

Design og test av aksialvifter

Bror Øiseth Jakobsen

Master i produktutvikling og produksjon
Oppgaven levert: Juni 2010
Hovedveileder: Lars Sætran, EPT

Oppgavetekst

Det skal etableres en prøvstasjon for utvikling og testing av aksialvifter/ventilatorer - eksempelvis aksialvifter for ventilering av veitunneler. Ved instituttet eksisterer det en rigg som viften henges opp i for måling av skyvkraft, og det eksisterer også et viftehus med tilhørende motor. Systemet skal utstyres med en innløpsseksjon som besørger effektive innløpsbetingelser. Kandidaten skal konstruere, få laget, og skal teste dette. Prøvestasjonen skal utrustes med utstyr og rutiner for virkningsgradsprøving av aksialvifter - med dette menes utstyr og rutiner for innsamling av måledata, rutiner for behandling og presentasjon av måledataene, vurdering av måleusikkerhet - iht internasjonale standarder for denne type tester (ISO/DIS 13350)

Prøvestasjonen skal benyttes for utprøving av propeller av forskjellig design. Det eksisterer 2 stk propeller som, etter modifisering, kan benyttes. Resultatene skal evalueres ift prinsipper for hva som kan betegnes som et "godt" propelldesign, og det forventes at kandidaten foreslår konkrete forbedringer av propellens design.

Oppgaven gitt: 18. januar 2010
Hovedveileder: Lars Sætran, EPT

EPT-M-2010-28

MASTEROPPGAVE

for

Stud.techn. Bror Ø. Jakobsen

Våren 2010

Design og test av aksialvifter

Design and test of axial fans

Bakgrunn og mål

Det skal etableres en prøvestasjon for utvikling og testing av aksialvifter/ventilatorer – eksempelvis aksialvifter for ventilering av veitunneler. Ved instituttet eksisterer det en rigg som viften henges opp i for måling av skyvkraft, og det eksisterer også et viftehus med tilhørende motor. Systemet skal utstyres med en innløpsseksjon som besørger effektive innløpsbetingelser. Kandidaten skal konstruere, få laget, og skal teste dette. Prøvestasjonen skal utrustes med utstyr og rutiner for virkningsgradsprøving av aksialvifter – med dette menes utstyr og rutiner for innsamling av måledata, rutiner for behandling og presentasjon av måledataene, vurdering av måleusikkerhet – iht internasjonale standarder for denne type tester (ISO/DIS 13350).

Prøvestasjonen skal benyttes for utprøving av propeller av forskjellig design. Det eksisterer 2 stk propeller som, etter modifisering, kan benyttes. Resultatene skal evalueres ift prinsipper for hva som kan betegnes som et ”godt” propellerdesign, og det forventes at kandidaten foreslår konkrete forbedringer av propellens design.

” - ”

Senest 14 dager etter utlevering av oppgaven skal kandidaten levere/sende instituttet en detaljert fremdrift- og eventuelt forsøksplan for oppgaven til evaluering og eventuelt diskusjon med faglig ansvarlig/veiledere. Detaljer ved eventuell utførelse av dataprogrammer skal avtales nærmere i samråd med faglig ansvarlig.

Besvarelsen redigeres mest mulig som en forskningsrapport med et sammendrag både på norsk og engelsk, konklusjon, litteraturliste, innholdsfortegnelse etc. Ved utarbeidelsen av teksten skal kandidaten legge vekt på å gjøre teksten oversiktlig og velskrevet. Med henblikk på lesning av besvarelsen er det viktig at de nødvendige henvisninger for korresponderende steder i tekst, tabeller og figurer anføres på begge steder. Ved bedømmelsen legges det stor vekt på at resultatene er grundig bearbeidet, at de oppstilles tabellarisk og/eller grafisk på en oversiktlig måte, og at de er diskutert utførlig.

Alle benyttede kilder, også muntlige opplysninger, skal oppgis på fullstendig måte. For tidsskrifter og bøker oppgis forfatter, tittel, årgang, sidetall og eventuelt figurnummer.

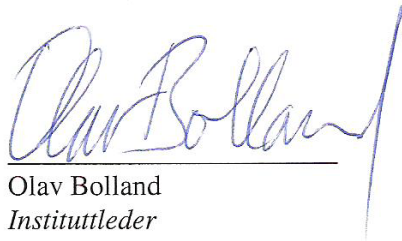
Det forutsettes at kandidaten tar initiativ til og holder nødvendig kontakt med faglærer og veileder(e). Kandidaten skal rette seg etter de reglementer og retningslinjer som gjelder ved alle (andre) fagmiljøer som kandidaten har kontakt med gjennom sin utførelse av oppgaven, samt etter eventuelle pålegg fra Institutt for energi- og prosesssteknikk.

I henhold til "Utfyllende regler til studieforskriften for teknologistudiet/sivilingeniørstudiet" ved NTNU § 20, forbeholder instituttet seg retten til å benytte alle resultater og data til undervisnings- og forskningsformål, samt til fremtidige publikasjoner.


Ett -1 komplett eksemplar av originalbesvarelsen av oppgaven skal innleveres til samme adressat som den ble utlevert fra. Det skal medfølge et konsentrert sammendrag på maksimalt én maskinskrevet side med dobbel linjeavstand med forfatternavn og oppgavetittel for evt. referering i tidsskrifter).

Til Instituttet innleveres to - 2 komplette kopier av besvarelsen. Ytterligere kopier til eventuelle medveiledere/oppvegivere skal avtales med, og eventuelt leveres direkte til de respektive. Til instituttet innleveres også en komplett kopi (inkl. konsentrerte sammendrag) på CD-ROM i Word-format eller tilsvarende.

NTNU, Institutt for energi- og prosesssteknikk, 12. januar 2010



Olav Bolland
Instituttleder



Lars Sætran
Faglig ansvarlig/veileder

MASTEROPPGAVE

for

Stud.techn. Erlend H. Næs

Våren 2010

Design og test av aksialvifter

Design and test of axial fans

Bakgrunn og mål

Det skal etableres en prøvestasjon for utvikling og testing av aksialvifter/ventilatorer – eksempelvis aksialvifter for ventilering av veitunneler. Ved instituttet eksisterer det en rigg som viften henges opp i for måling av skyvkraft, og det eksisterer også et viftehus med tilhørende motor. Systemet skal utstyres med en innløpsseksjon som besørger effektive innløpsbetingelser. Kandidaten skal konstruere, få laget, og skal teste dette. Prøvestasjonen skal utrustes med utstyr og rutiner for virkningsgradsprøving av aksialvifter – med dette menes utstyr og rutiner for innsamling av måledata, rutiner for behandling og presentasjon av måledataene, vurdering av måleusikkerhet – iht internasjonale standarder for denne type tester (ISO/DIS 13350).

Prøvestasjonen skal benyttes for utprøving av propeller av forskjellig design. Det eksisterer 2 stk propeller som, etter modifisering, kan benyttes. Resultatene skal evalueres ift prinsipper for hva som kan betegnes som et ”godt” propellerdesign, og det forventes at kandidaten foreslår konkrete forbedringer av propellens design.

” _ ”

Senest 14 dager etter utlevering av oppgaven skal kandidaten levere/sendte instituttet en detaljert fremdrift- og eventuelt forsøksplan for oppgaven til evaluering og eventuelt diskusjon med faglig ansvarlig/veileder. Detaljer ved eventuell utførelse av dataprogrammer skal avtales nærmere i samråd med faglig ansvarlig.

Besvarelsen redigeres mest mulig som en forskningsrapport med et sammendrag både på norsk og engelsk, konklusjon, litteraturliste, innholdsfortegnelse etc. Ved utarbeidelsen av teksten skal kandidaten legge vekt på å gjøre teksten oversiktlig og velskrevet. Med henblikk på lesning av besvarelsen er det viktig at de nødvendige henvisninger for korresponderende steder i tekst, tabeller og figurer anføres på begge steder. Ved bedømmelsen legges det stor vekt på at resultatene er grundig bearbeidet, at de oppstilles tabellarisk og/eller grafisk på en oversiktlig måte, og at de er diskutert utførlig.

Alle benyttede kilder, også muntlige opplysninger, skal oppgis på fullstendig måte. For tidsskrifter og bøker oppgis forfatter, tittel, årgang, sidetall og eventuelt figurnummer.

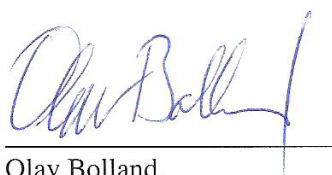
Det forutsettes at kandidaten tar initiativ til og holder nødvendig kontakt med faglærer og veileder(e). Kandidaten skal rette seg etter de reglementer og retningslinjer som gjelder ved alle (andre) fagmiljøer som kandidaten har kontakt med gjennom sin utførelse av oppgaven, samt etter eventuelle pålegg fra Institutt for energi- og prosesssteknikk.

I henhold til "Utfyllende regler til studieforskriften for teknologistudiet/sivilingeniørstudiet" ved NTNU § 20, forbeholder instituttet seg retten til å benytte alle resultater og data til undervisnings- og forskningsformål, samt til fremtidige publikasjoner.

Ett -1 komplett eksemplar av originalbesvarelsen av oppgaven skal innleveres til samme adressat som den ble utlevert fra. Det skal medfølge et konsentrert sammendrag på maksimalt én maskinskrevet side med dobbel linjeavstand med forfatternavn og oppgavetittel for evt. referering i tidskrifter).

Til Instituttet innleveres to - 2 komplette kopier av besvarelsen. Ytterligere kopier til eventuelle medveiledere/oppgavegivere skal avtales med, og eventuelt leveres direkte til de respektive. Til instituttet innleveres også en komplett kopi (inkl. konsentrerte sammendrag) på CD-ROM i Word-format eller tilsvarende.

NTNU, Institutt for energi- og prosesssteknikk, 12. januar 2010



Olav Bolland
Instituttleder



Lars Sætran
Faglig ansvarlig/veileder

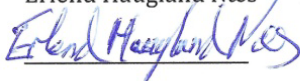
1 FORORD

Oppgaven tar for seg prosessen med å etablere en målestasjon for testing av aksialvifter på strømningsmekanisk laboratorium ved Institutt for Energi- og Prosessteknikk, NTNU. Prosedyrer for innhenting og bearbeiding av måledata opprettes for å kunne beregne viftens ytelse.

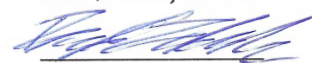
Instituttet disponerer to propeller for bruk i aksialvifter som testes ut i målestasjonen. Disse propellene vurderes i henhold til teori om godt propelldesign. Samtidig utvikles egne design for propellblader som brukes som et sammenligningsgrunnlag for de testede propellene. Dermed kan forbedringer på de eksisterende propellene foreslås.

Forfatterne vil takke veileder Lars R. Sætran og driftsingeniør Arnt E. Kolstad for hjelp og støtte underveis.

Erlend Haugland Næs



Bror Øiseth Jakobsen



2 SAMMENDRAG

En teststasjon for aksialvifter har blitt etablert på strømningsmekanisk laboratorium ved Institutt for Energi og Prosessteknikk på NTNU. Teststasjonen er satt opp med utstyr og programvare for testing av skyvkraft, tilført effekt, hastighetsmålinger, turtall og støy. Gjennom disse parametrene kan blant annet viftens virkningsgrad beregnes. En innløpskon har blitt konstruert for å bedre viftehusets innløpsbetingelser og testing av innløpskonen er gjennomført. Instituttet disponerer to propeller med ulik design som har blitt nøye testet. Det er samtidig utviklet egne propelldesign med utgangspunkt i vingeteori og prinsipper for godt propelldesign. Det egne designet brukes som et sammenlikningsgrunnlag for de to propellene som allerede eksisterer ved instituttet. Det er også foreslått endringer for å bedre virkningsgraden til de to eksisterende propellene.

3 ABSTRACT

A test station for axial flow fans has been established in the Fluid Dynamics laboratory at NTNU. The test station is equipped with measurement devices and software which makes measurements of thrust, input power, axial velocity, rotational speed and sound possible. Measurements done at the test station are used to calculate the efficiency for an axial flow fan. An inlet bell has been designed to improve the inlet conditions for the fan and tests have been made on the inlet bell to verify the improvements. Two propellers are available for testing at the Department of Energy and Process Engineering at NTNU. These propellers have been tested thoroughly. A suggestion for a propeller design based on wing theory and principles for good propeller design is made. The suggested propeller design is used to compare the existing two propellers with ideal propeller design. Suggestions are made to improve the efficiency of the existing propellers.

4 INNHOLD

1	Forord	5
2	Sammendrag.....	7
3	Abstract	9
5	Innledning	15
6	Teori.....	17
7	Teststasjon	19
7.1	Geometri og spesifikasjoner.....	19
7.1.1	Propell 1.....	20
7.1.2	Propell 2.....	20
7.2	Rigg.....	20
7.3	Programvare.....	21
7.3.1	Svakheter.....	24
7.4	Målemetodikk.....	24
7.4.1	Hastighetsmåling.....	24
7.5	Skyvkraft	26
7.5.1	Lastcelle	26
7.5.2	Pitotrør	26
7.6	Støynivå	28
7.7	Turtall.....	29
7.8	Opptatt Effekt.....	29
7.9	Arbeid tilført luften.....	29
7.9.1	Lastcelle	29
7.9.2	Pitotrør	29
7.10	Volumstrøm	30
7.10.1	Pitotrør.....	30
7.10.2	Lastcelle	30
7.11	Virkningsgrad og spesifikk skyvkraft.....	30
7.12	Innløpskon.....	30
8	Viftedesign.....	33
8.1	Designkriterier.....	33
8.1.1	Valg av bladprofil	33
8.1.2	Kordelengdefordelingen	33
8.1.3	Vridningsvinkel.....	34
8.1.4	Navet	34

8.1.5	Antall blad	34
8.1.6	Omdreiningshastighet.....	34
8.2	Designmetodikk	35
8.2.1	Bladelement.....	35
8.2.2	Krefter på bladet.....	36
8.2.3	Trykkendring.....	38
8.2.4	Virkningsgrad	39
8.2.5	Dimensjonsløse størrelser.....	41
8.2.6	Valg av bladprofil	44
8.2.7	Designkriterium.....	44
8.2.8	Beregning av kordelengdefordeling og vridningsvinkelfordeling.....	45
9	Måleresultater.....	47
9.1	Hastighetsmålinger	47
9.1.1	Målinger	47
9.1.2	Snitthastighet gjennom lastcelle.....	52
9.2	Skyvkraft	52
9.2.1	Lastcelle	52
9.2.2	Hastighetsmålinger	52
9.3	Støy	53
9.4	Turtall.....	53
9.5	Effekt tilført motor	54
9.6	Utført arbeid	54
9.6.1	Lastcelle	54
9.6.2	Pitotrør	55
9.7	Volumstrøm	55
9.7.1	Lastcelle	55
9.7.2	Pitotrør	55
9.8	Virkningsgrad.....	56
10	Effekt av innløpskon.....	57
11	Eget bladdesign	63
11.1	Propell 1	63
11.2	Propell 2	66
12	Konklusjon.....	71
12.1	Teststasjon.....	71
12.2	Viftedesign.....	71

13	Referanser	75
14	Appendiks A.....	77
14.1	Matlab Script.....	77
15	Appendiks B.....	83
16	Appendiks C.....	85
16.1	Bladelement 1	85
16.2	Bladelement 2	87
16.3	Bladelement 3	89
16.4	Bladelement 4	91
16.5	Bladelement 5	93
16.6	Bladelement 6	95
16.7	Bladelement 7	97
16.8	Bladelement 8	99
16.9	Bladelement 9	101
16.10	Bladelement 10.....	103
16.11	Bladelement 11.....	105
16.12	Bladelement 12.....	107
16.13	Bladelement 13.....	109
16.14	Bladelement 14.....	111
16.15	Bladelement 15.....	113
16.16	Bladelement 16.....	115
16.17	Bladelement 17.....	117
16.18	Bladelement 18.....	119
17	Appendiks D.....	121
17.1	Bladelement 1	121
17.2	Bladelement 2	123
17.3	Bladelement 3	125
17.4	Bladelement 4	127
17.5	Bladelement 5	129
17.6	Bladelement 6	131
17.7	Bladelement 7	133
17.8	Bladelement 8	135
17.9	Bladelement 9	137
17.10	Bladelement 10.....	139
17.11	Bladelement 11.....	141

17.12	Bladelement 12.....	143
17.13	Bladelement 13.....	145
17.14	Bladelement 14.....	147
17.15	Bladelement 15.....	149
17.16	Bladelement 16.....	151
17.17	Bladelement 17.....	153
17.18	Bladelement 18.....	155

5 INNLEDNING

Bakgrunnen for denne oppgaven er ønsket om å kunne teste ytelsen til forskjellige propelldesign for bruk til aksialvifter. Og videre ha mulighet for å bearbeide målte resultater på en gunstig måte. Ut fra testresultater og teori presentert i denne rapporten vil det være mulig å vurdere og komme med forslag til forbedringer i designen til testede propeller. I denne oppgaven testes to forskjellige propeller som disponeres av Institutt for Energi og Prosessteknikk på NTNU.

Kort forklart er en aksialvifte en vifte som driver strømningsmediet parallelt med akselen bladene er montert til. Aksialviften brukes til mange formål, alt fra å kjøle komponenter i en datamaskin til å drive strømmingen i en vindtunnel. Den typen aksialvifte som blir behandlet i denne oppgaven er en vifte som typisk blir brukt til ventilering av industrihaller eller veitunneler.

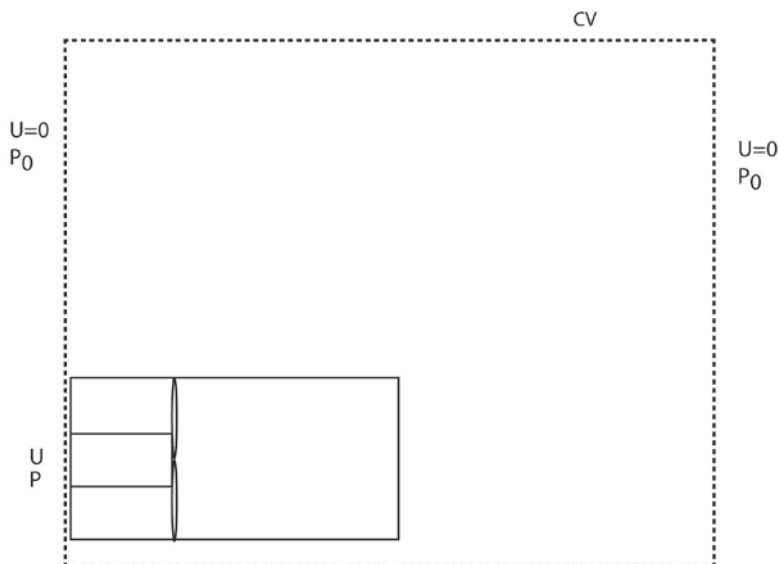
For å kunne utføre målinger av ytelsen til de ulike propelldesignene var det nødvendig å etablere en teststasjon. Denne teststasjonen ble etablert i strømningsmekanisk laboratorium på NTNU ved institutt for strømningsmekanikk. Teststasjonen består av en rigg utstyrt med en lastcelle som gjør det mulig å måle skyvekraften. Ved teststasjonen er det etablert et pitotrørsoppsett som gjør det mulig å foreta trinnløse hastighetsmålinger over flere diametre. På denne måten kan hastighetsprofilen til luften i aksialretningen finnes. Teststasjonen er også utstyrt med måleutstyr for måling av effekt tilført viftens motor, støymålinger og turtallmålinger.

Signalene fra måleutstyret blir logget ved hjelp av en datamaskin. Datamaskinen måtte derfor ha software som kunne bearbeide innkommende signaler. Dermed måtte software til dette formålet utvikles.

For å vurdere designen til de to eksisterende propellene måtte egne forslag til propelldesign lages.

6 TEORI

En fast opphengt vifte vil utføre et arbeid på strømningsmediet. For å kunne teste en viftes virkningsgrad må dette arbeidet finnes. Skyvkraften som genereres av viften er også av interesse, da dette er vesentlig for å konstruere et tilstrekkelig solid oppheng.



Figur 1 Kontrollvolum

Med utgangspunkt i kraftbalanse og energibalanse kan uttrykk for arbeid og skyvkraft finnes. Hvis det settes opp en massebevarelse over kontrollvolumet, se Figur 1, fremgår det at massebevarelse ikke er oppfylt ved å sette omgivelseshastigheten til null. Men settes kontrollvolumet stort nok er dette en god tilnærmelse. Labforsøkene er gjort i et rom med begrenset størrelse, og en sirkulasjon vil oppstå slik at det vil være en viss transport gjennom kontrollvolumet. Dette vil ha en viss innvirkning på både skyvkraft og arbeid. Videre er antagelsen om null omgivelseshastighet gjort.

Kraftlikningen:

$$\Sigma \bar{F} = \frac{d}{dt} \left(\int_{cv} \bar{V} \rho dv \right) + \int_{cs} \bar{V} \rho (\bar{V} \cdot \bar{n}) dA \quad (1) \text{ (White, 2005)}$$

$$\Sigma \bar{F} = \bar{F}_{skyv} + \bar{F}_{trykk} = \bar{F}_{skyv} + \int_{cs} p(-\bar{n}) dA \quad (2) \text{ (White, 2005)}$$

Energilikningen:

$$\frac{dE}{dt} = \frac{d}{dt} \left(\int_{cv} e \rho dv \right) + \int_{cs} e \rho (\bar{V} \cdot \bar{n}) dA \quad (3) \text{ (White, 2005)}$$

Hvor $e = e_{indre} + e_{kinetisk} + e_{potensiell} + e_{andre}$.

$$\frac{dE}{dt} = \frac{dQ}{dt} - \frac{dW}{dt} = \frac{dQ}{dt} - (\dot{W}_{\text{tilført}} + \dot{W}_{\text{trykkendring}} + \dot{W}_{\text{viskøse krefter}}) \quad (4) \quad (\text{White, 2005})$$

Det er ikke tilført noen varme og det antas at det ikke er noen viskøse krefter. Dermed forsvinner leddene $\frac{dQ}{dt}$ og $\dot{W}_{\text{viskøse krefter}}$. Videre antas det at energien i strømningsmediet kun er kinetisk. Under stasjonære forhold kan da likningene (1) og (2) skrives om til:

$$\bar{F}_{\text{skyv}} + \int_{cs} p(-\bar{n})dA = \int_{cs} \bar{V} \rho(\bar{V} \cdot \bar{n})dA \quad (5)$$

$$\dot{W}_{\text{tilført}} - \dot{W}_{\text{trykk}} = \dot{W}_{\text{tilført}} - \int_{cs} p(\bar{V} \cdot \bar{n})dA = \int_{cs} \frac{1}{2} \bar{V}^2 \rho(\bar{V} \cdot \bar{n})dA \quad (6)$$

Med dette kan det settes opp et uttrykk for skyvkraft og tilført arbeid på strømningsmediet hvis det tas utgangspunkt i en konstant aksial hastighet over viftens areal.

$$F_{\text{skyv}} = (\rho U^2 + p - p_0)A \quad (7)$$

$$\dot{W}_{\text{tilført}} = \left(\frac{1}{2} \rho U^2 + p - p_0\right)UA \quad (8)$$

Der arealet er området mellom viftehusets ytterkant og navet til propellen. Luftstrømningen i utløpet til viften behandles som utløpet i en jet. Dermed kan det statiske trykket i utløpet tilnærmes til atmosfæretrykket (Hinze, 1975). Likningene (7) og (8) kan da forenkles til følgende:

Skyvkraft:

$$F_{\text{skyv}} = \rho U^2 A \quad (9)$$

Arbeid tilført luften:

$$\dot{W}_{\text{tilført}} = \frac{1}{2} \rho U^3 A \quad (10)$$

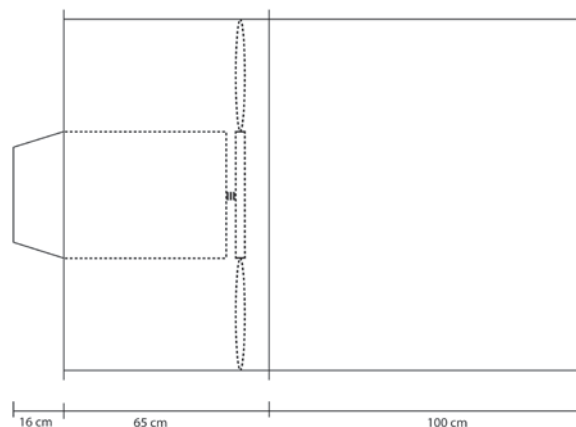
7 TESTSTASJON

Det etableres en teststasjon for innsamling av måledata i Strømningsteknisk laboratorium. Denne prøvestasjonen utrustes med utstyr og rutiner for behandling og innsamling av måledata for aksialvifter. Oppsett, måleutstyr og måleusikkerheter skal tilfredsstillende internasjonale standarder. Rigg for oppheng av aksialvifter eksisterer allerede ved instituttet. Denne riggen er utstyrt med en lastcelle for måling av skyvkraft. I tillegg skal luftens hastighetsprofil i aksialretning, støynivå, effektforbruk og turtall måles. Den aksielle hastigheten til luften kan brukes til å beregne skyvkraft og på den måten verifisere målingene gjort med lastcellen. Måledataene skal brukes for å kunne finne viftens virkningsgrad.

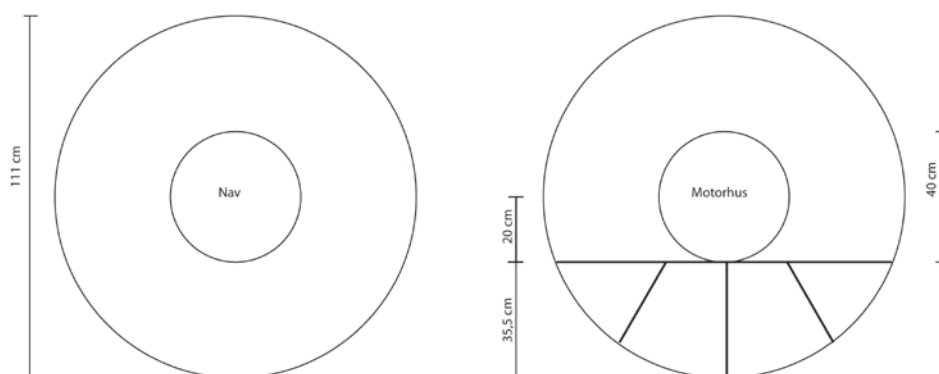
Det finnes to ulike propeller ved instituttet som er ulike med tanke på antall blad og utforming. Den ene propellen er den som er designet for viftehuset og motoren som instituttet disponerer, propell 1. Den andre propellen må modifiseres for å passe til viftehuset, propell 2. Propell 2 er for stor, og bladene må derfor kappes i ytterkant for å redusere størrelsen. Dette arbeidet overlates til verkstedspersonell i laboratoriet. Begge propellene skal testes.

7.1 GEOMETRI OG SPESIFIKASJONER

Viftens geometri og dimensjoner er illustrert i Figur 2 og Figur 3.



Figur 2 Viftehusets geometri



Figur 3 Inn- og utløp

7.1.1 PROPELL 1

Bladets geometri er målt til følgende.

- Tilnærmet konstant kordelengde på 0,177m
- Navets diameter: 0,4m
- Vridningsvinkel ved nav: 20°
- Vridningen øker noe mot tuppen
- Antall blader: 10
- Totalt bladareal: 0,62 m²



Figur 4 Propell 1

Målingene er utført for hånd med enkelt utstyr.

De kan derfor ikke tillegges noe stor grad av nøyaktighet, men vil allikevel være tilfredsstillende for å sammenligne viftens geometri.

7.1.2 PROPELL 2

Bladets geometri er målt til følgende.

- Kordelengde ved nav: 0,22 m.
- Kordelengde ved midten: 0,16 m
- Kordelengde ved tupp: 0,145 m
- Navets diameter: 0,40 m
- Vridningsvinkel ved nav: 44°
- Vridningsvinkel ved tuppen: 20°
- Antall blader: 6
- Totalt bladareal: 0,36 m²

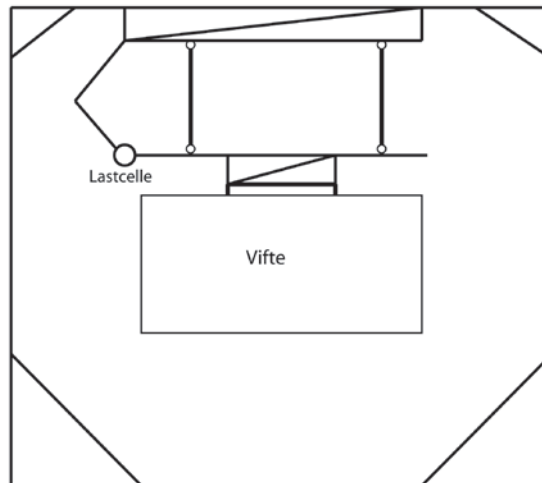


Figur 5 Propell 2

Målingene av propellens geometri er utført på samme måte som for propell 1.

7.2 RIGG

Viften er hengt opp i en rigg, som er konstruert for oppheng av aksialvifter på et tidligere tidspunkt, i strømningsmekanisk laboratorium. ISO 13350 krever en klaring på tre ganger viftens ytre diameter i forkant av viften, ti ganger diameteren i bakkant og halvannen gang diameteren over bakken. På grunn av laboratoriets plassbegrensninger kan kravet om ti ganger diameteren med fri klaring i bakkant ikke oppfylles. Det er ved en tidligere anledning testet effekten av dette i forbindelse med testing av aksialvifter ved instituttet og det ble funnet at betydningen ikke var av vesentlig karakter. Dermed sees oppsettet på som godt. Riggens er laget slik at viften henges opp i et pendelopp heng som gir en horisontal forskyvning. Denne forskyvningen blir tatt opp i en lastcelle. Systemet er bygd slik at maksimal horisontal forskyvning er på rundt 1 mm.



Figur 6 Rigg

Videre er stasjonen utstyrt med en signalforsterker som har fire kanaler. Den kan forsterke signalene opptil 100 ganger. Apparatet er også i stand til å filtrere signalene med en frekvens på mellom 0,4 kHz og 250 kHz. Apparatet lar brukeren stille offset.



Figur 7 Signalforsterker

Signalforsterkeren gir ut sinusformede spennings signaler. For å motta signalene på en PC benyttes NI USB-6008 DAQ. Oppsettet benytter to slike enheter. Signalene kobles fra signalforsterkeren til NI USB-6008, som igjen er koblet til en PC med USB kabel.

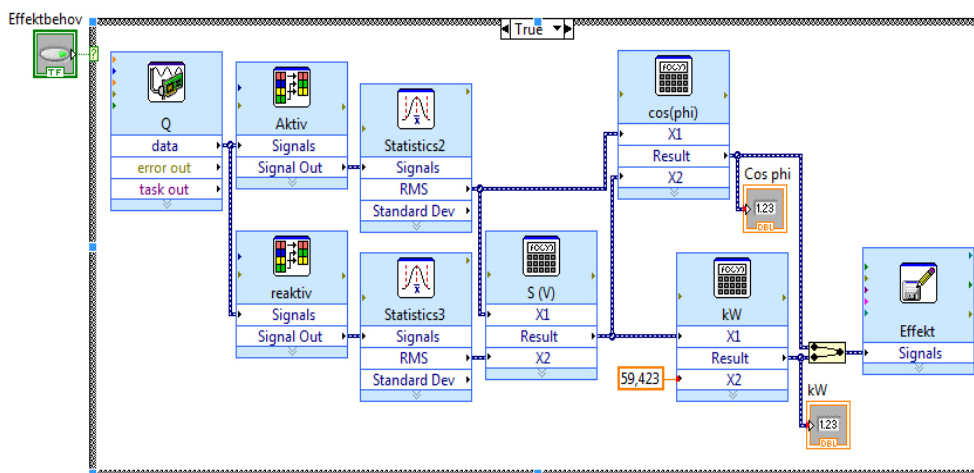


Figur 8 NI USB-6008 DAQ (National Instruments)

7.3 PROGRAMVARE

For å motta og logge data sendt fra NI USB-6008 DAQ trengs det programvare. Et slikt program måtte derfor programmeres til målestasjonen. Utviklingen av programvare ble gjort gjennom LabVIEW. LabVIEW er et grafisk programmeringsverktøy som er vidt brukt til måling og innsamling av testdata. LabVIEW versjon 2009 ble valgt, da den ligger tilgjengelig på NTNU sin programvareserver.

Første skritt mot et fungerende resultat var å kartlegge hva som skulle integreres i programmet. Både lydmåleren og turtallmåleren er mobile instrumenter med et display for avlesning. Det er derfor ikke noe behov for å ta hensyn til disse under utviklingen. Lastcellen, pitotrørsoppsettet og effektbehovet gir ut analoge spennings signaler. Disse signalene kjøres via NI USB-6008 DAQ, deretter gjøres signalene om til fysiske størrelser ved hjelp av en programvare. Programvaren må kommunisere med NI USB-6008 DAQ, motta signalene, gi brukeren mulighet til å gi inputs, behandle informasjonen og gi brukeren tilbakemelding på en oversiktlig måte. Programmet består av fem deler. En for kalibrering av lastcellen, en for skyvekraftmålinger ved hjelp av lastcellen, en for avlesning av volt for pitotrøret ved null strømningshastighet, en for måling av luftens hastighet gjennom viftehuset og en del for effektbehov. Under vises eksempelvis blokkdiagrammet for løsningen for effektbehovet.



Figur 9 Blokkdiagram for Effektbehov

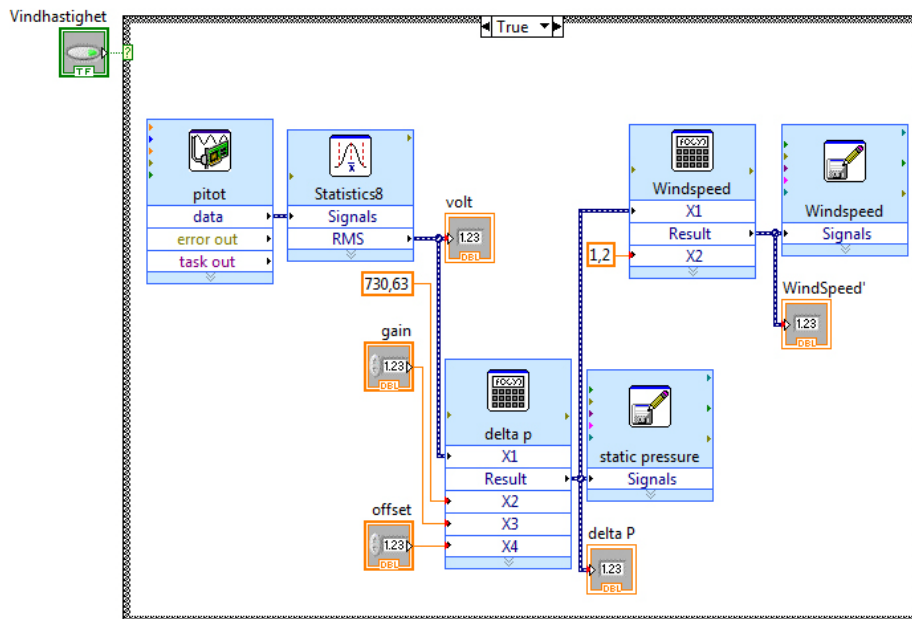
Programmet mottar data om aktiv og reaktiv effekt. Det finner så RMS-verdien til måleserien. RMS (Root Mean Square) er en metode for å lage gjennomsnitt og blir også kalt for kvadratisk gjennomsnitt. Denne metoden regner ut snittet av absoluttverdier slik at negative verdier ikke forskyver snittverdiene (Walpole, 2007).

$$X_{RMS} = \sqrt{\frac{X_1^2 + X_2^2 + \dots + X_n^2}{n}} \quad (11)$$

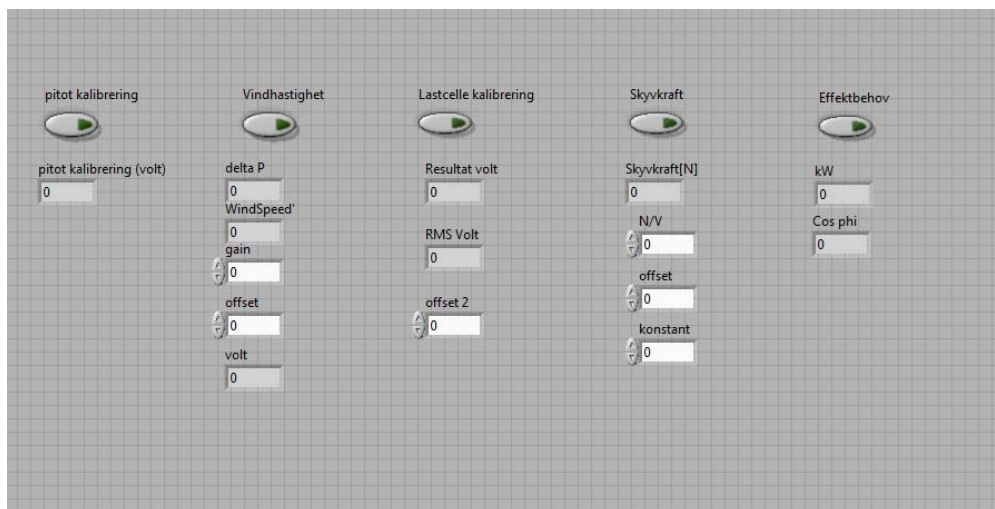
Dette er en egnet metode for å beregne gjennomsnitt når man behandler sinusformede signaler, slik som er tilfellet her. Deretter beregner programmet faseforskyvningen og effektbehovet. Her er konstanten som angir watt per volt, se seksjon 7.8, lagt inn i programmet. Informasjonen blir skrevet på fil samtidig som brukeren blir vist informasjonen.

I delene av programmet som behandler målinger fra pitotrørsoppsettet og lastcellen har brukeren mulighet for å gi programmet informasjon om hvilke innstillinger som er valgt på signalforsterkeren. I tillegg til nødvendige forholdstall mellom fysiske størrelser og

spenningssignaler som er funnet fra kalibrering. Under vises eksempelvis blokkdiagrammet for pitotrørsoppsettet.



Figur 10 Blokkdiagram for Vindhastighet



Figur 11 Brukergrensesnitt

Figur 11 viser brukergrensesnittet. De grå feltene er outputs, mens de hvite er inputs. Siden trykkdifferansene er så små i måling av hastigheten, trenger signalet forsterkning, den brukte forsterkning skrives inn i "gain" feltet, Figur 11. Programmet tar da dette med i beregningen slik at riktige resultater fremlegges. Siden endringene i signalene er såpass små, er det viktig at utgangspunktet i trykkdifferansen er så nære null som det lar seg gjøre når hastigheten er null. Dette løses ved å kjøre pitotkalibrerings delen av programmet før viften startes. Signalet fra dette fylles så inn i "offset" feltet, Figur 11. Programmet trekker da dette signalet fra målingene når hastighetsdelen av programmet

kjøres. Dette signalet er i størrelsesorden 0,005, men da det ganges med en konstant på 730,63 Pa/V, se seksjon 7.4.1.1, så vil selv et så lite signal ha en påvirkning. For skyvkraften skriver brukeren inn kalibreringskonstantene som er funnet under kalibreringen av lastcellen.

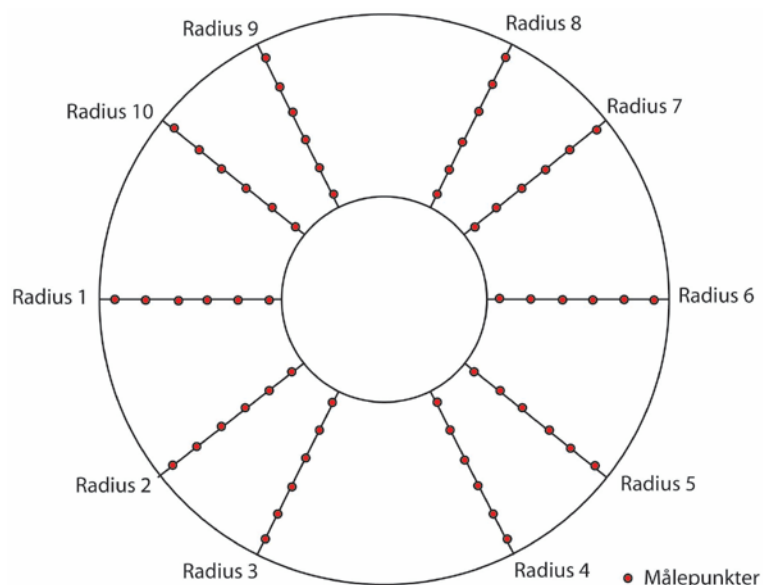
7.3.1 SVAKHETER

Svakheten med denne programvaren er at dataene må behandles videre i etterkant for noen deler av programmet. Skyvkraften funnet gjennom lastcellen vises direkte i "skyvkraft [N]" feltet, Figur 11. Når det kommer til hastigheter beregnes hastigheten for et målepunkt, måleprosedyren gjentas så for alle målepunktene brukeren ønsker å måle. Disse dataene må behandles videre i eksempelvis Excel gjennom å bruke (9) og (15) for å komme fram til skyvkraften. Videre er likning (20) brukt for å beregne arbeid gjort av viften.

7.4 MÅLEMETODIKK

7.4.1 HASTIGHETSMÅLING

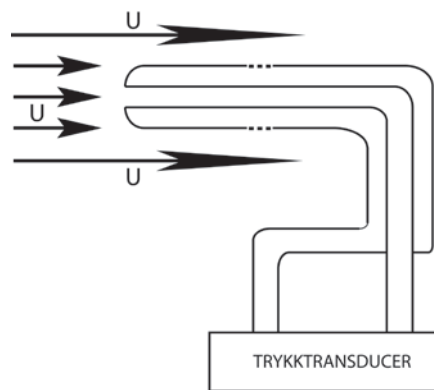
For hastighetsmålinger benyttes et pitotrør. Pitotrøret monteres i utløpet på viftehuset slik at det kan traverseres fra viftehusets ytterkant og inn til motorhuset. På denne måten kan hastighetsfordelingen kartlegges. Det blir foretatt målinger langs ti radier med seks målinger per radius, i alt seksti målinger, se Figur 12. Dette er godt innenfor ISO 5801:2008 sitt krav om minimum 24 målinger med minst fire målepunkter per radius. Her antas det at det vil bli noen varianser i målingene på grunn av viftehusets geometri ved utløpet, se Figur 3.



Figur 12 Målepunkter

7.4.1.1 Virkemåte Pitotrør

Et pitotrør er konstruert som i Figur 13 med et indre og et ytre rør.



Figur 13 Pitotrør

I det indre røret stagnerer strømmingen og stagnasjonstrykket kan dermed måles. I det ytre røret er det små hull langs ytterkanten, det statiske trykket i strømmingen vil dermed overføres inn i det ytre røret. Begge rørene er koblet til en trykktransducer som måler trykkdifferansen. Fra trykkdifferansen finnes hastigheten til strømningsmediet ved hjelp av følgende formel:

$$V = \left[2 \cdot \frac{(p_0 - p_s)}{\rho} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (12) \text{ (White, 2005)}$$

Rotasjon i strømmingen ved utløpet vil i stor grad påvirke målingen av det statiske trykket. På grunn av dette er systemet koblet slik at det er differansen mellom stagnasjonstrykket i utløpet og omgivelsestrykket som måles. Med antagelsen om at det statiske trykket i utløpet er tilnærmet likt omgivelsestrykket (Hinze, 1975) er dette en god løsning. Ligning (12) kan dermed skrives om til:

$$V = \left[2 \cdot \frac{(p_{\text{stagnasjon}} - p_{\text{omgivelser}})}{\rho} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (13)$$

Trykktransducere brukt i dette oppsettet har en konstant på 730,63 Pascal per volt. Denne konstanten er funnet ved at pitotrøret plasseres i en vindtunnel og kobles via et manometer til trykktransducere. Væskehøyden på manometeret leses av for ulike vindhastigheter samtidig som spenningssignalet fra trykktransducere måles. Vækehøyden i manometeret brukes deretter til å regne ut trykkdifferansen i pitotrøret. Dette gir en lineær sammenheng mellom trykkdifferanse og antall volt.

Fra ISO 5801:2008, paragraf 25 er måleusikkerheten på $\pm 2\%$ ved bruk av et pitotrør som er installert med en nøyaktighet på $\pm 2^\circ$ i forhold til strømningsretningen.

7.5 SKYVKRAFT

7.5.1 LASTCELLE

Riggen er utstyrt med en Hottinger Baldwin Z6HZ/100 kp lastcelle. Lastcellen er tilkoblet en Hottinger Baldwin KWS 3028 målebro som igjen er tilkoblet signalforsterkeren. For å kunne relatere det målte spenningssignalet til gitt skyvkraft må systemet kalibreres. Dette gjøres ved hjelp av et snortrekk som via en trinse belastes med lodd av kjent vekt. Et lineært forhold mellom skyvkraft og spenningsignal finnes ved å utføre målinger hvor vekten påført snortrekket varieres. Skyvkraftmålingene har en usikkerhet på $\pm 5 \%$ ifølge ISO 13350:2008. Lastcellen er kalibrert for området 400N til 1000N.

Ved å skrive om likning (9) kan skyvkraften brukes til å finne en aksiell snitthastighet hvis strømningsmediets tetthet og viftens areal er kjent.

$$\bar{U} = \sqrt{\frac{F_{\text{skyv}}}{\rho A}} \quad (14)$$

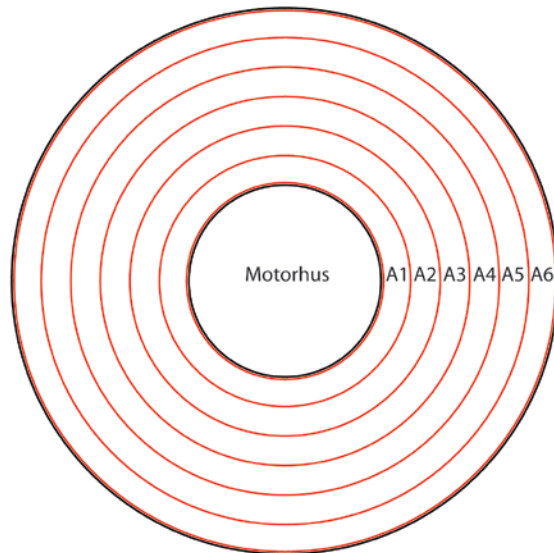
Denne hastigheten har en usikkerhet på $\pm 10 \%$ i følge ISO 13350:2008

7.5.2 PITOTRØR

Skyvkraften kan beregnes fra (9) ved hjelp av hastighetsmålinger gjort med pitotrør. Hastighetene målt ved samme radius vil variere noe avhengig av hvor i viftehuset de er tatt, ettersom motoren og motorinnfestingen vil påvirke strømmingen. Dette løses ved å ta gjennomsnittet av alle hastighetsmålinger med samme radius. På denne måten antas det at variansene i målingene på grunn av viftehusets geometri vil jevnes ut. Snitthastighetene beregnes etter følgende formel:

$$\bar{U}_i^2 = \frac{1}{10} (U_{r1,i}^2 + U_{r2,i}^2 + U_{r3,i}^2 + U_{r4,i}^2 + U_{r5,i}^2 + U_{r6,i}^2 + U_{r7,i}^2 + U_{r8,i}^2 + U_{r9,i}^2 + U_{r10,i}^2) \quad (15)$$

Snitthastighetene brukes så i likning (9) med areal illustrert i Figur 14



Figur 14 Arealinndeling

A1 [m ²]	A2 [m ²]	A3 [m ²]	A4 [m ²]	A5 [m ²]	A6 [m ²]
0,07818	0,107442	0,130062	0,152681	0,175301	0,19792

Tabell 1 Arealinndeling

$$F_{\text{skyv}} = \sum_i \rho \bar{U}_i^2 A_i = \rho (\bar{U}_1^2 A_1 + \bar{U}_2^2 A_2 + \bar{U}_3^2 A_3 + \bar{U}_4^2 A_4 + \bar{U}_5^2 A_5 + \bar{U}_6^2 A_6) \quad (16)$$

Hastighetsmålingene har i følge ISO 5801 en usikkerhet på $\pm 2\%$. Denne måleusikkerheten fører til at beregnet skyvkraft også vil ha en usikkerhet. Skyvkraftens usikkerhet beregnes ved hjelp av en sammenheng for statistisk feil.

$$\delta R = \left\{ \sum_{i=1}^N \left(\frac{\partial R}{\partial X_i} \delta X_i \right)^2 \right\}^{\frac{1}{2}} \quad (17) \text{ (Moffat, 1988)}$$

Hvor R er en vilkårlig funksjon av flere X verdier. $R = R(X_1, X_2, \dots, X_N)$

Hver X_i er gitt av $X_i = X_{i,m\ddot{a}lt} \pm \delta X_i$, altså måleverdier \pm usikkerheter.

Likning (17) gir funksjonen R sin usikkerhet: $\pm \delta R$

Likning (17) er gjeldene hvis alle målinger er uavhengige, at gjentakelse av en måling ville gitt en normalfordeling og at usikkerhetene for hver måling i utgangspunktet er lik.

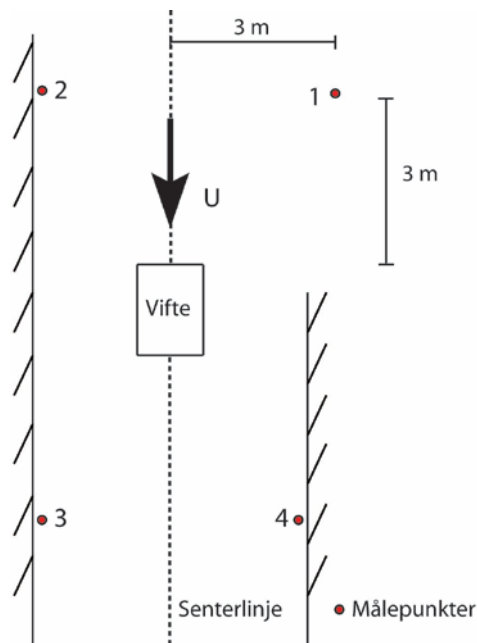
Likning (16) og (17) kombineres og gir:

$$\delta F_{skyy} = \left\{ \left(\frac{\partial F}{\partial U_1} \delta U_1 \right)^2 + \left(\frac{\partial F}{\partial U_2} \delta U_2 \right)^2 + \left(\frac{\partial F}{\partial U_3} \delta U_3 \right)^2 + \left(\frac{\partial F}{\partial U_4} \delta U_4 \right)^2 + \left(\frac{\partial F}{\partial U_5} \delta U_5 \right)^2 + \left(\frac{\partial F}{\partial U_6} \delta U_6 \right)^2 \right\}^{\frac{1}{2}}$$

(18)

7.6 STØYNIVÅ

Støynivå blir målt med NE, type 102, Integrating Sound level meter. Måleren kalibreres med "Sound Level Calibrator Type 4230" til 94 dBA ved 1kHz. Støynivået måles i fire punkter. På innløpssiden er målepunktene tre meter foran innløpet og tre meter ut fra senterlinjen til hver side, altså ved en 45 graders vinkel ut fra senter i viften. Målingene tas på samme høyde som viftens senter. I bakkant av viften er målepunktene tre meter bak utløpet, og tre meter ut til siden. På grunn av riggens plassering i laboratoriet er det kun for ett målepunkt kravene oppfylles, se Figur 15, de tre resterende målepunktene vil ikke være langt nok unna senterlinjen. Disse punktene vil også stå i umiddelbar nærhet til store reflekterende flater. Målinger gjort ved disse tre punktene benyttes for å sammenligne støy fra ulike viftedesign, men kan ikke brukes som mål på reelt støynivå.



Figur 15 Målepunkter for støy

Støymålingene foretas manuelt ved å lese av apparatets display.

Korrigerings for høyere støynivå inne i forsøkshall enn utendørsverdier gjøres ved å trekke fra 2,4 dBA fra målte verdier (Sætran, 2009) Støyrefleksjon fra gulvet korrigeres for med å trekke fra 1,1 dBA. (Sætran, 2009)

7.7 TURTALL

Turtallet måles ved hjelp av Microtach 8400 Non-Contacting turtallsmåler.

Turtallsmåleren er en optisk turtallsmåler med en nøyaktig på bedre enn $\pm 0,01 \%$. Det festes en reflektor tape på et av bladene til rotoren som turtallsmåleren registrerer ved å sende et lys og deretter lese av refleksjonen. Turtallsmåleren holdes manuelt ved utløp eller innløp til viften og siktes mot reflektortapen. Turtallet leses så av manuelt fra turtallsmålerens display.

7.8 OPPTATT EFFEKT

Den tilførte effekten måles ved hjelp av et Elcontrol VIP 96 APQ effektmeter. Dette instrumentet har et display for avlesning av målt effekt. Det har også analoge uttak for aktiv og reaktiv spenning. Dette ble benyttet og koblet til signalforsterkeren. Forholdet mellom de analoge spenningssignalene og opptatt effekt må beregnes gjennom å lese av på instrumentets display. Da dette er gjort kan total opptatt effekt beregnes ved hjelp av den aktive og den reaktive effekten og deretter logges på PC-en. Resultatene har en usikkerhet på $\pm 2 \%$, ISO 13350:2008.

7.9 ARBEID TILFØRT LUFTEN

7.9.1 LASTCELLE

Arbeid tilført luften beregnes med ligning (10) når luftens tetthet og viftens areal er kjente parametre. Her brukes da snitthastigheten funnet med likning (14)

Usikkerheten beregnes gjennom likning (17):

$$\delta \dot{W} = \left\{ \left(\frac{\partial \dot{W}}{\partial \bar{U}} \delta \bar{U} \right)^2 \right\}^{\frac{1}{2}} = \left(\frac{\partial \dot{W}}{\partial \bar{U}} \delta \bar{U} \right) \quad (19)$$

7.9.2 PITOTRØR

Hvis hastigheter målt med pitotrør benyttes for å finne effekten, summeres bidragene fra de forksjellige arealene på samme måte som i skyvkraftsberegningen.

$$\dot{W}_{\text{tilført}} = \sum_i \frac{1}{2} \rho U_i^3 A_i = \frac{1}{2} \rho (\bar{U}_1^3 A_1 + \bar{U}_2^3 A_2 + \bar{U}_3^3 A_3 + \bar{U}_4^3 A_4 + \bar{U}_5^3 A_5 + \bar{U}_6^3 A_6) \quad (20)$$

Usikkerhet beregnes her med likning (17):

$$\delta \dot{W}_{\text{tilført}} = \left\{ \left(\frac{\partial \dot{W}}{\partial U_1} \delta U_1 \right)^2 + \left(\frac{\partial \dot{W}}{\partial U_2} \delta U_2 \right)^2 + \left(\frac{\partial \dot{W}}{\partial U_3} \delta U_3 \right)^2 + \left(\frac{\partial \dot{W}}{\partial U_4} \delta U_4 \right)^2 + \left(\frac{\partial \dot{W}}{\partial U_5} \delta U_5 \right)^2 + \left(\frac{\partial \dot{W}}{\partial U_6} \delta U_6 \right)^2 \right\}^{\frac{1}{2}} \quad (21)$$

7.10 VOLUMSTRØM

7.10.1 PITOTRØR

Volumstrømmen kan beregnes gjennom de målte hastighetene etter følgende formel:

$$Q = \frac{1}{6}(\bar{U}_1 A_1 + \bar{U}_2 A_2 + \bar{U}_3 A_3 + \bar{U}_4 A_4 + \bar{U}_5 A_5 + \bar{U}_6 A_6) \quad (22)$$

Usikkerheten blir her:

$$\delta Q = \left\{ \left(\frac{\partial Q}{\partial U_1} \delta U_1 \right)^2 + \left(\frac{\partial Q}{\partial U_2} \delta U_2 \right)^2 + \left(\frac{\partial Q}{\partial U_3} \delta U_3 \right)^2 + \left(\frac{\partial Q}{\partial U_4} \delta U_4 \right)^2 + \left(\frac{\partial Q}{\partial U_5} \delta U_5 \right)^2 + \left(\frac{\partial Q}{\partial U_6} \delta U_6 \right)^2 \right\}^{\frac{1}{2}} \quad (23)$$

7.10.2 LASTCELLE

Fra lastcellen kan volumstrømmen beregnes etter følgende formel:

$$Q = \bar{U} A_{tot} \quad (24)$$

Her brukes hastigheten funnet i likning (14)

Usikkerheten blir gitt av:

$$\delta Q = \left\{ \left(\frac{\partial Q}{\partial U} \delta U \right)^2 \right\}^{\frac{1}{2}} = \left(\frac{\partial Q}{\partial U} \delta U \right) \quad (25)$$

7.11 VIRKNINGSGRAD OG SPESIFIKK SKYVKRAFT

Virkningsgraden finnes ved å dele arbeid tilført luften på opptatt effekt

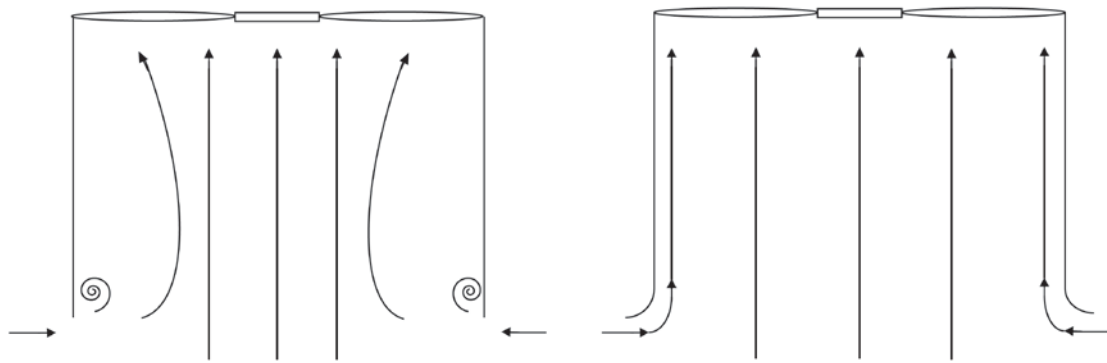
$$\eta = \frac{\dot{W}}{E_0} \cdot 100\% \quad (26) \text{ (Bleier, 1997)}$$

Spesifikk skyvkraft finnes ved å dele skyvkraft på opptatt effekt.

$$F_{spesifikk} = \frac{F_{skyv}}{E_0} \quad (27) \text{ (Bleier, 1997)}$$

7.12 INNLØPSKON

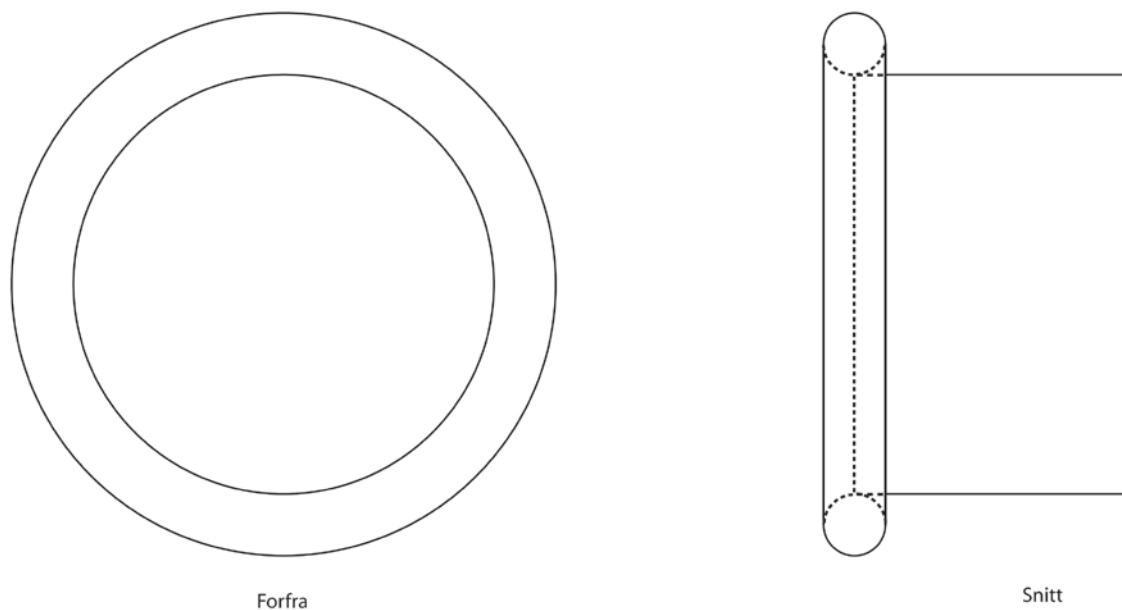
Systemet vist i Figur 16 har ikke noen innløpskon. Dette vil føre til ugunstige innløpsbetingelser og unødig tap i innløpet. I innløpet til viften vil luft bli sugd inn fra alle kanter. Det vil si at noe av luften vil bli hentet fra omgivelsene med en vinkel på 90° i forhold til retningen luften transporteres gjennom viften. Uten en innløpskon vil denne luften ikke klare å følge viftehusets form og dermed skape separasjonsbobler i innløpet.



Figur 16 Innløpsbetingelser

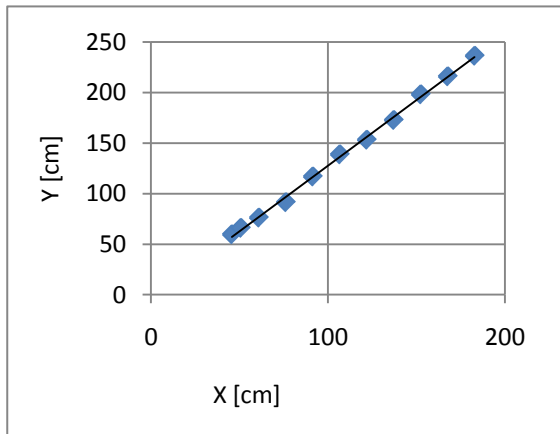
Separasjonsbobler i innløpet kan igjen føre til at strømmingen ikke når viftehusets ytterkant før den møter propellen. På den måten kan deler av propellen miste sin virkning da den ikke har noe luft å transportere over bladene. Dermed kan en reduksjon av virkningsgraden på opptil 15-20 % oppstå (hudsonproducts).

Et innløpskon er dermed av interesse for å minske innløpstapene og å gi et uniformt hastighetsfelt inn på propellbladene. En oppgave om innløpsseksjon til vifter er tidligere skrevet ved instituttet. Kandidaten laget her en kon ved hjelp av et cfd program. Resultatet i denne oppgaven var ikke tilfredsstillende da konen ikke ble laget aksesymerisk, dermed kunne det ikke tas utgangspunkt i resultater fra denne oppgaven. En slik designprosess vil være meget omfattende når inngående kunnskap i cfd modellering mangler, design av kon ble derfor ikke vektlagt i denne oppgaven. Løsningen falt på å montere et fleksibelt rør rundt munningen på innløpet. illustrert i Figur 17.

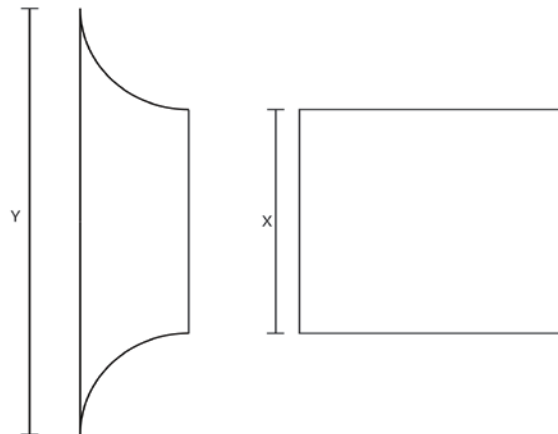


Figur 17 Innløpskon

Gjennom undersøkelse av hva som ofte brukes som størrelsesforhold mellom viftehus og innløpskon, ble følgende forhold funnet (lionballmotor):



Figur 18 Forhold mellom viftehus og kon



Figur 19 Forhold mellom viftehus og kon

Figur 18 viser at det røret som monteres langs ytterkanten av viftehuset bør ha en diameter på 30,8 cm. Fleksible rør i denne dimensjonen var ikke tilgjengelig i katalogene instituttet vanligvis bestiller fra. For hurtigst mulig å kunne komme i gang med målingene ble derfor et rør med diameter på 20 cm bestilt. Røret ble montert slik at det enkelt kan demonteres når viften skal testes uten innløpskon. For å teste virkningen av innløpskonen så sammenlignes skyvkraften gitt av viften med og uten kon. Røyk brukes også for å synliggjøre eventuelle separasjonsbobler for begge tilfeller.

8 VIFTEDESIGN

8.1 DESIGNKRITERIER

Å designe en effektiv aksialvifte er en komplisert prosess. Det er mange parametere som skal bestemmes. Denne rapporten tar ikke sikte på å dekke alle aspekter ved viftedesign, men vil gi en beskrivelse av de viktigste grunnleggende prinsipper som er bestemmende for hvordan en aksialvifte bør se ut. Det viktigste kravet for å designe en effektiv aksialvifte er at viften leverer en uniform hastighets- og trykkfordeling over hele bladet. Hvis ikke dette kravet blir oppfylt vil det bli generert uønskede radielle hastigheter i strømmingen langs bladet. Det vil også kunne oppstå tilbakestrømning enkelte steder på bladet. Bladarealet vil dermed ikke bli utnyttet effektivt og viftens virkningsgrad blir redusert. Rotasjonshastigheten til et vifteblad vil øke lineært med radiusen utover bladet. For å kompensere for ulik rotasjonshastighet og dermed sikre at viften tilfører luften en uniform hastighets- og trykkfordeling er det i hovedsak to designprinsipper som må følges. Det ene er at kordelengden må være størst inne ved navet og minke gradvis utover mot tuppen. I tillegg må vridningsvinkelen, altså vinkelen mellom kordelinjen og rotasjonsplanet, til bladet være størst nær navet og deretter minke mot tuppen. I teorien er det mulig kun å variere for eksempel vridningsvinkelen og la kordelengden være konstant, og allikevel oppnå en uniform hastighetsfordeling. Men i praksis er en variasjon av begge oftest den beste løsningen. Denne rapporten tar for seg designprosessen til en frittstående aksialvifte som i hovedsak skal brukes til ventilasjonsformål. Denne viften har som funksjon å flytte luft i en bestemt retning. Det er ingen trykkforskjeller som skal overvinnes og viften skal kun generere en trykkforskjell stor nok for å skape ønsket volumstrøm gjennom viften.

8.1.1 VALG AV BLADPROFIL

Det er ønskelig å velge et bladprofil som passer for det Reynoldstallområde viften skal operere innenfor. Det eksisterer mye data om egenskapene til forskjellige vingeprofiler. Fra diagrammer i (Abbott & Doenhoff, 1949) finnes et vingeprofil som er passende. For å bestemme flere parametere for det valgte bladprofilet er programvaren XFOIL meget nyttig. Det er utviklet ved MIT og kan lastes gratis ned fra internett. I dette programmet er det blant annet mulig å spesifisere hvilket vingeprofil som er valgt og informasjon om angrepsvinkler og løftekoeffisienter vil da være tilgjengelig. Hvis det er stor forskjell i Reynoldstallet utover bladet kan det være nødvendige å velge flere ulike vingeprofil slik at hvert element på bladet har et bladprofil som er passende.

8.1.2 KORDELENGDEFORDELINGEN

Kordelinjen er linjen mellom endepunktene til henholdsvis bladprofilets forkant og avløpskant. For å oppfylle kravet om uniform hastighetsfordeling i aksialretningen og at trykkfordelingen skal være lik over hele bladet vil det være nødvendig med en større kordelengde nær navet og la denne gradvis minke mot tuppen. Dette fordi løftekraften øker med kordelengden, se likning (28) og vil kompensere for at rotasjonshastigheten er

lavere ved navet. I tillegg må det være tilstrekkelig avstand mellom bladene slik at luftstrømning over et blad ikke blir påvirket nevneverdig av naboblad.

8.1.3 VRIDNINGSVINKEL

Det er igjen ønsket om en uniform hastighets- og trykkfordeling som er bestemmende for hvordan vridningsvinkelen vil variere utover bladet. Vridningsvinkelen er vinkelen mellom bladets kordelinje og rotasjonsplanet. En større vridningsvinkel vil skape en større løftekraft og dermed vil også hastigheten til luften øke. Det er derfor nødvendig å ha en større vridningsvinkel nær navet, hvor rotasjonshastigheten til bladet er lavere, og at vinkelen gradvis minker mot tuppen. Slik at viften tilfører luften en uniform hastighet over hele bladdiameteren. Hvis vridningsvinkelen blir for stor vil strømmingen ikke lenger klare å følge konturen til bladet og strømmingen vil separere fra bladet. Skjer dette vil løfteegenskapene til bladet reduseres kraftig. I hvilket område dette oppstår hentes fra data for vingeprofiler. (Abbott & Doenhoff, 1949)

8.1.4 NAVET

Ettersom rotasjonshastigheten til bladet er liten nær navet må vridningsvinkelen og kordelengden økes kraftig for å opprettholde kravet om at viften skal tilføre luften en uniform hastighet i aksialretningen. Ved et punkt vil vridningsvinkelen bli så stor at bladprofilen mister løfteegenskapene sine, det er derfor viktig at navet har stor nok diameter slik at dette ikke inntreffer. Hvis navet blir for bredt vil det skapes et høyt hastighetstrykk på grunn av smalere åpning og effekt vil gå tapt. I tillegg må navet være solid nok til å tåle de strukturelle kreftene som virker fra bladene. (Bleier, 1997)

8.1.5 ANTALL BLAD

Det er det samlede overflatearealet til bladene som er av betydning og som i teorien vil være bestemmende for viftens ytelse. Dermed vil antall blad være av mindre betydning så lenge overflatearealet er tilstrekkelig stort. Et argument som taler for færre blad vil være at det er ved bladets forkant og avløpskant at det blir skapt turbulens som igjen fører til støy og dårligere virkningsgrad. Fra et rent aerodynamisk synspunkt vil det derfor være mest effektivt med ett stort blad, men i praksis vil dette fungere dårlig. Dette blant annet på grunn av at ett stort blad vil bli meget vanskelig å få festet til navet. For aksialvifter er et bladantall på mellom fem og tolv blader ofte et godt kompromiss mellom effektivitet og hva som er praktisk. (Bleier, 1997)

8.1.6 OMDREININGSHASTIGHET

Dette er en viktig designparameter som vil ha innvirkning på størrelsen til navet, vridningsvinkel og bladareal. En lavere omdreiningshastighet krever større overflateareal for å levere ønsket volumstrøm og resultatet blir ofte flere blad. Dette fører da gjerne igjen til at navet blir bredere. En økning av omdreiningshastigheten krever en økning av effekten i tredje potens (Moore, Fan design). For designtilfellet i denne rapporten antas omdreiningshastigheten å være satt.

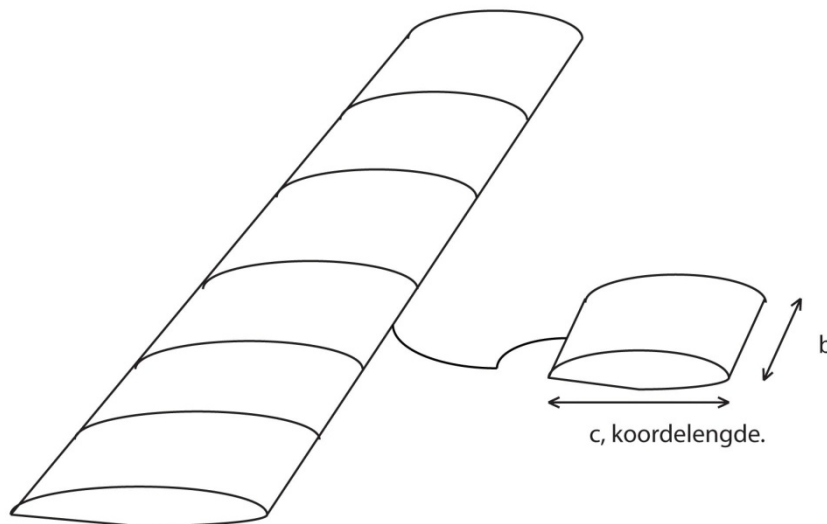
8.2 DESIGNMETODIKK

For å kunne bestemme de ulike parameterne i designprosessen trengs et sett med matematiske lover slik at det er mulig å bestemme det ønskede designet til aksialviften. Metoden som er omtalt i denne oppgaven er i meget stor grad basert på en rapport skrevet av Per Åge Krogstad for Perla strømningsmeknikk (Krogstad, 1989)

8.2.1 BLADELEMENT

Etttersom rotasjonshastigheten til bladet vil øke med radiusen vil den aksielle hastigheten et uniformt blad tilfører luften også øke med radiusen. For å kompensere for dette og dermed sikre at hastigheten i aksialretningen blir lik over hele bladet må kordelengden og vridningen til bladet variere med radiusen. Ved å dele bladet opp i et visst antall elementer og behandle dem uavhengig av hverandre kan kordelengden og vridning beregnes for hvert bladelement. Deretter kan bladelementene settes sammen til et fullstendig blad. Denne metoden blir kalt bladelement metoden og bygger på følgende forutsetninger (F.Manwell, McGowan, & Rogers, 2002):

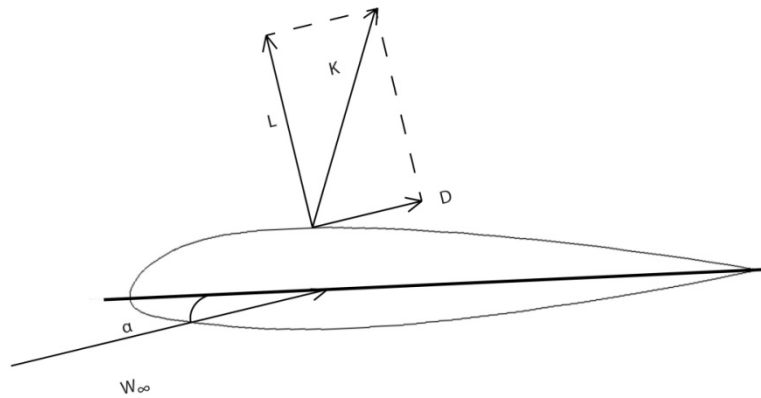
- Det er antatt stasjonære forhold, strømmingen over bladene kan dermed sies å være konstant.
- Bladelementene har ingen aerodynamisk påvirkning på hverandre.
- Bladene er perfekt stive og bøyer seg dermed ikke.
- Kreftene på bladet er bestemt av løfte og motstand karakteristikkene til bladprofilen.



Figur 20 Vifteblad og bladelement

Figur 20 viser et vifteblad og et bladelement. Avstanden b er konstant for alle bladelementene, men kordelengden c vil variere.

8.2.2 KREFTER PÅ BLADET

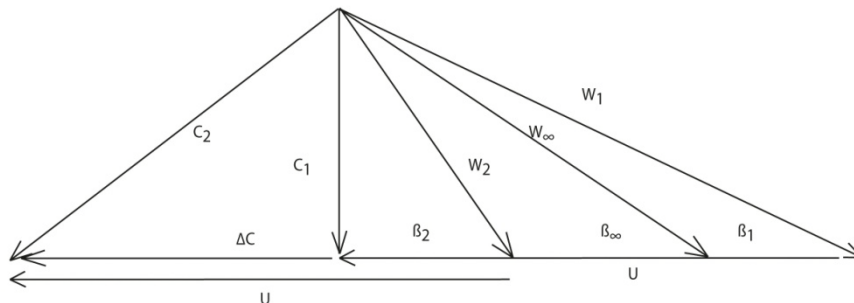


Figur 21 Krefter på vingeprofil

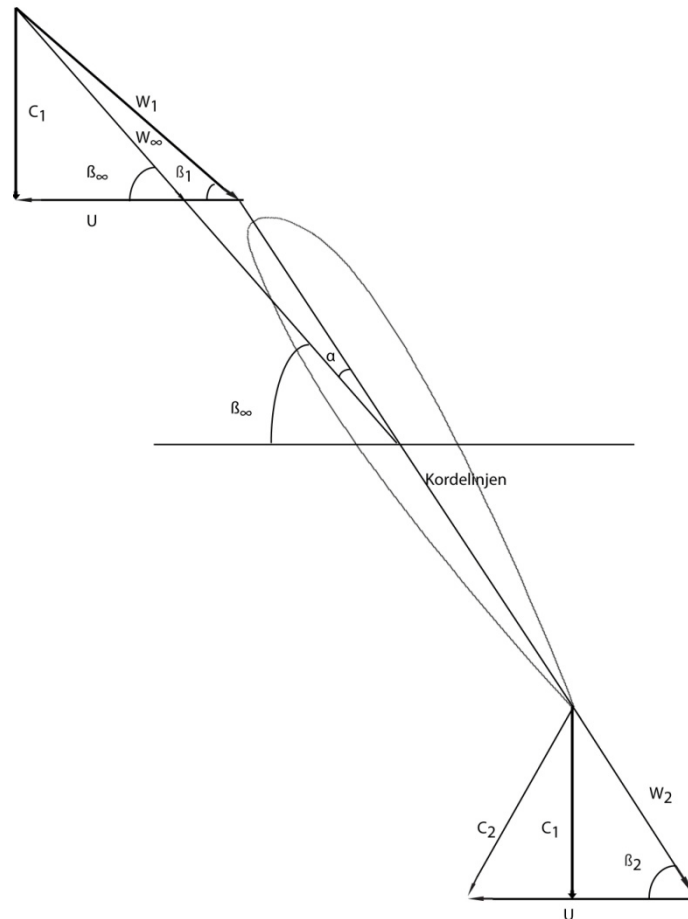
Kreftene som virker på et vifteblad vil være bestemt av trykkfordelingen over bladoverflaten og friksjonskreftene som virker mellom strømningsmediet og overflaten til bladet. Ved å integrere trykkfordelingen over bladet og summere friksjonskreftene vil resultanten bli den aerodynamiske kraften K . K er her resultantkraften som bladet påfører strømningsmediet. Løftekraften L til bladet blir definert som komponenten av resultanten som virker vinkelrett på den relative hastigheten vist i Figur 22 mens motstandskraften er komponenten parallelt med den relative hastigheten. For et godt designet vingeprofil vil motstandskraften D være meget liten i forhold til løftekraften L og kan i dette tilfellet neglisjeres. Løftekraften L blir definert som (Anderson, 2007):

$$K \approx L = \frac{1}{2} C_L \rho W_\infty^2 c b \quad (28)$$

Der C_L er den dimensjonsløse løftekoeffisienten.



Figur 22 Hastighetstrekan



Figur 23 Hastigheter over bladelement

8.2.2.1 Hastighetsprofilen til bladelementet

Figur 22 og Figur 23 viser hastighetsprofilen for et bladelement. Her er U den lokale rotasjonshastigheten til bladelementet. C_1 er hastigheten til strømningsmediet i aksialretningen og skal være konstant over hele bladet. C_2 er hastigheten til strømningsmediet etter at det har passert bladet, mens ΔC er rotasjonskomponenten til C_2 . W er den relative hastigheten til strømningsmediet i forhold til bladelementet. Fra figurene kan følgende sammenhenger mellom hastighetene beregnes.

Den lokale rotasjonshastigheten til hvert bladelement er gitt av:

$$U = \frac{2\pi rn}{60} \quad (29)$$

Der n er rotasjonshastigheten gitt i omdr/min og r er avstanden fra sentrum av navet og ut til bladelementet.

Rotasjonskomponenten ΔC kan finnes fra den nødvendige trykkøkning og rotasjonshastigheten til bladet. ΔC vil bli utledet i seksjon 8.2.3.2.

Den relative hastigheten W_∞ skrives som

$$W_\infty = \sqrt{\left(U - \frac{\Delta C}{2}\right)^2 + C_1^2} \quad (30) \text{ (Krogstad, 1989)}$$

Denne hastigheten er sentral for å beregne kordelengden til hvert bladelement.

Vinkelen β_∞ kan skrives på følgende måte:

$$\beta_\infty = \tan^{-1} \left[\frac{C_1}{U - \frac{\Delta C}{2}} \right] \quad (31) \text{ (Krogstad, 1989)}$$

8.2.2.2 Løftekraften

Løftekraften L kan dekomponeres til en komponent i strømningsretningen, altså aksialretningen, og en i rotasjonsretningen. Kraften i aksialretningen er skyvkraften, mens kraften i rotasjonsretningen bestemmer hvor mye motoreffekt som må tilføres viften. Kraften i rotasjonsretningen kan skrives som:

$$K_r = \rho C_1 (W_2 A_2 \cos \beta_2 - W_1 A_1 \cos \beta_1) \quad (32) \text{ (Krogstad, 1989)}$$

Ettersom arealet foran og bak propellen er konstant vil $A_1 = A_2 = A$ og hastighetene kan ut ifra Figur 22 skrives som:

$$(W_2 \cos \beta_2 - W_1 \cos \beta_1) = \Delta C \quad (33)$$

Dermed kan kraften K_r uttrykkes som:

$$K_r = \rho C_1 A \Delta C \quad (34)$$

Ut ifra dette er det nå mulig å beregne nødvendig tilført motoreffekt:

$$E = K_r U = \rho \Delta C U Q \quad (35) \text{ (Krogstad, 1989)}$$

Hvor Q er volumstrømmen.

8.2.3 TRYKKENDRING

8.2.3.1 Trykkendring for å oppnå ønsket gjennomstrømningshastighet

Viftedesignet som blir omtalt i denne rapporten er for en aksialvifte for bruk til ventilering. Da er som oftest ønsket volumstrøm, vifteareal og motorturtall kjent. Ettersom valgte aksialvifte ikke skal flytte luft mellom to områder med forskjellig statisk trykk trenger viften bare å generere en trykkøkning for å skaffe ønsket volumstrøm. Hvis viften regnes som tapsfri betyr det at nødvendig trykkøkning blir lik det dynamiske trykket generert av den aksielle strømmingen.

$$\Delta P = \frac{1}{2} \rho C_1^2 \quad (36)$$

Men i praksis vil viften ikke være tapsfri og det er forventet at tapene vil ligge på omtrent 30 % (Krogstad, 1989). Dermed blir det nødvendig å generere en trykkøkning som er 30 % høyere enn det dynamiske trykket, altså:

$$\Delta P = 1,3 \left(\frac{1}{2} \rho C_1^2 \right) = 0,65 \rho C_1^2 \quad (37)$$

8.2.3.2 Trykkendring over et bladelement:

Den totale trykkendringen over et bladelement gitt av:

$$\Delta P = \Delta P_{stat} + \Delta P_{dyn} \quad (38)$$

Forhold mellom trykk og hastigheter er gitt av Bernoullis likning:

$$\int_1^2 \frac{\partial V}{\partial t} ds + \int_1^2 \frac{dp}{\rho} + \frac{1}{2} (V_2^2 - V_1^2) + g(z_2 - z_1) = 0 \quad (39) \text{ (White, 2005)}$$

Endringen i det statiske trykket kan omskrives til likning (40) gjennom likning (39) og hastighetsforholdene illustrert i Figur 22. Her er antagelsen om null friksjon og at trykkendringen regnes langs en strømlinje gjort. Da friksjonen er liten er dette en god tilnærming.

$$\Delta P_{stat} = (P_2 - P_1) = \frac{1}{2} \rho (W_{1u}^2 - W_{2u}^2) = \frac{1}{2} \rho (U^2 - (U - \Delta C)^2) \quad (40)$$

Mens endringen i det dynamiske trykket kan uttrykkes som:

$$\Delta P_{dyn} = \frac{1}{2} \rho (C_2^2 - C_1^2) = \frac{1}{2} \rho \Delta C^2 \quad (41)$$

Kombineres likningene for endringen i det dynamiske og statiske trykket blir den totale trykkendringen over en diameterseksjon gitt av:

$$\Delta P = \rho \Delta C U \quad (42)$$

Dermed kan den nødvendige rotasjonshastigheten til strømmingen over et bladelement skrives som:

$$\Delta C = \frac{\Delta P}{\rho U} \quad (43)$$

8.2.4 VIRKNINGSGRAD

Den totale virkningsgraden til aksialviften vil være bestemt av både en ideell og en hydraulisk virkningsgrad. Den ideelle er bestemt av hvor mye effekt viften direkte

overfører til strømningsmediet og kan finnes fra tabeller og figurer for aksialvifter, (Krogstad, 1989). Men ettersom det vil oppstå tap i strømmingen over bladet på grunn av blant annet friksjon og varmetap blir ikke all effekt nyttiggjort til hastighetsøking. Disse tapene blir uttrykt ved hjelp av den hydrauliske virkningsgraden. Trykktapet som oppstår på grunn av tap i strømmingen over bladet kan skrives som:

$$\Delta P_{tap} = \frac{DW_{\infty}}{Q} \quad (44) \text{ (Krogstad, 1989)}$$

Videre kan den hydrauliske virkningsgraden defineres som:

$$\eta_h = 1 - \frac{\Delta P_{tap}}{\Delta P} \quad (45)$$

Motstandskraften er gitt av (Anderson, 2007):

$$D = \frac{1}{2} C_D \rho W_{\infty}^2 bc \quad (46)$$

Der C_D er den dimensjonsløse motstandskoeffisienten og er avhengig av bladprofilet som er valgt.

Volumstrømmen kan skrives som:

$$Q = C_1 A \quad (47)$$

Ved å kombinere likningene (44), (46) og (47) kan trykktapet skrives som:

$$\Delta P_{tap} = \frac{C_D \rho W_{\infty}^3 bc}{2C_1 A} \quad (48)$$

Den totale trykkdifferansen ΔP over et bladelement kan uttrykkes ved hjelp av løftekraften. Hvis likning (28) kombineres med likning (34) fås:

$$L = \frac{1}{2} C_L \rho W_{\infty}^2 cb = \frac{K_r}{\sin \beta_{\infty}} = \frac{\rho C_1 A \Delta C}{\sin \beta_{\infty}} \quad (49)$$

Fra Figur 22 finnes:

$$W_{\infty} = \frac{C_1}{\sin \beta_{\infty}} \quad (50)$$

Fra likning (43) kan rotasjonshastigheten uttrykkes som:

$$\Delta C = \frac{\Delta P}{\rho U} \quad (51)$$

Dermed kan trykkendringen skrives som:

$$\Delta P = \frac{\frac{1}{2} C_L \rho W_\infty^2 c b U}{A} \quad (52)$$

Ved å kombinere likningene (45), (48) og (52) blir den hydrauliske virkningsgraden gitt av:

$$\eta_h = 1 - \frac{C_D W_\infty^2}{C_L C_1 U} \quad (53)$$

Ettersom motstandskoeffisienten vil være meget liten i forhold til løftekoeffisienten vil ikke den hydrauliske virkningsgraden påvirke den totale virkningsgraden i veldig stor grad. Det er rimelig å anta at den hydrauliske virkningsgraden vil ligge rundt 0,95. Mens den ideelle kan forventes å være på omtrent 0,8 (Krogstad, 1989). Den totale virkningsgraden er definert som produktet av den ideelle og den hydrauliske virkningsgraden og er dermed gitt av følgende formel:

$$\eta_{tot} = \eta_{ideell} \eta_h \quad (54)$$

Ut ifra dette kan den korrigerte rotasjonshastigheten for hvert bladelement bestemmes:

$$\Delta C = \frac{\Delta P}{\rho U \eta_{tot}} = \frac{0,65 C_1^2}{U \eta_{tot}} \quad (55)$$

Kombineres likning (35) og likning (42) og det tas hensyn til virkningsgraden, blir nødvendig tilført effekt til viften gitt av:

$$E = \frac{\Delta P Q}{\eta_{tot}} \quad (56) \text{ (Krogstad, 1989)}$$

Tidligere i rapporten er det vist at skyvkraften vil være bestemt av likning (9):

$$F_{skyv} = \rho C_1^2 A \quad (57)$$

8.2.5 DIMENSJONSLØSE STØRRELSER

For å kunne sammenligne og kategorisere aksialvifter av forskjellig størrelse er det nyttig å definere noen dimensjonsløse størrelser. Ved hjelp av disse størrelsene er det også mulig å sette noen universelle krav som viftedesignet må oppfylle.

8.2.5.1 Diameterforhold

Forholdet mellom ytre og indre diameter til viften er gitt av:

$$\nu = \frac{D_i}{D_y} \quad (58)$$

8.2.5.2 Trykktallet

For at viften skal operere effektivt er det som nevnt viktig å unngå tilbakestrømning. Dette skjer typisk nær navet. For å sjekke om det er sannsynlig at tilbakestrømning oppstår defineres et dimensjonsløst trykktall. Denne størrelsen angir forholdet mellom trykkøkningen over viften og det dynamiske trykket på bladet som er skapt av rotasjonsbevegelse. Rotasjonshastigheten ytterst på bladet blir kalt bladets tipp hastighet og er gitt av følgende formel:

$$U_{\text{tipp}} = \frac{\pi n D_y}{60} \quad (59)$$

Der n er omdreinings hastigheten gitt i omdr/min. Dermed kan det dynamiske trykket på viftebladets tipp beregnes:

$$P_{\text{tipp}} = \frac{1}{2} \rho U_{\text{tipp}}^2 \quad (60)$$

Det dimensjonsløse trykktallet er dermed definert som:

$$\psi = \frac{\Delta P}{P_{\text{tipp}}} \quad (61)$$

Hvis trykktallet blir større en 0,1 indikerer dette at det vil være mye rotasjon i strømmingen gjennom viften. Det kan da være nødvendig med en stator som bøyer strømmingen slik at rotasjonshastigheten blir redusert. Ulempen ved å bruke en stator er at friksjonstapene vil øke.

Det er satt som krav for å unngå tilbakestrømning at:

$$v > \sqrt{0.8\psi} \quad (62) \text{ (Krogstad, 1989)}$$

8.2.5.3 Leveringstallet

Videre er det ønskelig med en dimensjonsløs størrelse som sier noe om forhold mellom den faktiske volumstrøm og den volumstrømmen som hadde blitt oppnådd hvis den aksielle hastigheten hadde vært lik tipp hastigheten.

$$\phi = \frac{4Q}{\pi U D_y^2} \quad (63)$$

Denne størrelsen blir kalt leveringstallet og ligger typisk for aksialvifter et sted mellom 0,1 og 0,3 (Krogstad, 1989).

8.2.5.4 Spesifikt turtall

Dette tallet uttrykker hvor fort propellen må løpe i forhold til en vifte som har både leveringstall og trykktall lik 1 (Krogstad, 1989).

$$\sigma = \frac{\sqrt{\phi}}{\psi^{\frac{3}{4}}} \quad (64)$$

For en aksialvifte vil det spesifikke turtallet typisk ligge i området 1,5 til 4 (Krogstad, 1989).

8.2.5.5 Spesifikk diameter

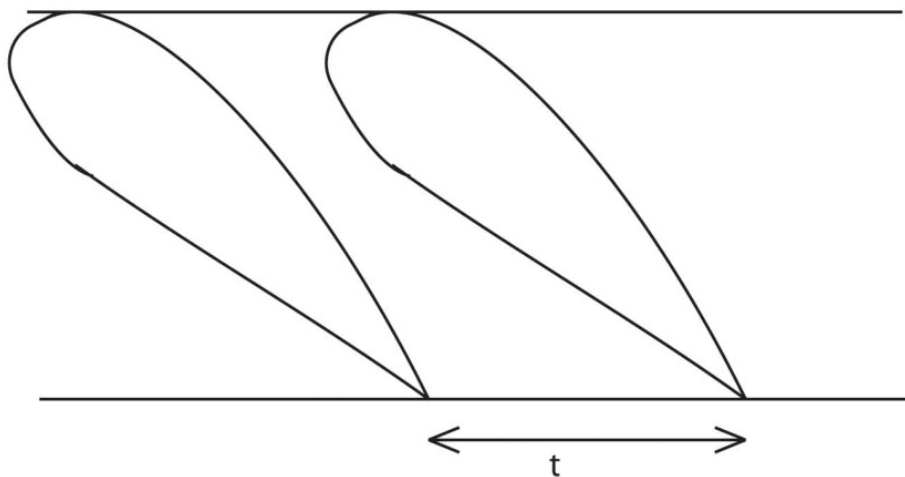
Denne størrelsen uttrykker hvor mye større diameter propellen har i forhold til en vifte med trykktall og leveringstall lik en.

$$\delta = \frac{\sqrt[4]{\psi}}{\sqrt{\phi}} \quad (65)$$

Spesifikk diameter vil for en aksialvifte ligge i området 1 og 1.5 (Krogstad, 1989).

8.2.5.6 Korreksjon for påvirkning av nærliggende blad

Ettersom bladene i en aksialvifte ofte ligger nært inntil hverandre vil det være en mulighet for at de påvirker hverandres løfteegenskaper, enten i positiv eller negativ grad. Graden av påvirkningen vil være avhengig av avstanden t mellom hvert blad, se Figur 24, kordelengden c og vridningsvinkelen. Er forholdet t/c større en 1.5 vil bladene påvirke hverandre minimalt og hvert blad vil ha løfteegenskaper tilsvarende et enkeltstående profil (Krogstad, 1989).



Figur 24 Avstand mellom blad

8.2.6 VALG AV BLADPROFIL

Når antall blad er bestemt er det ønskelig å finne et passende vingeprofil. Ved å beregne forventet Reynoldstall ved bladets inner- og ytterkant kan et passende vingeprofil finnes. Reynoldstallet finnes fra følgende likning:

$$\text{Re} = \frac{\rho W_{\infty} c}{\mu} \quad (66)$$

Der μ strømningsmediets dynamiske viskositet. Ettersom kordelengdefordelingen enda ikke er bestemt vil det være nødvendig å anta en løftekoeffisient for å kunne beregne Reynoldstallet. Denne antakelsen vil være basert på erfaringer om hva som er vanlig for vingeprofil. En antakelse om at løftekoeffisienten vil ligge rett i underkant av 1 er ikke urimelig. Når et vingeprofil som passer til beregnet Reynoldstallområde er funnet kan data om angrepsvinkler og løfteegenskaper til profilet finnes ved hjelp av XFOIL. Ut ifra dette finnes realistiske løftekoeffisienter for bladets inner- og ytterkant. Her er det viktig å la C_L være størst inne ved navet og mindre mot tuppen ettersom steiling ved bladets tupp er langt mer kritisk. Det er på grunn av at den relative hastigheten på bladets tupp er mye høyere og dermed vil motstanden som fører til effekttap bli mye større. Når verdier for C_L er valgt kan fordelingen til C_L lages for bladelementene ved å la C_L avta lineært mot tuppen av bladet.

8.2.7 DESIGNKRITERIUM

Bladelementene som ligger i samme diameterseksjon vil ha samme kordelengde og vridningsvinkel. Dermed kan de beregnes samtidig slik at det samlede bladarealet i hver diameterseksjon blir vurdert. Ut ifra likning (28) vil bladelementene i hver diameterseksjon generere en total løftekraft som er gitt av:

$$L = \frac{1}{2} C_l \rho W_{\infty}^2 c b Z = \frac{K_r}{\sin \beta_{\infty}} \quad (67)$$

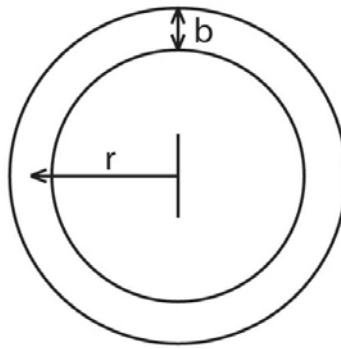
Her er Z antall blad.

Ved å sette inn for K_r ved hjelp av likning (34) blir uttrykket følgende:

$$\frac{1}{2} C_l \rho W_{\infty}^2 c b Z = \frac{\rho C_l A_{\text{seksjon}} \Delta C}{\sin \beta_{\infty}} \quad (68)$$

Her er A_{seksjon} arealet til diameterseksjonen vist i Figur 25 og er gitt av:

$$A_{\text{seksjon}} = 2\pi r b \quad (69)$$



Figur 25 Areal for diameterseksjon

Avstanden mellom hvert blad i hver diameterseksjon er gitt av:

$$t = \frac{2\pi r}{Z} \quad (70)$$

Vinkelhastigheten til bladet i rad/s er gitt av:

$$\omega = \frac{U}{r} \quad (71)$$

Likning (68) kan ved hjelp av likning (43), (50), (69) og (71) skrives som:

$$cW_{\infty} C_l = \frac{4\pi\Delta P}{\rho\omega Z} = \text{konstant} \quad (72)$$

Som nevnt ønskes det en konstant hastighet i aksialretningen over hele bladet. Dermed må den totale trykkøkningen også være lik over hele bladet ellers vil det oppstå uønskede radielle hastigheter langs bladet. Ettersom vinkelhastigheten er den samme over hele bladet betyr dette at uttrykket må holdes konstant for alle radier. Dette blir dermed designkriteriet for bladet.

8.2.8 BEREGNING AV KORDELENGDEFORDELING OG VRIDNINGSVINKELFORDELING

Når ønsket volumstrøm, diameterforhold, bladprofil og antall blad er valgt kan kordelengde- og vridningsvinkelfordelingen til bladelementene i hver diameterseksjon beregnes.

Den aksielle hastigheten C_1 til strømningsmediet kan finnes fra ønsket volumstrøm og diameterforholdet til viften:

$$C_1 = \frac{4Q}{\pi(D_y^2 - D_i^2)} \quad (73)$$

Ved å kombinere likning (37), likning (58) og likning (73) kan nødvendig trykkendring finnes:

$$\Delta P = 0,65\rho \left[\frac{4Q}{\pi D_y^2 (1-v^2)} \right]^2 \quad (74)$$

Fra likning (30) og (31) kan fordelingen til hastigheten W_∞ og fordelingen til vinkelen β_∞ utover bladet beregnes. Deretter må de dimensjonsløse størrelsene beregnes og sjekkes slik at parametere som er valgt er i tråd med hva aksialvifter kan levere. Hvis de dimensjonsløse tallene ligger innenfor det bestemte området for aksialvifter kan nå kordelengden til bladelementene bestemmes. På grunnlag av at likning (72) må holdes konstant finnes kordelengdefordelingen som funksjon av radiusen ut til bladelementene:

$$c(r) = \frac{4\pi\Delta P}{\rho\omega Z(W_\infty(r))(C_L(r))} \quad (75)$$

Det må sjekkes at delingsforholdet forklart i seksjon 8.2.5.6 er tilstrekkelig stort ellers må kordelengden eventuelt vridningsvinkelen korrigeres for dette.

Fra vingeteori kan angrepsvinkelen for hvert bladelement finnes ved hjelp av følgende sammenheng (Anderson, 2007):

$$\alpha = \frac{C_L}{2\pi} + \alpha_{L=0} \quad (76)$$

Ved å addere β_∞ med tilhørende α for hvert element finnes den nødvendige vridningsvinkelfordelingen til bladet.

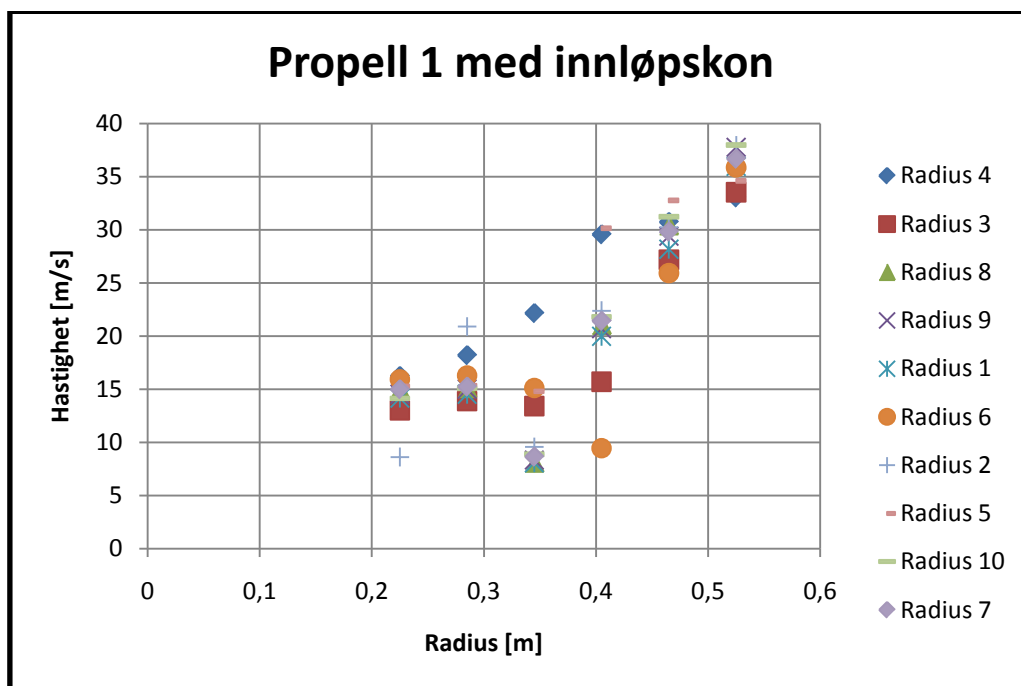
9 MÅLERESULTATER

Viften ble kjørt i primær dreieretning med en tilført spenning på 400 volt. Luftens tetthet behandles som konstant med en verdi på $1,2 \text{ kg/m}^3$.

9.1 HASTIGHETSMÅLINGER

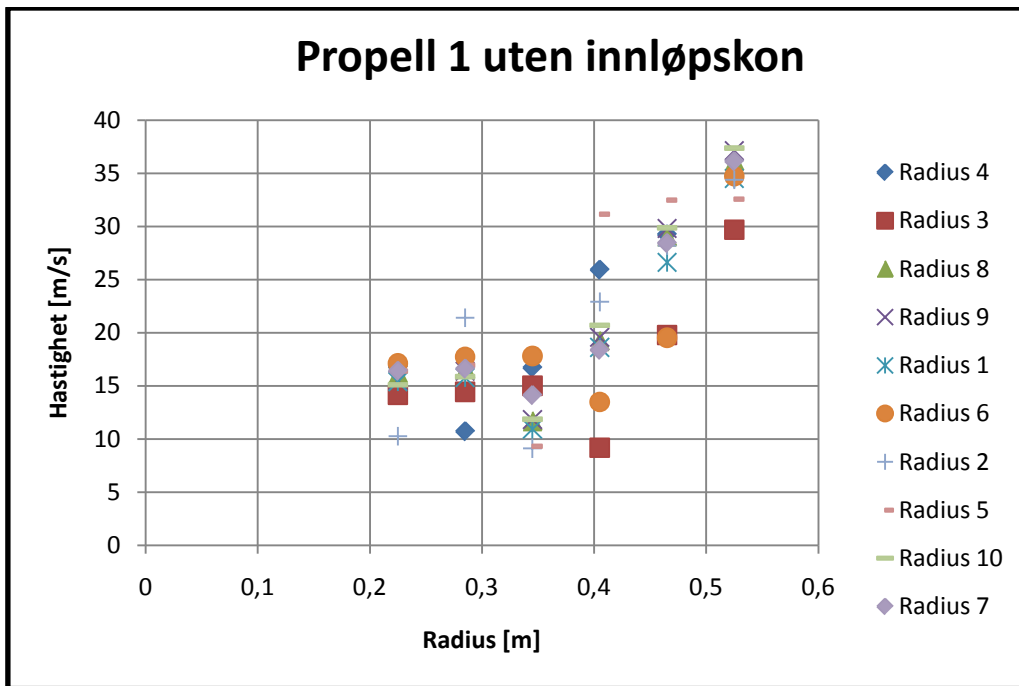
De ulike målepunktene som ble benyttet er illustrert i Figur 12. Figur 26, Figur 27, Figur 28 og Figur 29 viser aksiell lufthastighet for de to ulike propellene, med og uten innløpskon.

9.1.1 MÅLINGER



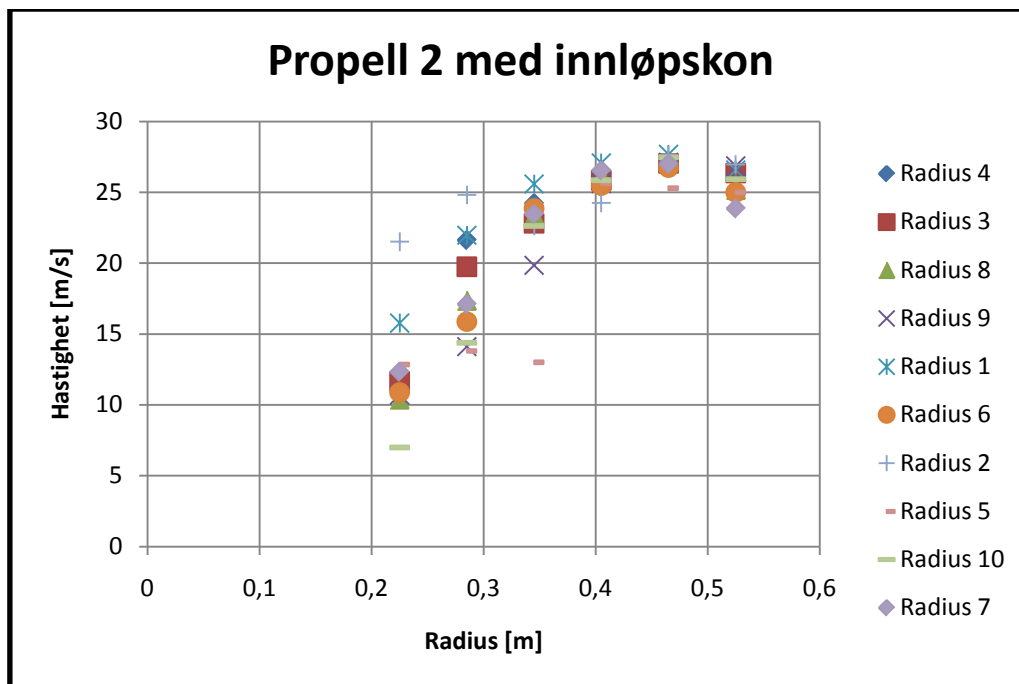
Figur 26 Hastighetsmålinger, propell 1 med innløpskon

Det er en stor spredning i målingene i det midtre partiet av arealet. Målingene viser en klar hastighetsøkning ut mot tuppen av bladene.



Figur 27 Hastighetsmålinger, propell 1 uten innløpskon

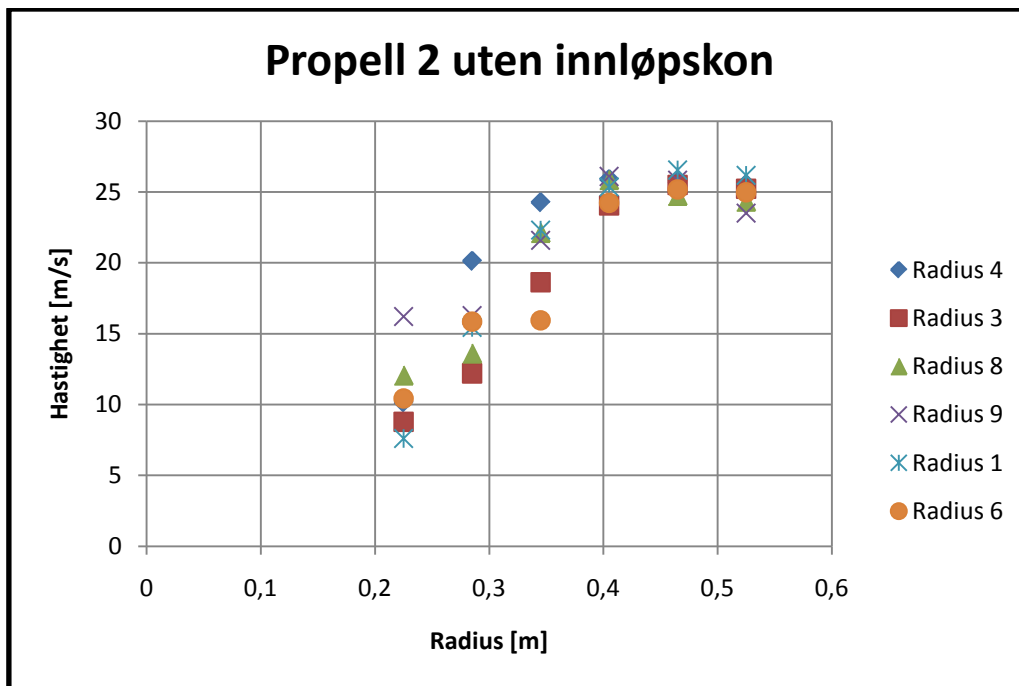
Figur 27 viser også en stor variasjon av målingene i det midtre partiet. En økning i hastigheten ut mot tuppen av bladene fremkommer også i forsøket uten innløpskon.



Figur 28 Hastighetsmålinger, propell 2 med innløpskon

Figur 28 viser at det er størst spredning i måleresultatene nærmest navet til propellen. Dette kan komme av at strømmingen blir påvirket av viftehusets geometri ved utløpet. Videre utover radiusen stiger hastigheten jevnt samtidig som måleverdiene samles mer

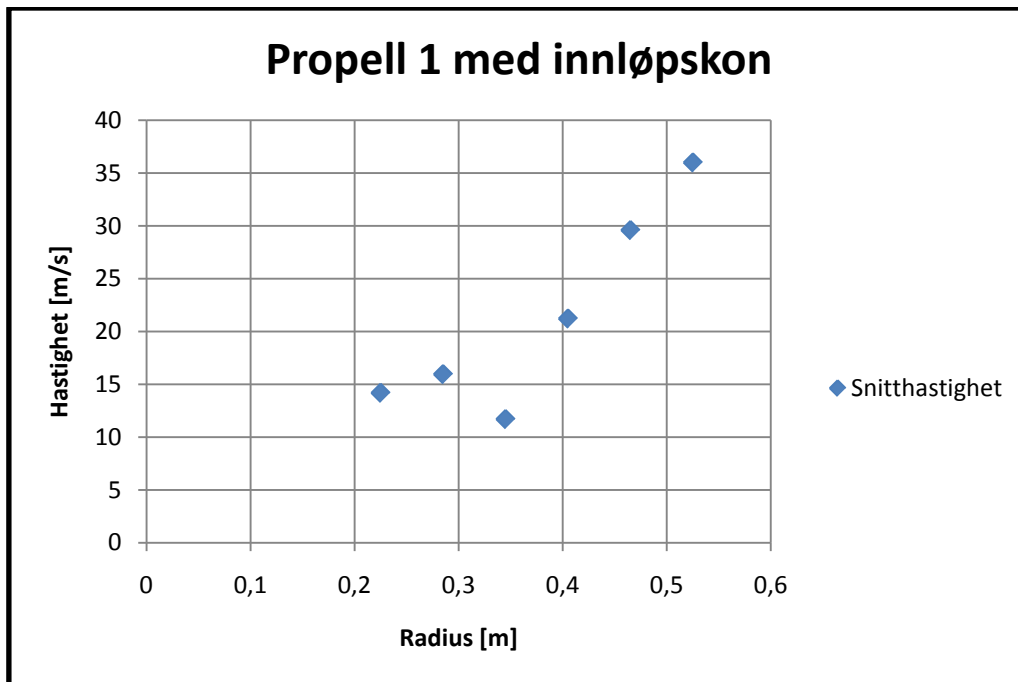
og mer. Ved en radius på rundt 40 cm så flater stigningen av hastigheten ut, og her er det liten spredning i verdiene til målepunktene.



Figur 29 Hastighetsmålinger, propell 2 uten innløpskon

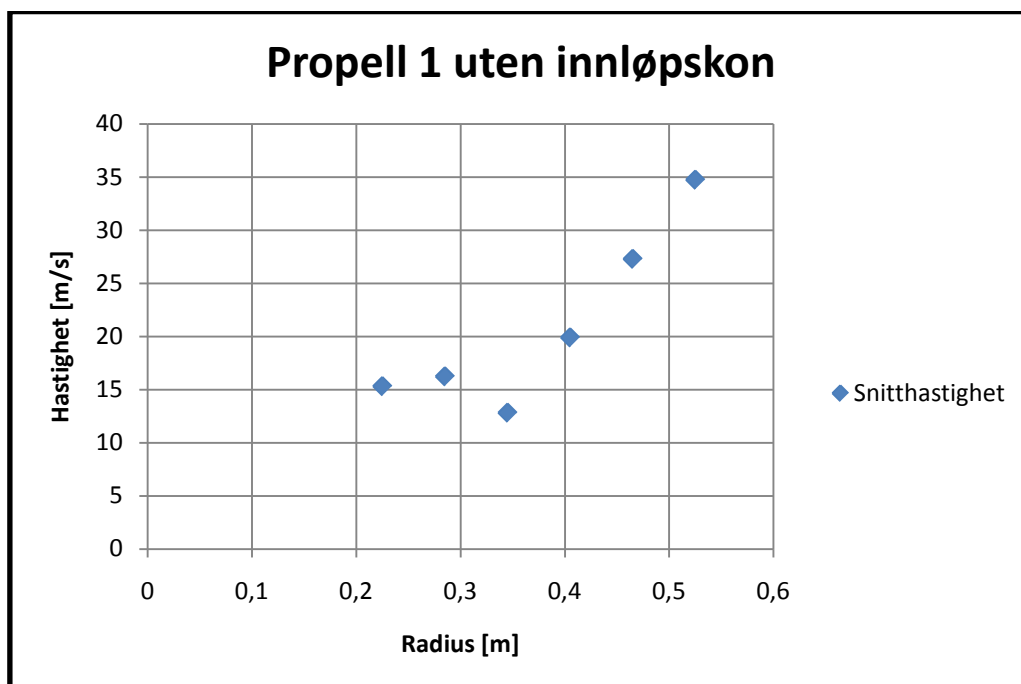
Figur 29 viser at spredningen i verdier for målepunktene er noe mindre for tilfellet uten innløpskon enn tilfellet med. Ellers ser hastighetsfeltet likt ut som for tilfellet med innløpskon.

For lettere å kunne se hastighetsfordelingen er snitthastigheter per radius plottet i Figur 30 og Figur 31 for propell 1. Snitthastigheter for propell 2 er vist i Figur 32 og Figur 33.



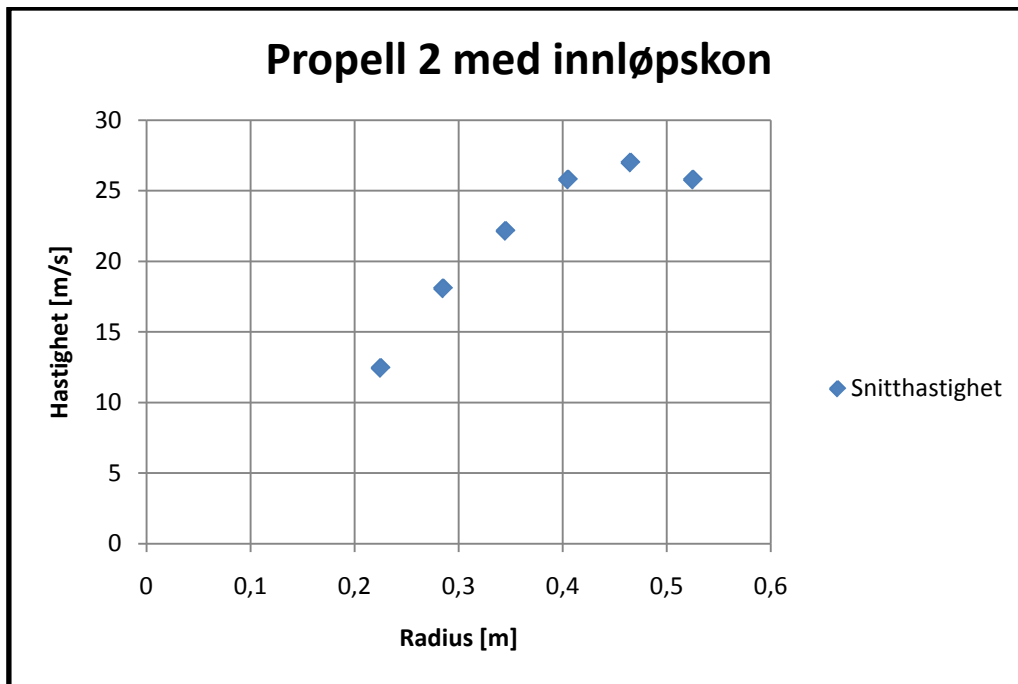
Figur 30 Snitthastigheter, propell 1 med innløpskon

Figur 30 viser at hastigheten varierer en del i nærheten av navet før den stiger jevnt ut mot tuppen av bladene.



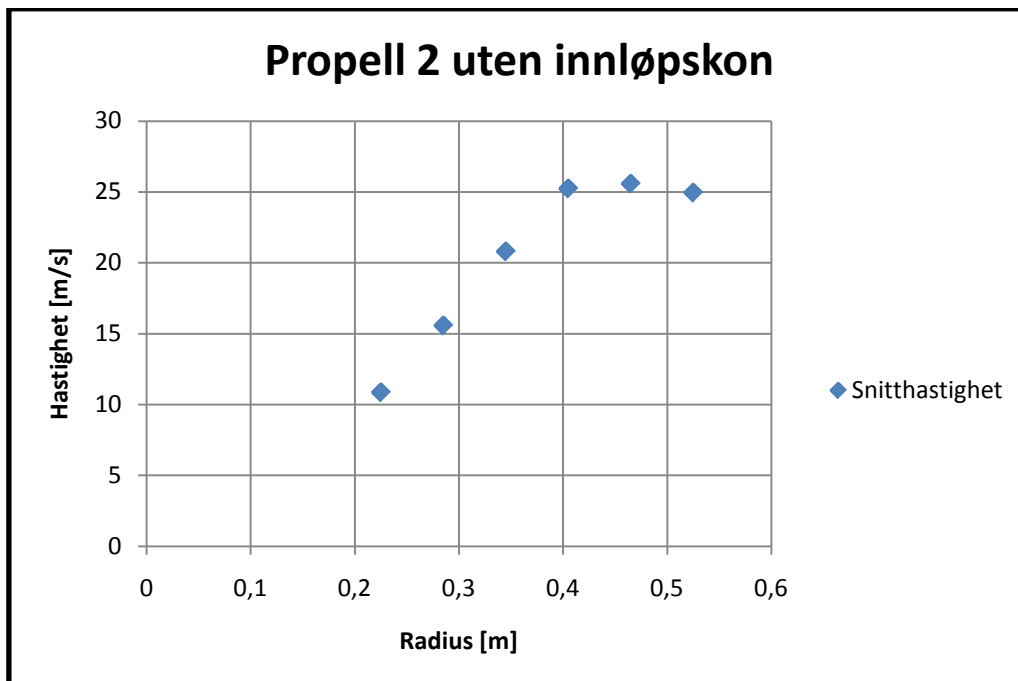
Figur 31 Snitthastigheter, propell 1 uten innløpskon

Figur 31 viser at hastigheten varierer etter samme mønster som for tilfellet med innløpskon, Figur 30. Dette viser at variasjonene ikke er tilfeldige og dermed indikerer dette at målingene er korrekte.



Figur 32 Snitthastigheter, propell 2 med innløpskon

Figur 32 viser at propell 2 gir en hastighetsfordeling som er lavest ved navet og som stiger jevnt før hastigheten flater ut mot tuppen av bladene.



Figur 33 Snitthastigheter, propell 2 uten innløpskon

Hastighetsfordelingen er lik i tilfellet med og uten kon også for propell 2.

9.1.2 SNITTHASTIGHET GJENNOM LASTCELLE

En snitthastighet kan beregnes ved hjelp av likning (14) når skyvkraften er kjent. Her brukes en usikkerhet på $\pm 10\%$, ISO 13350:2008.

	Hastighet	Usikkerhet
Propell 1 med innløpskon	25,68 m/s	$\pm 2,57$ m/s
Propell 1 uten innløpskon	24,76 m/s	$\pm 2,48$ m/s
Propell 2 med innløpskon	25,33 m/s	$\pm 2,53$ m/s
Propell 2 uten innløpskon	23,94 m/s	$\pm 2,39$ m/s

Tabell 2 Hastigheter beregnet gjennom lastcelle

9.2 SKYVKRAFT

9.2.1 LASTCELLE

Skyvkraften målt med lastcellen har en usikkerhet på $\pm 5\%$, ISO 13350; 2008.

	Målt skyvkraft	Usikkerhet
Propell 1 med innløpskon	666,57 N	$\pm 33,33$ N
Propell 1 uten innløpskon	619,46 N	$\pm 30,97$ N
Propell 2 med innløpskon	648,21	$\pm 32,41$ N
Propell 2 uten innløpskon	579,09	$\pm 28,95$ N

Tabell 3 Skyvkraft målt med lastcelle

9.2.2 HASTIGHETSMÅLINGER

Hastighetsmålingene kan benyttes til å regne ut skyvkraften gjennom likning (16).

Usikkerheten beregnes med likning (18).

	Skyvkraft utregnet fra hastighetsmålinger	Usikkerhet
Propell 1 med innløpskon	647,16 N	$\pm 14,81$ N
Propell 1 uten innløpskon	597,98 N	$\pm 13,53$ N
Propell 2 med innløpskon	566,28 N	$\pm 10,67$ N
Propell 2 uten innløpskon	512,49 N	$\pm 9,81$ N

Tabell 4 Skyvkraft beregnet gjennom pitotrørsmålinger

9.3 STØY

Nummereringen til målepunktene er illustrert i Figur 15.

	Målepunkt 1	Målepunkt 2	Målepunkt 3	Målepunkt 4
Propell 1 med innløpskon	91,6 dBA	93,1 dBA	95,6 dBA	94,2 dBA
Propell 1 uten innløpskon	96,1 dBA	96,9 dBA	99,8 dBA	100,2 dBA
Propell 2 med innløpskon	90,5 dBA	92,6 dBA	93,9 dBA	94,8 dBA
Propell 2 uten innløpskon	95,4 dBA	97,1 dBA	98,2 dBA	99,1 dBA

Tabell 5 Støymålinger

Det fremkommer av resultatene fra støymålingene at propell 1 genererer mer støy enn propell 2. Dette er forventet ut ifra teorien, seksjon 8.1.5, om at støy genereres ved for- og avløpskant på bladprofilet. Propell 1 har flere blad og produserer dermed mer støy. Dette bekreftes av alle fire målepunkter. Støynivået reduseres med rundt 5 % for begge profilene når innløpskonen monteres.

Resultatene i Tabell 5 korrigeres med å totalt trekke fra 3,5 dBA av verdiene, se seksjon 7.6. Dette gjøres kun for målepunkt 1, da de resterende punkter kun er med for å ha et sammenlikningsgrunnlag.

Korrigerede støymålinger	Målepunkt 1
Propell 1 med innløpskon	88,1 dBA
Propell 1 uten innløpskon	92,6 dBA
Propell 2 med innløpskon	87 dBA
Propell 2 uten innløpskon	91,9 dBA

Tabell 6 Korrigerede støymålinger

9.4 TURTALL

Turtallsmåleren opererer med en nøyaktighet på bedre enn $\pm 0,01$ %. Dermed er usikkerheten så liten at den ikke trengs å vektlegges.

	Turtall
Propell 1 med innløpskon	1490 omdr/min
Propell 1 uten innløpskon	1490 omdr/min
Propell 2 med innløpskon	1490 omdr/min
Propell 2 uten innløpskon	1490 omdr/min

Tabell 7 Turtall

Det er den samme motoren som er brukt under alle forsøkene og den leverer en konstant rotasjonshastighet på 1490 omdr/min.

9.5 EFFEKT TILFØRT MOTOR

Effekten tilført viftens motor er vist i Tabell 8 og behandles med en usikkerhet på $\pm 2\%$ etter ISO 13350:2008

	Effekt (E_0)	Fasevinkel	Usikkerhet
Propell 1 med innløpskon	27,9 kW	-0,94	$\pm 0,56$ kW
Propell 1 uten innløpskon	28,5 kW	-0,94	$\pm 0,57$ kW
Propell 2 med innløpskon	23,1 kW	-0,99	$\pm 0,46$ kW
Propell 2 uten innløpskon	24,3 kW	-0,98	$\pm 0,49$ kW

Tabell 8 Effekt tilført motor

9.6 UTFØRT ARBEID

9.6.1 LASTCELLE

Når en snitthastighet er beregnet gjennom resultatet fra lastcellemålingen, benyttes likning (10) til å finne det utførte arbeidet. Usikkerheten beregnes med likning (19).

	Utført arbeid	Usikkerhet
Propell 1 med innløpskon	8,56 kW	$\pm 2,78$ kW
Propell 1 uten innløpskon	7,67 kW	$\pm 2,30$ kW
Propell 2 med innløpskon	8,21 kW	$\pm 2,46$ kW
Propell 2 uten innløpskon	6,93 kW	$\pm 2,08$ kW

Tabell 9 Utført arbeid beregnet gjennom lastcellen

Usikkerhetene beregnet her gir en usikkerhet på opp mot 35 %. Dette er en meget høy verdi og resultatene må tolkes deretter.

9.6.2 PITOTRØR

Arbeid tilført luften finnes med likning (20) når det tas utgangspunkt i hastigheter målt med pitotrørsoppsettet. Usikkerheter beregnes med likning (21).

	Utført arbeid	Usikkerhet
Propell 1 med innløpskon	9,65 kW	$\pm 0,37$ kW
Propell 1 uten innløpskon	8,45 kW	$\pm 0,33$ kW
Propell 2 med innløpskon	6,99 kW	$\pm 0,21$ kW
Propell 2 uten innløpskon	6,09 kW	$\pm 0,18$ kW

Tabell 10 Utført arbeid beregnet gjennom pitotrørsmålinger

Usikkerhetene presentert i Tabell 10 er betydelig lavere enn for usikkerhetene presentert i Tabell 9. Derfor gir utført arbeid beregnet ved hjelp av pitotrørsmålinger et mer troverdig resultat.

9.7 VOLUMSTRØM

9.7.1 LASTCELLE

Volumstrømmen regnes ut med likning (24). Usikkerheten finnes gjennom likning (25).

	Volumstrøm	Usikkerhet
Propell 1 med innløpskon	21,63 m ³ /s	$\pm 2,16$ m ³ /s
Propell 1 uten innløpskon	20,85 m ³ /s	$\pm 2,09$ m ³ /s
Propell 2 med innløpskon	21,33 m ³ /s	$\pm 2,13$ m ³ /s
Propell 2 uten innløpskon	20,16 m ³ /s	$\pm 2,01$ m ³ /s

Tabell 11 Volumstrøm beregnet gjennom lastcellen

9.7.2 PITOTRØR

Volumstrøm finnes fra likning (22). Usikkerhet beregnes gjennom likning (23).

	Volumstrøm	Usikkerhet
Propell 1 med innløpskon	19,90 m ³ /s	$\pm 0,14$ m ³ /s
Propell 1 uten innløpskon	19,32 m ³ /s	$\pm 0,13$ m ³ /s
Propell 2 med innløpskon	19,57 m ³ /s	$\pm 0,10$ m ³ /s
Propell 2 uten innløpskon	18,52 m ³ /s	$\pm 0,09$ m ³ /s

Tabell 12 Volumstrøm beregnet gjennom pitotrørsmålinger

9.8 VIRKNINGSGRAD

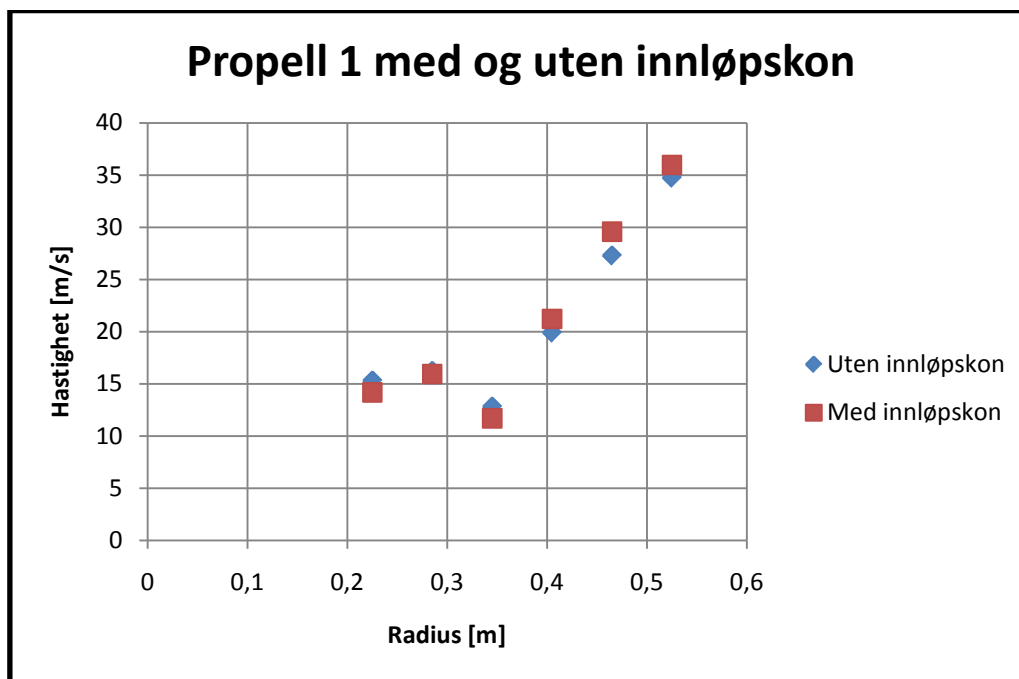
Virkningsgrad og spesifikk skyvkraft kan nå regnes ut med data funnet gjennom lastcellen eller gjennom hastighetsmålingene med likning (26) og (27). På grunn av de store usikkerhetene i utført arbeid, som er beregnet med hastigheter fra lastcellen, vil det være virkningsgraden funnet ved hjelp av pitotrørsmålinger som er mest troverdige.

		Virkningsgrad	Spesifikk Skyvkraft
Propell 1 med innløpskon	Lastcelle	30,68 %	23,89 N/kW
	Hastighetsmålinger	34,59 %	23,20 N/kW
Propell 1 uten innløpskon	Lastcelle	26,91 %	21,74 N/kW
	Hastighetsmålinger	29,65 %	20,98 N/kW
Propell 2 med innløpskon	Lastcelle	35,54 %	28,06 N/kW
	Hastighetsmålinger	30,26 %	24,51 N/kW
Propell 2 uten innløpskon	Lastcelle	28,52 %	23,83 N/kW
	Hastighetsmålinger	25,06 %	21,09 N/kW

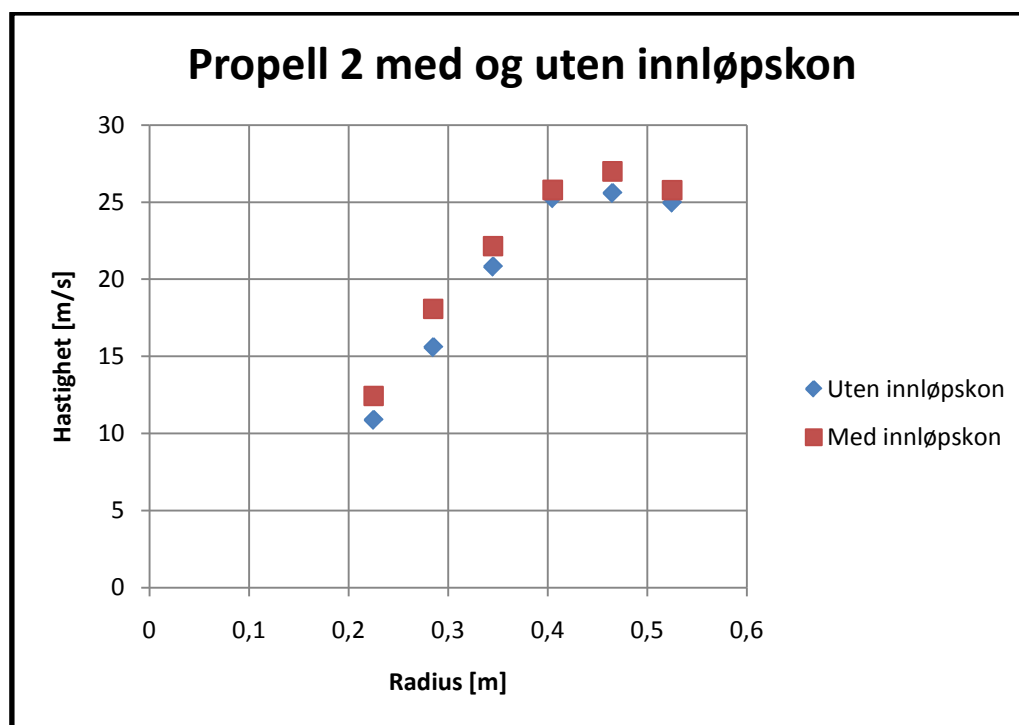
Tabell 13 Virkningsgrader

10 EFFEKT AV INNLØPSKON

De gjennomsnittlige målte hastighetene er vist nedenfor med og uten innløpskon. På den måten blir viktigheten av gunstige innløpsbetingelser for viftens ytelse bedre illustrert.



Figur 34 Snitthastigheter, propell 1 med og uten innløpskon



Figur 35 Snitthastigheter, propell 2 med og uten innløpskon

Hastighetsfordelingene er like over arealet med og uten innløpskon for begge propellene. Dette viser at måleresultatene er troverdige da forsøkene ble gjort på ulike tidspunkt. Hastighetene er gjennomgående høyere for forsøkene med innløpskon enn for forsøkene uten innløpskon. Dette gir en økt skyvkraft og dermed økt virkningsgrad. Tallene i Tabell 8 viser også at effektforbruket minker ved bruk av innløpskon. Dette bidrar også til en høyere virkningsgrad som vist i likning (26). Det kommer også fram av tallene i Tabell 6 at støynivået øker uten innløpskon. Tabellen under viser prosentvis endring av resultater fra forsøk uten innløpskon til resultater med innløpskon.

		Propell 1	Propell 2
Skyvkraft	Lastcelle	7,61 %	11,9 %
	Hastighetsmålinger	8,23 %	10,50 %
Effektforbruk		-2,11 %	-4,94 %
Støynivå, målt i målepunkt 1		-4,68 %	-5,14 %
Virkningsgrad	Lastcelle	14,01 %	16,66 %
	Hastighetsmålinger	24,61 %	20,75 %
Spesifikk skyvkraft	Lastcelle	9,89 %	10,58 %
	Hastighetsmålinger	17,75 %	16,22 %
Volumstrøm	Lastcelle	3,74 %	5,80 %
	Hastighetsmålinger	3,00 %	5,67 %

Tabell 14 Sammenligninger med og uten innløpskon

Av dette framgår det at forsøkene med innløpskon gir bedre resultater i alle målinger sammenlignet med forsøkene uten innløpskon.

Innløpskonen endrer innløpsbetingelsene. For å kunne si noe nærmere om dette, er det også gjort forsøk med røykmaskin ved innløpet. På den måten er det mulig å illustrere hvordan strømmingen oppfører seg ved innløpet.



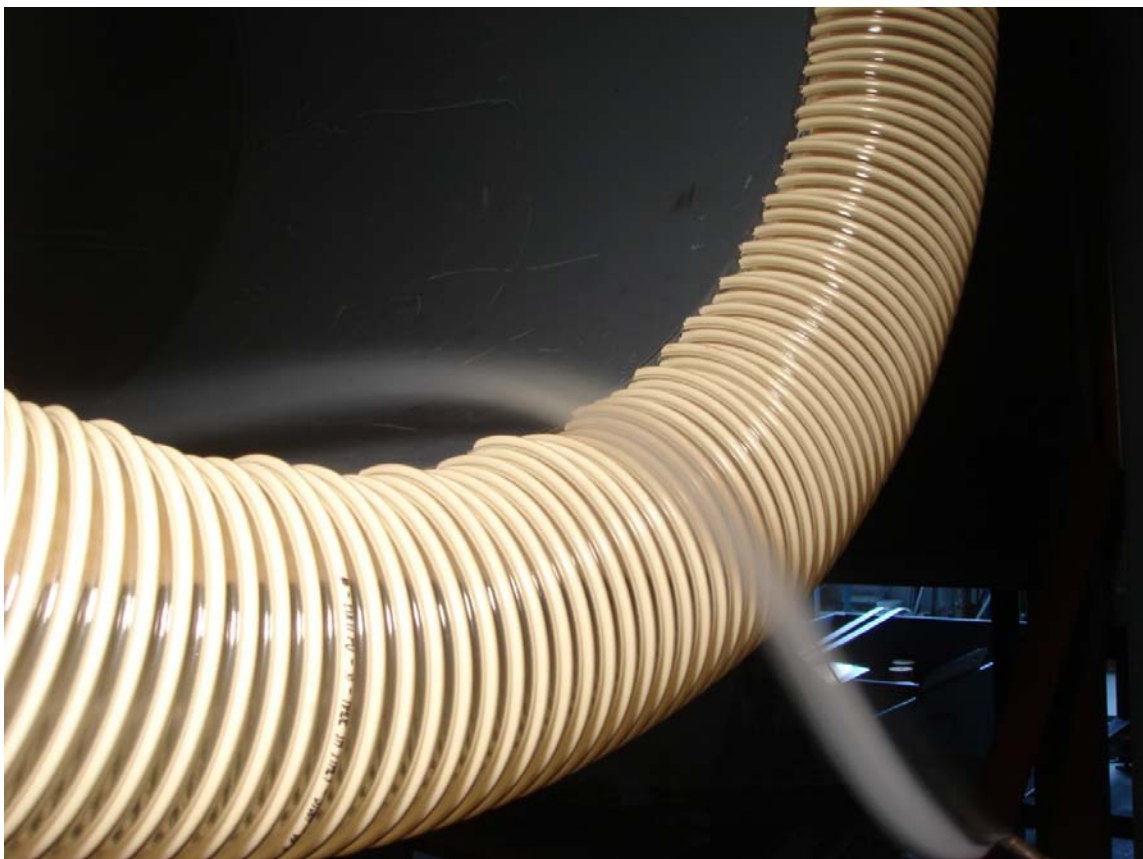
Figur 36 Innløp uten kon



Figur 37 Innløp med kon



Figur 38 Innløp uten kon



Figur 39 Innløp med kon



Figur 40 Innløp uten kon



Figur 41 Innløp med kon

Det fremkommer av bildene at det oppstår en viss separasjon i forsøkene med innløpskon. Dette er ikke overraskende da designprosessen av innløpskon ikke ble særlig vektlagt i denne oppgaven. Samtidig fremkommer det av bildene at for tilfellet uten innløpskon er separasjonen betraktelig større. Når røykutslippet plasseres i nærheten av kanten av innløpet kommer det også fram at røyken kræsjer mer i kanten av viftehuset i tilfellet uten innløpskon. Dermed kan innløpsbetingelsene betraktes som forbedret og støtter opp under resultatene funnet ved testing av virkningsgrad. Dette viser viktigheten av gode innløpsbetingelser, og virkningsgradene kunne nok blitt forbedret med en bedre designet innløpskon.

11 EGET BLADDESIGN

Det er foreslått ett bladdesign som er designet etter prosedyren forklart i kapittel 8. Resultatet skal gi et utgangspunkt for å kunne si noe om eventuelle endringer som bør gjøres med propellene som instituttet disponerer. Utgangspunktet er dermed en rotasjonshastighet på 1490 omdr/ min og en volumstrøm på 22 kubikkmeter per sekund over det samme arealet som for viftehøuset i laboratoriet, Figur 3. En propell designes med ti blader, og en med seks blader.

Bladet deles inn i 18 elementer, slik at hvert element har en bredde på 2 cm. Total virkningsgrad, likning(54), settes til 75 %. Da dette er produktet av den ideelle virkningsgraden som er satt til 0,8 og den hydrauliske virkningsgraden som er satt til 0,95.

For å kunne gjennomføre designprosedyren må løftekoeffisienten være kjent, dermed må et bladprofil velges. For å kunne finne et passende profil følges prosedyren forklart i seksjon 8.1.1. Ut ifra verdier hentet fra XFOIL og (Abbott & Doenhoff, 1949) settes løftekoeffisienten til 1 ved navet og 0,8 ved tuppen. Dette er et område hvor løftekoeffisienter typisk ligger i uten at det oppstår steiling. Grunnen til at det er valgt en lavere løftekoeffisient på tuppen er at steiling er mer kritisk her enn ved navet.

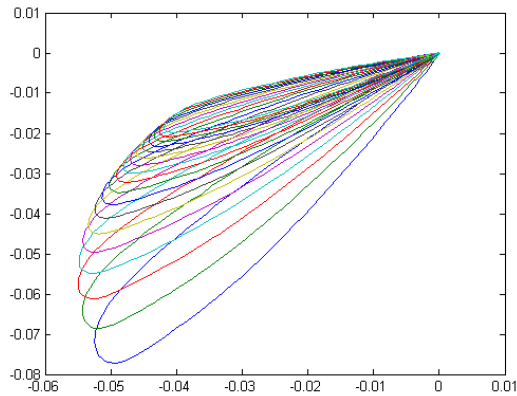
11.1 PROPELL 1

Antall blader er her satt til ti.

Reynoldstallet ble beregnet til $2,38 \cdot 10^5$ ved navet og $2,97 \cdot 10^5$ ved tuppen under forutsetningen om løftekoeffisient på 1 ved navet og 0,8 ved tuppen.

Gjennom å sjekke Reynoldstallet i figurer i (Abbott & Doenhoff, 1949) ble NACA 23015 valgt, se Appendiks B for løftekoeffisienter.

Designprosedyren forklart i kapittel 8 ble fulgt med utgangspunkt i løftekoeffisienter for dette profilet (Abbott & Doenhoff, 1949). Følgende kordelengder og vridningsvinkel ble funnet.

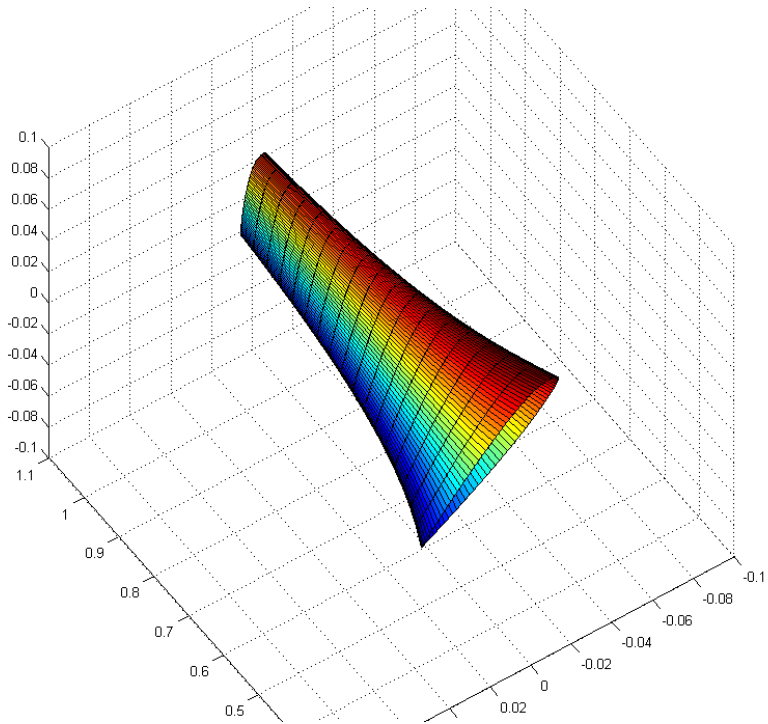


Figur 42 Kordelengder og vridningsvinkler

Figur 42 viser NACA 23015 vingeprofil med endring av kordelengde og vridningsvinkel.

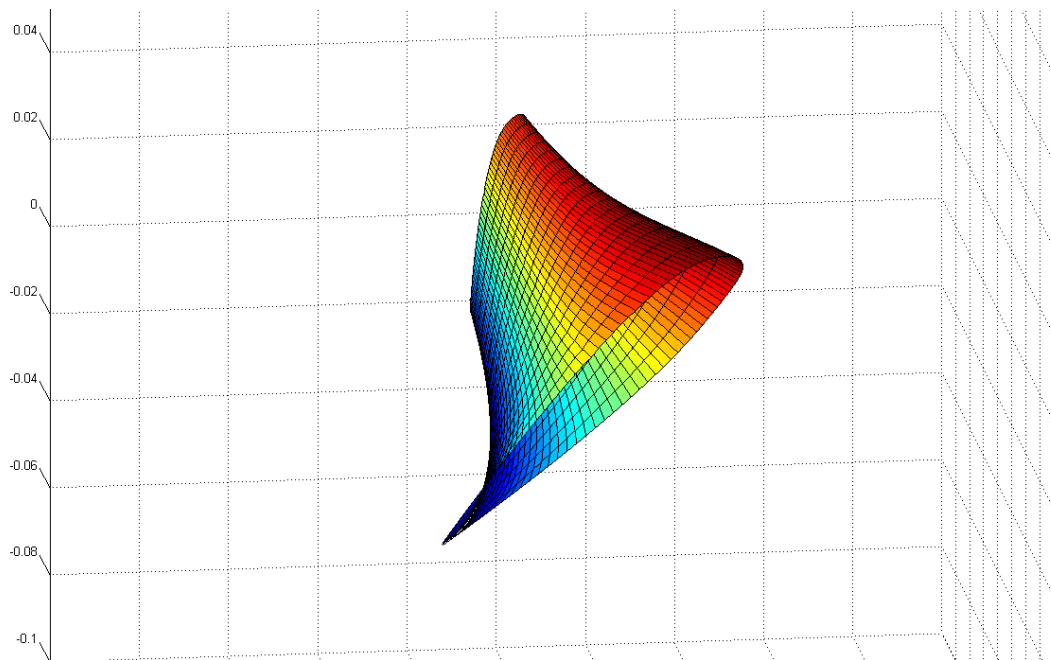
Radius [m]	Kordelengde [m]	Vridningsvinkel [°]
0,21	0,0920	56,6289
0,23	0,0863	52,1632
0,25	0,0812	48,4133
0,27	0,0767	45,2223
0,29	0,0727	42,4737
0,31	0,0691	40,0803
0,33	0,0659	37,9757
0,35	0,0630	36,1087
0,37	0,0605	34,4394
0,39	0,0582	32,9365
0,41	0,0561	31,5745
0,43	0,0542	30,3333
0,45	0,0525	29,1960
0,47	0,0509	28,1491
0,49	0,0495	27,1810
0,51	0,0482	26,2822
0,53	0,0470	25,4447
0,55	0,0459	24,6616

Tabell 15 Kordelengde og vridningsvinkel som funksjon av radien

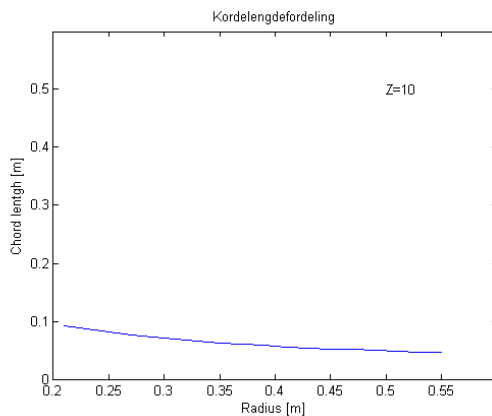


Figur 43 3D plot

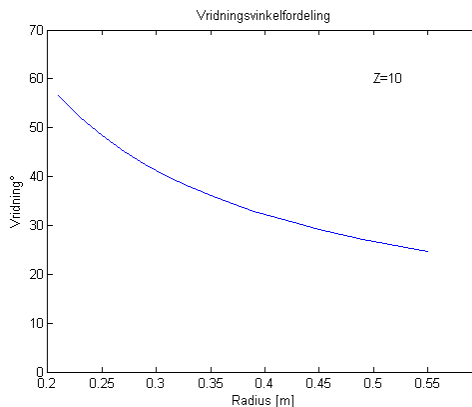
Figur 43 og Figur 44 viser 3D plot av NACA 23015 med beregnet endring av kordelenge og vridning for en propell med ti blader.



Figur 44 3D plot



Figur 45 Kordelengdefordeling



Figur 46 Vridningsfordeling

Koordinater for NACA 23015 er hentet for en kordelengde på 1 fra programvaren XFLR5, v5.00. og har ved hjelp av kordelengden og vridningsvinkelen beregnet i Matlab blitt skalert og rotert for å gi koordinater til det foreslåtte bladet. XFLR5 er et analyseprogram for vingeprofil som opererer i områder med lave Reynoldstall. Programmet bygger på XFOIL, se seksjon 8.1.1, men er bygget opp med et mer brukervennlig grensesnitt. XFLR5, v5.00 er et gratisprogram som kan lastes ned fra internett.

Koordinater for elementene er gitt i Appendiks C

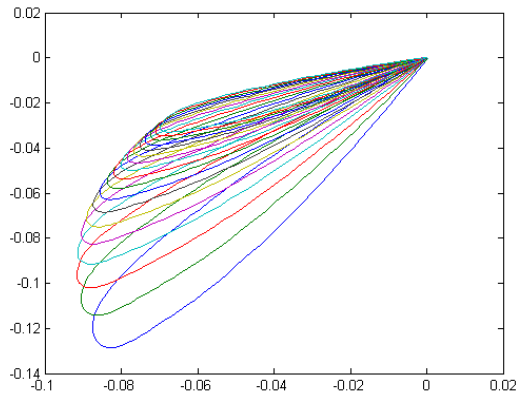
11.2 PROPELL 2

Antall blader er seks

Her ble Reynoldstallet beregnet til $4,96 \cdot 10^5$ ved navet og $3,97 \cdot 10^5$ ved tuppen under forutsetningen om løftekoeffisient på 1 ved navet og 0,8 ved tuppen. Reynoldstallet beregnet her passer bra til det samme profilet som ble valgt for propell 1.

Designprosedyren gjentas for NACA 23015, men i dette tilfellet med seks blader. Metoden vil ikke finne en ny vridning, men endre kordelengdene.

Dette gir følgende kordelengder og vridningsvinkler.

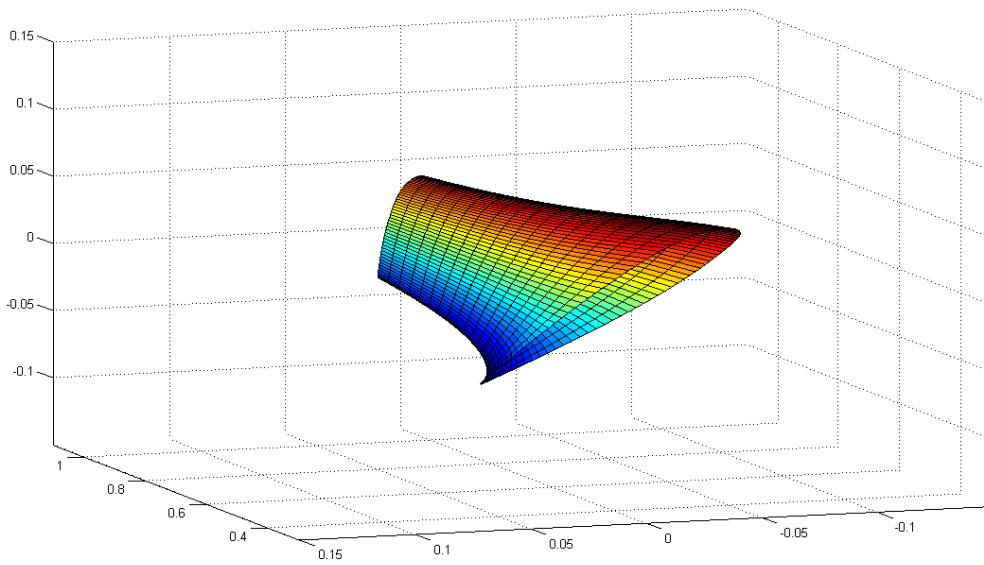


Figur 47 Kordelengder og vridningsvinkler

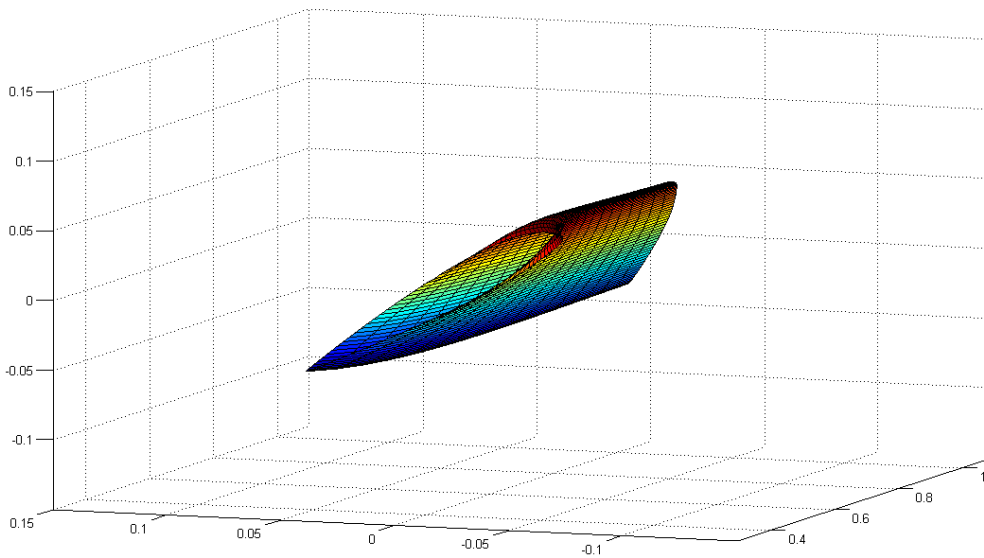
Figur 47 viser NACA 23015 vingeprofil med endring av kordelengde og vridningsvinkel.

Radius [m]	Kordelengde [m]	Vridningsvinkel [°]
0,21	0,1534	56,6289
0,23	0,1439	52,1632
0,25	0,1354	48,4133
0,27	0,1278	45,2223
0,29	0,1211	42,4737
0,31	0,1151	40,0803
0,33	0,1098	37,9757
0,35	0,1051	36,1087
0,37	0,1008	34,4394
0,39	0,0970	32,9365
0,41	0,0935	31,5745
0,43	0,0904	30,3333
0,45	0,0875	29,1960
0,47	0,0849	28,1491
0,49	0,0825	27,1810
0,51	0,0804	26,2822
0,53	0,0784	25,4447
0,55	0,0766	24,6616

Tabell 16 Kordelengde og vridningsvinkel som funksjon av radien

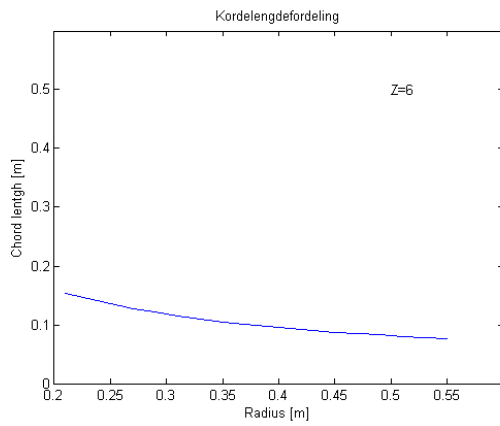


Figur 48 3D plot

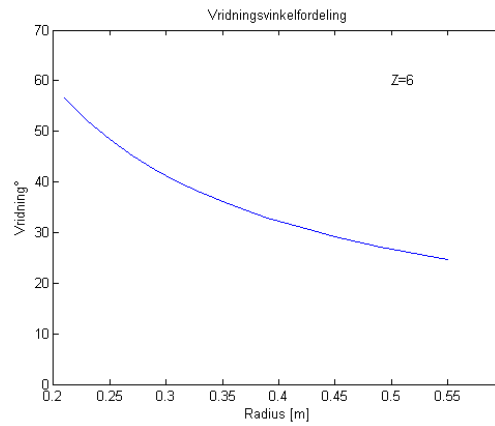


Figur 49 3D plot

Figur 48 og Figur 49 viser 3D plot av NACA 23015 med beregnet endring av kordelenge og vridning for en propell med 6 blader.



Figur 50 Kordelengdefordeling



Figur 51 Vridningsvinkel

Koordinater for elementene er gitt i Appendiks D og er beregnet på samme måte som for propell 1.

Begge bladene har en ideell skyvkraft på 689,76 N, et ideelt effektforbruk på 15,62 kW og et totalt bladareal på 0,2415 m².

12 KONKLUSJON

12.1 TESTSTASJON

Det har blitt etablert en teststasjon for ytelsesprøving av aksialvifter i strømnings teknisk laboratorium på NTNU. Denne teststasjonen er utstyrt med måleutstyr og software som gjør det mulig å teste karakteristikker til forskjellige aksialvifter. Ved hjelp av et oppsett basert på pitotrørsmålinger ulike steder i bakkant av propellen er det mulig å bestemme hastighetsfordelingen i aksialretningen over hele propelldiameteren. I tillegg til dette er teststasjonen utstyrt med utstyr for måling av skyvkraft, tilført effekt til viftens motor, turtallsmålinger og støymålinger. Ved hjelp av dette kan virkningsgraden til aksialvifter bestemmes. Måleutstyret er kalibrert for å sikre at måleresultater blir mest mulig korrekte. Det er blitt testet to ulike propeller som var tilgjengelig ved Institutt for Energi og Prosessteknikk.

12.2 VIFTEDESIGN

Det er blitt utført inngående testing av begge propellene for å kunne si noe om hvor godt designet deres er. Resultater av målinger for skyvkraft, hastighetsfordelinger, effektforbruk, støynivå og turtall er presentert i seksjon 9 og gjør det mulig å si noe om ytelsene til de to propellene. Det er i tillegg utarbeidet et forslag til nytt bladdesign til både propell 1 og propell 2. Da med utgangspunkt i deres opprinnelige operasjonsområde. Ut ifra dette er det mulig å diskutere hvor effektivt designet til de to propellene er.

Når det gjelder designet til propell 1 er det flere grunnleggende designkriterier som ikke er oppfylt. Den skaper likevel en volumstrøm og skyvkraft som er i samme området som propell 2. Årsaken til dette er nok at det totale bladarealet til propell 1 er omtrent 70 % større enn bladarealet til propell 2. Ut ifra designkriterium gitt i kapittel Viftedesign oppfyller propell 1 ikke kravet om at kordelengden skal minske mot tuppen av bladet, men er istedenfor konstant langs hele bladlengden. Det er en liten variasjon i vridningsvinkelen utover bladet, men denne er i motsatt retning av det foreslåtte designet i denne rapporten. Resultatet av dette er at hastigheten i aksialretningen og den totale trykkøkningen ikke vil være konstant over hele bladdiameteren. Dermed vil det bli generert hastigheter i radiell retning og det vil antakeligvis også oppstå tilbakestrømning enkelte steder på bladet. Ettersom hastighetsmålingene er utført med pitotrør vil hastigheter i radiell retning og tilbakestrømning ikke være mulig å måle direkte. For å si noe fysisk om dette måtte hastigheten blitt målt med mer avansert måleutstyr, for eksempel ved hjelp av hot-wire anemometer. For propell 1 vil tilbakestrømning skje typisk ved den innerste delen av bladet. Da det er her den aksielle hastigheten er minst. Bladene til propell 1 overlapper hverandre innerst ved navet noe som fører til at strømmingen i dette området kan kveles og dermed vil ikke denne delen av bladet operere effektivt. For store deler av bladets diameter er også avstanden mellom bladene for liten og dette vil påvirke løfteegenskapene til bladene, se seksjon 8.1. Fra støymålinger finnes det at propell 1 produserer mer støy en propell 2. Ettersom

det et er ved bladets forkant og avløpskant majoriteten av støyen til en vifte blir produsert er dette som forventet da propell 1 har flere blad enn propell 2. Sammenlignes propell 1 mot tilsvarende design foreslått i seksjon 11.1 vil bladarealet til propell 1 være omtrent 2,5 gang så stort. Det tyder derfor på at bladarealet til propell 1 kan reduseres betydelig og allikevel oppnå like stor volumstrøm hvis enkelte designparametere endres. Ved å endre kordelengden ved navet til omtrentlig 10cm vil problemet med at bladene overlapper hverandre forsvinne. Videre vil det være gunstig å la kordelengden minke til omtrent 5cm ved bladets tupp samtidig som vridningsvinkelen endres. Dette vil bidra til en mer konstant trykkøkning over bladdiameteren. Vridningsvinkelen til propell 1 ligger på omtrent 20° ved navet og det ser ut til at den øker noe utover bladet. Ved navet kan vridningsvinkelen med fordel ligge i området 50° - 60° . Da vil den indre delen av bladet bli utnyttet på en mye bedre måte. Videre vil det være fordelaktig å la vridningsvinkelen synke til rundt 20° ved tuppen for å sikre en konstant trykkfordeling over hele bladet. Altså motsatt av propell 1 sitt design. Valget av ti blader er en vurderingssak og på den positive siden fører dette til at bladene blir enkle å feste til navet. Men for å minske støyproduksjon og tap knyttet til turbulensdannelse ved bladets forkant og avløpskant vil det være gunstig med færre blad. Færre blad vil også antageligvis være billigere å produsere. Videre vil det antakeligvis også være enklere å feste flere tynne blad til navet (Bleier, 1997). Men en vurdering av utfordringer knyttet til produksjon av bladene ligger utenfor omfanget av denne oppgaven.

Når det gjelder designet til propell 2 er det ingen åpenbare designfeil som skiller seg ut. Kordelengden minker fra navet og ut til tuppen. Det samme gjelder for vridningsvinkelen til bladet. Bladene er blitt kappet av i tuppen for å kunne montere propellen i det eksisterende viftehuset. Propell 2 er altså designet for andre betingelser enn det den har blitt tilpasset til og testet i. Ut ifra målinger av hastighetsfordelingen over hele bladdiameteren er det en betydelig variasjon i den aksielle hastigheten utover propelldiameteren. Variasjonene er størst ved den innerste delen av bladet og mot tuppen er det kun små variasjoner i hastighetsprofilen, se Figur 35. Dette er en indikasjon på at kordelengdefordelingen og vridningsvinkelfordelingen til bladet, spesielt den innerste delen, ikke er optimal. Sammenlignes kordelengdefordelingen til propell 2 med kordelengdefordelingen til det tilsvarende designforslaget presentert i seksjon 11.2 viser det seg at kordelengden til propell 2 er større over hele bladet. Men endringen i kordelengden fra navet til tuppen av bladet er omtrentlig den samme for propell 2 og det foreslåtte designet. Dermed er det naturlig å anta at kordelengdefordelingen til propell 2 er designet riktig. Men overdimensjonert i forhold til hva den skal levere av volumstrøm. Vridningsvinkelfordelingen til propell 2 er utformet forskjellig fra det foreslåtte designet i seksjon 11.2. Ved navet har propell 2 en vridningsvinkel på omtrent 44° og en økning av denne med omtrentlig 10° vil nok i større grad kompensere for at rotasjonshastigheten er lavere inne ved navet. Dermed vil den innerste delen av bladet bli utnyttet mer effektivt og radielle hastigheter vil bli unngått i en større grad. Vridningsvinkelen på tuppen til propell 2 er omtrent 20° og er

5° mindre enn for det foreslåtte designet. I motsetning til propell 1 overlapper ikke bladene til propell 2 hverandre inne ved navet. Men avstanden kunne med fordel vært større og det er grunn til å anta at bladene har en viss påvirkning på hverandre. Dermed vil det antakeligvis være gunstig å tilpasse størrelsen på kordelengdefordelingen til å være mer lik designet foreslått i seksjon 11.2.

Forslag til forbedring av designet til de to propellene er basert på målinger gjort i den etablerte teststasjonen i tillegg til å sammenligne designen deres med ett foreslått viftedesign. Det foreslåtte propelldesignet er i hovedsak basert på vingeteori og tar ikke hensyn til direkte tap i strømmingen grunnet ugunstige innløps- og utløpsbetingelser i viftehuset. For å redusere tapene i innløpet er det blitt montert en innløpskon i viftehusets forkant. I viftehusets bakkant er det imidlertid ikke blitt gjort noen tiltak for å forhindre tap. Hovedsakelig på grunn av plassbegrensinger i laboratoriet. I tillegg vil også motoropphenget blokkere strømmingen enkelte steder. Dette vil føre til en reduksjon av hastigheten til luften i utløpet og dermed føre til en lavere virkningsgrad. Målinger gjort i den etablerte teststasjonen viser at ved å benytte en innløpskon bedres betingelsene i innløpet og virkningsgraden øker med omtrent 4 % poeng for begge propellene. Derfor er det rimelig å anta at det kan være betydelige tap knyttet til innløpet og utløpet i viftehuset. Dermed er antakeligvis virkningsgraden som det foreslåtte designet er basert på i høyeste laget og et større bladareal vil være nødvendig for å kompensere for tap knyttet til viftehusets innløp og utløp.

13 REFERANSER

- Abbott, I. H., & Doenhoff, A. E. (1949). *Theory of wing sections; including a summary of airfoil data*. New York: McGraw-Hill.
- Anderson, J. D. (2007). *Fundamentals of aerodynamics*. Boston: McGraw-Hill.
- Bleier, F. P. (1997). *Fan handbook: selection, application, and design*. New York [etc.: McGraw-Hill.
- F.Manwell, J., McGowan, J. G., & Rogers, A. L. (2002). *Wind energy explained: theory, design and application*. Chichester : Wiley.
- Haugset, S. K. (2007). *An introduction to the Blade Element Momentum Method*.
- Hinze, J. O. (1975). *Turbulence*. New York: McGraw-Hill.
- hudsonproducts*. (n.d.). Retrieved from <http://www.hudsonproducts.com/products/tuflite/flowfans.pdf>
- ISO 13350 :2008. (n.d.).
- ISO 5801 : 2008. (n.d.).
- Krogstad, P.-Å. (1989). *Beregningsgrunnlag for aksialvifter*. Perla Strømningsteknikk A/S.
- lionballmotor*. (n.d.). Retrieved from <http://www.lionballmotor.com>
- Moffat, R. J. (1988). Describing the Uncertainties in Experimental Results.
- Moore. *Fan design*.
- Moore. *Theory of rating*.
- National Instruments*. (n.d.). Retrieved from <http://sine.ni.com/ds/app/doc/p/id/ds-218/lang/en>
- standard.no*. (n.d.). Retrieved from www.standard.no
- Sætran, L. (2009). *EPT-Rapport*. Trondheim.
- Walpole, R. E. (2007). *Probability & statistics for engineers & scientists*. Upper Saddle River, NJ: Pearson Prentice Hall.
- White, F. M. (2005). *Fluid mechanics*. Boston: McGraw-Hill.

14 APPENDIKS A

14.1 MATLAB SCRIPT

```
clc
clear all
close all

Dy=1.11; %[m]
Di=0.4;  %[m]
v=Di/Dy;
Q=22;   %[m3]
rho=1.2; %[kg/m3]
n=1490; %[omdr/min]
w=2*pi*n/60; %[rad/s]
C1= (4*Q)/(pi*Dy^2*(1-v^2));
C1_ma=[C1;C1;C1;C1;C1;C1;C1;C1;C1;C1;C1;C1;C1;C1;C1;C1;C1];
dP=0.65*rho*C1^2;    %[Pa]
U2=(pi*n*Dy)/60;    %[m/s]
psi=dP/(0.5*rho*U2^2);
Z=6;
mju=1.8/100000;
v
sqrt(0.8*psi)    %krav, mindre enn v
psi            %krav, mindre enn 0.1
%trenger ikke stator, psi er mindre enn 0.1

phi=Q*4/(pi*U2*Dy^2);
sigma=phi^(0.5)/psi^(3/4)
delta=psi^(1/4)/phi^(1/2)
%stemmer med tabell 1, figur 6 gir en virkningsgrad rundt 0.8
eff=0.75;    %virkningsgrad
Etilfort=dP*Q/eff
F=rho*Q*C1

%For å kunne velge et passende profil, så regnes
reynoldstallet ut på
%endene av bladet Ved radius lik 20 cm og 55,5 cm. Her brukes
cl=0,8 på
%tupp og cl=1 ved nav. da steiling er mer kritisk på tuppen.

Ut=2*n*pi*0.555/60; %[m/s]
Uh=2*n*pi*0.20/60;  %[m/s]
dCt=dP/(rho*Ut*eff);
W1t=sqrt(Ut^2+C1^2);
beta_1t=atan(C1/Ut);
W2t=sqrt((Ut-dCt)^2+C1^2);
beta_2t=atan(C1/(Ut-dCt));
Wtu=sqrt((Ut-(dCt/2))^2+C1^2);
```

```

beta_tu=atan(C1/(Ut-(dCt/2)));
dCh=dP/(rho*Uh*eff);
W1h=sqrt(Uh^2+C1^2);
beta_1h=atan(C1/Uh);
W2h=sqrt((Uh-dCh)^2+C1^2);
beta_2h=atan(C1/(Uh-dCh));
Whu=sqrt((Uh-(dCh/2))^2+C1^2);
beta_hu=atan(C1/(Uh-(dCh/2)));

c_t=4*pi*dP/(rho*w*Z*Wtu*0.8); %kordelengde, på tuppen, antatt
utifra cl=0.8
c_h=4*pi*dP/(rho*w*Z*Whu); %kordelengde, ved navet, antatt
utifra cl=1
Re_t=rho*Wtu*c_t/mju
Re_h=rho*Whu*c_h/mju

%Velger NACA 23015, her har vi alpha_0=-1.1441, hentet fra
XFOIL

alpha_0=-1.1441;
r_cm=[21;23;25;27;29;31;33;35;37;39;41;43;45;47;49;51;53;55];
r=r_cm./100;
t=2*pi*r/Z;
D=2.*r_cm./100;
U=w.*D/2;
dC=dP./(rho*U*eff);
W1=sqrt(U.^2+C1_ma.^2);
beta_1=atan(C1_ma./U)*180/pi;
W2=sqrt((U-dC).^2+C1_ma.^2);
beta_2=atan(C1_ma./(U-dC))*180/pi;
Wu=sqrt((U-dC./2).^2+C1_ma.^2);
beta_u=atan(C1_ma./(U-dC./2))*180/pi;

% Realistiske verdier av Cl varierer fra 0.9 på tupp til 1.1
ved nav, antar
% glatt overgang

Cxcl=4*pi*dP./(Wu.*rho*w*Z);

cl(1,1)=1.1;
%kaskade(1,1)=0.8;
for i=1:17
    cl(i+1,1)=cl(i,1)-0.2/17;
    % kaskade(i+1,1)=kaskade(i,1)+0.2/17;
end
C=Cxcl./cl
%cl_korr=cl.*kaskade;
%C=Cxcl./cl_korr;
t_c=t./C;

```

```

alpha=180*c1/(2*pi^2)+alpha_0;

vrid=alpha+beta_u;

plot(r,C)
ylim([0 0.6])
xlim([0.2 0.6])
xlabel('Radius [m]')
ylabel('Chord lentgh [m]')
title('Kordelengdefordeling')
text(0.5,0.5,'Z=10')
text(0.5,0.45,'Q=20 m3/s')
pause
plot(r,vrid)
ylim([0 70])
xlim([0.2 0.6])
xlabel('Radius [m]')
ylabel('Vridning°')
title('Vridningsvinkelfordeling')
text(0.5,60,'Z=10')
text(0.5,54,'Q=20 m3/s')

pause

for i=1:18
    d_vrid(i,:)=vrid(i)-vrid(18);
end
v=vrid.*pi/180
x=[1.00000;0.99280;0.97989;0.96352;0.94455;0.92350;0.90075;0.8
7658;0.85123;0.82489;0.79774;0.76991;0.74154;0.71275;0.68365;0
.65434;0.62492;0.59547;0.56607;0.53680;0.50774;0.47895;0.45050
;0.42246;0.39488;0.36782;0.34135;0.31551;0.29035;0.26594;0.242
31;0.21951;0.19760;0.17661;0.15660;0.13760;0.11965;0.10280;0.0
8709;0.07256;0.05924;0.04717;0.03639;0.02694;0.01885;0.01215;0
.00688;0.00308;0.00078;0.00000];
x1=x
for i=1:49
    x(i+50)=x(50-i);
end
y=[0.00157;0.00299;0.00550;0.00864;0.01220;0.01608;0.02017;0.0
2442;0.02876;0.03316;0.03757;0.04196;0.04631;0.05058;0.05475;0
.05880;0.06270;0.06644;0.06999;0.07332;0.07643;0.07928;0.08186
;0.08186;0.08613;0.08779;0.08911;0.09007;0.09067;0.09067;0.090
73;0.09019;0.08926;0.08790;0.08599;0.08345;0.08022;0.07630;0.0
7169;0.06646;0.06067;0.05441;0.04779;0.04091;0.03389;0.02683;0
.01984;0.01299;0.00636;0.00000;-0.00589;-0.01114;-0.01579;-
0.01988;-0.02350;-0.02672;-0.02961;-0.03226;-0.03476;-
0.03717;-0.03955;-0.04194;-0.04436;-0.04681;-0.04926;-
0.05163;-0.05382;-0.05572;-0.05727;-0.05847;-0.05932;-
0.05984;-0.06002;-0.05987;-0.05941;-0.05864;-0.05759;-

```

```

0.05627;-0.05469;-0.05286;-0.05082;-0.04857;-0.04614;-
0.04353;-0.04078;-0.03789;-0.03489;-0.03180;-0.02864;-
0.02542;-0.02219;-0.01897;-0.01579;-0.01270;-0.00975;-
0.00703;-0.00461;-0.00267;-0.00157];

```

```

for i=1:99

```

```

    x_origin(i)=x(i)-1;
    y_origin(i)=y(i);
end

```

```

for j=1:99

```

```

    x_el1(j,1)=x_origin(j)*cos(-v(1))+y_origin(j)*sin(-v(1));
    y_el1(j,1)=y_origin(j)*cos(-v(1))-x_origin(j)*sin(-v(1));

    x_el2(j,1)=x_origin(j)*cos(-v(2))+y_origin(j)*sin(-v(2));
    y_el2(j,1)=y_origin(j)*cos(-v(2))-x_origin(j)*sin(-v(2));
    x_el3(j,1)=x_origin(j)*cos(-v(3))+y_origin(j)*sin(-v(3));
    y_el3(j,1)=y_origin(j)*cos(-v(3))-x_origin(j)*sin(-v(3));
    x_el4(j,1)=x_origin(j)*cos(-v(4))+y_origin(j)*sin(-v(4));
    y_el4(j,1)=y_origin(j)*cos(-v(4))-x_origin(j)*sin(-v(4));
    x_el5(j,1)=x_origin(j)*cos(-v(5))+y_origin(j)*sin(-v(5));
    y_el5(j,1)=y_origin(j)*cos(-v(5))-x_origin(j)*sin(-v(5));
    x_el6(j,1)=x_origin(j)*cos(-v(6))+y_origin(j)*sin(-v(6));
    y_el6(j,1)=y_origin(j)*cos(-v(6))-x_origin(j)*sin(-v(6));
    x_el7(j,1)=x_origin(j)*cos(-v(7))+y_origin(j)*sin(-v(7));
    y_el7(j,1)=y_origin(j)*cos(-v(7))-x_origin(j)*sin(-v(7));
    x_el8(j,1)=x_origin(j)*cos(-v(8))+y_origin(j)*sin(-v(8));
    y_el8(j,1)=y_origin(j)*cos(-v(8))-x_origin(j)*sin(-v(8));
    x_el9(j,1)=x_origin(j)*cos(-v(9))+y_origin(j)*sin(-v(9));
    y_el9(j,1)=y_origin(j)*cos(-v(9))-x_origin(j)*sin(-v(9));
    x_el10(j,1)=x_origin(j)*cos(-v(10))+y_origin(j)*sin(-
v(10));
    y_el10(j,1)=y_origin(j)*cos(-v(10))-x_origin(j)*sin(-
v(10));
    x_el11(j,1)=x_origin(j)*cos(-v(11))+y_origin(j)*sin(-
v(11));
    y_el11(j,1)=y_origin(j)*cos(-v(11))-x_origin(j)*sin(-
v(11));
    x_el12(j,1)=x_origin(j)*cos(-v(12))+y_origin(j)*sin(-
v(12));
    y_el12(j,1)=y_origin(j)*cos(-v(12))-x_origin(j)*sin(-
v(12));
    x_el13(j,1)=x_origin(j)*cos(-v(13))+y_origin(j)*sin(-
v(13));
    y_el13(j,1)=y_origin(j)*cos(-v(13))-x_origin(j)*sin(-
v(13));
    x_el14(j,1)=x_origin(j)*cos(-v(14))+y_origin(j)*sin(-
v(14));

```

```

        y_el14(j,1)=y_origin(j)*cos(-v(14))-x_origin(j)*sin(-
v(14));
        x_el15(j,1)=x_origin(j)*cos(-v(15))+y_origin(j)*sin(-
v(15));
        y_el15(j,1)=y_origin(j)*cos(-v(15))-x_origin(j)*sin(-
v(15));
        x_el16(j,1)=x_origin(j)*cos(-v(16))+y_origin(j)*sin(-
v(16));
        y_el16(j,1)=y_origin(j)*cos(-v(16))-x_origin(j)*sin(-
v(16));
        x_el17(j,1)=x_origin(j)*cos(-v(17))+y_origin(j)*sin(-
v(17));
        y_el17(j,1)=y_origin(j)*cos(-v(17))-x_origin(j)*sin(-
v(17));
        x_el18(j,1)=x_origin(j)*cos(-v(18))+y_origin(j)*sin(-
v(18));
        y_el18(j,1)=y_origin(j)*cos(-v(18))-x_origin(j)*sin(-
v(18));
end

%for k=1:99

%x_2(k)=x_el1(k);
%y_2(k)=y_el1(k);
%end
x3=[x_el1 x_el2 x_el3 x_el4 x_el5 x_el6 x_el7 x_el8 x_el9
x_el10 x_el11 x_el12 x_el13 x_el14 x_el15 x_el16 x_el17
x_el18];
y3=[y_el1 y_el2 y_el3 y_el4 y_el5 y_el6 y_el7 y_el8 y_el9
y_el10 y_el11 y_el12 y_el13 y_el14 y_el15 y_el16 y_el17
y_el18];

x4=C(1)*x_el1
y4=C(1)*y_el1
x5=C(1)*x_el18
y5=C(1)*y_el18
plot(x3,y3)
pause

for i=1:18

    x6(:,i)=C(i)*x3(:,i);
    y6(:,i)=C(i)*y3(:,i);

    X(:,i)=C(i)*x;
    Y(:,i)=C(i)*y;

end
plot(x6,y6)
pause

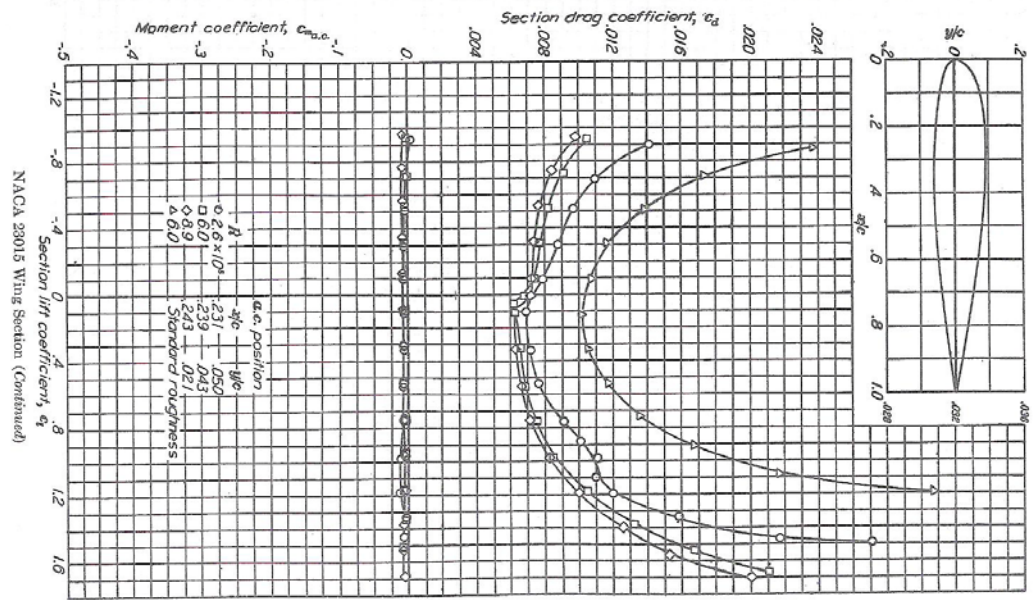
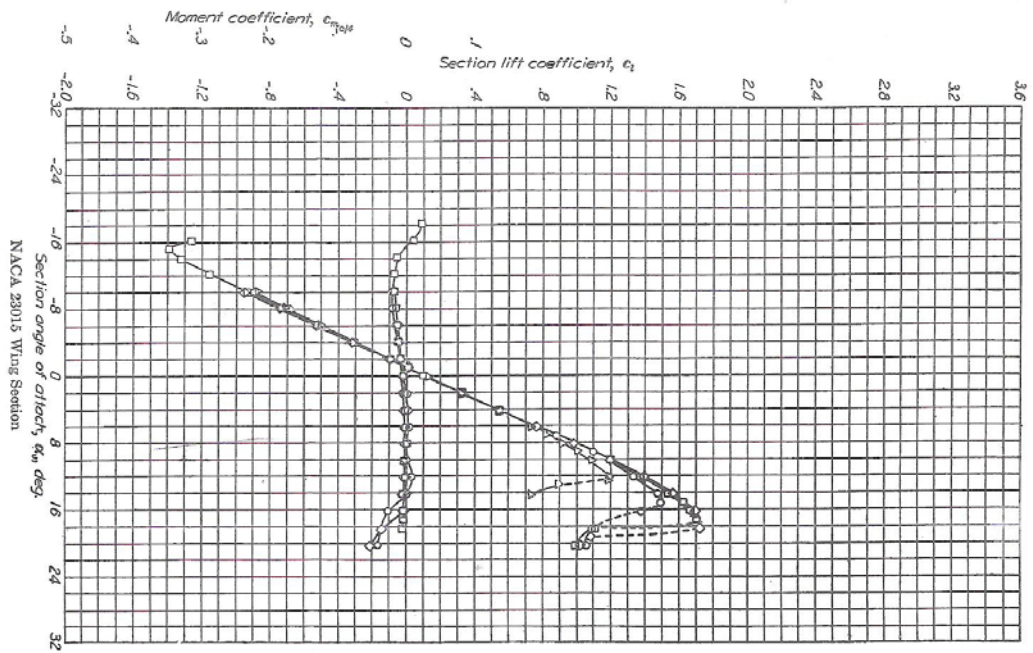
```

```
%plot(x,y)
%ylim([-0.6 0.6])
%xlim([-0.1 1.1])

%plot(C(1)*x,C(1)*y)
%ylim([-0.1 0.1])
%xlim([-0.01 0.19])
%xlabel('Kordelengde[m]')
%ylabel('[m]')
%title('NACA 23015')
%text(0.12,0.07,'Størrelse ved navet')

surf(D,x6,y6)
axis([0.3 1.1 -0.15 0.15 -0.15 0.15])
```

15 APPENDIKS B



Figur 1 viser data om angrepsvinkler og løftekoeffisienter for NACA 23015. Hentet fra Theory of Wing Sections.

16 APPENDIKS C

16.1 BLADELEMENT 1

- Radius: 0,21 m
- Kordelengde: 0,0920 m
- Vridningsvinkel $56,6289^{\circ}$

X Koordinater	Y Koordinater
-0,00012	7,95E-05
-0,00059	-0,0004
-0,00144	-0,00127
-0,00251	-0,00237
-0,00374	-0,00364
-0,00511	-0,00507
-0,00657	-0,00661
-0,00812	-0,00825
-0,00974	-0,00998
-0,01141	-0,01178
-0,01313	-0,01364
-0,01487	-0,01556
-0,01664	-0,01752
-0,01843	-0,01952
-0,02022	-0,02154
-0,02202	-0,02359
-0,02381	-0,02565
-0,02558	-0,02773

-0,02734	-0,02981
-0,02908	-0,03189
-0,03079	-0,03396
-0,03247	-0,03603
-0,03411	-0,03809
-0,03553	-0,04024
-0,03725	-0,04215
-0,03875	-0,04414
-0,04019	-0,04611
-0,04157	-0,04805
-0,04289	-0,04995
-0,04413	-0,05183
-0,04533	-0,05364
-0,04644	-0,05542
-0,04748	-0,05715
-0,04844	-0,05883
-0,0493	-0,06047
-0,05007	-0,06206
-0,05073	-0,0636
-0,05128	-0,06509
-0,05172	-0,06653
-0,05206	-0,06791
-0,05228	-0,06923
-0,05241	-0,07048
-0,05245	-0,07164

-0,0524	-0,07271
-0,05227	-0,07369
-0,05207	-0,07456
-0,0518	-0,07532
-0,05146	-0,07596
-0,05107	-0,07647
-0,05062	-0,07685
-0,05013	-0,07709
-0,04961	-0,07718
-0,04906	-0,07713
-0,04848	-0,07693
-0,04786	-0,0766
-0,0472	-0,07614
-0,0465	-0,07556
-0,04575	-0,07486
-0,04495	-0,07406
-0,04409	-0,07316
-0,04317	-0,07216
-0,04219	-0,07108
-0,04115	-0,0699
-0,04006	-0,06865
-0,03891	-0,06731
-0,03771	-0,0659
-0,03648	-0,06439
-0,03523	-0,06281

-0,03395	-0,06113
-0,03266	-0,05938
-0,03136	-0,05754
-0,03005	-0,05564
-0,02873	-0,05366
-0,0274	-0,05162
-0,02607	-0,04951
-0,02473	-0,04736
-0,02339	-0,04515
-0,02205	-0,04289
-0,02072	-0,0406
-0,01938	-0,03827
-0,01806	-0,03592
-0,01674	-0,03355
-0,01544	-0,03116
-0,01415	-0,02877
-0,01288	-0,02638
-0,01163	-0,02399
-0,0104	-0,02163
-0,0092	-0,01929
-0,00804	-0,01699
-0,00691	-0,01474
-0,00583	-0,01256
-0,00479	-0,01045
-0,00381	-0,00843

-0,0029	-0,00652
-0,00206	-0,00476
-0,00131	-0,00316
-0,00066	-0,00178
-0,00016	-0,00069
0,000121	-7,9E-05

16.2 BLADELEMENT 2

- Radius: 0,23 m
- Kordelengde: 0.0863 m
- Vridningsvinkel $52,1632^{\circ}$

X Koordinater	Y Koordinater
-0,00011	8,31E-05
-0,00059	-0,00033
-0,00144	-0,00108
-0,00252	-0,00203
-0,00377	-0,00313
-0,00515	-0,00436
-0,00663	-0,0057
-0,0082	-0,00712
-0,00984	-0,00862
-0,01153	-0,01018
-0,01327	-0,0118
-0,01505	-0,01347
-0,01684	-0,01517
-0,01866	-0,01691
-0,02049	-0,01867
-0,02231	-0,02045
-0,02414	-0,02225
-0,02595	-0,02406
-0,02775	-0,02588

-0,02953	-0,0277
-0,03128	-0,02952
-0,033	-0,03133
-0,03468	-0,03313
-0,03617	-0,03504
-0,03792	-0,0367
-0,03946	-0,03845
-0,04096	-0,04019
-0,04239	-0,0419
-0,04376	-0,04358
-0,04506	-0,04525
-0,04631	-0,04686
-0,04748	-0,04844
-0,04858	-0,04998
-0,0496	-0,05148
-0,05053	-0,05295
-0,05136	-0,05438
-0,05209	-0,05577
-0,05271	-0,05713
-0,05323	-0,05845
-0,05365	-0,05971
-0,05396	-0,06093
-0,05417	-0,06208
-0,05429	-0,06317
-0,05432	-0,06418

-0,05427	-0,0651
-0,05414	-0,06593
-0,05394	-0,06666
-0,05368	-0,06728
-0,05335	-0,06779
-0,05296	-0,06818
-0,05251	-0,06844
-0,05203	-0,06856
-0,05152	-0,06855
-0,05096	-0,06841
-0,05036	-0,06814
-0,04971	-0,06776
-0,04901	-0,06727
-0,04826	-0,06667
-0,04745	-0,06598
-0,04658	-0,0652
-0,04565	-0,06434
-0,04465	-0,06339
-0,0436	-0,06237
-0,04248	-0,06128
-0,0413	-0,06011
-0,04008	-0,05887
-0,03882	-0,05756
-0,03753	-0,05617
-0,03622	-0,05469

-0,03489	-0,05315
-0,03354	-0,05153
-0,03217	-0,04984
-0,03079	-0,04809
-0,0294	-0,04627
-0,02799	-0,0444
-0,02659	-0,04248
-0,02517	-0,04052
-0,02376	-0,03851
-0,02234	-0,03646
-0,02093	-0,03438
-0,01951	-0,03228
-0,01811	-0,03015
-0,01672	-0,02802
-0,01534	-0,02587
-0,01397	-0,02373
-0,01263	-0,02159
-0,01131	-0,01947
-0,01002	-0,01737
-0,00876	-0,01531
-0,00754	-0,01329
-0,00637	-0,01132
-0,00524	-0,00942
-0,00418	-0,0076
-0,00319	-0,00589

-0,00227	-0,0043
-0,00145	-0,00286
-0,00075	-0,00162
-0,0002	-0,00063
0,000107	-8,3E-05

16.3 BLADELEMENT 3

- Radius: 0,25 m
- Kordelengde: 0.0812 m
- Vridningsvinkel $48,4133^{\circ}$

X Koordinater	Y Koordinater
-9,5E-05	8,47E-05
-0,00057	-0,00028
-0,00142	-0,00093
-0,00249	-0,00175
-0,00373	-0,00271
-0,0051	-0,00378
-0,00658	-0,00494
-0,00814	-0,00618
-0,00977	-0,00749
-0,01146	-0,00885
-0,01319	-0,01026
-0,01496	-0,01172
-0,01675	-0,01321
-0,01856	-0,01473
-0,02038	-0,01627
-0,02221	-0,01783
-0,02403	-0,01941
-0,02585	-0,021
-0,02765	-0,02259

-0,02943	-0,02419
-0,03119	-0,02579
-0,03291	-0,02738
-0,0346	-0,02897
-0,03611	-0,03068
-0,03786	-0,03212
-0,03942	-0,03368
-0,04093	-0,03521
-0,04238	-0,03673
-0,04377	-0,03823
-0,04509	-0,03971
-0,04637	-0,04114
-0,04756	-0,04256
-0,04869	-0,04394
-0,04974	-0,04529
-0,0507	-0,04661
-0,05157	-0,0479
-0,05234	-0,04916
-0,05301	-0,0504
-0,05358	-0,0516
-0,05404	-0,05277
-0,05441	-0,05389
-0,05468	-0,05496
-0,05486	-0,05597
-0,05495	-0,05691

-0,05496	-0,05778
-0,05489	-0,05857
-0,05475	-0,05927
-0,05454	-0,05987
-0,05426	-0,06037
-0,05392	-0,06076
-0,05352	-0,06103
-0,05307	-0,06117
-0,05259	-0,06119
-0,05205	-0,06109
-0,05147	-0,06088
-0,05084	-0,06056
-0,05016	-0,06014
-0,04941	-0,05963
-0,04861	-0,05903
-0,04775	-0,05835
-0,04682	-0,0576
-0,04583	-0,05677
-0,04477	-0,05588
-0,04365	-0,05492
-0,04248	-0,0539
-0,04126	-0,05281
-0,03999	-0,05165
-0,0387	-0,05042
-0,03737	-0,04912

-0,03603	-0,04775
-0,03466	-0,04631
-0,03327	-0,04481
-0,03187	-0,04325
-0,03045	-0,04164
-0,02902	-0,03997
-0,02758	-0,03825
-0,02613	-0,03649
-0,02467	-0,03469
-0,02322	-0,03286
-0,02176	-0,03099
-0,02031	-0,0291
-0,01886	-0,0272
-0,01742	-0,02528
-0,01599	-0,02335
-0,01458	-0,02142
-0,01319	-0,0195
-0,01182	-0,01758
-0,01047	-0,01569
-0,00917	-0,01383
-0,0079	-0,01201
-0,00667	-0,01024
-0,0055	-0,00852
-0,00439	-0,00688
-0,00335	-0,00533

-0,0024	-0,00389
-0,00154	-0,0026
-0,0008	-0,00147
-0,00023	-0,00058
9,54E-05	-8,5E-05

16.4 BLADELEMENT 4

- Radius: 0,27 m
- Kordelengde: 0.0767 m
- Vridningsvinkel $45,2223^{\circ}$

X Koordinater	Y Koordinater
-8,5E-05	8,48E-05
-0,00055	-0,00023
-0,00139	-0,0008
-0,00244	-0,00152
-0,00366	-0,00236
-0,00501	-0,0033
-0,00646	-0,00431
-0,008	-0,0054
-0,0096	-0,00655
-0,01126	-0,00774
-0,01297	-0,00898
-0,01471	-0,01026
-0,01648	-0,01157
-0,01827	-0,01291
-0,02007	-0,01427
-0,02187	-0,01564
-0,02368	-0,01703
-0,02547	-0,01843
-0,02725	-0,01984

-0,02901	-0,02126
-0,03075	-0,02267
-0,03246	-0,02408
-0,03414	-0,02549
-0,03566	-0,02702
-0,03738	-0,02829
-0,03893	-0,02967
-0,04043	-0,03104
-0,04188	-0,0324
-0,04327	-0,03374
-0,04459	-0,03507
-0,04587	-0,03635
-0,04707	-0,03762
-0,04821	-0,03886
-0,04927	-0,04008
-0,05024	-0,04127
-0,05113	-0,04244
-0,05193	-0,04359
-0,05262	-0,04472
-0,05322	-0,04583
-0,05372	-0,0469
-0,05412	-0,04794
-0,05444	-0,04893
-0,05466	-0,04988
-0,05479	-0,05077

-0,05485	-0,05159
-0,05483	-0,05233
-0,05473	-0,053
-0,05456	-0,05357
-0,05433	-0,05406
-0,05402	-0,05444
-0,05366	-0,05472
-0,05325	-0,05488
-0,05279	-0,05492
-0,05228	-0,05485
-0,05172	-0,05469
-0,05111	-0,05442
-0,05044	-0,05406
-0,04972	-0,05362
-0,04893	-0,05309
-0,04808	-0,0525
-0,04716	-0,05184
-0,04618	-0,05111
-0,04514	-0,05032
-0,04404	-0,04948
-0,04288	-0,04858
-0,04167	-0,04762
-0,04042	-0,04659
-0,03913	-0,0455
-0,03781	-0,04434

-0,03647	-0,04312
-0,03511	-0,04184
-0,03372	-0,0405
-0,03231	-0,0391
-0,03089	-0,03765
-0,02945	-0,03615
-0,02801	-0,03461
-0,02655	-0,03303
-0,02508	-0,03141
-0,02362	-0,02975
-0,02214	-0,02807
-0,02067	-0,02637
-0,01921	-0,02465
-0,01775	-0,02291
-0,0163	-0,02117
-0,01487	-0,01943
-0,01345	-0,01769
-0,01206	-0,01596
-0,0107	-0,01424
-0,00937	-0,01256
-0,00808	-0,01091
-0,00683	-0,0093
-0,00563	-0,00774
-0,0045	-0,00626
-0,00344	-0,00485

-0,00246	-0,00355
-0,00159	-0,00237
-0,00084	-0,00134
-0,00024	-0,00054
8,55E-05	-8,5E-05

16.5 BLADELEMENT 5

- Radius: 0,29 m
- Kordelengde: 0.0767 m
- Vridningsvinkel $42,4737^{\circ}$

X Koordinater	Y Koordinater
-7,7E-05	8,42E-05
-0,00053	-0,00019
-0,00135	-0,00069
-0,00238	-0,00133
-0,00357	-0,00207
-0,00489	-0,00289
-0,00631	-0,00379
-0,00781	-0,00475
-0,00939	-0,00576
-0,01101	-0,00682
-0,01268	-0,00791
-0,01439	-0,00904
-0,01613	-0,0102
-0,01788	-0,01138
-0,01964	-0,01259
-0,02141	-0,01381
-0,02318	-0,01504
-0,02494	-0,01629
-0,02669	-0,01754

-0,02842	-0,0188
-0,03014	-0,02006
-0,03182	-0,02132
-0,03347	-0,02258
-0,03497	-0,02395
-0,03666	-0,02508
-0,03819	-0,02632
-0,03968	-0,02754
-0,04111	-0,02876
-0,04249	-0,02996
-0,04379	-0,03116
-0,04506	-0,03232
-0,04626	-0,03346
-0,04739	-0,03459
-0,04845	-0,03569
-0,04943	-0,03678
-0,05032	-0,03784
-0,05112	-0,0389
-0,05183	-0,03994
-0,05245	-0,04095
-0,05297	-0,04195
-0,0534	-0,04291
-0,05374	-0,04384
-0,05399	-0,04472
-0,05416	-0,04555

-0,05425	-0,04633
-0,05426	-0,04704
-0,0542	-0,04767
-0,05407	-0,04822
-0,05387	-0,04869
-0,0536	-0,04907
-0,05327	-0,04935
-0,05289	-0,04952
-0,05246	-0,04958
-0,05197	-0,04954
-0,05144	-0,0494
-0,05084	-0,04918
-0,0502	-0,04887
-0,04949	-0,04848
-0,04872	-0,04803
-0,04789	-0,0475
-0,04699	-0,04692
-0,04603	-0,04627
-0,04501	-0,04558
-0,04393	-0,04483
-0,04279	-0,04403
-0,0416	-0,04317
-0,04037	-0,04226
-0,0391	-0,04128
-0,0378	-0,04025

-0,03648	-0,03915
-0,03513	-0,038
-0,03375	-0,03679
-0,03236	-0,03554
-0,03095	-0,03423
-0,02952	-0,03288
-0,02808	-0,03148
-0,02663	-0,03005
-0,02517	-0,02858
-0,0237	-0,02709
-0,02223	-0,02556
-0,02076	-0,02402
-0,0193	-0,02245
-0,01784	-0,02088
-0,01639	-0,01929
-0,01496	-0,01771
-0,01354	-0,01613
-0,01214	-0,01455
-0,01077	-0,01299
-0,00944	-0,01146
-0,00814	-0,00996
-0,00689	-0,00849
-0,00568	-0,00707
-0,00454	-0,00572
-0,00348	-0,00443

-0,00249	-0,00324
-0,00161	-0,00217
-0,00085	-0,00123
-0,00025	-0,0005
7,7E-05	-8,4E-05

16.6 BLADELEMENT 6

- Radius: 0,31 m
- Kordelengde: 0.0691 m
- Vridningsvinkel $40,0803^{\circ}$

X Koordinater	Y Koordinater
-7E-05	8,3E-05
-0,00051	-0,00016
-0,00131	-0,0006
-0,00231	-0,00117
-0,00347	-0,00182
-0,00476	-0,00255
-0,00614	-0,00335
-0,00761	-0,0042
-0,00914	-0,0051
-0,01073	-0,00604
-0,01236	-0,00701
-0,01403	-0,00802
-0,01572	-0,00905
-0,01743	-0,0101
-0,01916	-0,01118
-0,02089	-0,01227
-0,02262	-0,01337
-0,02434	-0,01448
-0,02605	-0,0156

-0,02775	-0,01673
-0,02942	-0,01786
-0,03107	-0,01899
-0,03269	-0,02012
-0,03417	-0,02136
-0,03582	-0,02236
-0,03732	-0,02348
-0,03878	-0,02459
-0,04019	-0,02569
-0,04155	-0,02677
-0,04284	-0,02786
-0,04409	-0,02891
-0,04527	-0,02995
-0,04639	-0,03097
-0,04744	-0,03198
-0,04841	-0,03297
-0,0493	-0,03395
-0,05011	-0,03492
-0,05082	-0,03588
-0,05145	-0,03682
-0,05198	-0,03774
-0,05243	-0,03864
-0,05279	-0,03951
-0,05306	-0,04034
-0,05326	-0,04112

-0,05337	-0,04185
-0,05341	-0,04252
-0,05338	-0,04313
-0,05328	-0,04366
-0,0531	-0,04411
-0,05286	-0,04448
-0,05256	-0,04476
-0,0522	-0,04493
-0,0518	-0,04501
-0,05134	-0,04499
-0,05082	-0,04489
-0,05025	-0,0447
-0,04962	-0,04443
-0,04893	-0,04409
-0,04818	-0,04369
-0,04737	-0,04322
-0,0465	-0,0427
-0,04556	-0,04213
-0,04456	-0,04151
-0,04351	-0,04084
-0,04239	-0,04012
-0,04123	-0,03936
-0,04002	-0,03854
-0,03878	-0,03766
-0,03751	-0,03673

-0,0362	-0,03574
-0,03487	-0,0347
-0,03352	-0,03361
-0,03215	-0,03247
-0,03075	-0,03129
-0,02934	-0,03006
-0,02792	-0,02879
-0,02649	-0,02749
-0,02504	-0,02615
-0,02359	-0,02479
-0,02213	-0,0234
-0,02068	-0,02199
-0,01922	-0,02056
-0,01777	-0,01912
-0,01634	-0,01768
-0,01491	-0,01623
-0,0135	-0,01478
-0,01211	-0,01334
-0,01075	-0,01192
-0,00942	-0,01051
-0,00813	-0,00913
-0,00688	-0,00779
-0,00568	-0,00649
-0,00454	-0,00525
-0,00348	-0,00407

-0,0025	-0,00298
-0,00162	-0,00199
-0,00086	-0,00114
-0,00026	-0,00046
6,98E-05	-8,3E-05

16.7 BLADELEMENT 7

- Radius: 0,33 m
- Kordelengde: 0.0659 m
- Vridningsvinkel $37,9757^{\circ}$

X Koordinater	Y Koordinater
-6,4E-05	8,16E-05
-0,0005	-0,00014
-0,00127	-0,00053
-0,00225	-0,00103
-0,00337	-0,00161
-0,00463	-0,00227
-0,00597	-0,00298
-0,0074	-0,00374
-0,00889	-0,00454
-0,01044	-0,00538
-0,01203	-0,00625
-0,01365	-0,00715
-0,0153	-0,00807
-0,01697	-0,00902
-0,01865	-0,00998
-0,02034	-0,01096
-0,02203	-0,01195
-0,02371	-0,01295
-0,02538	-0,01396

-0,02703	-0,01497
-0,02867	-0,01599
-0,03028	-0,01701
-0,03186	-0,01803
-0,03332	-0,01917
-0,03492	-0,02006
-0,0364	-0,02107
-0,03783	-0,02208
-0,03921	-0,02308
-0,04054	-0,02406
-0,04181	-0,02505
-0,04304	-0,02601
-0,0442	-0,02696
-0,0453	-0,0279
-0,04633	-0,02882
-0,0473	-0,02973
-0,04818	-0,03063
-0,04898	-0,03153
-0,0497	-0,03242
-0,05033	-0,03329
-0,05087	-0,03415
-0,05133	-0,03499
-0,0517	-0,03581
-0,05199	-0,03659
-0,0522	-0,03733

-0,05234	-0,03802
-0,0524	-0,03866
-0,05239	-0,03924
-0,05231	-0,03975
-0,05216	-0,04019
-0,05194	-0,04055
-0,05166	-0,04082
-0,05133	-0,041
-0,05095	-0,04109
-0,05051	-0,04109
-0,05001	-0,041
-0,04946	-0,04084
-0,04885	-0,04061
-0,04819	-0,04031
-0,04746	-0,03995
-0,04667	-0,03954
-0,04582	-0,03907
-0,0449	-0,03856
-0,04393	-0,038
-0,0429	-0,0374
-0,04181	-0,03676
-0,04068	-0,03607
-0,0395	-0,03533
-0,03828	-0,03454
-0,03704	-0,0337

-0,03576	-0,0328
-0,03446	-0,03186
-0,03313	-0,03086
-0,03178	-0,02982
-0,03041	-0,02874
-0,02902	-0,02762
-0,02762	-0,02646
-0,02621	-0,02527
-0,02478	-0,02405
-0,02335	-0,0228
-0,02192	-0,02153
-0,02048	-0,02023
-0,01904	-0,01893
-0,01761	-0,01761
-0,01619	-0,01628
-0,01478	-0,01495
-0,01338	-0,01362
-0,01201	-0,01229
-0,01066	-0,01098
-0,00934	-0,00969
-0,00807	-0,00842
-0,00683	-0,00718
-0,00564	-0,00599
-0,00452	-0,00484
-0,00346	-0,00376

-0,00248	-0,00275
-0,00161	-0,00184
-0,00086	-0,00105
-0,00027	-0,00043
6,37E-05	-8,2E-05

16.8 BLADELEMENT 8

- Radius: 0,35 m
- Kordelengde: 0,0630 m
- Vridningsvinkel $36,1087^{\circ}$

X Koordinater	Y Koordinater
-5,8E-05	8E-05
-0,00048	-0,00012
-0,00123	-0,00047
-0,00218	-0,00092
-0,00328	-0,00144
-0,00449	-0,00202
-0,0058	-0,00266
-0,00719	-0,00334
-0,00865	-0,00406
-0,01015	-0,00482
-0,0117	-0,0056
-0,01328	-0,00641
-0,01488	-0,00724
-0,01651	-0,0081
-0,01815	-0,00896
-0,01979	-0,00985
-0,02143	-0,01074
-0,02307	-0,01165
-0,0247	-0,01256

-0,02632	-0,01347
-0,02791	-0,0144
-0,02948	-0,01532
-0,03103	-0,01625
-0,03246	-0,01729
-0,03402	-0,01809
-0,03546	-0,01902
-0,03686	-0,01993
-0,03821	-0,02084
-0,03951	-0,02175
-0,04076	-0,02265
-0,04196	-0,02353
-0,0431	-0,0244
-0,04418	-0,02526
-0,0452	-0,02611
-0,04615	-0,02695
-0,04702	-0,02779
-0,04782	-0,02862
-0,04853	-0,02945
-0,04916	-0,03027
-0,04971	-0,03107
-0,05017	-0,03186
-0,05055	-0,03263
-0,05085	-0,03337
-0,05108	-0,03407

-0,05123	-0,03473
-0,05131	-0,03533
-0,05132	-0,03589
-0,05126	-0,03638
-0,05113	-0,0368
-0,05093	-0,03715
-0,05067	-0,03742
-0,05036	-0,0376
-0,04999	-0,0377
-0,04957	-0,03771
-0,0491	-0,03765
-0,04857	-0,03751
-0,04798	-0,03731
-0,04733	-0,03704
-0,04662	-0,03672
-0,04586	-0,03635
-0,04503	-0,03593
-0,04414	-0,03547
-0,04319	-0,03497
-0,04218	-0,03442
-0,04113	-0,03384
-0,04002	-0,03322
-0,03887	-0,03255
-0,03768	-0,03183
-0,03646	-0,03107

-0,03521	-0,03025
-0,03394	-0,02939
-0,03264	-0,02848
-0,03132	-0,02753
-0,02997	-0,02654
-0,02861	-0,02551
-0,02724	-0,02444
-0,02585	-0,02335
-0,02445	-0,02222
-0,02304	-0,02107
-0,02163	-0,0199
-0,02021	-0,01871
-0,0188	-0,0175
-0,01739	-0,01628
-0,01599	-0,01506
-0,0146	-0,01383
-0,01322	-0,0126
-0,01187	-0,01138
-0,01054	-0,01017
-0,00924	-0,00897
-0,00797	-0,0078
-0,00675	-0,00666
-0,00558	-0,00555
-0,00447	-0,00449
-0,00342	-0,00349

-0,00246	-0,00256
-0,0016	-0,00171
-0,00085	-0,00098
-0,00027	-0,0004
5,83E-05	-8E-05

16.9 BLADELEMENT 9

- Radius: 0,37 m
- Kordelengde: 0,0605 m
- Vridningsvinkel $34,4394^{\circ}$

X Koordinater	Y koordinater
-5,4E-05	7,83E-05
-0,00046	-9,7E-05
-0,00119	-0,00041
-0,00212	-0,00082
-0,00318	-0,00129
-0,00437	-0,00181
-0,00564	-0,00239
-0,00699	-0,003
-0,0084	-0,00365
-0,00987	-0,00434
-0,01137	-0,00504
-0,01291	-0,00578
-0,01448	-0,00653
-0,01606	-0,0073
-0,01765	-0,00809
-0,01925	-0,00889
-0,02085	-0,0097
-0,02245	-0,01052
-0,02404	-0,01135

-0,02561	-0,01219
-0,02717	-0,01303
-0,0287	-0,01387
-0,03021	-0,01471
-0,03161	-0,01567
-0,03313	-0,0164
-0,03454	-0,01724
-0,0359	-0,01808
-0,03722	-0,01892
-0,0385	-0,01975
-0,03972	-0,02059
-0,0409	-0,02139
-0,04202	-0,0222
-0,04308	-0,02299
-0,04408	-0,02378
-0,04501	-0,02456
-0,04587	-0,02534
-0,04666	-0,02611
-0,04736	-0,02688
-0,04799	-0,02765
-0,04854	-0,02841
-0,049	-0,02915
-0,04939	-0,02988
-0,0497	-0,03058
-0,04994	-0,03124

-0,0501	-0,03187
-0,05019	-0,03245
-0,05022	-0,03298
-0,05017	-0,03345
-0,05006	-0,03386
-0,04988	-0,03421
-0,04964	-0,03447
-0,04935	-0,03466
-0,049	-0,03476
-0,0486	-0,03478
-0,04814	-0,03473
-0,04762	-0,03462
-0,04705	-0,03444
-0,04643	-0,0342
-0,04574	-0,03391
-0,04499	-0,03358
-0,04418	-0,0332
-0,04332	-0,03278
-0,0424	-0,03233
-0,04142	-0,03183
-0,04039	-0,03131
-0,03931	-0,03074
-0,03818	-0,03013
-0,03703	-0,02948
-0,03584	-0,02877

-0,03462	-0,02803
-0,03337	-0,02723
-0,0321	-0,0264
-0,0308	-0,02552
-0,02949	-0,02461
-0,02815	-0,02366
-0,0268	-0,02268
-0,02544	-0,02167
-0,02407	-0,02063
-0,02268	-0,01957
-0,0213	-0,01848
-0,01991	-0,01738
-0,01852	-0,01626
-0,01713	-0,01513
-0,01575	-0,01399
-0,01439	-0,01285
-0,01303	-0,01172
-0,0117	-0,01058
-0,01039	-0,00946
-0,00911	-0,00835
-0,00787	-0,00726
-0,00666	-0,0062
-0,00551	-0,00517
-0,00441	-0,00418
-0,00338	-0,00325

-0,00243	-0,00238
-0,00158	-0,0016
-0,00085	-0,00092
-0,00027	-0,00038
5,37E-05	-7,8E-05

16.10 BLADELEMENT

10

- Radius: 0,39 m
- Kordelengde: 0,0582 m
- Vridningsvinkel $32,9365^{\circ}$

X Koordinater	Y Koordinater
-5E-05	7,67E-05
-0,00045	-8,2E-05
-0,00116	-0,00037
-0,00205	-0,00073
-0,00309	-0,00116
-0,00424	-0,00163
-0,00548	-0,00215
-0,0068	-0,00271
-0,00817	-0,0033
-0,0096	-0,00392
-0,01106	-0,00456
-0,01256	-0,00523
-0,01408	-0,00591
-0,01563	-0,00662
-0,01718	-0,00733
-0,01874	-0,00806
-0,0203	-0,0088
-0,02185	-0,00955
-0,0234	-0,01031

-0,02494	-0,01107
-0,02645	-0,01184
-0,02795	-0,01261
-0,02942	-0,01338
-0,03079	-0,01427
-0,03227	-0,01494
-0,03365	-0,01571
-0,03498	-0,01648
-0,03627	-0,01725
-0,03752	-0,01802
-0,03871	-0,01879
-0,03987	-0,01954
-0,04096	-0,02028
-0,042	-0,02102
-0,04298	-0,02175
-0,0439	-0,02248
-0,04475	-0,02321
-0,04552	-0,02393
-0,04622	-0,02465
-0,04684	-0,02538
-0,04739	-0,02609
-0,04785	-0,0268
-0,04825	-0,02748
-0,04856	-0,02815
-0,04881	-0,02878

-0,04898	-0,02938
-0,04908	-0,02994
-0,04912	-0,03045
-0,04909	-0,0309
-0,04899	-0,0313
-0,04883	-0,03163
-0,0486	-0,0319
-0,04833	-0,03208
-0,04799	-0,03219
-0,04761	-0,03222
-0,04716	-0,03218
-0,04667	-0,03208
-0,04611	-0,03193
-0,0455	-0,03172
-0,04484	-0,03146
-0,04411	-0,03115
-0,04332	-0,03081
-0,04248	-0,03043
-0,04158	-0,03001
-0,04063	-0,02957
-0,03962	-0,02908
-0,03857	-0,02857
-0,03748	-0,02801
-0,03635	-0,02741
-0,03518	-0,02676

-0,03399	-0,02608
-0,03277	-0,02534
-0,03153	-0,02457
-0,03026	-0,02377
-0,02897	-0,02292
-0,02767	-0,02204
-0,02635	-0,02113
-0,02501	-0,02019
-0,02366	-0,01923
-0,02231	-0,01824
-0,02095	-0,01723
-0,01958	-0,01621
-0,01822	-0,01517
-0,01685	-0,01412
-0,0155	-0,01306
-0,01416	-0,012
-0,01283	-0,01094
-0,01152	-0,00988
-0,01023	-0,00883
-0,00897	-0,0078
-0,00775	-0,00678
-0,00656	-0,00579
-0,00543	-0,00483
-0,00435	-0,00391
-0,00333	-0,00304

-0,0024	-0,00223
-0,00156	-0,0015
-0,00084	-0,00086
-0,00027	-0,00036
4,97E-05	-7,7E-05

16.11 BLADELEMENT

11

- Radius: 0,41 m
- Kordelengde: 0,0561 m
- Vridningsvinkel $31,5745^{\circ}$

X Koordinater	Y Koordinater
-4,6E-05	7,5E-05
-0,00043	-6,9E-05
-0,00112	-0,00033
-0,002	-0,00066
-0,00301	-0,00105
-0,00413	-0,00148
-0,00534	-0,00195
-0,00662	-0,00246
-0,00796	-0,003
-0,00934	-0,00356
-0,01077	-0,00415
-0,01223	-0,00475
-0,01371	-0,00538
-0,01521	-0,00602
-0,01673	-0,00668
-0,01825	-0,00734
-0,01977	-0,00802
-0,02129	-0,00871
-0,0228	-0,0094

-0,02429	-0,0101
-0,02577	-0,01081
-0,02723	-0,01152
-0,02867	-0,01223
-0,03001	-0,01305
-0,03145	-0,01366
-0,03279	-0,01437
-0,0341	-0,01509
-0,03536	-0,0158
-0,03658	-0,01651
-0,03775	-0,01723
-0,03888	-0,01792
-0,03995	-0,01862
-0,04097	-0,0193
-0,04193	-0,01998
-0,04284	-0,02066
-0,04367	-0,02134
-0,04443	-0,02203
-0,04512	-0,02271
-0,04574	-0,02339
-0,04628	-0,02407
-0,04674	-0,02473
-0,04714	-0,02539
-0,04746	-0,02602
-0,04771	-0,02663

-0,04789	-0,0272
-0,048	-0,02773
-0,04805	-0,02822
-0,04803	-0,02866
-0,04794	-0,02905
-0,04779	-0,02937
-0,04758	-0,02963
-0,04732	-0,02982
-0,047	-0,02993
-0,04663	-0,02997
-0,0462	-0,02994
-0,04572	-0,02986
-0,04518	-0,02972
-0,04459	-0,02953
-0,04394	-0,02929
-0,04323	-0,02902
-0,04247	-0,02871
-0,04165	-0,02836
-0,04077	-0,02798
-0,03984	-0,02757
-0,03886	-0,02713
-0,03784	-0,02665
-0,03677	-0,02614
-0,03567	-0,02559
-0,03453	-0,02499

-0,03337	-0,02436
-0,03217	-0,02368
-0,03096	-0,02297
-0,02972	-0,02222
-0,02846	-0,02143
-0,02718	-0,02061
-0,02588	-0,01977
-0,02457	-0,01889
-0,02325	-0,01799
-0,02192	-0,01707
-0,02059	-0,01613
-0,01925	-0,01518
-0,01791	-0,0142
-0,01657	-0,01322
-0,01524	-0,01223
-0,01392	-0,01124
-0,01262	-0,01025
-0,01133	-0,00926
-0,01006	-0,00828
-0,00883	-0,00731
-0,00762	-0,00636
-0,00646	-0,00543
-0,00534	-0,00453
-0,00428	-0,00367
-0,00328	-0,00285

-0,00236	-0,00209
-0,00154	-0,00141
-0,00083	-0,00081
-0,00027	-0,00034
4,61E-05	-7,5E-05

16.12 BLADELEMENT

12

- Radius: 0,43 m
- Kordelengde: 0,0542 m
- Vridningsvinkel 30,3333°

X Koordinater	Y Koordinater
-4,3E-05	7,35E-05
-0,00042	-5,7E-05
-0,00109	-0,00029
-0,00194	-0,00059
-0,00293	-0,00095
-0,00402	-0,00134
-0,0052	-0,00177
-0,00644	-0,00224
-0,00775	-0,00273
-0,0091	-0,00324
-0,01049	-0,00378
-0,01192	-0,00434
-0,01336	-0,00491
-0,01483	-0,0055
-0,0163	-0,0061
-0,01778	-0,00671
-0,01927	-0,00734
-0,02075	-0,00797
-0,02222	-0,00861

-0,02368	-0,00925
-0,02513	-0,0099
-0,02655	-0,01056
-0,02795	-0,01121
-0,02927	-0,01198
-0,03067	-0,01254
-0,03199	-0,0132
-0,03326	-0,01386
-0,0345	-0,01453
-0,03569	-0,01519
-0,03683	-0,01586
-0,03794	-0,0165
-0,03899	-0,01715
-0,03999	-0,01779
-0,04094	-0,01843
-0,04182	-0,01907
-0,04264	-0,01971
-0,04339	-0,02035
-0,04407	-0,021
-0,04468	-0,02164
-0,04522	-0,02228
-0,04568	-0,02292
-0,04608	-0,02354
-0,0464	-0,02415
-0,04665	-0,02473

-0,04684	-0,02528
-0,04696	-0,02579
-0,04701	-0,02626
-0,047	-0,02669
-0,04693	-0,02706
-0,04679	-0,02738
-0,0466	-0,02763
-0,04634	-0,02782
-0,04604	-0,02793
-0,04568	-0,02798
-0,04527	-0,02796
-0,0448	-0,02789
-0,04428	-0,02777
-0,0437	-0,0276
-0,04307	-0,02738
-0,04238	-0,02713
-0,04164	-0,02685
-0,04083	-0,02653
-0,03998	-0,02618
-0,03907	-0,0258
-0,03812	-0,0254
-0,03712	-0,02496
-0,03607	-0,02449
-0,035	-0,02398
-0,03389	-0,02343

-0,03275	-0,02283
-0,03158	-0,02221
-0,03039	-0,02154
-0,02918	-0,02084
-0,02794	-0,02011
-0,02669	-0,01935
-0,02542	-0,01856
-0,02414	-0,01774
-0,02284	-0,0169
-0,02154	-0,01604
-0,02023	-0,01516
-0,01891	-0,01426
-0,0176	-0,01335
-0,01629	-0,01243
-0,01498	-0,0115
-0,01369	-0,01057
-0,0124	-0,00964
-0,01114	-0,00871
-0,0099	-0,00779
-0,00868	-0,00688
-0,0075	-0,00598
-0,00635	-0,00511
-0,00526	-0,00427
-0,00421	-0,00346
-0,00323	-0,00269

-0,00233	-0,00197
-0,00151	-0,00133
-0,00081	-0,00077
-0,00026	-0,00032
4,3E-05	-7,3E-05

16.13 BLADELEMENT

13

- Radius: 0,45 m
- Kordelengde: 0,0525 m
- Vridningsvinkel 29,1960°

X Koordinater	Y Koordinater
-4E-05	7,2E-05
-0,00041	-4,7E-05
-0,00106	-0,00026
-0,00189	-0,00054
-0,00285	-0,00086
-0,00392	-0,00122
-0,00507	-0,00162
-0,00628	-0,00204
-0,00756	-0,00249
-0,00888	-0,00297
-0,01023	-0,00346
-0,01162	-0,00397
-0,01303	-0,0045
-0,01446	-0,00504
-0,0159	-0,00559
-0,01735	-0,00616
-0,0188	-0,00673
-0,02024	-0,00732
-0,02168	-0,00791

-0,02311	-0,0085
-0,02452	-0,0091
-0,02591	-0,00971
-0,02728	-0,01032
-0,02857	-0,01104
-0,02994	-0,01155
-0,03122	-0,01217
-0,03247	-0,01278
-0,03368	-0,0134
-0,03485	-0,01402
-0,03597	-0,01464
-0,03705	-0,01525
-0,03808	-0,01586
-0,03906	-0,01646
-0,03999	-0,01706
-0,04086	-0,01766
-0,04166	-0,01826
-0,0424	-0,01887
-0,04308	-0,01948
-0,04368	-0,0201
-0,04421	-0,02071
-0,04467	-0,02131
-0,04507	-0,02191
-0,04539	-0,02249
-0,04565	-0,02305

-0,04584	-0,02358
-0,04596	-0,02407
-0,04603	-0,02453
-0,04603	-0,02494
-0,04596	-0,0253
-0,04583	-0,02561
-0,04565	-0,02586
-0,04541	-0,02604
-0,04511	-0,02616
-0,04477	-0,02621
-0,04437	-0,02621
-0,04392	-0,02615
-0,04341	-0,02604
-0,04285	-0,02588
-0,04223	-0,02569
-0,04156	-0,02546
-0,04083	-0,02519
-0,04005	-0,0249
-0,03921	-0,02458
-0,03833	-0,02423
-0,0374	-0,02386
-0,03642	-0,02345
-0,0354	-0,02302
-0,03435	-0,02254
-0,03326	-0,02203

-0,03215	-0,02148
-0,03101	-0,02089
-0,02984	-0,02027
-0,02865	-0,01962
-0,02744	-0,01894
-0,02621	-0,01822
-0,02497	-0,01748
-0,02371	-0,01671
-0,02244	-0,01592
-0,02116	-0,01511
-0,01988	-0,01429
-0,01859	-0,01344
-0,0173	-0,01259
-0,01601	-0,01172
-0,01473	-0,01085
-0,01346	-0,00997
-0,0122	-0,00909
-0,01095	-0,00822
-0,00973	-0,00735
-0,00854	-0,00649
-0,00737	-0,00565
-0,00625	-0,00483
-0,00517	-0,00403
-0,00414	-0,00327
-0,00318	-0,00254

-0,00229	-0,00187
-0,00149	-0,00126
-0,0008	-0,00073
-0,00026	-0,00031
4,02E-05	-7,2E-05

16.14 BLADELEMENT

14

- Radius: 0,47 m
- Kordelengde: 0,0509 m
- Vridningsvinkel $28,1491^{\circ}$

X Koordinater	Y Koordinater
-3,8E-05	7,05E-05
-0,0004	-3,9E-05
-0,00104	-0,00024
-0,00185	-0,00049
-0,00278	-0,00078
-0,00382	-0,00112
-0,00494	-0,00148
-0,00613	-0,00187
-0,00737	-0,00228
-0,00866	-0,00272
-0,00999	-0,00317
-0,01134	-0,00365
-0,01272	-0,00413
-0,01412	-0,00463
-0,01553	-0,00514
-0,01694	-0,00567
-0,01836	-0,0062
-0,01977	-0,00674
-0,02118	-0,00729

-0,02257	-0,00784
-0,02395	-0,0084
-0,02531	-0,00896
-0,02665	-0,00953
-0,02791	-0,0102
-0,02925	-0,01068
-0,03051	-0,01125
-0,03173	-0,01183
-0,03291	-0,01241
-0,03406	-0,01298
-0,03515	-0,01357
-0,03622	-0,01414
-0,03723	-0,01471
-0,03819	-0,01528
-0,0391	-0,01584
-0,03995	-0,01641
-0,04075	-0,01698
-0,04147	-0,01756
-0,04214	-0,01814
-0,04273	-0,01872
-0,04326	-0,01931
-0,04372	-0,01989
-0,04411	-0,02046
-0,04444	-0,02101
-0,04469	-0,02155

-0,04489	-0,02206
-0,04502	-0,02254
-0,04509	-0,02298
-0,0451	-0,02338
-0,04504	-0,02373
-0,04492	-0,02404
-0,04475	-0,02428
-0,04452	-0,02446
-0,04423	-0,02458
-0,0439	-0,02464
-0,04351	-0,02464
-0,04307	-0,02459
-0,04258	-0,02449
-0,04203	-0,02435
-0,04143	-0,02417
-0,04077	-0,02396
-0,04006	-0,02372
-0,0393	-0,02345
-0,03848	-0,02315
-0,03762	-0,02283
-0,0367	-0,02248
-0,03575	-0,02211
-0,03475	-0,0217
-0,03372	-0,02126
-0,03266	-0,02078

-0,03157	-0,02027
-0,03045	-0,01972
-0,02931	-0,01914
-0,02815	-0,01853
-0,02696	-0,01788
-0,02576	-0,01721
-0,02453	-0,01652
-0,0233	-0,01579
-0,02205	-0,01505
-0,0208	-0,01429
-0,01954	-0,01351
-0,01827	-0,01271
-0,017	-0,0119
-0,01574	-0,01109
-0,01448	-0,01026
-0,01323	-0,00944
-0,01199	-0,00861
-0,01077	-0,00778
-0,00957	-0,00696
-0,0084	-0,00615
-0,00726	-0,00535
-0,00615	-0,00457
-0,00509	-0,00382
-0,00408	-0,00309
-0,00313	-0,00241

-0,00226	-0,00177
-0,00147	-0,00119
-0,00079	-0,00069
-0,00026	-0,00029
3,77E-05	-7,1E-05

16.15 BLADELEMENT

15

- Radius: 0,49 m
- Kordelengde: 0,0495 m
- Vridningsvinkel $27,1810^{\circ}$

X Koordinater	Y Koordinater
-3,6E-05	6,92E-05
-0,00038	-3,1E-05
-0,00101	-0,00021
-0,0018	-0,00044
-0,00272	-0,00072
-0,00373	-0,00102
-0,00483	-0,00136
-0,00599	-0,00172
-0,00721	-0,0021
-0,00847	-0,0025
-0,00976	-0,00292
-0,01109	-0,00336
-0,01243	-0,00381
-0,0138	-0,00427
-0,01518	-0,00474
-0,01656	-0,00523
-0,01794	-0,00572
-0,01933	-0,00622
-0,0207	-0,00673

-0,02207	-0,00725
-0,02342	-0,00777
-0,02475	-0,0083
-0,02606	-0,00883
-0,0273	-0,00946
-0,02861	-0,0099
-0,02984	-0,01043
-0,03103	-0,01098
-0,03219	-0,01152
-0,03332	-0,01206
-0,03439	-0,01261
-0,03543	-0,01314
-0,03643	-0,01368
-0,03737	-0,01422
-0,03827	-0,01476
-0,0391	-0,01529
-0,03988	-0,01583
-0,0406	-0,01638
-0,04125	-0,01694
-0,04184	-0,0175
-0,04236	-0,01805
-0,04282	-0,01861
-0,04321	-0,01916
-0,04354	-0,0197
-0,0438	-0,02021

-0,04399	-0,0207
-0,04413	-0,02117
-0,0442	-0,02159
-0,04422	-0,02198
-0,04417	-0,02233
-0,04406	-0,02262
-0,04389	-0,02287
-0,04367	-0,02305
-0,0434	-0,02316
-0,04307	-0,02323
-0,0427	-0,02323
-0,04227	-0,02319
-0,04178	-0,02311
-0,04125	-0,02298
-0,04066	-0,02282
-0,04002	-0,02262
-0,03933	-0,0224
-0,03858	-0,02215
-0,03778	-0,02187
-0,03694	-0,02157
-0,03604	-0,02125
-0,03511	-0,0209
-0,03413	-0,02052
-0,03313	-0,02011
-0,03209	-0,01967

-0,03102	-0,01918
-0,02992	-0,01867
-0,0288	-0,01812
-0,02766	-0,01755
-0,0265	-0,01694
-0,02532	-0,01631
-0,02412	-0,01565
-0,02291	-0,01497
-0,02168	-0,01427
-0,02045	-0,01355
-0,01921	-0,01281
-0,01797	-0,01206
-0,01672	-0,01129
-0,01548	-0,01052
-0,01424	-0,00974
-0,01302	-0,00895
-0,0118	-0,00817
-0,0106	-0,00738
-0,00942	-0,00661
-0,00826	-0,00584
-0,00714	-0,00508
-0,00605	-0,00434
-0,00501	-0,00363
-0,00402	-0,00294
-0,00308	-0,00229

-0,00222	-0,00168
-0,00145	-0,00114
-0,00078	-0,00066
-0,00026	-0,00028
3,55E-05	-6,9E-05

16.16 BLADELEMENT

16

- Radius: 0,51 m
- Kordelengde: 0,0482 m
- Vridningsvinkel 26,2822⁰

X Koordinater	Y Koordinater
-3,4E-05	6,79E-05
-0,00038	-2,4E-05
-0,00099	-0,00019
-0,00176	-0,00041
-0,00266	-0,00066
-0,00365	-0,00094
-0,00472	-0,00125
-0,00586	-0,00158
-0,00705	-0,00193
-0,00828	-0,00231
-0,00955	-0,00269
-0,01085	-0,0031
-0,01217	-0,00352
-0,0135	-0,00395
-0,01485	-0,00439
-0,0162	-0,00484
-0,01756	-0,0053
-0,01891	-0,00577
-0,02026	-0,00624

-0,0216	-0,00672
-0,02292	-0,00721
-0,02422	-0,0077
-0,02551	-0,00819
-0,02672	-0,00879
-0,02801	-0,0092
-0,02921	-0,0097
-0,03038	-0,01021
-0,03152	-0,01072
-0,03262	-0,01123
-0,03368	-0,01176
-0,0347	-0,01226
-0,03568	-0,01277
-0,0366	-0,01328
-0,03748	-0,01378
-0,03831	-0,01429
-0,03907	-0,01481
-0,03978	-0,01533
-0,04043	-0,01586
-0,04101	-0,0164
-0,04152	-0,01693
-0,04198	-0,01747
-0,04236	-0,018
-0,04269	-0,01851
-0,04295	-0,01901

-0,04315	-0,01949
-0,04329	-0,01994
-0,04337	-0,02035
-0,04339	-0,02073
-0,04334	-0,02106
-0,04324	-0,02136
-0,04308	-0,02159
-0,04287	-0,02177
-0,04261	-0,02189
-0,04229	-0,02196
-0,04193	-0,02197
-0,04151	-0,02194
-0,04104	-0,02186
-0,04051	-0,02174
-0,03994	-0,02159
-0,03931	-0,02141
-0,03863	-0,02121
-0,0379	-0,02097
-0,03712	-0,02072
-0,03629	-0,02044
-0,03542	-0,02014
-0,0345	-0,01982
-0,03355	-0,01946
-0,03256	-0,01908
-0,03154	-0,01866

-0,03049	-0,0182
-0,02942	-0,01772
-0,02832	-0,01721
-0,0272	-0,01666
-0,02606	-0,01609
-0,0249	-0,01549
-0,02372	-0,01487
-0,02253	-0,01423
-0,02133	-0,01356
-0,02012	-0,01288
-0,0189	-0,01218
-0,01768	-0,01146
-0,01646	-0,01074
-0,01523	-0,01001
-0,01402	-0,00926
-0,01281	-0,00852
-0,01161	-0,00777
-0,01043	-0,00703
-0,00927	-0,00629
-0,00813	-0,00556
-0,00703	-0,00484
-0,00596	-0,00414
-0,00493	-0,00346
-0,00395	-0,0028
-0,00304	-0,00218

-0,00219	-0,00161
-0,00143	-0,00108
-0,00077	-0,00063
-0,00025	-0,00027
3,35E-05	-6,8E-05

16.17 BLADELEMENT

17

- Radius: 0,53 m
- Kordelengde: 0,0470 m
- Vridningsvinkel 25,4447°

X Koordinater	Y Koordinater
-3,2E-05	6,67E-05
-0,00037	-1,9E-05
-0,00097	-0,00017
-0,00172	-0,00037
-0,0026	-0,0006
-0,00357	-0,00086
-0,00462	-0,00115
-0,00574	-0,00146
-0,0069	-0,00179
-0,00811	-0,00213
-0,00935	-0,00249
-0,01062	-0,00287
-0,01191	-0,00326
-0,01322	-0,00366
-0,01454	-0,00407
-0,01587	-0,00449
-0,0172	-0,00492
-0,01853	-0,00535
-0,01985	-0,0058

-0,02116	-0,00625
-0,02245	-0,0067
-0,02373	-0,00716
-0,025	-0,00763
-0,02619	-0,00819
-0,02744	-0,00857
-0,02863	-0,00905
-0,02978	-0,00953
-0,03089	-0,01001
-0,03198	-0,01049
-0,03301	-0,01098
-0,03402	-0,01146
-0,03498	-0,01194
-0,03589	-0,01242
-0,03675	-0,01291
-0,03756	-0,01339
-0,03832	-0,01388
-0,03902	-0,01438
-0,03965	-0,01489
-0,04023	-0,0154
-0,04074	-0,01592
-0,04119	-0,01644
-0,04157	-0,01695
-0,0419	-0,01744
-0,04216	-0,01793

-0,04236	-0,01839
-0,0425	-0,01882
-0,04258	-0,01923
-0,04261	-0,0196
-0,04257	-0,01992
-0,04248	-0,02021
-0,04232	-0,02044
-0,04212	-0,02062
-0,04186	-0,02074
-0,04156	-0,02081
-0,0412	-0,02083
-0,04079	-0,0208
-0,04033	-0,02073
-0,03982	-0,02063
-0,03926	-0,02049
-0,03864	-0,02032
-0,03798	-0,02013
-0,03726	-0,01991
-0,0365	-0,01968
-0,03569	-0,01942
-0,03483	-0,01914
-0,03393	-0,01883
-0,033	-0,0185
-0,03203	-0,01814
-0,03103	-0,01775

-0,03	-0,01732
-0,02894	-0,01686
-0,02787	-0,01638
-0,02676	-0,01586
-0,02564	-0,01532
-0,0245	-0,01475
-0,02335	-0,01416
-0,02218	-0,01355
-0,021	-0,01292
-0,0198	-0,01227
-0,01861	-0,01161
-0,0174	-0,01093
-0,0162	-0,01024
-0,015	-0,00954
-0,0138	-0,00883
-0,01261	-0,00813
-0,01144	-0,00741
-0,01027	-0,00671
-0,00913	-0,006
-0,00801	-0,0053
-0,00692	-0,00462
-0,00587	-0,00395
-0,00486	-0,0033
-0,0039	-0,00268
-0,00299	-0,00209

-0,00216	-0,00153
-0,00141	-0,00104
-0,00076	-0,0006
-0,00025	-0,00026
3,17E-05	-6,7E-05

16.18 BLADELEMENT

18

- Radius: 0,55 m
- Kordelengde: 0,0459 m
- Vridningsvinkel $24,6616^{\circ}$

X Koordinater	Y Koordinater
-3E-05	6,56E-05
-0,00036	-1,3E-05
-0,00095	-0,00016
-0,00169	-0,00034
-0,00255	-0,00055
-0,0035	-0,0008
-0,00453	-0,00106
-0,00562	-0,00135
-0,00676	-0,00165
-0,00795	-0,00197
-0,00917	-0,00231
-0,01041	-0,00266
-0,01168	-0,00302
-0,01296	-0,0034
-0,01426	-0,00378
-0,01556	-0,00417
-0,01686	-0,00457
-0,01817	-0,00498
-0,01946	-0,0054

-0,02075	-0,00582
-0,02202	-0,00625
-0,02328	-0,00668
-0,02452	-0,00712
-0,02569	-0,00765
-0,02692	-0,008
-0,02808	-0,00845
-0,02921	-0,00891
-0,03031	-0,00936
-0,03137	-0,00982
-0,03239	-0,01029
-0,03338	-0,01074
-0,03432	-0,0112
-0,03522	-0,01166
-0,03607	-0,01212
-0,03687	-0,01258
-0,03761	-0,01305
-0,0383	-0,01353
-0,03893	-0,01402
-0,0395	-0,01451
-0,04	-0,01501
-0,04045	-0,0155
-0,04083	-0,016
-0,04115	-0,01648
-0,04142	-0,01695

-0,04162	-0,0174
-0,04176	-0,01782
-0,04185	-0,01821
-0,04188	-0,01857
-0,04185	-0,01889
-0,04176	-0,01917
-0,04161	-0,0194
-0,04142	-0,01958
-0,04117	-0,0197
-0,04087	-0,01977
-0,04052	-0,01979
-0,04012	-0,01977
-0,03967	-0,01971
-0,03917	-0,01962
-0,03862	-0,01949
-0,03801	-0,01933
-0,03736	-0,01915
-0,03666	-0,01895
-0,03591	-0,01873
-0,03511	-0,01849
-0,03427	-0,01823
-0,03339	-0,01794
-0,03247	-0,01763
-0,03152	-0,01729
-0,03054	-0,01692

-0,02953	-0,01652
-0,0285	-0,01608
-0,02744	-0,01562
-0,02635	-0,01513
-0,02525	-0,01462
-0,02413	-0,01408
-0,02299	-0,01352
-0,02184	-0,01294
-0,02068	-0,01234
-0,01951	-0,01172
-0,01833	-0,01109
-0,01715	-0,01044
-0,01596	-0,00978
-0,01478	-0,00912
-0,0136	-0,00844
-0,01243	-0,00777
-0,01127	-0,00709
-0,01012	-0,00641
-0,009	-0,00574
-0,0079	-0,00507
-0,00682	-0,00442
-0,00579	-0,00378
-0,00479	-0,00316
-0,00384	-0,00256
-0,00295	-0,002

-0,00213	-0,00147
-0,00139	-0,00099
-0,00075	-0,00058
-0,00025	-0,00025
3,01E-05	-6,6E-05

17 APPENDIKS D

17.1 BLADELEMENT 1

- Radius: 0,21 m
- Kordelengde: 0,1534 m
- Vridningsvinkel $56,6289^{\circ}$

X Koordinater	Y koordinater
-0,0002	0,000132
-0,00099	-0,00067
-0,0024	-0,00211
-0,00418	-0,00394
-0,00624	-0,00607
-0,00851	-0,00844
-0,01096	-0,01101
-0,01354	-0,01375
-0,01624	-0,01663
-0,01902	-0,01963
-0,02188	-0,02274
-0,02479	-0,02593
-0,02774	-0,0292
-0,03071	-0,03253
-0,0337	-0,0359
-0,03669	-0,03932
-0,03968	-0,04275
-0,04264	-0,04621

-0,04557	-0,04968
-0,04847	-0,05315
-0,05132	-0,05661
-0,05412	-0,06005
-0,05685	-0,06348
-0,05921	-0,06707
-0,06209	-0,07024
-0,06458	-0,07357
-0,06698	-0,07685
-0,06929	-0,08008
-0,07149	-0,08325
-0,07355	-0,08638
-0,07555	-0,0894
-0,0774	-0,09236
-0,07913	-0,09525
-0,08073	-0,09805
-0,08217	-0,10078
-0,08345	-0,10343
-0,08455	-0,106
-0,08547	-0,10849
-0,0862	-0,11089
-0,08676	-0,11319
-0,08714	-0,11538
-0,08736	-0,11746
-0,08742	-0,1194

-0,08734	-0,12119
-0,08712	-0,12282
-0,08678	-0,12427
-0,08633	-0,12554
-0,08577	-0,1266
-0,08512	-0,12745
-0,08437	-0,12809
-0,08355	-0,12849
-0,08268	-0,12864
-0,08176	-0,12854
-0,0808	-0,12821
-0,07977	-0,12766
-0,07867	-0,12689
-0,07751	-0,12593
-0,07626	-0,12477
-0,07492	-0,12344
-0,07349	-0,12193
-0,07195	-0,12027
-0,07032	-0,11846
-0,06859	-0,11651
-0,06676	-0,11442
-0,06485	-0,11219
-0,06285	-0,10983
-0,0608	-0,10732
-0,05871	-0,10468

-0,05659	-0,10189
-0,05444	-0,09896
-0,05227	-0,0959
-0,05008	-0,09273
-0,04788	-0,08943
-0,04567	-0,08603
-0,04344	-0,08252
-0,04121	-0,07893
-0,03898	-0,07524
-0,03675	-0,07149
-0,03453	-0,06767
-0,03231	-0,06379
-0,0301	-0,05987
-0,02791	-0,05591
-0,02573	-0,05194
-0,02359	-0,04795
-0,02147	-0,04396
-0,01938	-0,03999
-0,01734	-0,03605
-0,01534	-0,03216
-0,0134	-0,02832
-0,01152	-0,02457
-0,00971	-0,02093
-0,00798	-0,01741
-0,00635	-0,01405

-0,00483	-0,01087
-0,00343	-0,00793
-0,00218	-0,00527
-0,00111	-0,00296
-0,00027	-0,00115
0,000201	-0,00013

17.2 BLADELEMENT 2

- Radius: 0,23 m
- Kordelengde: 0.1439 m
- Vridningsvinkel $52,1632^{\circ}$

X Koordinater	Y koordinater
-0,00018	0,000139
-0,00098	-0,00055
-0,0024	-0,0018
-0,0042	-0,00338
-0,00628	-0,00522
-0,00858	-0,00727
-0,01105	-0,0095
-0,01367	-0,01187
-0,0164	-0,01437
-0,01922	-0,01697
-0,02212	-0,01967
-0,02508	-0,02244
-0,02807	-0,02528
-0,0311	-0,02818
-0,03414	-0,03112
-0,03719	-0,03409
-0,04023	-0,03709
-0,04325	-0,0401
-0,04625	-0,04313

-0,04921	-0,04616
-0,05213	-0,04919
-0,055	-0,05221
-0,0578	-0,05522
-0,06028	-0,0584
-0,0632	-0,06116
-0,06577	-0,06409
-0,06826	-0,06698
-0,07065	-0,06983
-0,07294	-0,07264
-0,07509	-0,07541
-0,07718	-0,07809
-0,07914	-0,08073
-0,08096	-0,0833
-0,08266	-0,08581
-0,08421	-0,08825
-0,0856	-0,09063
-0,08682	-0,09296
-0,08786	-0,09522
-0,08872	-0,09741
-0,08941	-0,09952
-0,08993	-0,10155
-0,09028	-0,10347
-0,09048	-0,10528
-0,09053	-0,10696

-0,09045	-0,1085
-0,09024	-0,10989
-0,08991	-0,11111
-0,08947	-0,11214
-0,08891	-0,11298
-0,08826	-0,11363
-0,08752	-0,11407
-0,08672	-0,11427
-0,08586	-0,11425
-0,08493	-0,11401
-0,08393	-0,11357
-0,08285	-0,11293
-0,08168	-0,11211
-0,08043	-0,11112
-0,07908	-0,10997
-0,07763	-0,10867
-0,07608	-0,10723
-0,07442	-0,10565
-0,07266	-0,10395
-0,0708	-0,10213
-0,06884	-0,10019
-0,06681	-0,09812
-0,0647	-0,09593
-0,06255	-0,09361
-0,06037	-0,09115

-0,05814	-0,08858
-0,05589	-0,08588
-0,05361	-0,08306
-0,05131	-0,08014
-0,04899	-0,07712
-0,04666	-0,07401
-0,04431	-0,0708
-0,04196	-0,06753
-0,03959	-0,06418
-0,03723	-0,06076
-0,03488	-0,0573
-0,03252	-0,05379
-0,03018	-0,05026
-0,02786	-0,04669
-0,02556	-0,04312
-0,02329	-0,03955
-0,02105	-0,03599
-0,01885	-0,03245
-0,01669	-0,02895
-0,0146	-0,02551
-0,01257	-0,02214
-0,01061	-0,01886
-0,00874	-0,0157
-0,00697	-0,01267
-0,00531	-0,00981

-0,00379	-0,00716
-0,00242	-0,00477
-0,00125	-0,00269
-0,00033	-0,00105
0,000178	-0,00014

17.3 BLADELEMENT 3

- Radius: 0,25 m
- Kordelengde: 0.1354 m
- Vridningsvinkel $48,4133^{\circ}$

X Koordinater	Y koordinater
-0,00016	0,000141
-0,00095	-0,00046
-0,00236	-0,00154
-0,00415	-0,00292
-0,00622	-0,00452
-0,0085	-0,0063
-0,01096	-0,00824
-0,01356	-0,0103
-0,01628	-0,01248
-0,01909	-0,01475
-0,02198	-0,01711
-0,02493	-0,01953
-0,02792	-0,02201
-0,03093	-0,02454
-0,03397	-0,02711
-0,03702	-0,02972
-0,04005	-0,03235
-0,04308	-0,03499
-0,04608	-0,03765

-0,04905	-0,04032
-0,05198	-0,04298
-0,05485	-0,04564
-0,05767	-0,04829
-0,06019	-0,05113
-0,0631	-0,05354
-0,0657	-0,05613
-0,06821	-0,05869
-0,07063	-0,06122
-0,07295	-0,06371
-0,07515	-0,06618
-0,07728	-0,06857
-0,07927	-0,07093
-0,08114	-0,07323
-0,08289	-0,07548
-0,0845	-0,07768
-0,08595	-0,07983
-0,08723	-0,08194
-0,08835	-0,084
-0,0893	-0,086
-0,09007	-0,08794
-0,09068	-0,08981
-0,09113	-0,0916
-0,09143	-0,09328
-0,09158	-0,09486

-0,0916	-0,09631
-0,09149	-0,09762
-0,09125	-0,09878
-0,0909	-0,09978
-0,09044	-0,10061
-0,08986	-0,10126
-0,0892	-0,10171
-0,08846	-0,10195
-0,08765	-0,10198
-0,08676	-0,10182
-0,08579	-0,10146
-0,08474	-0,10093
-0,08359	-0,10024
-0,08236	-0,09938
-0,08102	-0,09839
-0,07958	-0,09725
-0,07803	-0,096
-0,07638	-0,09462
-0,07462	-0,09313
-0,07276	-0,09153
-0,0708	-0,08983
-0,06876	-0,08802
-0,06666	-0,08609
-0,06449	-0,08404
-0,06229	-0,08187

-0,06004	-0,07959
-0,05776	-0,07719
-0,05545	-0,07469
-0,05311	-0,07209
-0,05075	-0,0694
-0,04836	-0,06661
-0,04596	-0,06375
-0,04355	-0,06082
-0,04112	-0,05782
-0,0387	-0,05476
-0,03627	-0,05165
-0,03385	-0,04851
-0,03143	-0,04533
-0,02903	-0,04213
-0,02665	-0,03891
-0,0243	-0,0357
-0,02198	-0,03249
-0,01969	-0,02931
-0,01746	-0,02616
-0,01528	-0,02305
-0,01316	-0,02002
-0,01112	-0,01706
-0,00917	-0,0142
-0,00732	-0,01147
-0,00559	-0,00889

-0,004	-0,00649
-0,00257	-0,00433
-0,00134	-0,00245
-0,00038	-0,00097
0,000159	-0,00014

17.4 BLADELEMENT 4

- Radius: 0,27 m
- Kordelengde: 0.1278 m
- Vridningsvinkel $45,2223^{\circ}$

X Koordinater	Y koordinater
-0,00014	0,000141
-0,00092	-0,00038
-0,00231	-0,00133
-0,00407	-0,00253
-0,0061	-0,00393
-0,00835	-0,00549
-0,01077	-0,00719
-0,01333	-0,009
-0,016	-0,01091
-0,01877	-0,0129
-0,02162	-0,01497
-0,02452	-0,0171
-0,02747	-0,01928
-0,03045	-0,02151
-0,03345	-0,02378
-0,03646	-0,02607
-0,03946	-0,02839
-0,04245	-0,03072
-0,04542	-0,03307

-0,04836	-0,03543
-0,05126	-0,03778
-0,05411	-0,04014
-0,0569	-0,04249
-0,05943	-0,04503
-0,0623	-0,04715
-0,06488	-0,04946
-0,06739	-0,05174
-0,0698	-0,054
-0,07212	-0,05623
-0,07432	-0,05844
-0,07645	-0,06058
-0,07846	-0,0627
-0,08034	-0,06477
-0,08211	-0,0668
-0,08374	-0,06879
-0,08522	-0,07074
-0,08654	-0,07266
-0,0877	-0,07454
-0,0887	-0,07638
-0,08953	-0,07817
-0,09021	-0,0799
-0,09073	-0,08156
-0,0911	-0,08313
-0,09132	-0,08461

-0,09141	-0,08598
-0,09138	-0,08722
-0,09122	-0,08833
-0,09094	-0,08929
-0,09054	-0,09009
-0,09004	-0,09074
-0,08943	-0,0912
-0,08875	-0,09146
-0,08798	-0,09153
-0,08714	-0,09142
-0,08621	-0,09114
-0,08519	-0,0907
-0,08407	-0,0901
-0,08286	-0,08936
-0,08155	-0,08849
-0,08013	-0,0875
-0,07861	-0,0864
-0,07697	-0,08519
-0,07524	-0,08387
-0,0734	-0,08247
-0,07147	-0,08096
-0,06945	-0,07936
-0,06736	-0,07765
-0,06522	-0,07584
-0,06302	-0,07391

-0,06079	-0,07187
-0,05851	-0,06973
-0,0562	-0,0675
-0,05386	-0,06517
-0,05149	-0,06275
-0,04909	-0,06026
-0,04668	-0,05768
-0,04425	-0,05505
-0,04181	-0,05234
-0,03936	-0,04959
-0,03691	-0,04679
-0,03446	-0,04395
-0,03201	-0,04108
-0,02958	-0,03819
-0,02717	-0,03528
-0,02478	-0,03238
-0,02242	-0,02948
-0,0201	-0,02659
-0,01783	-0,02374
-0,01561	-0,02093
-0,01346	-0,01818
-0,01138	-0,0155
-0,00939	-0,01291
-0,0075	-0,01043
-0,00574	-0,00808

-0,00411	-0,00591
-0,00265	-0,00394
-0,00139	-0,00224
-0,00041	-0,00089
0,000142	-0,00014

17.5 BLADELEMENT 5

- Radius: 0,29 m
- Kordelengde: 0.1211 m
- Vridningsvinkel $42,4737^{\circ}$

X Koordinater	Y Koordinater
-0,00013	0,00014
-0,00089	-0,00032
-0,00225	-0,00115
-0,00397	-0,00221
-0,00595	-0,00344
-0,00815	-0,00482
-0,01052	-0,00632
-0,01302	-0,00791
-0,01564	-0,0096
-0,01835	-0,01136
-0,02114	-0,01319
-0,02399	-0,01507
-0,02688	-0,017
-0,0298	-0,01897
-0,03274	-0,02098
-0,03569	-0,02302
-0,03863	-0,02507
-0,04157	-0,02715
-0,04449	-0,02924

-0,04737	-0,03133
-0,05023	-0,03343
-0,05303	-0,03553
-0,05578	-0,03763
-0,05829	-0,03992
-0,0611	-0,04179
-0,06365	-0,04386
-0,06613	-0,04591
-0,06851	-0,04793
-0,07081	-0,04994
-0,07299	-0,05193
-0,07511	-0,05386
-0,0771	-0,05577
-0,07898	-0,05765
-0,08074	-0,05949
-0,08238	-0,06129
-0,08386	-0,06307
-0,0852	-0,06483
-0,08639	-0,06656
-0,08742	-0,06826
-0,08829	-0,06991
-0,089	-0,07152
-0,08957	-0,07306
-0,08999	-0,07454
-0,09027	-0,07592

-0,09042	-0,07721
-0,09044	-0,07839
-0,09034	-0,07945
-0,09012	-0,08037
-0,08978	-0,08115
-0,08933	-0,08178
-0,08878	-0,08224
-0,08815	-0,08253
-0,08743	-0,08263
-0,08662	-0,08256
-0,08573	-0,08234
-0,08474	-0,08197
-0,08366	-0,08145
-0,08248	-0,08081
-0,0812	-0,08004
-0,07981	-0,07917
-0,07832	-0,07819
-0,07672	-0,07712
-0,07502	-0,07596
-0,07321	-0,07471
-0,07131	-0,07338
-0,06933	-0,07195
-0,06728	-0,07043
-0,06517	-0,06881
-0,063	-0,06708

-0,06079	-0,06526
-0,05854	-0,06334
-0,05625	-0,06132
-0,05393	-0,05923
-0,05158	-0,05705
-0,0492	-0,0548
-0,0468	-0,05247
-0,04438	-0,05008
-0,04194	-0,04764
-0,0395	-0,04514
-0,03706	-0,0426
-0,03461	-0,04003
-0,03217	-0,03742
-0,02973	-0,0348
-0,02732	-0,03216
-0,02493	-0,02951
-0,02256	-0,02688
-0,02024	-0,02425
-0,01795	-0,02166
-0,01573	-0,0191
-0,01356	-0,01659
-0,01148	-0,01415
-0,00947	-0,01179
-0,00757	-0,00953
-0,0058	-0,00739

-0,00416	-0,00541
-0,00268	-0,00361
-0,00142	-0,00206
-0,00042	-0,00083
0,000128	-0,00014

17.6 BLADELEMENT 6

- Radius: 0,31 m
- Kordelengde: 0,1151 m
- Vridningsvinkel $40,0803^{\circ}$

X Koordinater	Y Koordinater
-0,00012	0,000138
-0,00086	-0,00027
-0,00218	-0,00101
-0,00385	-0,00194
-0,00579	-0,00304
-0,00793	-0,00425
-0,01024	-0,00558
-0,01268	-0,007
-0,01524	-0,0085
-0,01789	-0,01006
-0,02061	-0,01169
-0,02338	-0,01336
-0,0262	-0,01508
-0,02906	-0,01684
-0,03193	-0,01863
-0,03481	-0,02045
-0,03769	-0,02228
-0,04057	-0,02414
-0,04342	-0,026

-0,04625	-0,02788
-0,04904	-0,02976
-0,05178	-0,03164
-0,05448	-0,03353
-0,05695	-0,03561
-0,0597	-0,03727
-0,06221	-0,03913
-0,06464	-0,04098
-0,06698	-0,04281
-0,06924	-0,04462
-0,07139	-0,04643
-0,07348	-0,04818
-0,07545	-0,04992
-0,07731	-0,05162
-0,07906	-0,0533
-0,08068	-0,05495
-0,08217	-0,05658
-0,08351	-0,0582
-0,0847	-0,05979
-0,08574	-0,06137
-0,08664	-0,0629
-0,08738	-0,0644
-0,08798	-0,06585
-0,08844	-0,06723
-0,08876	-0,06854

-0,08895	-0,06975
-0,08902	-0,07087
-0,08897	-0,07188
-0,08879	-0,07277
-0,08851	-0,07352
-0,0881	-0,07414
-0,0876	-0,0746
-0,08701	-0,07489
-0,08633	-0,07502
-0,08556	-0,07499
-0,0847	-0,07481
-0,08375	-0,07449
-0,0827	-0,07405
-0,08156	-0,07348
-0,08031	-0,07281
-0,07895	-0,07203
-0,0775	-0,07117
-0,07594	-0,07021
-0,07427	-0,06918
-0,07251	-0,06806
-0,07065	-0,06687
-0,06872	-0,06559
-0,0667	-0,06423
-0,06463	-0,06277
-0,06251	-0,06122

-0,06034	-0,05957
-0,05812	-0,05784
-0,05587	-0,05602
-0,05358	-0,05412
-0,05126	-0,05214
-0,04891	-0,0501
-0,04654	-0,04798
-0,04414	-0,04581
-0,04173	-0,04359
-0,03931	-0,04131
-0,03689	-0,039
-0,03446	-0,03665
-0,03204	-0,03427
-0,02962	-0,03187
-0,02723	-0,02946
-0,02485	-0,02705
-0,0225	-0,02463
-0,02018	-0,02224
-0,01791	-0,01986
-0,0157	-0,01752
-0,01354	-0,01522
-0,01146	-0,01298
-0,00947	-0,01082
-0,00757	-0,00875
-0,0058	-0,00679

-0,00416	-0,00497
-0,00269	-0,00332
-0,00143	-0,0019
-0,00044	-0,00077
0,000116	-0,00014

17.7 BLADELEMENT 7

- Radius: 0,33 m
- Kordelengde: 0,1098 m
- Vridningsvinkel 37,9757°

X Koordinater	Y Koordinater
-0,00011	0,000136
-0,00083	-0,00023
-0,00211	-0,00088
-0,00374	-0,00172
-0,00562	-0,00269
-0,00771	-0,00378
-0,00996	-0,00496
-0,01234	-0,00623
-0,01482	-0,00756
-0,0174	-0,00896
-0,02005	-0,01042
-0,02276	-0,01192
-0,02551	-0,01346
-0,02829	-0,01503
-0,03109	-0,01664
-0,0339	-0,01827
-0,03671	-0,01992
-0,03951	-0,02159
-0,0423	-0,02327

-0,04506	-0,02496
-0,04778	-0,02665
-0,05047	-0,02835
-0,0531	-0,03005
-0,05553	-0,03194
-0,05821	-0,03344
-0,06066	-0,03512
-0,06304	-0,0368
-0,06535	-0,03846
-0,06756	-0,04011
-0,06968	-0,04176
-0,07173	-0,04335
-0,07366	-0,04494
-0,0755	-0,0465
-0,07722	-0,04803
-0,07883	-0,04955
-0,0803	-0,05106
-0,08164	-0,05255
-0,08283	-0,05403
-0,08388	-0,05549
-0,08478	-0,05692
-0,08554	-0,05832
-0,08617	-0,05968
-0,08665	-0,06098
-0,08701	-0,06222

-0,08723	-0,06337
-0,08733	-0,06444
-0,08732	-0,0654
-0,08718	-0,06625
-0,08694	-0,06698
-0,08657	-0,06758
-0,08611	-0,06804
-0,08555	-0,06834
-0,08491	-0,06848
-0,08418	-0,06848
-0,08335	-0,06834
-0,08244	-0,06807
-0,08142	-0,06768
-0,08031	-0,06718
-0,0791	-0,06659
-0,07778	-0,06589
-0,07636	-0,06512
-0,07484	-0,06426
-0,07322	-0,06333
-0,0715	-0,06233
-0,06969	-0,06126
-0,06779	-0,06011
-0,06583	-0,05888
-0,0638	-0,05757
-0,06173	-0,05616

-0,0596	-0,05467
-0,05743	-0,05309
-0,05521	-0,05144
-0,05297	-0,04971
-0,05068	-0,04791
-0,04837	-0,04604
-0,04604	-0,04411
-0,04368	-0,04212
-0,04131	-0,04008
-0,03892	-0,038
-0,03653	-0,03588
-0,03413	-0,03372
-0,03174	-0,03154
-0,02935	-0,02934
-0,02698	-0,02713
-0,02463	-0,02491
-0,02231	-0,02269
-0,02002	-0,02049
-0,01777	-0,0183
-0,01557	-0,01615
-0,01344	-0,01403
-0,01138	-0,01197
-0,0094	-0,00998
-0,00753	-0,00807
-0,00576	-0,00627

-0,00414	-0,00459
-0,00268	-0,00307
-0,00143	-0,00176
-0,00044	-0,00072
0,000106	-0,00014

17.8 BLADELEMENT 8

- Radius: 0,35 m
- Kordelengde: 0,1051 m
- Vridningsvinkel $36,1087^{\circ}$

X Koordinater	Y Koordinater
-9,7E-05	0,000133
-0,0008	-0,00019
-0,00205	-0,00078
-0,00363	-0,00153
-0,00546	-0,0024
-0,00749	-0,00337
-0,00967	-0,00443
-0,01199	-0,00557
-0,01441	-0,00677
-0,01692	-0,00803
-0,0195	-0,00933
-0,02213	-0,01069
-0,02481	-0,01207
-0,02752	-0,01349
-0,03024	-0,01494
-0,03298	-0,01641
-0,03572	-0,0179
-0,03845	-0,01941
-0,04117	-0,02093

-0,04386	-0,02246
-0,04652	-0,02399
-0,04914	-0,02553
-0,05171	-0,02708
-0,05409	-0,02881
-0,0567	-0,03016
-0,0591	-0,03169
-0,06143	-0,03322
-0,06368	-0,03474
-0,06585	-0,03624
-0,06793	-0,03776
-0,06994	-0,03921
-0,07184	-0,04067
-0,07364	-0,04211
-0,07534	-0,04352
-0,07692	-0,04492
-0,07837	-0,04632
-0,0797	-0,0477
-0,08088	-0,04908
-0,08193	-0,05044
-0,08284	-0,05179
-0,08361	-0,0531
-0,08425	-0,05438
-0,08476	-0,05561
-0,08513	-0,05678

-0,08538	-0,05788
-0,08552	-0,05889
-0,08553	-0,05981
-0,08543	-0,06063
-0,08521	-0,06133
-0,08489	-0,06192
-0,08446	-0,06237
-0,08394	-0,06267
-0,08332	-0,06283
-0,08262	-0,06286
-0,08183	-0,06275
-0,08095	-0,06252
-0,07996	-0,06218
-0,07888	-0,06174
-0,07771	-0,0612
-0,07643	-0,06058
-0,07504	-0,05988
-0,07356	-0,05911
-0,07198	-0,05828
-0,07031	-0,05737
-0,06854	-0,0564
-0,0667	-0,05537
-0,06478	-0,05425
-0,0628	-0,05306
-0,06077	-0,05178

-0,05869	-0,05042
-0,05657	-0,04898
-0,0544	-0,04746
-0,05219	-0,04588
-0,04996	-0,04423
-0,04769	-0,04251
-0,04539	-0,04074
-0,04308	-0,03891
-0,04075	-0,03704
-0,0384	-0,03512
-0,03605	-0,03317
-0,03369	-0,03118
-0,03133	-0,02917
-0,02898	-0,02714
-0,02665	-0,0251
-0,02433	-0,02305
-0,02204	-0,021
-0,01978	-0,01897
-0,01756	-0,01695
-0,0154	-0,01496
-0,01329	-0,013
-0,01125	-0,0111
-0,0093	-0,00925
-0,00745	-0,00749
-0,00571	-0,00581

-0,0041	-0,00426
-0,00266	-0,00286
-0,00142	-0,00164
-0,00045	-0,00067
9,72E-05	-0,00013

17.9 BLADELEMENT 9

- Radius: 0,37 m
- Kordelengde: 0,1008 m
- Vridningsvinkel 34,4394°

X Koordinater	Y Koordinater
-9E-05	0,000131
-0,00077	-0,00016
-0,00199	-0,00069
-0,00353	-0,00136
-0,00531	-0,00215
-0,00728	-0,00302
-0,0094	-0,00398
-0,01165	-0,00501
-0,01401	-0,00609
-0,01645	-0,00723
-0,01896	-0,00841
-0,02152	-0,00963
-0,02413	-0,01088
-0,02676	-0,01217
-0,02942	-0,01348
-0,03209	-0,01482
-0,03476	-0,01617
-0,03742	-0,01754
-0,04007	-0,01892

-0,04269	-0,02031
-0,04528	-0,02171
-0,04784	-0,02311
-0,05035	-0,02452
-0,05268	-0,02612
-0,05522	-0,02734
-0,05756	-0,02874
-0,05984	-0,03014
-0,06204	-0,03153
-0,06417	-0,03292
-0,0662	-0,03431
-0,06816	-0,03565
-0,07003	-0,037
-0,0718	-0,03832
-0,07346	-0,03963
-0,07502	-0,04093
-0,07645	-0,04223
-0,07776	-0,04352
-0,07894	-0,0448
-0,07998	-0,04608
-0,08089	-0,04735
-0,08167	-0,04859
-0,08232	-0,0498
-0,08283	-0,05096
-0,08323	-0,05207

-0,0835	-0,05312
-0,08366	-0,05409
-0,08369	-0,05497
-0,08362	-0,05575
-0,08343	-0,05644
-0,08314	-0,05701
-0,08274	-0,05745
-0,08224	-0,05776
-0,08166	-0,05793
-0,08099	-0,05797
-0,08023	-0,05789
-0,07937	-0,05769
-0,07842	-0,0574
-0,07738	-0,057
-0,07623	-0,05652
-0,07498	-0,05596
-0,07364	-0,05533
-0,0722	-0,05463
-0,07066	-0,05388
-0,06903	-0,05306
-0,06731	-0,05218
-0,06551	-0,05123
-0,06364	-0,05022
-0,06171	-0,04913
-0,05973	-0,04796

-0,05769	-0,04671
-0,05562	-0,04539
-0,05349	-0,044
-0,05134	-0,04254
-0,04914	-0,04102
-0,04692	-0,03944
-0,04467	-0,0378
-0,0424	-0,03611
-0,04011	-0,03438
-0,03781	-0,03261
-0,0355	-0,0308
-0,03318	-0,02896
-0,03086	-0,0271
-0,02855	-0,02522
-0,02626	-0,02332
-0,02398	-0,02142
-0,02172	-0,01953
-0,0195	-0,01763
-0,01732	-0,01576
-0,01518	-0,01391
-0,01311	-0,0121
-0,0111	-0,01033
-0,00918	-0,00861
-0,00735	-0,00697
-0,00564	-0,00542

-0,00405	-0,00397
-0,00263	-0,00266
-0,00141	-0,00153
-0,00045	-0,00063
8,95E-05	-0,00013

17.10 BLADELEMENT

10

- Radius: 0,39 m
- Kordelengde: 0,0970 m
- Vridningsvinkel $32,9365^{\circ}$

X Koordinater	Y Koordinater
-8,3E-05	0,000128
-0,00074	-0,00014
-0,00193	-0,00061
-0,00342	-0,00122
-0,00516	-0,00193
-0,00707	-0,00272
-0,00914	-0,00359
-0,01133	-0,00452
-0,01362	-0,0055
-0,016	-0,00653
-0,01844	-0,00761
-0,02094	-0,00872
-0,02347	-0,00986
-0,02604	-0,01103
-0,02863	-0,01222
-0,03123	-0,01344
-0,03383	-0,01467
-0,03642	-0,01592
-0,039	-0,01718

-0,04156	-0,01845
-0,04409	-0,01973
-0,04658	-0,02102
-0,04903	-0,02231
-0,05132	-0,02379
-0,05379	-0,02489
-0,05608	-0,02618
-0,0583	-0,02747
-0,06045	-0,02876
-0,06253	-0,03003
-0,06452	-0,03132
-0,06644	-0,03256
-0,06827	-0,03381
-0,07001	-0,03504
-0,07164	-0,03626
-0,07317	-0,03747
-0,07458	-0,03868
-0,07587	-0,03988
-0,07704	-0,04109
-0,07807	-0,04229
-0,07898	-0,04349
-0,07976	-0,04466
-0,08041	-0,04581
-0,08094	-0,04691
-0,08134	-0,04797

-0,08163	-0,04897
-0,08181	-0,0499
-0,08187	-0,05074
-0,08181	-0,0515
-0,08165	-0,05216
-0,08138	-0,05272
-0,08101	-0,05316
-0,08054	-0,05346
-0,07999	-0,05364
-0,07934	-0,0537
-0,07861	-0,05364
-0,07778	-0,05347
-0,07686	-0,05321
-0,07584	-0,05286
-0,07473	-0,05243
-0,07352	-0,05192
-0,07221	-0,05135
-0,0708	-0,05071
-0,0693	-0,05002
-0,06771	-0,04928
-0,06604	-0,04847
-0,06429	-0,04761
-0,06246	-0,04668
-0,06058	-0,04568
-0,05864	-0,04461

-0,05666	-0,04346
-0,05462	-0,04224
-0,05255	-0,04096
-0,05044	-0,03961
-0,04829	-0,0382
-0,04611	-0,03674
-0,04391	-0,03522
-0,04168	-0,03366
-0,03944	-0,03205
-0,03718	-0,0304
-0,03491	-0,02872
-0,03263	-0,02701
-0,03036	-0,02528
-0,02809	-0,02353
-0,02583	-0,02177
-0,02359	-0,02
-0,02138	-0,01823
-0,01919	-0,01647
-0,01705	-0,01472
-0,01495	-0,01299
-0,01291	-0,0113
-0,01094	-0,00965
-0,00904	-0,00805
-0,00724	-0,00652
-0,00556	-0,00507

-0,004	-0,00372
-0,0026	-0,0025
-0,00139	-0,00144
-0,00045	-0,0006
8,28E-05	-0,00013

17.11 BLADELEMENT

11

- Radius: 0,41 m
- Kordelengde: 0,0935 m
- Vridningsvinkel $31,5745^{\circ}$

X Koordinater	Y Koordinater
-7,7E-05	0,000125
-0,00072	-0,00011
-0,00187	-0,00055
-0,00333	-0,0011
-0,00501	-0,00174
-0,00688	-0,00246
-0,00889	-0,00325
-0,01103	-0,0041
-0,01326	-0,00499
-0,01557	-0,00593
-0,01795	-0,00691
-0,02038	-0,00792
-0,02286	-0,00896
-0,02536	-0,01003
-0,02788	-0,01113
-0,03041	-0,01224
-0,03295	-0,01337
-0,03548	-0,01451
-0,03799	-0,01567

-0,04049	-0,01684
-0,04295	-0,01801
-0,04539	-0,01919
-0,04778	-0,02038
-0,05001	-0,02175
-0,05242	-0,02276
-0,05466	-0,02396
-0,05683	-0,02515
-0,05893	-0,02634
-0,06097	-0,02752
-0,06291	-0,02871
-0,0648	-0,02987
-0,06659	-0,03103
-0,06829	-0,03217
-0,06989	-0,03331
-0,07139	-0,03444
-0,07278	-0,03557
-0,07405	-0,03671
-0,0752	-0,03785
-0,07623	-0,03898
-0,07713	-0,04011
-0,07791	-0,04122
-0,07856	-0,04231
-0,0791	-0,04337
-0,07951	-0,04438

-0,07981	-0,04533
-0,08	-0,04622
-0,08008	-0,04704
-0,08005	-0,04777
-0,07991	-0,04841
-0,07966	-0,04896
-0,07931	-0,04939
-0,07887	-0,04969
-0,07834	-0,04988
-0,07772	-0,04994
-0,077	-0,04991
-0,0762	-0,04977
-0,07531	-0,04953
-0,07432	-0,04922
-0,07324	-0,04882
-0,07206	-0,04836
-0,07078	-0,04784
-0,06941	-0,04726
-0,06795	-0,04663
-0,0664	-0,04595
-0,06477	-0,04521
-0,06306	-0,04442
-0,06128	-0,04357
-0,05944	-0,04265
-0,05755	-0,04166

-0,05561	-0,04059
-0,05362	-0,03947
-0,05159	-0,03828
-0,04953	-0,03703
-0,04743	-0,03572
-0,04529	-0,03436
-0,04313	-0,03295
-0,04095	-0,03149
-0,03875	-0,02999
-0,03653	-0,02846
-0,03431	-0,02689
-0,03208	-0,02529
-0,02985	-0,02367
-0,02762	-0,02204
-0,0254	-0,02039
-0,0232	-0,01874
-0,02103	-0,01708
-0,01888	-0,01543
-0,01677	-0,0138
-0,01471	-0,01218
-0,0127	-0,0106
-0,01076	-0,00905
-0,0089	-0,00755
-0,00713	-0,00612
-0,00547	-0,00476

-0,00394	-0,00349
-0,00256	-0,00235
-0,00138	-0,00135
-0,00044	-0,00057
7,69E-05	-0,00013

17.12 BLADELEMENT

12

- Radius: 0,43 m
- Kordelengde: 0,0904 m
- Vridningsvinkel $30,3333^{\circ}$

X Koordinater	Y koordinater
-7,2E-05	0,000122
-0,0007	-9,5E-05
-0,00182	-0,00049
-0,00324	-0,00099
-0,00488	-0,00158
-0,0067	-0,00224
-0,00866	-0,00296
-0,01074	-0,00373
-0,01291	-0,00455
-0,01517	-0,0054
-0,01749	-0,0063
-0,01986	-0,00723
-0,02227	-0,00818
-0,02471	-0,00916
-0,02717	-0,01017
-0,02964	-0,01119
-0,03211	-0,01223
-0,03458	-0,01328
-0,03704	-0,01434

-0,03947	-0,01542
-0,04188	-0,0165
-0,04425	-0,01759
-0,04659	-0,01869
-0,04878	-0,01997
-0,05112	-0,0209
-0,05331	-0,022
-0,05543	-0,02311
-0,05749	-0,02421
-0,05948	-0,02531
-0,06139	-0,02643
-0,06323	-0,0275
-0,06499	-0,02858
-0,06665	-0,02966
-0,06823	-0,03072
-0,0697	-0,03178
-0,07107	-0,03285
-0,07232	-0,03392
-0,07345	-0,03499
-0,07447	-0,03607
-0,07536	-0,03714
-0,07614	-0,0382
-0,07679	-0,03924
-0,07733	-0,04025
-0,07775	-0,04121

-0,07807	-0,04213
-0,07827	-0,04299
-0,07836	-0,04377
-0,07834	-0,04448
-0,07822	-0,0451
-0,07799	-0,04563
-0,07766	-0,04606
-0,07724	-0,04636
-0,07673	-0,04655
-0,07613	-0,04663
-0,07545	-0,04661
-0,07467	-0,04649
-0,0738	-0,04628
-0,07284	-0,046
-0,07178	-0,04564
-0,07063	-0,04522
-0,06939	-0,04474
-0,06806	-0,04421
-0,06663	-0,04363
-0,06512	-0,04301
-0,06353	-0,04233
-0,06186	-0,0416
-0,06012	-0,04081
-0,05833	-0,03996
-0,05648	-0,03904

-0,05458	-0,03806
-0,05264	-0,03701
-0,05065	-0,0359
-0,04863	-0,03474
-0,04657	-0,03352
-0,04448	-0,03225
-0,04237	-0,03093
-0,04023	-0,02957
-0,03807	-0,02817
-0,0359	-0,02673
-0,03371	-0,02526
-0,03152	-0,02377
-0,02933	-0,02225
-0,02715	-0,02071
-0,02497	-0,01917
-0,02281	-0,01762
-0,02067	-0,01606
-0,01856	-0,01452
-0,01649	-0,01298
-0,01447	-0,01146
-0,0125	-0,00997
-0,01059	-0,00852
-0,00876	-0,00711
-0,00702	-0,00576
-0,00539	-0,00448

-0,00388	-0,00329
-0,00252	-0,00221
-0,00136	-0,00128
-0,00044	-0,00054
7,16E-05	-0,00012

17.13 BLADELEMENT

13

- Radius: 0,45 m
- Kordelengde: 0,0875 m
- Vridningsvinkel $29,1960^{\circ}$

X Koordinater	Y Koordinater
-6,7E-05	0,00012
-0,00068	-7,9E-05
-0,00177	-0,00044
-0,00316	-0,0009
-0,00476	-0,00143
-0,00653	-0,00204
-0,00844	-0,0027
-0,01047	-0,0034
-0,01259	-0,00415
-0,01479	-0,00494
-0,01705	-0,00576
-0,01937	-0,00662
-0,02172	-0,0075
-0,0241	-0,0084
-0,0265	-0,00932
-0,02892	-0,01026
-0,03133	-0,01122
-0,03374	-0,01219
-0,03614	-0,01318

-0,03851	-0,01417
-0,04087	-0,01517
-0,04319	-0,01619
-0,04547	-0,0172
-0,04761	-0,0184
-0,0499	-0,01925
-0,05204	-0,02028
-0,05412	-0,02131
-0,05613	-0,02234
-0,05808	-0,02337
-0,05995	-0,02441
-0,06175	-0,02541
-0,06347	-0,02643
-0,06511	-0,02743
-0,06665	-0,02843
-0,0681	-0,02943
-0,06944	-0,03044
-0,07067	-0,03145
-0,07179	-0,03247
-0,0728	-0,03349
-0,07368	-0,03451
-0,07445	-0,03552
-0,07511	-0,03652
-0,07565	-0,03748
-0,07608	-0,03841

-0,0764	-0,03929
-0,07661	-0,04012
-0,07671	-0,04088
-0,07671	-0,04156
-0,0766	-0,04217
-0,07639	-0,04269
-0,07608	-0,0431
-0,07568	-0,04341
-0,07519	-0,0436
-0,07461	-0,04369
-0,07395	-0,04368
-0,07319	-0,04358
-0,07235	-0,04339
-0,07141	-0,04314
-0,07038	-0,04281
-0,06926	-0,04243
-0,06805	-0,04199
-0,06675	-0,0415
-0,06536	-0,04097
-0,06388	-0,04039
-0,06233	-0,03976
-0,0607	-0,03909
-0,059	-0,03836
-0,05724	-0,03757
-0,05544	-0,03672

-0,05358	-0,0358
-0,05168	-0,03482
-0,04973	-0,03379
-0,04775	-0,0327
-0,04574	-0,03156
-0,04369	-0,03037
-0,04162	-0,02913
-0,03952	-0,02786
-0,0374	-0,02654
-0,03527	-0,02519
-0,03313	-0,02381
-0,03098	-0,02241
-0,02883	-0,02098
-0,02668	-0,01954
-0,02455	-0,01808
-0,02243	-0,01662
-0,02033	-0,01516
-0,01825	-0,0137
-0,01622	-0,01225
-0,01423	-0,01082
-0,01229	-0,00942
-0,01042	-0,00805
-0,00862	-0,00672
-0,00691	-0,00544
-0,0053	-0,00424

-0,00382	-0,00311
-0,00249	-0,00209
-0,00134	-0,00121
-0,00044	-0,00051
6,7E-05	-0,00012

17.14 BLADELEMENT

14

- Radius: 0,47 m
- Kordelengde: 0,0849 m
- Vridningsvinkel 28,1491°

X Koordinater	Y Koordinater
-6,3E-05	0,000118
-0,00066	-6,5E-05
-0,00173	-0,00039
-0,00308	-0,00081
-0,00464	-0,00131
-0,00637	-0,00186
-0,00824	-0,00247
-0,01022	-0,00312
-0,01229	-0,00381
-0,01444	-0,00453
-0,01665	-0,00529
-0,01891	-0,00608
-0,02121	-0,00689
-0,02353	-0,00772
-0,02588	-0,00857
-0,02823	-0,00944
-0,03059	-0,01033
-0,03295	-0,01123
-0,03529	-0,01214

-0,03762	-0,01307
-0,03992	-0,014
-0,04219	-0,01494
-0,04442	-0,01588
-0,04652	-0,01701
-0,04876	-0,01779
-0,05085	-0,01875
-0,05288	-0,01971
-0,05486	-0,02068
-0,05676	-0,02164
-0,05859	-0,02262
-0,06036	-0,02356
-0,06205	-0,02451
-0,06365	-0,02546
-0,06517	-0,0264
-0,06659	-0,02735
-0,06791	-0,0283
-0,06912	-0,02926
-0,07023	-0,03023
-0,07122	-0,0312
-0,0721	-0,03218
-0,07286	-0,03314
-0,07352	-0,0341
-0,07406	-0,03502
-0,07449	-0,03592

-0,07482	-0,03677
-0,07503	-0,03756
-0,07515	-0,0383
-0,07516	-0,03896
-0,07507	-0,03955
-0,07487	-0,04006
-0,07458	-0,04047
-0,07419	-0,04077
-0,07372	-0,04097
-0,07316	-0,04106
-0,07252	-0,04106
-0,07178	-0,04098
-0,07096	-0,04082
-0,07005	-0,04058
-0,06904	-0,04029
-0,06795	-0,03994
-0,06676	-0,03953
-0,06549	-0,03908
-0,06413	-0,03859
-0,06269	-0,03805
-0,06117	-0,03747
-0,05958	-0,03685
-0,05792	-0,03617
-0,0562	-0,03544
-0,05443	-0,03464

-0,05262	-0,03378
-0,05075	-0,03287
-0,04885	-0,0319
-0,04691	-0,03088
-0,04493	-0,02981
-0,04293	-0,02869
-0,04089	-0,02753
-0,03883	-0,02632
-0,03676	-0,02509
-0,03466	-0,02381
-0,03256	-0,02251
-0,03045	-0,02119
-0,02834	-0,01984
-0,02623	-0,01848
-0,02414	-0,01711
-0,02205	-0,01573
-0,01999	-0,01434
-0,01795	-0,01297
-0,01595	-0,0116
-0,014	-0,01025
-0,01209	-0,00892
-0,01025	-0,00762
-0,00848	-0,00636
-0,0068	-0,00516
-0,00522	-0,00402

-0,00376	-0,00295
-0,00245	-0,00199
-0,00132	-0,00115
-0,00043	-0,00049
6,29E-05	-0,00012

17.15 BLADELEMENT

15

- Radius: 0,49 m
- Kordelengde: 0,0825 m
- Vridningsvinkel $27,1810^{\circ}$

X Koordinater	Y Koordinater
-5,9E-05	0,000115
-0,00064	-5,2E-05
-0,00168	-0,00035
-0,003	-0,00074
-0,00453	-0,0012
-0,00622	-0,0017
-0,00805	-0,00226
-0,00998	-0,00286
-0,01201	-0,0035
-0,01411	-0,00417
-0,01627	-0,00487
-0,01848	-0,00559
-0,02072	-0,00635
-0,023	-0,00712
-0,02529	-0,00791
-0,0276	-0,00872
-0,02991	-0,00954
-0,03221	-0,01037
-0,0345	-0,01122

-0,03678	-0,01208
-0,03903	-0,01295
-0,04125	-0,01383
-0,04344	-0,01471
-0,0455	-0,01577
-0,04768	-0,01649
-0,04973	-0,01739
-0,05172	-0,01829
-0,05366	-0,0192
-0,05553	-0,0201
-0,05732	-0,02102
-0,05906	-0,02191
-0,06071	-0,02281
-0,06229	-0,0237
-0,06378	-0,02459
-0,06517	-0,02549
-0,06647	-0,02639
-0,06767	-0,0273
-0,06876	-0,02823
-0,06974	-0,02916
-0,07061	-0,03009
-0,07137	-0,03102
-0,07202	-0,03193
-0,07256	-0,03283
-0,07299	-0,03369

-0,07332	-0,03451
-0,07355	-0,03528
-0,07367	-0,03599
-0,07369	-0,03664
-0,07361	-0,03721
-0,07343	-0,03771
-0,07315	-0,03811
-0,07278	-0,03841
-0,07233	-0,03861
-0,07179	-0,03871
-0,07116	-0,03872
-0,07044	-0,03865
-0,06964	-0,03851
-0,06875	-0,0383
-0,06777	-0,03803
-0,0667	-0,0377
-0,06554	-0,03733
-0,0643	-0,03691
-0,06297	-0,03645
-0,06156	-0,03596
-0,06007	-0,03542
-0,05851	-0,03484
-0,05689	-0,03421
-0,05521	-0,03352
-0,05348	-0,03278

-0,0517	-0,03197
-0,04987	-0,03111
-0,04801	-0,0302
-0,0461	-0,02924
-0,04416	-0,02823
-0,04219	-0,02718
-0,0402	-0,02608
-0,03818	-0,02495
-0,03614	-0,02378
-0,03408	-0,02258
-0,03202	-0,02135
-0,02995	-0,02009
-0,02787	-0,01882
-0,0258	-0,01753
-0,02374	-0,01623
-0,02169	-0,01492
-0,01966	-0,01361
-0,01766	-0,01231
-0,0157	-0,01101
-0,01377	-0,00973
-0,0119	-0,00847
-0,01009	-0,00724
-0,00835	-0,00605
-0,00669	-0,0049
-0,00514	-0,00382

-0,0037	-0,00281
-0,00241	-0,00189
-0,0013	-0,0011
-0,00043	-0,00047
5,92E-05	-0,00012

17.16 BLADELEMENT

16

- Radius: 0,51 m
- Kordelengde: 0,0804 m
- Vridningsvinkel 26,2822°

X Koordinater	Y Koordinater
-5,6E-05	0,000113
-0,00063	-4,1E-05
-0,00165	-0,00032
-0,00294	-0,00068
-0,00443	-0,00109
-0,00609	-0,00156
-0,00787	-0,00208
-0,00976	-0,00263
-0,01175	-0,00322
-0,0138	-0,00384
-0,01591	-0,00449
-0,01808	-0,00517
-0,02028	-0,00586
-0,0225	-0,00658
-0,02475	-0,00731
-0,027	-0,00806
-0,02926	-0,00883
-0,03152	-0,00961
-0,03376	-0,0104

-0,03599	-0,0112
-0,0382	-0,01201
-0,04037	-0,01283
-0,04252	-0,01366
-0,04454	-0,01466
-0,04668	-0,01533
-0,04869	-0,01617
-0,05064	-0,01702
-0,05254	-0,01787
-0,05437	-0,01872
-0,05613	-0,01959
-0,05784	-0,02043
-0,05946	-0,02128
-0,06101	-0,02213
-0,06247	-0,02297
-0,06385	-0,02382
-0,06512	-0,02468
-0,0663	-0,02555
-0,06738	-0,02643
-0,06835	-0,02733
-0,06921	-0,02822
-0,06996	-0,02911
-0,07061	-0,02999
-0,07115	-0,03085
-0,07159	-0,03168

-0,07192	-0,03248
-0,07215	-0,03323
-0,07228	-0,03392
-0,07231	-0,03455
-0,07224	-0,03511
-0,07207	-0,03559
-0,07181	-0,03599
-0,07145	-0,03629
-0,07101	-0,03649
-0,07049	-0,03659
-0,06988	-0,03661
-0,06918	-0,03656
-0,06839	-0,03643
-0,06752	-0,03624
-0,06656	-0,03599
-0,06552	-0,03569
-0,06439	-0,03534
-0,06317	-0,03496
-0,06187	-0,03453
-0,06049	-0,03407
-0,05903	-0,03357
-0,0575	-0,03303
-0,05591	-0,03244
-0,05427	-0,03179
-0,05257	-0,0311

-0,05082	-0,03034
-0,04903	-0,02953
-0,0472	-0,02868
-0,04533	-0,02777
-0,04343	-0,02682
-0,0415	-0,02582
-0,03954	-0,02478
-0,03755	-0,02371
-0,03555	-0,0226
-0,03353	-0,02146
-0,0315	-0,0203
-0,02947	-0,01911
-0,02743	-0,0179
-0,02539	-0,01668
-0,02336	-0,01544
-0,02135	-0,0142
-0,01935	-0,01295
-0,01739	-0,01171
-0,01545	-0,01048
-0,01356	-0,00926
-0,01172	-0,00806
-0,00993	-0,00689
-0,00822	-0,00576
-0,00659	-0,00467
-0,00506	-0,00364

-0,00365	-0,00268
-0,00238	-0,00181
-0,00129	-0,00105
-0,00042	-0,00045
5,59E-05	-0,00011

17.17 BLADELEMENT

17

- Radius: 0,53 m
- Kordelengde: 0,0784 m
- Vridningsvinkel 25,4447°

X Koordinater	Y Koordinater
-5,3E-05	0,000111
-0,00061	-3,1E-05
-0,00161	-0,00029
-0,00287	-0,00062
-0,00434	-0,001
-0,00596	-0,00144
-0,00771	-0,00192
-0,00956	-0,00243
-0,0115	-0,00298
-0,01351	-0,00355
-0,01558	-0,00415
-0,0177	-0,00478
-0,01986	-0,00543
-0,02204	-0,00609
-0,02424	-0,00678
-0,02645	-0,00748
-0,02867	-0,0082
-0,03088	-0,00892
-0,03308	-0,00966

-0,03526	-0,01041
-0,03742	-0,01117
-0,03956	-0,01194
-0,04166	-0,01271
-0,04364	-0,01366
-0,04574	-0,01428
-0,04771	-0,01508
-0,04963	-0,01588
-0,05149	-0,01668
-0,05329	-0,01748
-0,05502	-0,01831
-0,0567	-0,0191
-0,05829	-0,0199
-0,05981	-0,02071
-0,06125	-0,02151
-0,0626	-0,02232
-0,06386	-0,02314
-0,06503	-0,02397
-0,06609	-0,02482
-0,06704	-0,02567
-0,0679	-0,02653
-0,06864	-0,02739
-0,06929	-0,02824
-0,06983	-0,02907
-0,07026	-0,02988

-0,0706	-0,03065
-0,07084	-0,03137
-0,07097	-0,03205
-0,07101	-0,03266
-0,07095	-0,03321
-0,07079	-0,03368
-0,07054	-0,03407
-0,0702	-0,03437
-0,06977	-0,03457
-0,06926	-0,03468
-0,06867	-0,03471
-0,06799	-0,03467
-0,06722	-0,03455
-0,06637	-0,03438
-0,06543	-0,03415
-0,0644	-0,03387
-0,0633	-0,03355
-0,0621	-0,03319
-0,06083	-0,03279
-0,05948	-0,03236
-0,05805	-0,0319
-0,05655	-0,03139
-0,05499	-0,03084
-0,05338	-0,03023
-0,05171	-0,02958

-0,05	-0,02886
-0,04824	-0,0281
-0,04644	-0,02729
-0,04461	-0,02643
-0,04274	-0,02553
-0,04084	-0,02459
-0,03891	-0,0236
-0,03696	-0,02259
-0,03499	-0,02153
-0,03301	-0,02045
-0,03101	-0,01934
-0,02901	-0,01821
-0,027	-0,01706
-0,025	-0,0159
-0,023	-0,01472
-0,02102	-0,01354
-0,01906	-0,01236
-0,01712	-0,01118
-0,01522	-0,01
-0,01335	-0,00884
-0,01154	-0,0077
-0,00978	-0,00658
-0,0081	-0,0055
-0,00649	-0,00446
-0,00499	-0,00348

-0,0036	-0,00256
-0,00235	-0,00173
-0,00127	-0,001
-0,00042	-0,00043
5,29E-05	-0,00011

17.18 BLADELEMENT

18

- Radius: 0,55 m
- Kordelengde: 0,0766 m
- Vridningsvinkel $24,6616^{\circ}$

X Koordinater	Y Koordinater
-5E-05	0,000109
-0,0006	-2,2E-05
-0,00158	-0,00026
-0,00281	-0,00056
-0,00425	-0,00092
-0,00584	-0,00133
-0,00755	-0,00177
-0,00937	-0,00224
-0,01127	-0,00275
-0,01325	-0,00329
-0,01528	-0,00385
-0,01735	-0,00443
-0,01947	-0,00504
-0,02161	-0,00566
-0,02377	-0,0063
-0,02594	-0,00695
-0,02811	-0,00762
-0,03028	-0,0083
-0,03244	-0,00899

-0,03458	-0,0097
-0,0367	-0,01041
-0,0388	-0,01113
-0,04086	-0,01186
-0,04281	-0,01276
-0,04487	-0,01334
-0,0468	-0,01409
-0,04869	-0,01484
-0,05052	-0,0156
-0,05229	-0,01637
-0,05398	-0,01715
-0,05563	-0,0179
-0,0572	-0,01866
-0,0587	-0,01943
-0,06011	-0,02019
-0,06144	-0,02097
-0,06269	-0,02175
-0,06383	-0,02255
-0,06488	-0,02336
-0,06583	-0,02418
-0,06667	-0,02501
-0,06741	-0,02584
-0,06805	-0,02666
-0,06859	-0,02747
-0,06903	-0,02825

-0,06937	-0,02899
-0,06961	-0,0297
-0,06975	-0,03035
-0,0698	-0,03095
-0,06974	-0,03149
-0,0696	-0,03195
-0,06935	-0,03234
-0,06903	-0,03263
-0,06861	-0,03283
-0,06811	-0,03295
-0,06753	-0,03299
-0,06687	-0,03295
-0,06612	-0,03285
-0,06528	-0,03269
-0,06436	-0,03248
-0,06336	-0,03222
-0,06227	-0,03192
-0,0611	-0,03159
-0,05985	-0,03122
-0,05852	-0,03081
-0,05712	-0,03038
-0,05565	-0,0299
-0,05412	-0,02939
-0,05254	-0,02882
-0,0509	-0,0282

-0,04922	-0,02753
-0,04749	-0,0268
-0,04573	-0,02604
-0,04392	-0,02522
-0,04208	-0,02437
-0,04022	-0,02347
-0,03832	-0,02254
-0,0364	-0,02157
-0,03446	-0,02057
-0,03251	-0,01954

-0,03055	-0,01848
-0,02858	-0,0174
-0,0266	-0,01631
-0,02463	-0,0152
-0,02267	-0,01407
-0,02071	-0,01295
-0,01878	-0,01182
-0,01687	-0,01069
-0,015	-0,00957
-0,01316	-0,00846

-0,01137	-0,00736
-0,00964	-0,0063
-0,00798	-0,00526
-0,0064	-0,00427
-0,00492	-0,00333
-0,00355	-0,00245
-0,00231	-0,00165
-0,00125	-0,00096
-0,00042	-0,00042
5,02E-05	-0,00011