendelsesproceduren kan identificere fællespunkter, når der er indmålt mange fælles- og detailpunkter. Dette gøres for at kontrollere, at genkendelsesproceduren også kan identificere fællespunkter, når der indmåles store detailområder med mange detailpunkter. For at teste denne situation, testes genkendelsesproceduren ved at benytte følgende gennemløb:

1. Få fællespunkter og mange detailpunkter
2. Mange fællespunkter og mange detailpunkter

#### Gennemløb 1

Der benyttes fællespunkterne 1, 2 og 3, mens der fra Opstilling 1 benyttes detailpunkterne 101-199 og fra Opstilling 2 detailpunkterne 301-399. Som nævnt i gennemgangen af data fra de forskellige opstillinger, er der fra Opstilling 2 indmålt seks nedløbsriste, der også er indmålt fra Opstilling 1. Derfor vælges det at omdøbe disse objekter til brønddæksler, i stedet for at slette disse fra datasættet, for at undgå at disse identificeres som fællespunkter. Det giver følgende input, hvilket kan ses i fuldstændig form på Bilags-CD 03.02.01:



Opstilling 1	Opstilling 2
Punkt 1	Punkt 1
Punkt 2	Punkt 2
Punkt 3	Punkt 3
Punkt 101	Punkt 301
⋮	⋮
Punkt 199	Punkt 399

Tabel 1.9: Viser de anvendte punkter

På Bilags-CD 03.02.01 ses det i output-filen, at der er sluppet syv forkerte mulige par til fællespunkter igennem den første procedure. Disse fjernes igennem den anden procedure, og der sker en korrekt nummerering:

$$\text{Sam} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1000 \\ 2 & 2 & 1001 \\ 3 & 3 & 1002 \end{bmatrix}$$

Dermed kan det konkluderes, at genkendelsesproceduren kan identificere og nummerere tre fællespunkter, også når der er mange detailpunkter i datasættene. Opsamlingen på gennemløbet kan ses i Tabel 1.10.

Gennemløb	Fællespunkter		Detailpunkter		Fællespunkter identificeret efter:
	Antal	Antal koder	Antal	Antal koder	
1	3	1	Ca. 100	11	2. procedure

Tabel 1.10: Viser resultaterne fra Gennemløb 1

## Gennemløb 2

Den næste situation, der ønskes undersøgt, er om genkendelsesproceduren kan identificere og nummerere fællespunkter fra store datasæt, der indeholder flere fællespunkter, samt mange detailpunkter. Det betyder, at der skal benyttes data fra to opstillinger, der hver indeholder mange fællespunkter samt over 100 detailpunkter.

I de tidligere forsøg har fællespunkterne bestået af veldefinerede objekter, indmålt ved hjælp af stokkestativ. I forbindelse med genkendelsen af fællespunkter, vil dette sjældent kunne lade sig gøre, hvorfor det i dette gennemløb vil blive testet, om fællespunkter indmålt med almindelig omhyggelighed kan identificeres. Det betyder, at de ni etablerede fællespunkter samt 100 detailpunkter fra Opstilling 1 og 2 skal benyttes, og at de seks nedløbsrister der er indmålt fra begge opstillinger, beholder deres oprindelige objektkode, og fungerer derfor som fællespunkter. Inputtet kan ses på Bilags-CD 03.02.01, hvor det er valgt at placere fællespunkterne i nummerrækkefølge, hvorfor de ekstra fællespunkter findes længere nede i datasættene.

På Bilags-CD 03.02.01, kan det ses i output-filen, at der igen er sluppet enkelte forkerte mulige par til fællespunkter igennem den første procedure, men at disse fjernes i den anden procedure, hvor fællespunkterne er fundet, idet hvert punktnummer optræder 14 gange i henholdsvis første og anden søjle, samt tredje og fjerde søjle i Sam\_forl. Derefter ses der på nummereringen, der igen er sket korrekt.

Sam =	1	1	1000
	2	2	1001
	3	3	1002
	5	4	1003
	6	5	1004
	7	6	1005
	8	7	1006
	9	8	1007
	10	9	1008
	63	68	1009
	65	67	1010
	66	66	1011
	67	65	1012
	68	64	1013
	109	69	1014

Ved at undersøge numrene i Sam, ses det, at de sidste seks række-numre svarer til punkt-numre for de seks nedløbs-riste, der er indmålt fra hver opstilling, se Tabel 1.4. Igen er identificeringen og nummereringen sket korrekt. Grunden til at række-numrene ikke følges ad parvist ved de første 9 punkter, er, at Punkt 4 kun er indmålt fra Opstilling 1. Opsamlingen på gennemløbet kan ses i Tabel 1.11.

Gennemløb	Fællespunkter		Detailpunkter		Fællespunkter identificeret efter:
	Antal	Antal koder	Antal	Antal koder	
2	15	2	Ca. 100	11	2. procedure

Tabel 1.11: Viser resultaterne fra Gennemløb 2

### 1.3.2 Ens Z-værdier

Den anden situation der ønskes testet, er, om genkendelsesproceduren kan identificere fællespunkter, hvis der indmåles i et fladt område. For at undersøge det mest ekstreme tilfælde, sættes alle punkternes Z-værdi til 2,700 meter, således alle punkter ligger i samme niveau. For at teste denne situation, testes genkendelsesproceduren igen ved at benytte følgende gennemløb:

1. Få fællespunkter og mange detailpunkter
2. Mange fællespunkter og mange detailpunkter

#### Gennemløb 1

Igen benyttes fællespunkterne 1, 2 og 3, samt detailpunkterne 101-199 og 301-399. Det giver følgende input, hvor alle Z-værdier er lig 2,700 meter, der også kan ses på Bilags-CD 03.02.02:

Opstilling 1	Opstilling 2
Punkt 1	Punkt 1
Punkt 2	Punkt 2
Punkt 3	Punkt 3
Punkt 101	Punkt 301
⋮	⋮
Punkt 199	Punkt 399

Tabel 1.12: Viser de anvendte punkter

På Bilags-CD 03.02.02 ses det i output-filen, at der er sluppet mange forkerte mulige par til fællespunkter gennem den første procedure. Der frasorteres en del igennem den anden procedure, mens at alle er frasorteret efter den tredje procedure. Derefter foretages nummereringen, der kan ses i Sam:

$$\text{Sam} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 8000 \\ 2 & 2 & 8001 \\ 3 & 3 & 8002 \end{bmatrix}$$

Nummereringen er sket korrekt. Opsamlingen på gennemløbet kan ses i Tabel 1.13.

Gennemløb	Fællespunkter		Detailpunkter		Fællespunkter identificeret efter:
	Antal	Antal koder	Antal	Antal koder	
1	3	1	Ca. 100	11	3. procedure

Tabel 1.13: Viser resultaterne fra Gennemløb 1

## Gennemløb 2

Til dette gennemløb benyttes alle de etablerede fællespunkter, samt detailpunkterne 101-199 og 301-399, igen med undtagelse af punkterne 355-360 for at undgå, at disse identificeres som fællespunkter. Det giver følgende input, hvor alle Z-værdier er lig 2,700 meter, der også kan ses på Bilags-CD 03.02.02:

Opstilling 1	Opstilling 2
Punkt 1	Punkt 1
⋮	⋮
Punkt 10	Punkt 10
Punkt 101	Punkt 301
⋮	⋮
Punkt 199	Punkt 399

Tabel 1.14: Viser de anvendte punkter

På Bilags-CD 03.02.02 ses det i output-filen, at der igen er sluppet mange forkerte mulige par til fællespunkter gennem den første procedure. En del af disse fjernes med proceduren *Logisk frasortering*, der gennemløbes fem gange, mens alle er frasorteret efter den tredje procedure. Dermed kan nummereringen foretages:

$$\text{Sam} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 8000 \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ 10 & 10 & 8008 \end{bmatrix}$$

Dermed er alle fællespunkter identificeret og nummereret på trods af, at alle punkter ligger i samme niveau. Opsamlingen på gennemløbet kan ses i Tabel 1.15.

Gennemløb	Fællespunkter		Detailpunkter		Fællespunkter identificeret efter:
	Antal	Antal koder	Antal	Antal koder	
2	9	1	Ca. 100	11	3. procedure

Tabel 1.15: Viser resultaterne fra Gennemløb 2

### 1.3.3 Ens objekt-koder

Den tredje situation der ønskes testet, er om genkendelsesproceduren kan identificere fællespunkter, hvis der indmåles et stort antal ens objekter, således at alle objekterne der indmåles, har den samme objekt-kode. For at teste denne situation, testes genkendelsesproceduren igen ved at benytte følgende gennemløb:

1. Få fællespunkter og mange detailpunkter
2. Mange fællespunkter og mange detailpunkter

### Gennemløb 1

Igen benyttes fællespunkterne 1, 2 og 3, samt detailpunkterne 101-199 og 301-399. Det giver følgende input, hvor alle objekt-koder er ens, der også kan ses på Bilags-CD 03.02.03:

Opstilling 1	Opstilling 2
Punkt 1	Punkt 1
Punkt 2	Punkt 2
Punkt 3	Punkt 3
Punkt 101	Punkt 301
⋮	⋮
Punkt 199	Punkt 399

Tabel 1.16: Viser de anvendte punkter

På Bilags-CD 03.02.03 ses det i output-filen, at der igen er sluppet mange forkerte mulige par til fællespunkter gennem den første procedure. Nogle få fjernes efter den anden procedure, hvis første del gennemløbes 2 gange, og anden del 3 gange, mens alle er frasorteret efter den tredje procedure. Dermed kan nummereringen foretages:

$$\text{Sam} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 8000 \\ 2 & 2 & 8001 \\ 3 & 3 & 8002 \end{bmatrix}$$

Opsamlingen på gennemløbet kan ses i Tabel 1.17.

Gennemløb	Fællespunkter		Detailpunkter		Fællespunkter identificeret efter:
	Antal	Antal koder	Antal	Antal koder	
1	3	1	Ca. 100	1	3. procedure

Tabel 1.17: Viser resultaterne fra Gennemløb 1

## Gennemløb 2

Til dette gennemløb benyttes alle de etablerede fællespunkter, samt detailpunkterne 101-199 og 301-399. Det giver følgende input, hvor alle objektkoder er ens, der også kan ses på Bilags-CD 03.02.03:

Opstilling 1	Opstilling 2
Punkt 1	Punkt 1
⋮	⋮
Punkt 10	Punkt 10
Punkt 101	Punkt 301
⋮	⋮
Punkt 199	Punkt 399

Tabel 1.18: Viser de anvendte punkter

På Bilags-CD 03.02.03 ses det i output-filen, at der igen er sluppet mange forkerte mulige par til fællespunkter gennem den første procedure. Igen fjerner den anden procedure en del af disse par, efter henholdsvis 2 og 3 gennemløb af del 1 og 2. Alle parrene er fjernet efter den tredje procedure. Dermed kan nummereringen igen foretages:

$$\text{Sam} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 8000 \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ 10 & 10 & 8008 \end{bmatrix}$$

Opsamlingen på gennemløbet kan ses i Tabel 1.19.

Gennemløb	Fællespunkter		Detailpunkter		Fællespunkter identificeret efter:
	Antal	Antal koder	Antal	Antal koder	
2	9	1	Ca. 100	1	3. procedure

Tabel 1.19: Viser resultaterne fra Gennemløb 2

### 1.3.4 Fællespunkter på linie

Den fjerde situation der ønskes testet, er, om genkendelsesproceduren kan identificere fællespunkter, der ligger på en linie og med ens indbyrdes afstand, således at der vil være flere ens afstande mellem hver opstilling. Dette er interessant, for at finde ud af, om operatøren skal være opmærksom på, at dette skal undgås.

I testen anvendes de indmålte fællespunkter på en linie og med samme indbyrdes afstand fra tre forskellige opstillinger, 1, 2 og 5. Fra Opstilling 5 er der dog blot indmålt to punkter med den samme afstand, idet udsynet til det tredje punkt var spærret. I forbindelse med testene, viste det sig, at punkterne ikke lå med samme indbyrdes afstand, hvilket betyder, at testen ikke kunne foretages med de rigtige betingelser. Derfor er målingerne modificeret, således de ligger med samme indbyrdes afstand. Denne modificering af data, gøres ved Opstilling 1 og 2, og punkterne fra Opstilling 5 benyttes derfor ikke i denne test. Ved målingen blev totalstationen opstillet således, at udgangsretningen stort set var ens fra opstilling til opstilling. I forbindelse med fællespunkter på linie, ønskes det, at punkterne fra Opstilling 2, roteres 100 gon, for at teste om genkendelsesproceduren fungerer, når opstillingerne er orienteret forskelligt. På Bilags-CD 03.02.04 kaldes disse derfor konstruerede. For at kontrollere disse situationer foretages følgende tests:

1. Tre fællespunkter på linie
2. Tre fællespunkter på linie + ét ekstra fællespunkt
3. Fire fællespunkter på linie + to ekstra fællespunkter

### Gennemløb 1

Fællespunkterne der benyttes, er 212-214 fra Opstilling 1 og 408-410 fra Opstilling 2. Det giver følgende input:

Opstilling 1	Opstilling 2
Punkt 214	Punkt 408
Punkt 213	Punkt 409
Punkt 212	Punkt 410

Tabel 1.20: Viser de anvendte punkter

På Bilags-CD 03.02.04 ses det i output-filen, at der som forventet findes to ekstra genkendte afstande efter den første procedure. På grund af punkternes indbyrdes placering, frasorteres de forkerte afstande ikke, hvilket medfører, at identificeringen ikke lykkes.

Sam =	1	1	8000
	1	2	8000
	1	3	8000
	2	1	8001
	2	2	8001
	2	3	8001
	3	1	8002
	3	2	8002
	3	3	8002

Det kan hermed konkluderes, at fællespunkterne ikke er fundet. Opsamlingen på gennemløbet kan ses i Tabel 1.21.

Gennemløb	Fællespunkter		Kommentar	Fællespunkter identificeret efter:
	Antal	Antal koder		
1	3	1	Tre punkter på linie	Ikke identificeret

Tabel 1.21: Viser resultaterne fra Gennemløb 1

### Gennemløb 2

Igen benyttes de samme fællespunkter, samt et ekstra fællespunkt der ikke ligger på linie. Dette gøres for at teste, om dette ekstra fællespunkt kan få genkendelsesproceduren til at fungere, idet der vil være vinkler ud til dette ekstra fællespunkt, der skal genkendes fra hver opstilling. Dermed fås følgende input:

Opstilling 1	Opstilling 2
Punkt 1	Punkt 1
Punkt 214	Punkt 408
Punkt 213	Punkt 409
Punkt 212	Punkt 410

Tabel 1.22: Viser de anvendte punkter

På Bilags-CD 03.02.04 ses det i output-filen, at der igen genkendes to ekstra afstande i den første procedure. Disse fjernes igennem den tredje procedure, og nummereringen foretages. Opsamlingen på gennemløbet kan ses i Tabel 1.23.

Gennemløb	Fællespunkter		Kommentar	Fællespunkter identificeret efter:
	Antal	Antal koder		
2	3 + 1 alm.	1	Tre punkter på linie + ét punkt	3. Procedure

Tabel 1.23: Viser resultaterne fra Gennemløb 2

### Gennemløb 3

Efter det foregående gennemløb, er der foretaget endnu en test, om genkendelsesproceduren fungerer, hvis der indmåles endnu et punkt på linien, således der er fire punkter på linie samt et ekstra punkt. Dette fungerer ikke, hvorfor det ønskes at teste, hvis der er fire punkter på linie, samt to ekstra punkter.

Til dette gennemløb benyttes igen de tre fællespunkter fra Gennemløb 2, samt det ekstra fællespunkt, nummer 1. Derudover tilføjes punkterne 215 og 407, der er punkter på linien, samt fællespunkt 3. Dette giver følgende input:

Opstilling 1	Opstilling 2
Punkt 1	Punkt 1
Punkt 3	Punkt 3
Punkt 215	Punkt 407
Punkt 214	Punkt 408
Punkt 213	Punkt 409
Punkt 212	Punkt 410

Tabel 1.24: Viser de anvendte punkter

På Bilags-CD 03.02.04 ses det i output-filen, at der er genkendt otte ekstra afstande i den første procedure, hvilket skyldes de ekstra ens afstande i hver opstilling. Den tredje procedure frasorterer de forkerte par til fællespunkter. Opsamlingen på gennemløbet kan ses i Tabel 1.25.

Gennemløb	Fællespunkter		Kommentar	Fællespunkter identificeret efter:
	Antal	Antal koder		
3	4 + 2 alm.	1	Fire punkter på linie + to punkter	3. Procedure

Tabel 1.25: Viser resultaterne fra Gennemløb 3

Igennem disse tests har det vist sig, at der kan identificeres fællespunkter, når disse ligger på en lige linie, og med indbyrdes ens afstande. Det kræver dog, at der også er andre fællespunkter end de på linien, idet disse medfører, at de forkerte par til fællespunkter fjernes, når den tredje procedure gennemløbes. Det er vist, at der maksimalt må være to fællespunkter flere på linien, end der er andre fællespunkter. Dette er yderligere testet, med ekstra gennemløb, der

dog ikke vil blive beskrevet her, datasæt kan findes på Bilags-CD 03.02.04, og benævnt Gennemløb 4 og 5.

Efterfølgende er det blevet testet, hvordan genkendelsesproceduren fungerer, hvis der indmåles punkter på en linie, med samme indbyrdes afstand, som ikke er fællespunkter. Dette vil ikke blive nærmere gennemgået, data kan findes på Bilags-CD 03.02.04. Det viser sig, at genkendelsesproceduren fungerer, når der er mindst ét fællespunkt mere, end der er detailpunkter på linie.

### 1.3.5 Geometrisk ens objekter

Den femte situation der ønskes testet, er, om genkendelsesproceduren kan identificere fællespunkter, hvis der indmåles geometrisk ens objekter fra hver opstilling. Eksempelvis kan der ligge en række skure, hvor nogle indmåles fra én opstilling, mens andre måles fra en anden opstilling. Der er indmålt geometrisk ens objekter fra tre forskellige opstillinger, 1, 2 og 5. Det har efterfølgende vist sig, at objekterne der er indmålt, ikke er helt ens. Derfor er data modificeret, således punkterne der benyttes, danner et kvadratisk objekt, i det følgende antages det, at der er tale om et skur. Derfor benyttes der kun data fra Opstilling 1 og 2. For at teste denne situation, testes genkendelsesproceduren ved følgende gennemløb:

1. Tre fællespunkter og ét skur fra Opstilling 1 og ét skur fra Opstilling 2
2. Ni fællespunkter og ét skur fra Opstilling 1 og ét skur fra Opstilling 2

#### Gennemløb 1

Fællespunkterne der benyttes, er 1, 2 og 3, mens fire punkter, der illustrerer ét skur, benyttes fra hver opstilling. Det giver følgende input, se Bilags-CD 03.02.05:

Opstilling 1	Opstilling 2
Punkt 1	Punkt 1
Punkt 2	Punkt 2
Punkt 3	Punkt 3
Punkt 208	Punkt 400
⋮	⋮
Punkt 211	Punkt 403

Tabel 1.26: Viser de anvendte punkter

På Bilags-CD 03.02.05 ses det i output-filen, at der genkendes flere forkerte afstande, hvilket dog er forventet, idet de indmålte objekter har ens dimensioner. Disse forkerte afstande fjernes ikke igennem den tredje procedure, idet der er for mange forkerte afstande. I stedet frasorteres de rigtige fællespunkter. Dermed fås følgende Sam:



Sam =	4	4	8000
	4	5	8000
	4	6	8000
	4	7	8000
	5	4	8001
	5	5	8001
	5	6	8001
	5	7	8001
	6	4	8002
	6	5	8002
	6	6	8002
	6	7	8002
	7	4	8003
	7	5	8003
	7	6	8003
7	7	8003	

Det ses, at alle punkter i skuret genkendes med hinanden, og at der derfor sker en forkert nummerering. Det var ikke forventet, at programmet ville kunne genkende de rigtige punkter, idet at der indgår flere genkendte afstande ved de ens objekter end ved fællespunkterne. Opsamlingen på gennemløbet kan ses i Tabel 1.27.

Gennemløb	Fællespunkter		Geometrisk ens objekter		Fællespunkter identificeret efter:
	Antal	Antal koder	Antal	Antal koder	
1	3	1	1	1	Ikke identificeret

Tabel 1.27: Viser resultaterne fra Gennemløb 1

### Gennemløb 2

Alle de etablerede fællespunkterne benyttes, mens fire punkter, der illustrerer ét skur, benyttes fra hver opstilling. Det giver følgende input, se Bilags-CD 03.02.05:

Opstilling 1	Opstilling 2
Punkt 1	Punkt 1
⋮	⋮
Punkt 10	Punkt 10
Punkt 208	Punkt 400
⋮	⋮
Punkt 211	Punkt 403

Tabel 1.28: Viser de anvendte punkter

På Bilags-CD 03.02.05 ses det i output-filen, at der genkendes mange forkerte afstande, hvilket dog er forventet, idet de indmålte objekter har ens dimensioner. De forkerte par frasorteres igennem den tredje procedure. Dermed fås følgende Sam:

Sam =	1	2	8000
	2	2	8001
	3	3	8002
	4	4	8003
	5	5	8004
	6	6	8005
	7	7	8006
	8	8	8007
	9	9	8008

Det ses, at identifikationen og nummereringen foretages korrekt. Det var forventet, at programmet ville kunne genkende de rigtige punkter, idet at der indgår færre genkendte afstande ved de ens objekter end ved fællespunkterne. Opsamlingen på gennemløbet kan ses i Tabel 1.29.

Gennemløb	Fællespunkter		Geometrisk ens objekter		Fællespunkter identificeret efter:
	Antal	Antal koder	Antal	Antal koder	
2	9	1	1	1	3. Procedure

Tabel 1.29: Viser resultaterne fra Gennemløb 2

Det er igennem ovenstående test blevet kontrolleret, at genkendelsesproceduren kan identificere fællespunkter, når der er indmålt detailpunkter, der er geometrisk ens objekter. Alt afhængig af hvor mange ens afstande der er ved de geometrisk ens objekter, skal der være et antal fællespunkter, således at kun de rigtige fællespunkter slipper gennem den tredje procedure. Det er umiddelbart ikke muligt at fastsætte retningslinier, for hvor mange almindelige fællespunkter der skal benyttes, idet antallet afhænger af de geometrisk ens objekters facon. Det vurderes derfor, at i stedet for at opstille en række krav til operatøren, skal det undgås at benyttes geometrisk ens objekter som detailpunkter.

Efterfølgende kunne det kontrolleres, hvordan genkendelsesproceduren fungerer, hvis der indmåles geometrisk ens objekter, der benyttes som fællespunkter. Det vurderes, at denne test vil være forholdsvis omfangsrig, idet de der skal tages højde for, hvor mange ens objekter der indmåles fra hver opstilling, samt hvor mange afstande der genkendes i disse objekter. Derfor vurderes det, at i stedet for at opstille en række krav til operatøren, skal det undgås at benyttes geometrisk ens objekter som fællespunkter.

Endelig er det kort blevet testet, at genkendelsesproceduren kan identificere vinduerne fra Opstilling 4 og 5, som fællespunkter. Det viser sig, at det lykkes at identificere de fire punkter, der danner vinduet, samt tre almindelige fællespunkter. På grund af, at der beregnes 2D-afstande, genkendes der kun nogle få afstande for meget, og disse fjernes igennem vinkel-sammenligningen.

#### 1.4 Test af hele programmet

Formålet med dette afsnit er at teste hele programmet. Tidligere er de enkelte funktioner samt genkendelsesproceduren blevet testet. Denne test vil derfor tage udgangspunkt i, om pro-

grammet kan håndtere flere end to opstillinger, samt om programmet kan håndtere fikspunkter. De forskellige tests der vil blive udført, er følgende:

- Test med tre opstillinger
- Test med fem opstillinger
- Test med fem opstillinger og fikspunkter

I de efterfølgende underafsnit vil ovenstående tests blive udført og beskrevet, således at resultaterne kan blive præsenteret kort rapporten.

Til alle de efterfølgende tests er de almindelige detailpunkter til de enkelte opstillinger inddraget. Dette er gjort for derved at kontrollere, at fællespunkterne stadig kan findes, når der også er detailpunkter med.

#### 1.4.1 Test med tre opstillinger

I den første test vil det blive kontrolleret, om programmet kan knytte tre opstillinger sammen. Yderligere vil det blive testet, om programmet kan håndtere, at opstillingerne ikke bliver hentet ind i den rækkefølge, som de skal knyttes sammen. De tre opstillinger, som skal knyttes sammen, er Opstilling 3, 4 og 5. I Tabel 1.30 fremgår det, hvilke fællespunkter der skal knytte de enkelte opstillinger sammen. Data til denne test kan ses på Bilags-CD 03.03.01.

	Opstilling 3	Opstilling 4	Opstilling 5
Punkt 1	X	X	
Punkt 4		X	X
Punkt 5	X	X	
Punkt 6		X	X
Punkt 7	X	X	X

Tabel 1.30: Viser de anvendte fællespunkter

Af tabellen fremgår det, at Opstilling 3 og 5 kun har Punkt 7 som fællespunkt, og at de derfor ikke kan knyttes direkte sammen. I testen vil opstillingerne derfor blive hentet ind således, at Opstilling 4 hentes ind til sidst, for derved at teste om programmet kan håndtere, at de to første opstillinger ikke har nok fællespunkter.

Til testen vil Master.obs være udformet således:

```

MASTER
-----
Opstillinger
-----
  Op3.txt
  Op5.txt
  Op4.txt
-----
Fikspunkter
-----
-----
Koder og definitionsspredning
-----
  Kodetabel.txt

```

Figur 1.10 Viser indholdet af Master.obs

De første punkter samt punktrækkefølgen i de tre opstillings-filer, fremgår af de efterfølgende tre figurer, hvor et uddrag af filerne er vist.

1	20	75.552	144.783	1.364
5	20	129.817	120.132	0.843
7	20	106.571	166.642	-0.139
9	20	113.567	112.657	-0.494
10	20	101.171	79.516	-1.981
:	:	:	:	:

Figur 1.11: Viser et uddrag af Op3.txt

1	20	60.480	95.172	0.323
4	20	121.847	123.687	0.396
5	20	114.513	70.011	-0.202
6	20	72.070	140.603	-0.810
7	20	91.707	116.732	-1.182
8	20	83.794	82.452	-1.938
:	:	:	:	:

Figur 1.12: Viser et uddrag af Op4.txt

2	20	84.962	118.766	0.860
3	20	107.638	109.271	-0.079
4	20	120.014	84.700	-0.401
6	20	70.619	102.700	-1.607
7	20	89.731	78.414	-1.976
:	:	:	:	:

Figur 1.13: Viser et uddrag af Op5.txt

Når de tre opstillinger er gennemløbet programmet, indeholder matricen Sam følgende:

$$\text{Sam} = \begin{bmatrix} 1.01 & 1.03 & 0 & 8000 \\ 2.01 & 3.03 & 0 & 8001 \\ 3.01 & 5.03 & 5.02 & 8002 \\ 0 & 2.03 & 3.02 & 8003 \\ 0 & 4.03 & 4.02 & 8004 \end{bmatrix}$$

Af Sam fremgår det, at der først er fundet fællespunkter mellem den første fil og den anden fil, som er henholdsvis Opstilling 3 og Opstilling 4. Efterfølgende findes der også fællespunkter i Opstilling 5. Som output af programmet opdateres opstillings-filerne. På samme vis som i de tidligere figurer med de oprindelige opstillings-filer, er der nedenfor vist et uddrag af de tre opdaterede opstillings-filer, hvor det oprindelige punktnummer ved fællespunkterne er erstattet med det nye fællespunktsnummer.

8000	20	75.552	144.783	1.364
8001	20	129.817	120.132	0.843
8002	20	106.571	166.642	-0.139
9	20	113.567	112.657	-0.494
10	20	101.171	79.516	-1.981
:	:	:	:	:

Figur 1.14: Viser et uddrag af Op3\_opd.txt

8000	20	60.480	95.172	0.323
8003	20	121.847	123.687	0.396
8001	20	114.513	70.011	-0.202
8004	20	72.070	140.603	-0.810
8002	20	91.707	116.732	-1.182
8	20	83.794	82.452	-1.938
:	:	:	:	:

Figur 1.15: Viser et uddrag af Op4\_opd.txt

2	20	84.962	118.766	0.860
3	20	107.638	109.271	-0.079
8003	20	120.014	84.700	-0.401
8004	20	70.619	102.700	-1.607
8002	20	89.731	78.414	-1.976
:	:	:	:	:

Figur 1.16: Viser et uddrag af Op5\_opd.txt

### 1.4.2 Test med fem opstillinger

I den anden test vil det blive kontrolleret, om programmet kan knytte fem opstillinger sammen. De fem opstillinger, som skal knyttes sammen, er Opstilling 1, 2, 3, 4 og 5. I Tabel 1.31 er fællespunkterne for de fem opstillinger listet op. Data til denne test kan ses på Bilags-CD 03.03.02.

	Opstilling 1	Opstilling 2	Opstilling 3	Opstilling 4	Opstilling 5
Punkt 1	X	X	X	X	
Punkt 2	X	X			X
Punkt 3	X	X			X
Punkt 4	X			X	X
Punkt 5	X	X	X	X	
Punkt 6	X	X		X	X
Punkt 7	X	X	X	X	X
Punkt 8	X	X		X	
Punkt 9	X	X	X		
Punkt 10	X	X	X		

Tabel 1.31: Viser de anvendte fællespunkter

Da denne test udelukkende skal teste, om programmet kan sammenknytte mange opstillinger, vil de fem opstillings-filer blive hentet ind i programmet i nummerrækkefølge.

Til testen vil Master.obs være udformet således:

```

MASTER
-----
Opstillinger
-----
  Op1.txt
  Op2.txt
  Op3.txt
  Op4.txt
  Op5.txt
-----
Fikspunkter
-----
-----
Koder og definitionsspredning
-----
  Kodetabel.txt
    
```

**Figur 1.17** Viser indholdet af Master.obs

Som tidligere er de første punkter samt punktrækkefølgen for de fem opstillings-filer vist i de efterfølgende fem figurer.

1	20	89.079	72.368	-1.403
2	20	137.443	118.578	-0.069
3	20	154.737	101.101	-1.006
4	20	156.742	73.665	-1.332
5	20	128.343	27.523	-1.933
6	20	118.032	109.246	-2.536
7	20	126.356	79.480	-2.910
8	20	105.274	51.315	-3.668
9	20	110.459	27.417	-3.268
10	20	85.497	2.341	-4.751
:	:	:	:	:

**Figur 1.18:** Viser et uddrag af Op1.txt

1	20	112.833	136.597	0.258
2	20	150.306	192.005	1.590
3	20	170.906	178.593	0.651
6	20	133.310	178.771	-0.883
7	20	147.756	151.444	-1.251
8	20	133.112	119.450	-2.005
5	20	160.708	101.092	-0.268
9	20	143.253	97.195	-1.603
10	20	124.176	67.406	-3.091
:	:	:	:	:

**Figur 1.19:** Viser et uddrag af Op2.txt

1	20	75.552	144.783	1.364
5	20	129.817	120.132	0.843
7	20	106.571	166.642	-0.139
9	20	113.567	112.657	-0.494
10	20	101.171	79.516	-1.981
:	:	:	:	:

**Figur 1.20:** Viser et uddrag af Op3.txt

1	20	60.480	95.172	0.323
4	20	121.847	123.687	0.396
5	20	114.513	70.011	-0.202
6	20	72.070	140.603	-0.810
7	20	91.707	116.732	-1.182
8	20	83.794	82.452	-1.938
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

Figur 1.21: Viser et uddrag af Op4.txt

2	20	84.962	118.766	0.860
3	20	107.638	109.271	-0.079
4	20	120.014	84.700	-0.401
6	20	70.619	102.700	-1.607
7	20	89.731	78.414	-1.976
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

Figur 1.22: Viser et uddrag af Op5.txt

Når de fem opstillinger er gennemløbet programmet, indeholder matricen Sam følgende:

$$\text{Sam} = \begin{bmatrix} 1.01 & 1.02 & 1.03 & 1.04 & 0 & 8000 \\ 2.01 & 2.02 & 0 & 0 & 1.05 & 8001 \\ 3.01 & 3.02 & 0 & 0 & 2.05 & 8002 \\ 5.01 & 4.02 & 2.03 & 3.04 & 0 & 8003 \\ 6.01 & 5.02 & 0 & 4.04 & 4.05 & 8004 \\ 7.01 & 6.02 & 3.03 & 5.04 & 5.05 & 8005 \\ 8.01 & 7.02 & 0 & 6.04 & 0 & 8006 \\ 9.01 & 8.02 & 4.03 & 0 & 0 & 8007 \\ 10.01 & 9.02 & 5.03 & 0 & 0 & 8008 \\ 4.01 & 0 & 0 & 2.04 & 3.05 & 8009 \end{bmatrix}$$

Af Sam fremgår det, at alle fællespunkterne er fundet. På samme vis som tidligere er der nedenfor vist et uddrag af de fem opdaterede opstillings-filer, hvor det oprindelige punktnummer ved fællespunkterne er erstattet med det nye fællespunktsnummer.

8000	20	89.079	72.368	-1.403
8001	20	137.443	118.578	-0.069
8002	20	154.737	101.101	-1.006
8009	20	156.742	73.665	-1.332
8003	20	128.343	27.523	-1.933
8004	20	118.032	109.246	-2.536
8005	20	126.356	79.480	-2.910
8006	20	105.274	51.315	-3.668
8007	20	110.459	27.417	-3.268
8008	20	85.497	2.341	-4.751
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

Figur 1.23: Viser et uddrag af Op1\_opd.txt

8000	20	112.833	136.597	0.258
8001	20	150.306	192.005	1.590
8002	20	170.906	178.593	0.651
8003	20	160.708	101.092	-0.268
8004	20	133.310	178.771	-0.883
8005	20	147.756	151.444	-1.251
8006	20	133.112	119.450	-2.005
8007	20	143.253	97.195	-1.603
8008	20	124.176	67.406	-3.091
:	:	:	:	:

Figur 1.24: Viser et uddrag af Op2\_opd.txt

8000	20	75.552	144.783	1.364
8003	20	129.817	120.132	0.843
8005	20	106.571	166.642	-0.139
8007	20	113.567	112.657	-0.494
8008	20	101.171	79.516	-1.981
:	:	:	:	:

Figur 1.25: Viser et uddrag af Op3\_opd.txt

8000	20	60.480	95.172	0.323
8009	20	121.847	123.687	0.396
8003	20	114.513	70.011	-0.202
8004	20	72.070	140.603	-0.810
8005	20	91.707	116.732	-1.182
8006	20	83.794	82.452	-1.938
:	:	:	:	:

Figur 1.26: Viser et uddrag af Op4\_opd.txt

8001	20	84.962	118.766	0.860
8002	20	107.638	109.271	-0.079
8009	20	120.014	84.700	-0.401
8004	20	70.619	102.700	-1.607
8005	20	89.731	78.414	-1.976
:	:	:	:	:

Figur 1.27: Viser et uddrag af Op5\_opd.txt

### 1.4.3 Test med fem opstillinger og fikspunkter

I den sidste test vil det blive kontrolleret, om programmet kan knytte fem opstillinger sammen samt finde fikspunkter. De fem opstillinger fra forrige test vil igen blive inddraget samt fikspunkterne indmålt med GPS. Som tidligere beskrevet er fem af fællespunkterne, Punkt 1, 2, 4, 5 og 10, indmålt med GPS. De fem omtalte fællespunkter ligger jævnt fordelt i det opmålte område. Udover de fem fællespunkter er det også valgt at inddrage tre indmålte detailpunkter som fikspunkter. Grunden til at der inddrages detailpunkter som fikspunkter, er for at kontrollere, om programmet kan finde disse. I Tabel 1.32 er fikspunkterne listet op for de fem opstillinger samt de indmålte fikspunkter. I tabellen er fællespunkterne Punkt 1-10, mens detailpunkterne er Punkt 11-13. Data til denne test kan ses på Bilags-CD 03.03.03.



	Opstilling 1	Opstilling 2	Opstilling 3	Opstilling 4	Opstilling 5	Fikspunkter
Punkt 1	X	X	X	X		X
Punkt 2	X	X			X	X
Punkt 3	X	X			X	
Punkt 4	X			X	X	X
Punkt 5	X	X	X	X		X
Punkt 6	X	X		X	X	
Punkt 7	X	X	X	X	X	
Punkt 8	X	X		X		
Punkt 9	X	X	X			
Punkt 10	X	X	X			X
Punkt 11		X				X
Punkt 12	X					X
Punkt 13		X				X

Tabel 1.32: Viser de anvendte fælles- og fikspunkter

Til testen vil Master.obs være udformet således:

```

MASTER
-----
Opstillinger
-----
Op1.txt
Op2.txt
Op3.txt
Op4.txt
Op5.txt

-----
Fikspunkter
-----
Fiks.txt

-----
Koder og definitionsspredning
-----
Kodetabel.txt

```

Figur 1.28 Viser indholdet af Master.obs

Som tidligere er de første punkter samt punktrækkefølgen for de fem opstillings-filer vist i de efterfølgende fem figurer. Af figurerne fremgår det ligeledes, hvilke opstillinger de indmålte detailpunkterne, der anvendes som fikspunkter, er i.

1	20	89.079	72.368	-1.403
2	20	137.443	118.578	-0.069
3	20	154.737	101.101	-1.006
4	20	156.742	73.665	-1.332
5	20	128.343	27.523	-1.933
6	20	118.032	109.246	-2.536
7	20	126.356	79.480	-2.910
8	20	105.274	51.315	-3.668
9	20	110.459	27.417	-3.268
10	20	85.497	2.341	-4.751
:	:	:	:	:
161	811	108.594	101.558	-2.829
:	:	:	:	:

Figur 1.29: Viser et uddrag af Op1.txt

1	20	112.833	136.597	0.258
2	20	150.306	192.005	1.590
3	20	170.906	178.593	0.651
6	20	133.310	178.771	-0.883
7	20	147.756	151.444	-1.251
8	20	133.112	119.450	-2.005
5	20	160.708	101.092	-0.268
9	20	143.253	97.195	-1.603
10	20	124.176	67.406	-3.091
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
352	811	103.862	106.978	-2.435
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
363	812	151.229	94.977	-1.316
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

Figur 1.30: Viser et uddrag af Op2.txt

1	20	75.552	144.783	1.364
5	20	129.817	120.132	0.843
7	20	106.571	166.642	-0.139
9	20	113.567	112.657	-0.494
10	20	101.171	79.516	-1.981
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

Figur 1.31: Viser et uddrag af Op3.txt

1	20	60.480	95.172	0.323
4	20	121.847	123.687	0.396
5	20	114.513	70.011	-0.202
6	20	72.070	140.603	-0.810
7	20	91.707	116.732	-1.182
8	20	83.794	82.452	-1.938
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

Figur 1.32: Viser et uddrag af Op4.txt

2	20	84.962	118.766	0.860
3	20	107.638	109.271	-0.079
4	20	120.014	84.700	-0.401
6	20	70.619	102.700	-1.607
7	20	89.731	78.414	-1.976
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

Figur 1.33: Viser et uddrag af Op5.txt

1	20	229011.010	6321712.381	11.644
2	20	228948.477	6321736.107	12.961
4	20	228980.679	6321772.870	11.685
5	20	229034.553	6321767.166	11.100
10	20	229075.748	6321739.344	8.248
11	811	228976.268	6321717.435	10.197
12	811	229041.902	6321710.480	8.941
13	812	229042.683	6321759.339	10.034

Figur 1.34: Viser de indmålte fikspunkter fra Fiks.txt

Når de fem opstillinger og fikspunkterne er gennemløbet programmet, indeholder matricen Sam følgende:

Sam =	1.01	1.02	1.03	1.04	0	1.06	8000
	2.01	2.02	0	0	1.05	2.06	8001
	3.01	3.02	0	0	2.05	0	8002
	5.01	4.02	2.03	3.04	0	4.06	8003
	6.01	5.02	0	4.04	4.05	0	8004
	7.01	6.02	3.03	5.04	5.05	0	8005
	8.01	7.02	0	6.04	0	0	8006
	9.01	8.02	4.03	0	0	0	8007
	10.01	9.02	5.03	0	0	5.06	8008
	4.01	0	0	2.04	3.05	3.06	8009
	0	61.02	0	0	0	7.06	8010
	71.01	0	0	0	0	6.06	8011
	0	72.02	0	0	0	8.06	8012

Af Sam fremgår det, at alle fælles- og fikspunkterne er fundet. På samme vis som tidligere er der nedenfor vist et uddrag af de fem opdaterede opstillings-filer samt fikspunkts-filen, hvor det oprindelige punktnummer ved fælles- og fikspunkterne er erstattet med det nye fælles- og fikspunktsnummer.

8000	20	89.079	72.368	-1.403
8001	20	137.443	118.578	-0.069
8002	20	154.737	101.101	-1.006
8009	20	156.742	73.665	-1.332
8003	20	128.343	27.523	-1.933
8004	20	118.032	109.246	-2.536
8005	20	126.356	79.480	-2.910
8006	20	105.274	51.315	-3.668
8007	20	110.459	27.417	-3.268
8008	20	85.497	2.341	-4.751
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
8011	811	108.594	101.558	-2.829
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

Figur 1.35: Viser et uddrag af Op1\_opd.txt

8000	20	112.833	136.597	0.258
8001	20	150.306	192.005	1.590
8002	20	170.906	178.593	0.651
8003	20	160.708	101.092	-0.268
8004	20	133.310	178.771	-0.883
8005	20	147.756	151.444	-1.251
8006	20	133.112	119.450	-2.005
8007	20	143.253	97.195	-1.603
8008	20	124.176	67.406	-3.091
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
8010	811	103.862	106.978	-2.435
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
8012	812	151.229	94.977	-1.316
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

Figur 1.36: Viser et uddrag af Op2\_opd.txt

8000	20	75.552	144.783	1.364
8003	20	129.817	120.132	0.843
8005	20	106.571	166.642	-0.139
8007	20	113.567	112.657	-0.494
8008	20	101.171	79.516	-1.981
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

Figur 1.37: Viser et uddrag af Op3\_opd.txt

8000	20	60.480	95.172	0.323
8009	20	121.847	123.687	0.396
8003	20	114.513	70.011	-0.202
8004	20	72.070	140.603	-0.810
8005	20	91.707	116.732	-1.182
8006	20	83.794	82.452	-1.938
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

Figur 1.38: Viser et uddrag af Op4\_opd.txt

8001	20	84.962	118.766	0.860
8002	20	107.638	109.271	-0.079
8009	20	120.014	84.700	-0.401
8004	20	70.619	102.700	-1.607
8005	20	89.731	78.414	-1.976
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

Figur 1.39: Viser et uddrag af Op5\_opd.txt

8000	20	229011.010	6321712.381	11.644
8001	20	228948.477	6321736.107	12.961
8009	20	228980.679	6321772.870	11.685
8003	20	229034.553	6321767.166	11.100
8008	20	229075.748	6321739.344	8.248
8011	811	228976.268	6321717.435	10.197
8010	811	229041.902	6321710.480	8.941
8012	812	229042.683	6321759.339	10.034

Figur 1.40: Viser et uddrag af Fiks\_opd.txt

# Bilags-CD

---

Bilags-CD'en har nedenstående mappestruktur.

Referencer til mappen Data, indeholder referencenummer direkte til den pågældende undermappe. For eksempel Bilags-CD 02.02, for reference til filerne i mappen 02 i mappen Data, og yderligere i dens undermappe 02. Det vil sige, at der henvises til mappen GPS. Når der henvises til bilag, refereres der til mappen på Bilags-CD'en med det pågældende navn.

