



HØGSKOLEN STORD/HAUGESUND

TESTING AV TANNHJULSPUMPER



Hovedprosjekt utført ved Høgskolen Stord/Haugesund - Avd. for ingeniørfag

Studieretning : Maskin - Prosess- og energiteknikk

Av : Edvard Davidsen
Svein Solvang

| | | |
|--|----------------------------------|---|
| Oppgavens tittel TESTING AV TANNHJULSPUMPER | | Rapportnummer |
| Utført av EDVARD DAVIDSEN OG SVEIN SOLVANG | | |
| Linje MASKIN | | Studieretning PROSESS- OG ENERGITEKNIKK |
| Gradering ÅPEN | Innlevert dato 23. april 1999 | Veileder ved HSH MONIKA METALLINO |
| Oppdragsgiver DELTA PUMPEFABRIKK A/S | | Kontaktperson hos oppdragsgiver JØRGEN GRØNFUR |

Ekstrakt

Rapporten tar for seg svar på fire problemstillinger knyttet til Delta Pumpefabrikk A/S sine tannhjulspumper med likestrømsmotorer. Det er sett på hvordan motorenes og pumpenes egenskaper endres ved økende mottrykk på utløpssiden av pumpa.

For motorene er det sett på gangtid, turtall og strømstyrke. For pumpa gjelder det volumstrøm, sugetrykk, løftehøyde og geodetisk sugeshøyde (maksimum sugeshøyde).

Det er også blitt sett på hvordan ulike slangekombinasjoner forskjellig fra standard, påvirker de samme egenskapene. Støynivået til pumpene er blitt målt. Dessuten er det tegnet løftehøyde-volumstrøm diagram.

For å få svar på problemstillingene er det blitt bygget et testoppsett der målinger er tatt.

Forord

I det siste året på maskin-ingeniørstudiet ved Høgskolen Stord/Haugesund, linje for prosess- og energiteknikk, inngår et hovedprosjekt på fire vekttall. Denne rapporten er resultatet av vårt hovedprosjekt der vi har testet fire tannhjulspumper for Delta Pumpefabrikk A/S i Haugesund.

Rapporten henvender seg først og fremst til oppdragsgiveren Delta Pumpefabrikk. Forhåpentligvis kan noen av resultatene brukes som dokumentasjon overfor nye og gamle kunder. Det er det vi vil oppnå med rapporten.

Kapitlene 3,4,5 og 6 samt tabellene og diagrammene i vedleggene A-D er trolig mest interessante for Delta. Her presenteres framgangsmåte og resultater. Overfor kundene er kanskje kapittel 5 og tabellene og diagrammene i vedlegg A-D det mest sentrale.

Da vi tok kontakt med Delta Pumpefabrikk høsten 1998 med forespørsel om å skrive hovedprosjekt hos dem, var fabrikken positiv. Ved besøk på fabrikken fant vi ut at oppgaven som ble presentert, var interessant.

Oppgaven krever eksperimentelt arbeid, og det var noe vi ønsket framfor rene teoretiske oppgaver. Samtidig hadde vi lyst å jobbe med pumper etter å ha vært borti emnet i faget Prosesstekniske komponenter. Vi vil derfor takke Carl Johan Høie ved Delta Pumpefabrikk som gav oss prosjektoppgaven.

Prosjektet hadde blitt vanskeligere å gjennomføre uten vår interne veileder Monika Metallinou og vår eksterne veileder Jørgen Grønfur ved Delta Pumpefabrikk. Takk til dem. Nyttige innspill og svar på spørsmål er også mottatt fra Rolf Bjerkebo ved høgskolen og Erling Hetland ved Delta. Takk også til dem.

Carl Johan Høie og høgskolen takkes også for innkjøp av til dels dyrt utstyr til testene.

Edvard Davidsen

Svein Solvang

Haugesund, 23. april 1999

Sammendrag

Rapporten presenterer resultatene av testing av fire forskjellige kombinasjoner av tannhjulspumper med likestrømsmotorer for Delta Pumpefabrikk A/S.

Det er fire typer problemstillinger som er tatt opp:

1. Hvordan gangtiden til pumpemotorene blir påvirket som følge av økende mottrykk, dvs. trykket på utløpssiden av pumpe.
2. Hvordan ulike egenskaper som turtall, volumstrøm, strømstyrke, sugetrykk, løftehøyde og geodetisk sugedybde (maksimum sugedybde) blir påvirket av økende mottrykk.
3. Hvordan de samme parametrene som over endres ved ulike slangekombinasjoner på inn- og utløpet.
4. Støynivået fra pumpene.

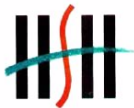
Formålet med denne oppgaven er å tallfeste en del egenskaper til pumpene for at Delta Pumpefabrikk kan bruke resultatene overfor sine kunder.

De viktigste resultatene er følgende:

- Gangtiden for pumpemotorene synker tilnærmet lineært med økende mottrykk.

For alle pumpene som er testet, ses at økende mottrykk fører til at:

- turtallet reduseres tilnærmet lineært
- volumstrøm reduseres tilnærmet lineært
- forholdet turtall/volumstrøm øker litt
- strømstyrken økes tilnærmet lineært
- sugetrykk endres noe (fjernere fra vakuum)
- løftehøyden økes tilnærmet lineært
- den geodetisk sugedybde reduseres tilnærmet lineært
- Ulike slangekombinasjoner forskjellig fra standard, fører til merkbare endringer i pumpenes egenskaper.
- Støynivået stiger med økende mottrykk.



INNHALDSFORTEGNELSE

| | |
|---|-----------|
| FORORD | 3 |
| SAMMENDRAG | 4 |
| TABELL- OG FIGURLISTE | 8 |
| 1.0 INNLEDNING | 9 |
| 1.1 TEMA, BAKGRUNN OG FORMÅL | 9 |
| 1.2 PROBLEMSTILLINGER OG AVGRENSNINGER | 9 |
| 1.3 LITT OM DELTA PUMPEFABRIKK A/S | 10 |
| 2.0 PRINSIPP (TEORI) | 11 |
| 2.1 HVA ER EN PUMPE? | 11 |
| 2.2 TANNHJULSPUMPE MED UTVENDIG FORTANNING | 11 |
| 2.3 BEREGNING AV VOLUMSTRØM | 12 |
| 2.4 IDEELL STRØMNING - BERNOULLIS LIKNING | 13 |
| 2.5 REELL STRØMNING - BERNOULLIS LIKNING MED TAPSLEDD | 13 |
| 2.6 LØFTEHØYDE | 14 |
| 2.7 SUGEHØYDE | 15 |
| 2.8 KAVITASJON | 17 |
| 2.9 ENHETER | 17 |
| 2.10 BEREGNING AV NØYAKTIGHET | 18 |
| 2.11 LIKESTRØM | 18 |
| 2.11.1 ELEKTROMOTORISK SPENNING | 18 |
| 2.11.2 EFFEKT | 19 |
| 3.0 APPARATUR OG UTSTYR | 20 |
| 3.1 PUMPENE OG MOTORENE | 20 |
| 3.2 DIESEL | 21 |
| 3.3 TANKENE | 21 |
| 3.3.1 PLEXI-GLASS | 22 |
| 3.3.2 RAMMENE | 22 |
| 3.3.3 FUGEMASSE | 23 |
| 3.3.4 SAMMENSETTING | 23 |
| 3.5 HØYDE | 23 |
| 3.6 STRØMFORSYNING | 23 |
| 3.6.1 BATTERIER | 23 |
| 3.6.2 STRØMKABLER | 24 |
| 3.6.3 STRØMBRYTER | 24 |
| 3.7 MÅLEUTSTYR | 24 |
| 3.7.1 TURTELLER | 24 |



| | |
|---|-----------|
| 3.7.2 TEMPERATURMÅLER | 25 |
| 3.7.3 TRYKKMÅLER (MANOMETER) | 25 |
| 3.7.4 STRØMTANG | 25 |
| 3.7.5 MULTIMETER | 25 |
| 3.7.6 STØYMÅLER | 26 |
| 3.8 RØRDELER OG TILBEHØR | 26 |
| 3.8.1 VENTIL | 26 |
| 3.8.2 T-RØR | 27 |
| 3.8.3 OVERGANGER | 27 |
| 3.8.4 OLJESLANGER | 27 |
| 3.8.5 SLANGENIPPLER | 27 |
| 3.8.6 SLANGEKLEMMER | 28 |
| 3.8.7 HAMP OG TETNINGSMIDDEL | 28 |
| 3.8.8 ANNET | 28 |
| 4.0 UTFØRELSE | 29 |
| 4.1 GANGTEST | 29 |
| 4.1.1 FØR SELVE PUMPINGEN | 29 |
| 4.1.2 UNDER PUMPINGEN | 30 |
| 4.1.3 SPESIELT OM GANGTEST AV 676-24V | 30 |
| 4.1.4 SPESIELT OM GANGTEST AV 595A-24V | 30 |
| 4.2 PUMPING VED ULIKE MOTTRYKK | 31 |
| 4.2.1 FØR SELVE PUMPINGEN | 31 |
| 4.2.2 UNDER PUMPINGEN | 32 |
| 4.2.3 ETTER PUMPINGEN | 32 |
| 4.2.4 BEREGNINGER OG TEGNING AV DIAGRAMMER | 33 |
| 4.3 PUMPING MED ULIKE SLANGESTØRRELSER | 33 |
| 4.3.1 FØR SELVE PUMPINGEN | 33 |
| 4.3.2 UNDER PUMPINGEN | 34 |
| 4.3.3 ETTER PUMPINGEN | 34 |
| 4.3.4 BEREGNINGER OG TEGNING AV DIAGRAMMER | 34 |
| 4.4 STØYTEST | 34 |
| 5.0 RESULTATER OG DISKUSJON | 35 |
| 5.1 GANGTEST | 35 |
| 5.1.1 RESULTATER 676-24V | 35 |
| 5.1.2 DISKUSJON 676-24V | 36 |
| 5.1.3 RESULTATER 595A-24V | 37 |
| 5.1.4 DISKUSJON 595A-24V | 38 |
| 5.2 PUMPING VED ULIKE MOTTRYKK | 39 |
| 5.2.1 TURTALL | 39 |
| 5.2.2 VOLUMSTRØM | 40 |
| 5.2.3 FORHOLDET TURTALL / VOLUMSTRØM | 41 |
| 5.2.4 STRØMSTYRKE | 42 |
| 5.2.5 SUGETRYKKET | 43 |
| 5.2.6 LØFTEHØYDE | 44 |
| 5.2.7 GEODETISK SUGEHØYDE | 45 |
| 5.2.8 LØFTEHØYDE OG VOLUMSTRØM | 46 |
| 5.3 PUMPING MED ULIKE SLANGESTØRRELSER | 47 |
| 5.3.1 OPPBYGD MOTTRYKK | 47 |
| 5.3.2 TURTALL | 48 |



| | |
|--|-----------|
| 5.3.3 VOLUMSTRØM | 49 |
| 5.3.4 STRØMSTYRKE | 50 |
| 5.3.4 SUGETRYKKET | 51 |
| 5.3.5 GEODETISK SUGEHØYDE | 51 |
| 5.3.6 LØFTEHØYDE | 52 |
| 5.4 STØYTEST | 53 |
| 5.4.1 RESULTATER OG DISKUSJON | 53 |
| | |
| 6.0 KONKLUSJON | 55 |
| | |
| SYMBOLLISTE | 56 |
| | |
| LITTERATURLISTE | 57 |
| | |
| VEDLEGG | |
| | |
| VEDLEGG A: 676-24V - RESULTATER PRESENTERT I TABELLER OG FIGURER | |
| VEDLEGG B: 676-12V - RESULTATER PRESENTERT I TABELLER OG FIGURER | |
| VEDLEGG C: 595A-24V - RESULTATER PRESENTERT I TABELLER OG FIGURER | |
| VEDLEGG D: 595B-24V - RESULTATER PRESENTERT I TABELLER OG FIGURER | |
| VEDLEGG E: TEGNING AV TESTOPPSETT VED ULIKE MOTTRYKK | |
| VEDLEGG F: TEGNING AV 595A-24V | |
| VEDLEGG G: TEGNING AV 595B-24V | |
| VEDLEGG H: TESTSKJEMA | |



Tabell- og figurliste

Tabeller:

| | |
|---|----|
| Tabell 3.1: Egenskaper til likestrømsmotorene | 20 |
| Tabell 3.2: Bestemmelse av tankarealet | 22 |
| Tabell 5.1: Støynivå for alle pumpene ved 0 barg mottrykk | 53 |
| Tabell 5.2: Støynivå for 595B-24V ved ulike mottrykk | 54 |

Figurer:

| | |
|--|----|
| Figur 2. 1: Prinsipp for tannhjulspumpe | 11 |
| Figur 2. 2: Pumping fra tank | 16 |
| Figur 2. 3: Likestrømskrets | 18 |
| Figur 2. 4: Forholdet mellom U og I | 19 |
| Figur 3. 1: Likestrømsmotorene | 20 |
| Figur 3. 2: Pumpa 595B-24V | 21 |
| Figur 3. 3: Pumpa 676-24V i treramme | 21 |
| Figur 3. 2: Tank | 22 |
| Figur 3. 3: Strømbryter-boks | 24 |
| Figur 3. 4: Måleutstyr | 26 |
| Figur 3. 5: Rørdeler | 27 |
| Figur 3. 6: Ulike slangestørrelser | 27 |
| Figur 3. 7: Hamp og tetningsmiddel | 28 |
| Figur 4. 1: Oppsett ved gangtest | 29 |
| Figur 4. 2: Pumping ved ulike mottrykk | 32 |
| Figur 5. 1: Temperaturutvikling i motor B for 676-24V ved 0 barg mottrykk | 35 |
| Figur 5. 2: Trendlinje for gangtid for 676-24V ved ulike mottrykk | 36 |
| Figur 5. 3: Temperaturutvikling for motorene A,B,C og D for 595A-24V ved 0 barg mottrykk | 37 |
| Figur 5. 4: Trendlinje for gangtid for 595A-24V ved ulike mottrykk | 38 |
| Figur 5. 5: Trendlinjer for turtallet i pumpene ved ulike mottrykk | 39 |
| Figur 5. 6: Trendlinjer for volumstrømmen til pumpene ved ulike mottrykk | 40 |
| Figur 5. 7: Turtall / volumstrøm for 595B-24V ved ulike mottrykk | 41 |
| Figur 5. 8: Trendlinjer for strømmen i pumpene ved ulike mottrykk | 42 |
| Figur 5. 9: Sugetrykk for 676-24V ved ulike mottrykk | 43 |
| Figur 5. 10: Trendlinjer for løftehøyden til pumpene ved ulike mottrykk | 44 |
| Figur 5. 11: Trendlinjer for geodetisk sugehøyde til pumpene ved ulike mottrykk | 45 |
| Figur 5. 12: Løftehøyde vs volumstrøm for pumpene | 46 |
| Figur 5. 13: Løftehøyde vs volumstrøm | 47 |
| Figur 5. 14: Oppbygd mottrykk for 595A-24V ved ulike slangekombinasjoner | 47 |
| Figur 5. 15: Turtall for 595A-24V ved ulike slangekombinasjoner | 48 |
| Figur 5. 16: Volumstrøm for 595A-24V for ulike slangekombinasjoner | 49 |
| Figur 5. 17: Strømstyrke for 595A-24V for ulike slangekombinasjoner | 50 |
| Figur 5. 18: Sugetrykk for 595A-24V for ulike slangekombinasjoner | 51 |
| Figur 5. 19: Geodetisk sugehøyde for 595A-24V ved ulike slangekombinasjoner | 52 |
| Figur 5. 20: Løftehøyde for 595A-24V ved ulike slangekombinasjoner | 53 |
| Figur 5. 21: Støynivå for 595B-24V ved ulike mottrykk | 54 |

1.0 Innledning

1.1 Tema, bakgrunn og formål

Temaet for denne oppgaven er testing av tannhjulspumper. Oppgaven besto i hovedsak altså av eksperimentelt arbeid. Fire forskjellige kombinasjoner av pumper med drivenhet ble testet.

Bakgrunnen for oppgaven er at Delta Pumpefabrikk ønsket å få mer dokumentasjon om fire av pumpene sine. Det gjaldt pumpene 676-24V, 676-12V, 595A-24V og 595B-24V som alle blir drevet av likestrømsmotorer. De er produsert for å pumpe diesel.

Fabrikken har selv årelang erfaring i produksjon av tannhjulspumper, og vet derfor mye om hvilke egenskaper pumpene har. Delta ønsket likevel å få tatt mer omfattende tester og få tallfestet en del av egenskapene.

Formålet med denne oppgaven er altså å tallfeste en del egenskaper til pumpene for Delta Pumpefabrikk slik at de kan bruke resultatene overfor sine kunder.

1.2 Problemstillinger og avgrensninger

Det var 4 typer problemstillinger som det skulle finnes svar på:

1. Den første problemstillingen er hvordan gangtiden til pumpemotorene blir påvirket som følge av økende mottrykk, dvs. trykket på utløpssiden.
2. Den andre problemstillingen er å finne ut hvordan ulike egenskaper som turtall, volumstrøm, strømstyrke, motorens effekt, sugetrykk, løftehøyde og geodetisk sugeshøyde (maksimum sugeshøyde) blir påvirket av økende mottrykk.
3. Problemstilling nummer tre er å finne ut hvordan de samme parametrene som over endres ved ulike slangekombinasjoner på inn- og utløpet.
4. Den fjerde problemstillingen var å måle støynivået fra pumpene.

Gangtest ble bare utført på pumpene 676-24V og 595A-24V. De ble valgt fordi de selges i større antall enn de andre.

Pumping ved ulike mottrykk ble foretatt på alle fire pumpene, mens testing med ulike slangekombinasjoner kun ble utført på 676-24V og 595A-24V av samme grunn som ovenfor.



Støyttest ble tatt for alle pumpene uten mottrykk, og for 595B-24V ved ulike mottrykk. Dette fordi støymåleren ble sent tilgjengelig og pumpe 595B-24V var den siste som ble testet.

1.3 Litt om Delta Pumpefabrikk A/S

Delta Pumpefabrikk A/S er en videreføring av J.R. Høie, Smie og Mekanisk Verksted som ble etablert i Haugesund i 1878. I 1908 ble firmanavnet endret til Møllerveien Mek. Verksted, med bl.a. produksjon av små glødehodemotorer, inntil bedriften i 1954 flyttet inn i sin nåværende fabrikkbygning under navnet Delta Pumpefabrikk A/S. Fra en forsiktig oppstart med primitivt utstyr, har produksjonen fulgt den tekniske utvikling frem til dagens moderne maskinpark og tidsmessige fabrikklokaler.

Produksjon av tannhjulspumper kom i gang i 1932. Det var langsomtgående, reimdrevne lense- og spylepumper med fiskeflåten som største kundekrets.

I de følgende årene kom nye og hurtiggående pumper i produksjon, samtidig som DELTA pumpe ble introdusert på nye markeder - også eksport markedet. Det produseres årlig ca. 3000 pumper, hovedsakelig for skipsindustri og annen industri. Markedet ligger i Norge, men 25% av pumpene eksporteres, hovedsakelig til en gravemaskinprodusent i Frankrike/Tyskland, Liebherr.

DELTA pumpe leveres i dag med kapasiteter opp til 30 m³/time og er beregnet for de fleste væsker, fri for fremmedlegemer.

Delta Pumpefabrikk A/S er mer enn pumper. Gjennom flere tiår har fabrikkens vært leverandør av tannhjul og kjedehjul til maskin- og motorfabrikker, og mekaniske verksteder her i landet.

I dag har bedriften 25 ansatte som jobber to skift for å produsere pumper og maskinere deler til annen industri i Rogaland og Hordaland.

Delta Pumpefabrikk har årelang erfaring i beregning og konstruksjon av tannhjul, og maskinoperatørene har til rådighet CNC-maskiner (Communications Network Control), dvs. datastyrte verkstedsmaskiner og måleutstyr av høy standard.

2.0 Prinsipp (teori)

2.1 Hva er en pumpe?

En pumpe transporterer væsker av forskjellige slag og har som formål å øke energien i disse. Felles for alle pumper er at de utfører et arbeid og overfører energien til pumpemediet. [1].

Det skiller mellom ulike oppgaver en pumpe kan ha:

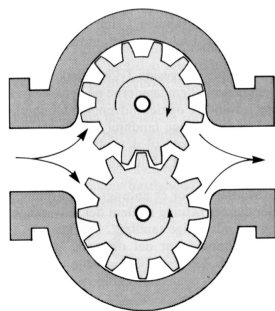
- Oppgaven er ofte å frakte pumpemediet fra et lavere til et høyere nivå. Da øker væskens stillingsenergi (potensielle energi).
- En annen oppgave kan være å trykke væsken inn i en tank eller beholder med høyere trykk enn omgivelsene. Da øker væskens trykknenergi.

Hovedoppgaven til en pumpe er oftest en kombinasjon av disse deloppgavene. [1].

En annen energiform som også nødvendigvis øker når pumpa er i drift, er væskens bevegelsesenergi. Jo større hastighet i rørledningene, desto større bevegelsesenergi.

2.2 Tannhjulspumpe med utvendig fortanning

Tannhjulspumper er av typen roterende fortrenningspumper. Felles for fortrenningspumper er at de gir en tilnærmet konstant volumstrøm ved et fast omdreiningstall på tross av endring i mottrykket. [2].



Tannhjulspumpa har to like store tannhjul med utvendig fortanning. Tannhjulene er innpasset i et pumpehus. Pumpeakslingen driver det ene hjulet som så igjen driver det andre. Tannhjulene arbeider altså i inngrep med hverandre.

Når hjulene roterer, trekker de med seg væske i mellomrommene mellom tennene og fører den fram langs innerveggene av pumpehuset fra sugesiden til trykksiden. Figur 2.1 viser arbeidsprinsippet til tannhjulspumper. [2].

Figur 2. 1:
Prinsipp for
tannhjulspumpe

Ved rotasjon, når tennene går i inngrep på sugesiden, skapes en sugeeffekt. [3]. Tannhjulspumpa er altså selvsugende.

Klaringen mellom veggene i pumpehuset og tanntoppene skal være minst mulig for å hindre at væsken lekker tilbake (lekkasjetap eller

spaltetap). På trykksiden blir væsken hindret i å strømme tilbake, og støtes ut på grunn av tetningen tennene gir når de griper inn i hverandre.

Hvis en skulle fått maksimal volummetrisk virkningsgrad, så skulle det ikke ha vært lekkasje mellom tennene og en skulle unngått klaringen mellom tannhjulene og pumpehuset. Det ville derimot gi en stor belastning på lagrene og dermed slitasje og redusert mekanisk virkningsgrad. [2]. Pumpeprodusentene prøver derfor å finne et kompromiss, slik at den samlede virkningsgrad blir størst mulig. Jo flere tenner, jo mindre blir lekkasjetapene.

Tannhjulspumpa gir jevn og støtfri væskelevering, men bør ikke brukes for væsker med faste partikler. Den er ideell til pumping av olje og andre relativt tyntflytende væsker. Pumpa blir ofte brukt som smøroljepumpe, og på grunn av den gode smøringen blir slitasjen minimal. [2].

Materialet i tannhjulspumpene er oftest herdet og slipt stål, mens materialet i pumpehuset er av støpejern. Det er en betingelse at materialene er korrosjonsbestandige overfor pumpemediet.

2.3 Beregning av volumstrøm

Stasjonær strømning oppstår når fart og trykk er konstant i alle punkter i et strømmende medium. Når strømmingen er stasjonær og det verken tilføres eller avgis væske mellom to rørsnitt med forskjellig areal A_1 og A_2 , vil det strømme like stor masse dm gjennom begge tverrsnittene i tiden dt .

Massestrømmen q_m den massen dm som passerer gjennom en flate i løpet av tiden dt :

$$q_m = \frac{dm}{dt} = \rho Av \quad (2.1)$$

der ρ er tettheten til mediet [kg/m^3], A er tverrsnittsarealet i røret [m^2] og v er farten til mediet [m/s].

Når massen dm passerer gjennom en flate dV , defineres volumstrømmen q_v som:

$$q_v = \frac{dV}{dt} = Av \quad (2.2)$$

For å finne dV ved målingene er det brukt en tank med tverrsnittsareal A_{tank} . Tankarealet er så multiplisert med høydeendringen ($h_{\text{etter}} - h_{\text{før}}$) i tanken etter pumping. Formelen for volumstrøm blir da:

$$q_v = \frac{dV}{dt} = \frac{A_{\text{tank}} (h_{\text{etter}} - h_{\text{før}})}{t} \quad (2.3)$$

2.4 Ideell strømning - Bernoullis likning

Hvis strømningen i et rør ses på som tapsfri, består energiinnholdet i en rørstrømning hovedsakelig av tre energiformer, nemlig:

Stillingsenergi (potensiell energi i tyngdefeltet): mgh [Nm]

Trykkenergi: $pV = p \frac{m}{\rho}$ [Nm]

Bevegelsesenergi (kinetisk energi): $\frac{mv^2}{2}$ [Nm]

Dersom rørledningen oppfattes som et lukket system, er summen av energimengdene konstant og den samme ved ulike tverrsnitt av ledningen. [4].
Dermed fås, når ρ regnes som konstant, at:

$$mgh_1 + \frac{mp_1}{\rho} + \frac{mv_1^2}{2} = mgh_2 + \frac{mp_2}{\rho} + \frac{mv_2^2}{2} \quad (2.4)$$

Bernoullis likning sier at: summen av trykkenergi, potensiell energi og kinetisk energi er konstant i ethvert punkt langs en vilkårlig strømlinje.

$$mgh + \frac{mp}{\rho} + \frac{mv^2}{2} = konst. \quad (2.5)$$

Dersom alle leddene i likningen ovenfor divideres med mg , fås likningen på høydeform. Alle leddene har enhet m (lengde).

$$h + \frac{p}{\rho g} + \frac{v^2}{2g} = konst. \quad (2.6)$$

2.5 Reell strømning - Bernoullis likning med tapsledd

Ifølge ligning 2.4 vil den mekaniske energien være bevart for et strømmende idealfluid, som er friksjonsfritt og inkompressibelt. Men i virkeligheten er aldri strømningen tapsfri. For et reelt fluid vil nemlig noe mekanisk energi gå tapt i strømningen. Energisummen vil bli mindre i fra punkt 1 til punkt 2.

Derfor inkluderes tapsledd i Bernoullis likning for at den skal kunne beskrive strømning av reelle fluider. Høydelikningen blir da:

$$h_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} = h_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{v_2^2}{2g} + h_t \quad (2.7)$$

der h_t kalles tapshøyden. [4].

2.6 Løftehøyde

En væske som i et punkt har høyden h_1 , hastigheten v_1 og trykket p_1 , har et totalt energiinnhold lik:

$$W_1 = mgh_1 + \frac{mp_1}{\rho} + \frac{mv_1^2}{2} \quad (2.8)$$

(jmf. formel 2.5)

Hvis den samme væsken i et annet punkt skal ha høyden h_2 , trykket p_2 og hastigheten v_2 , blir dens energiinnhold i dette punktet:

$$W_2 = mgh_2 + \frac{mp_2}{\rho} + \frac{mv_2^2}{2} \quad (2.9)$$

Hvis $W_2 > W_1$, blir det pumpens oppgave å tilføre den nødvendige energi (+ energitap pga. rørfriksjon = mgh_t). Altså er:

$$W = W_2 - W_1 + mgh_t = m \cdot \left(g(h_2 - h_1 + h_t) + \frac{p_2 - p_1}{\rho} + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2} \right) \quad (2.10)$$

Dette kan skrives om til:

$$\frac{W}{mg} = h_2 - h_1 + h_t + \frac{p_2 - p_1}{\rho g} + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} \quad (2.11)$$

Enhetene viser at $\frac{W}{mg} : \frac{[J]}{\left[\text{kg} \frac{m}{s^2} \right]} = \frac{[Nm]}{[N]} = [m]$

$\frac{W}{mg}$ kan altså betegnes som en høyde.

$$H = \frac{W}{mg} \quad (2.12)$$

En pumpes evne til å øke en væskes energi blir vanligvis angitt med denne løftehøyden H .

Det er vesentlig å merke seg at denne løftehøyden H ikke bare angir hvor høyt pumpen løfter væsken, men innbefatter også trykk- og hastighetsøkning og tapshøyden. [1].

Høydeforskjellen (h_2-h_1) kalles for den *geodetiske transporthøyden* H_g (og angir hvor høyt væsken faktisk blir transportert). Med dette fås følgende likning for løftehøyden H :

$$H = H_g + \frac{p_2 - p_1}{\rho g} + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} + h_t \quad (2.13)$$

Ved prøving av nye pumper plasserer man en trykkmåler på hver sin side av pumpen, så nær som mulig slik at en kan se bort fra h_t . [1].

Når røret gjøres horisontalt med samme diameter før og etter pumpen blir $H_g = h_2-h_1 = 0$ og $v_2 = v_1$. Løftehøyden finnes da av:

$$H = \frac{p_t - p_s}{\rho g} \quad (2.14)$$

hvor p_t = trykksidetrykk (mottrykk) og p_s = sugetrykk.

Dersom diametrene ikke er de samme på trykk- og sugesiden, v_t er altså ulik v_s , blir løftehøyden H :

$$H = \frac{p_t - p_s}{\rho g} + \frac{v_t^2 - v_s^2}{2g} \quad (2.15)$$

Fra formel 2.2 går det fram at

$$v = \frac{q_v}{A} \quad (2.16)$$

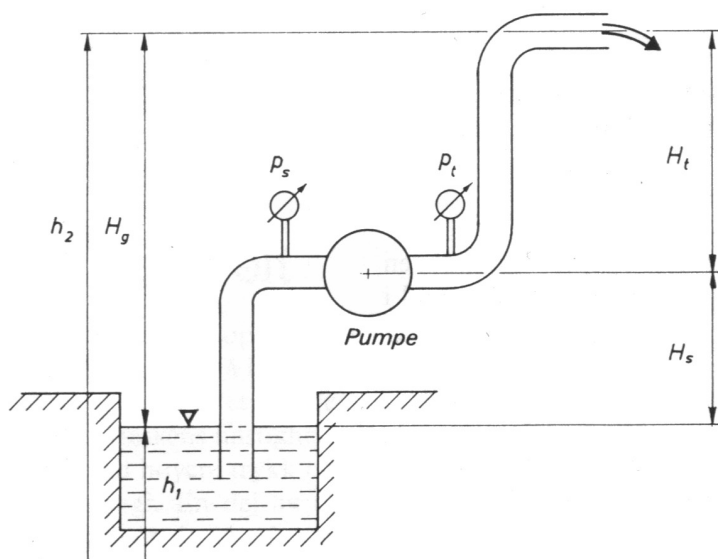
Innsatt i 2.15 gir dette:

$$H = \frac{p_t - p_s}{\rho g} + \frac{\left(\frac{q_v}{A_t}\right)^2 - \left(\frac{q_v}{A_s}\right)^2}{2g} \quad (2.17)$$

der A_t er slangeareal på utløpssiden og A_s er slangeareal på sugesiden.

2.7 Sugehøyde

Når det gjelder plasseringen av pumper, deles den geodetiske transporthøyden H_g i den *geodetiske sugehøyde* H_s og *geodetiske trykkehøyde* H_t . [1]. Se figur 2.2. [1].



Figur 2. 2: Pumping fra tank

Fordi en pumpe er plassert over væskeflaten, må den suge opp væsken fra denne. Sugevirkningen oppnås ved at pumpen skaffer seg et undertrykk ved innløpet.

Dersom lufttrykket betegnes med p_0 og sugetrykket med p_s kan Bernoullis likning settes opp for væskeflaten i tanken og for pumpas innløp. Høyden fra væskeflaten til pumpas innløp betegnes med H_s :

$$h_o + \frac{p_o}{\rho g} + \frac{v_o^2}{2g} = H_s + \frac{p_s}{\rho g} + \frac{v_s^2}{2g} + h_t \quad (2.18)$$

I denne likningen ses det bort fra væskeflatens hastighet, $v_o = 0$. Høyden ved væskeflaten h_o er satt lik null. Uttrykket blir da:

$$\frac{p_o}{\rho \cdot g} = H_s + \frac{p_s}{\rho g} + \frac{v_s^2}{2g} + h_t \quad (2.19)$$

eller skrevet på en annen måte:

$$H_s = \frac{p_o - p_s}{\rho g} - \frac{v_s^2}{2g} - h_t \quad (2.20)$$

der p_s er sugetrykket og v_s er væskens fart ved innløpet. Dersom h_t ignoreres og uttrykket i formel 2.16 settes inn, fås formelen:

$$H_s = \frac{p_o - p_s}{\rho g} - \frac{\left(\frac{q_v}{A_s}\right)^2}{2g} - h_t \quad (2.21)$$

Dersom det er absolutt vakuum i pumpa ($p_s = 0$), og rørdiameteren blir så stor at v_s blir liten, kan en se bort fra leddene $\frac{v_s^2}{2g}$ og h_t i formel 2.20, og får da:

$$\frac{p_0}{\rho \cdot g} \approx H_s \quad (2.22)$$

Av 2.22 kan det beregnes at ved normal barometerstand vil H_s bli ca. 12,3 m for diesel med tetthet 835 kg/m^3 (for vann blir H_s ca. 10 m). Det er ideellt, men i praksis vil H_s være betydelig lavere. [1].

2.8 Kavitasjon

Hvis p_s i et punkt av pumpa er mindre eller lik væskas damptrykk ved aktuell væsketemperatur, vil det danne seg dampblærer (kaviteter) i væsken. [1].

Når dampblærene gjennom pumpa støter på høyere trykk, imploderer de hurtig til væske. Det oppstår en karakteristisk støy fra pumpa, samtidig som løftehøyde og effektopptak reduseres. [2]. Kavitasjon kan gjøre at pumpekapasiteten synker drastisk og at materiale blir revet løs fra pumpa. [1].

Risikoen for kavitasjon blir større ved økende temperatur. [2].

Delta Pumpefabrikk har ikke hatt problemer med kavitasjon på sine tannhjulspumper.

2.9 Enheter

For trykk er SI-enheten Pa. Trykkmålerne som ble brukt, måler trykket som et overtrykk eller undertrykk i forhold til lufttrykket p_0 . Lufttrykket p_0 er 1,01325 bar. Over- eller undertrykket betegnes med p_{gauge} og måles i barg der g står for gauge.

Formelen for omregning av trykkverdiene blir da:

$$P_{\text{absolutt}} = P_0 + P_{\text{gauge}} \quad (2.23)$$

Når det absolutte trykket er funnet, regnes det om fra bar (bara) til Pa ved hjelp av:

$$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa} \quad (2.24)$$

Med SI-enheter angis volumstrøm med m^3/s . De beregnede volumstrømmene er framstilt i tabeller og figurer som dm^3/min . I formlene over må volumstrømmene angis i SI-enheter. Omregning skjer ved:

$$1 \text{ m}^3/\text{s} = 60000 \text{ dm}^3/\text{min} \quad (2.25)$$

SI-enheter må brukes i alle formler presentert i kapittel 2.

2.10 Beregning av nøyaktighet

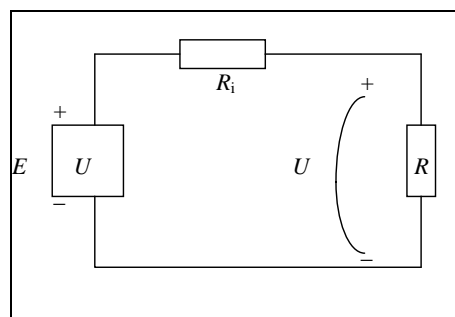
I beregninger av volumstrøm q_v , løftehøyde H , og geodetisk sugeshøyde H_s inngår målte og avleste verdier for trykk, tankareal, væskehøyder og tid. Disse størrelsene er forbundet med måleusikkerhet.

2.11 Likestrøm

2.11.1 Elektromotorisk spenning

Spenningskilden i figur 2.3 representerer en såkalt *ems* (elektromotorisk spenning), E . Ems-en har enhet V (volt). [5].

Ved testene som er blitt utført, er ems-en generert kjemisk av batteriene. Spenningskildens indre resistans er R_i med enhet Ω (ohm).



Figur 2. 3: Likestrømskrets

Den elektromotoriske spenningen E driver *strømmen* I gjennom en ytre belastning med resistans R . I har enhet A (Ampere). Over R ligger *klemmespenningen* U som har enhet V. Den kan måles utenfra, mellom spenningskildens klemmer, derav navnet klemmespenning. [5].

Resistansene betraktes som ideelle, og da gjelder *Ohms lov*:

$$I = \frac{E}{R_i + R} \quad (2.26)$$

ettersom R_i og R er koblet i serie. Likningene kan da skrives:

$$E = R_i \cdot I + R \cdot I \quad (2.27)$$

det vil si:

$$E = R_i \cdot I + U \quad (2.28)$$

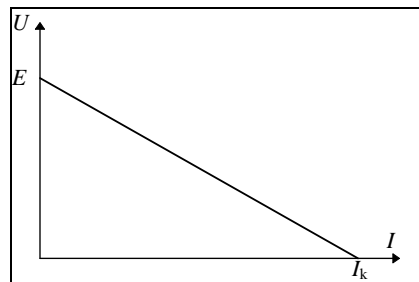
Denne formuleringen er et spesielt tilfelle av Kirchhoffs andre lov, som sier at «i en sluttet krets er summen av alle ems-er lik summen av alle spenningsfallene». [5].

Dersom vi skriver

$$U = E - R_i \cdot I \quad (2.29)$$

blir forholdet mellom U og I , når det uttrykkes grafisk, en rett linje med negativ helning. [5]. Se fig. 2.4. (I_k er kortslutningstrømmen).

Av dette sluttes at jo større strømmen blir, jo mindre blir klemmespenningen.



Figur 2. 4:Forholdet mellom U og I

2.11.2 Effekt

Beregning av effekten P i enhet W (Watt) i likestrømskretser skjer ved hjelp av formelen:

$$P = UI \quad (2.30)$$

Kombineres denne likningen med Ohms lov, fås to nye uttrykk for effekt:

$$P = UI = RI \cdot I = RI^2 \quad (2.31)$$

og

$$P = UI = U \cdot \frac{U}{R} = \frac{U^2}{R} \quad (2.32)$$

Fordi klemmespenningen under testene av tannhjulspumpene kun ble målt før belastningen ble satt på (dvs. ems-en ble målt), kan ikke effekten beregnes av formelen 2.30, $P = UI$. Dette fordi U vil bli mindre under belastning enn uten. Årsaken til det er at strømmen ikke er null mens pumpa går, se formel 2.29 og figur 2.4.

Samtidig blir også U mindre mens pumping foregår fordi batteri tappes og ems-en blir litt mindre. For å få et riktig mål for effektbruken burde strøm og spenning blitt logget hele tiden mens pumping foregikk. Også strømmen I varierer noe under pumpingen. Derfor kan altså ikke formelen $P=UI$ brukes til å beregne pumpemotorenes effekt nøyaktig.

3.0 Apparatutstyr

Følgende utstyr ble brukt for å bygge opp et testoppsett for pumpene. Se vedlegg E og figur 4.2 for oppsettet ved pumping ved ulike mottrykk og figur 4.1 for oppsett ved gangtest.

3.1 Pumpene og motorene

Det er testet fire forskjellige kombinasjoner av tannhjulspumper med drivenhet.

- 676-24V med motor KOA 2410
- 676-12V med motor HMS Redditch
- 595A-24V med motor KAB 2406
- 595B-24V med motor KAB 2406

Alle motorene er likestrømsmotorer. Noen egenskaper for motorene er vist i tabell 3.1.

Tabell 3.1: Egenskaper til likestrømsmotorene

| Motor | Merkeeffekt [kW] | Spenningskilde [V] | Turtall [rpm] | Gangtid [minutter] |
|--------------|------------------|--------------------|---------------|--------------------|
| KOA 2410 | 0,5 | 24 | 3200 | 4 |
| KAB 2406 | 0,84 | 24 | 2500 | 12 |
| HMS Redditch | 1,2 | 12 | Ikke oppgitt | 4 |

I figur 3.1 ses fra venstre motorene KAB 2406, KOA 2410 og HMS Redditch.



Figur 3. 1: Likestrømsmotorene

Forskjellen på 676-24V og 676-12V er bare at de bruker forskjellige motorer. Selve pumpe 676 (uten motor) er den samme på begge to. Både innløp og utløp er 1".

Det ble bare brukt en pumpe 676 (uten motor) under testene. Fire 24V-motorer KOA 2410 ble brukt og merket med A, B, C og D. To 12V-motorer HMS Redditch ble brukt og betegnet med A og B.

Motorene på pumpene 595A-24V og 595B-24V er de samme, KAB 2406. Selve pumpa (uten motor) er også lik bortsett fra at 595A har 1" innløp og 595B har 5/4". Utløpet på begge er 1". Se vedlegg F og G. Figur 3.2 viser 595B-24V. På forsiden av rapporten er 595A-24V avbildet.

KAB 2406-motorene ble merket med A,B,C og D. Alle fire ble brukt ved testing av 595A-24V, mens kun A og B ble brukt for 595B-24V.



Figur 3.2: Pumpa 595B-24V



Figur 3. 3: Pumpa 676-24V i treramme

Pumpene 595A-24V og 595B-24V ble skrudd i treplater for å stå stødig. Se figur 3.2.

Pumpehuset til 676 måtte stå opp-ned for at turtallet kunne måles. Derfor ble det laget en enkel treramme å feste den i. Se figur 3.3.

3.2 Diesel

Pumpene er produsert for å pumpe diesel. Rød diesel ble derfor brukt som pumpemedium. Totalt ble det bestilt 140 dm^3 . Dette ble levert på dieselfat. Tettheten ble fra leverandør oppgitt å være 835 kg/m^3 .

3.3 Tankene

Muligheten til å pumpe diesel mellom to tanker og samtidig kunne lese av nivået i disse tankene var ønskelig. Tankene skulle ha et indre volum på 150 dm^3 . For å få en stabil tank samtidig som bunnarealet ikke ble for stort, falt valget på kvadratisk bunn med innvendige sider 0,50 m og høyde 0,60 m.

Grunnflaten burde ikke være for stor. Ved avlesing av høyden med diesel i tanken og påfølgende beregning av volumet, så tilsvarer 1 mm høyde et mindre volum ved liten grunnflate enn med stor. Dermed blir avlesning mer nøyaktig ved liten grunnflate.

Valget ble å lage tankene av plexi-glass plassert i aluminiumsrammer . Polyurethane ble brukt som fugemasse. I tillegg til selve tankene ble det laget to lokk, det ene med et hull og det andre med to hull til oljeslangene der hullene lå i hver sin ende av lokket. Diameteren på hullene er ca. 60 mm.



Figur 3. 2: Tank

På tankene ble det festet et mm-målbånd for å lese av væskehøyden. Usikkerheten i avlesning ble dermed $\pm 0,0005$ m eller $\pm 0,5$ mm.

Arealet A_{tank} ble bestemt ved å finne de innvendige målene på tankene samt trekke fra et anslått areal på grunn av fugemassen i hjørnene.

Tabell 3.2: Bestemmelse av tankarealet

| | Lengde [m] | Bredde [m] | Areal [m ²] | Tap hjørner [m ²] | Anslått areal [m ²] |
|--------|------------|------------|-------------------------|-------------------------------|---------------------------------|
| Tank 1 | 0,509 | 0,503 | 0,2560 | 0,0002 | 0,2558 |
| Tank 2 | 0,510 | 0,503 | 0,2565 | 0,0002 | 0,2563 |

På bakgrunn av tabellen ovenfor ble $A_{\text{tank}} = 0,256$ m² brukt ved beregningene i formelen 2.3. Usikkerheten er satt til $\pm 0,0005$ m².

3.3.1 Plexi-glass

Plexi-glass er enklere å håndtere ved montering og bruk av tankene enn vanlig glass. Dessuten er det større fare for å knuse vanlig glass dersom uhellet er ute. Plexi-glass er heller ikke særlig dyrere enn vanlig. Glassmester anbefalte 10 mm tykkelse på plexi-glasset ved de oppgitte målene på tanken.

3.3.2 Rammene

Rammene for tankene ble laget av 40 mm aluminiumsvinkel. Det skulle dermed bli stor nok hefteflate mellom glass og ramme. Aluminium er dessuten mye lettere enn stål. Produsenten fikk de innvendige målene for rammene der det var tatt hensyn til glasstykkelse pluss litt slingringsmonn på grunn av hefteflate mellom glass og ramme.

3.3.3 Fugemasse

Det var ikke selvsagt at vanlig silikon kunne brukes som fugemasse mellom glassplatene og rammene når tanken skulle inneholde diesel. Leverandør opplyste omsider at fugemassen Polyurethane kunne brukes. Vanlig silikon kunne brukes hvis det dreide seg om sporadisk og kortvarig oppbevaring av diesel i tanken, men det kunne ikke garanteres at fugemassen holdt tett ved lengre opphold.

Valget ble derfor for sikkerhets skyld å bruke Polyurethane selv om denne var dyrere enn vanlig silikon. Sammen med Polyurethane ble det også anbefalt å bruke primer og sandpapir. Det var for at glasset skulle få ruere overflate og dermed hefte bedre med fugemassen. Aceton ble brukt fordi det ble fortalt at det skulle gjøre samme nytten.

3.3.4 Sammensetting

Etter sammensetting av glass og ramme viste det seg ved vanntesting at den ene tanken hadde en liten lekkasje. Fugemassen hadde ikke festet seg godt nok til rammen samt at det var brukt for lite fugemasse mellom glassene. Mer fugemasse ble påført i glasskjøtene, og tankene sto fulle med vann over en helg. Da holdt begge tett en periode før samme tank begynte å lekke igjen. Enda mer fugemasse ble brukt før tanken endelig holdt tett.

3.5 Høyde

Et bord på med høyde 75 cm ble plassert oppå et bord med høyde 90 cm. Pumpene stod på toppen under testene. Det gav en samlet høyde på 165 cm.

3.6 Strømforsyning

3.6.1 Batterier

Spenningsbehovet for pumpene som skulle testes, var henholdsvis 12 V og 24 V. To Sønnak Nautilus 12 V batterier ble brukt. Ved behov av 24 V ble batteriene koblet i serie (fra plusspol på det ene til minuspol på det andre). Batteriene ble koblet i parallell ved behov av 12V. Hvert batteri kunne gi 115 Ah (Amperetimer). Batteriene ble ladet med en vanlig batterilader.

3.6.2 Strømkabler

Pumpene leveres vanligvis med 6 mm² strømkabler. Dette er tilstrekkelig ved vanlig bruk. I og med at pumpe skulle belastes med større mottrykk enn vanlig, ble 16 mm² kabler brukt for å være på den sikre siden. Kabelen mellom pumpemotoren og batteriet var 2,3 m lang. Kablene til og fra strømbryter-boksen var 1,5 m hver.

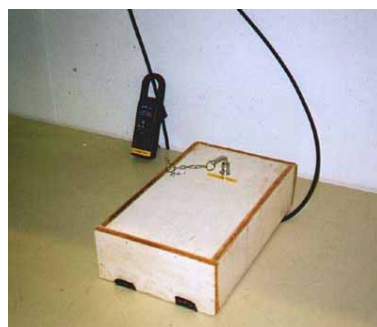
I enden av kablene var det presset på kabelsko. Kabelskoene som ble brukt på motorene og batteriene, var 8 mm i diameter, mens skoene koblet til strømbryteren var 10 mm. Beskyttelseshetter ble tredd over kabelskoene og polene på motoren for å unngå fare for kortslutning.

3.6.3 Strømbryter

En spesiell strømbryter ble brukt for å kunne koble på og av den høye strømmen mellom batteriene og motoren. En nøkkel må vris om og holdes nede for å koble til strømmen. Slippes nøkkelen, vil den sprette tilbake og strømmen brytes.

Koblingspunktene på bryteren ble bygget inn i en trekasse slik at det ikke var fare for å kortslutte, figur 3.3.

Det var upraktisk å holde nøkkelen inne hele tiden mens pumping pågikk. En lenke på nøkkelen ble festet på en spiker i trekassen etter at nøkkelen var vridd om. Da holdt stillingen seg og måleutstyr kunne avleses mens pumpe gikk.



Figur 3. 3: Strømbryter-boks

3.7 Måleutstyr

3.7.1 Turteller

For å måle omdreiningene på akslingene i pumpene, ble SKF Digital Tachometer 72155 brukt. Tachometeret teller lyspulser fra en refleksbit som er festet på objektet der turtallet skal måles. Lyskilden i instrumentet sender ut en lysstråle som blir reflektert tilbake til instrumentet hver gang refleksbiten passerer strålen. I instrumentet blir refleksjonene transformert av en lysdetektor til elektriske pulser. Pulsene blir matet inn i en teller og gir avlesning direkte i rpm (revelations per minute), altså omdreininger per minutt. I måleområdet fra 50 til 19999 rpm er oppløsningen 1 rpm og usikkerheten ± 1 siffer av avlest verdi.

3.7.2 Temperaturmåler

For å måle temperaturen inni pumpemotoren ble temperaturmåleren Consort modell T550 det brukt. Måleren er en bimetall-måler der føleren sitter i enden av en tynn metallstang. Lederne NiCr og NiAl med ulik ledningsevne er sveist sammen i følepunktet. På grunn av ulik ledningsevne blir det en spenningsforskjell mellom NiCr og NiAl i den andre enden av lederne. Spenningsforskjellen er avhengig av temperaturen. Dermed kan temperaturen bestemmes.

Usikkerheten for måleren var $\pm (1\% \text{ av avlest verdi} + 1 \text{ }^\circ\text{C})$. Ved en måling på $50 \text{ }^\circ\text{C}$ er usikkerheten $\pm (1\% \text{ av } 50 \text{ }^\circ\text{C} + 1 \text{ }^\circ\text{C}) = \pm (0,5 \text{ }^\circ\text{C} + 1 \text{ }^\circ\text{C}) = \pm 1,5 \text{ }^\circ\text{C}$. Den virkelige temperaturen vil altså ligge mellom $48,5$ og $51,5 \text{ }^\circ\text{C}$.

3.7.3 Trykkmåler (manometer)

Begge manometrene som ble brukt, var av typen Bourdonrør-manometer. Et slikt manometer består av et metallrør med oval profil, bøyd i sirkelform. [1]. Hvis røret blir utsatt for et indre overtrykk, søker det å rette seg ut, og hvis en kobler enden av røret til en viser, får en et utslag som er proporsjonalt med trykket.

Måleren viser alltid forskjellen mellom trykket i målepunktet og lufttrykket p_0 , altså et overtrykk eller undertrykk. Se kap. 2.9.

Undertrykksmåleren lot seg lese av til nærmeste $0,01$ bar. Usikkerheten i målingen ble derfor satt til $\pm 0,005$ bar. Overtrykksmåleren lot seg lese av til nærmeste $0,1$ bar. Usikkerheten i målingen ble satt til $\pm 0,05$ bar.

3.7.4 Strømtang

Siden det er store strømmer i ledningene mellom pumpemotorene og batteriene, ble det brukt en strømtang APPA- 38 AC/DC Current Clamp Meter. Strømtangen legges rundt ledningen der strømstyrken skal måles. Måleren trenger ikke kobles i serie, og det gjør den lett å bruke. Strømtangen måler strømmen ved å måle magnetfeltet rundt ledningen. Oppløsningen i måleområdet $0\text{-}200\text{A}$ er $0,1\text{A}$. I måleområdet $20\text{-}200\text{A}$ er usikkerheten $\pm (1,9\% \text{ av avlest verdi} + 3 \text{ siffer av avlest verdi})$.

3.7.5 Multimeter

For å måle batterispenningen ble det brukt Fluke True RMS Multimeter. Usikkerheten er $\pm (0,05\% \text{ av avlest verdi} + 1 \text{ siffer av avlest verdi})$.

Figur 3.4 viser fra venstre strømtangen, turtelleren og multimeteret



Figur 3. 4: Måleutstyr

3.7.6 Støymåler

Støymåleren som ble brukt var Brüel & Kjær Integrating Sound Level Meter type 2221. Måleområdet var fra 45 til 125 dB (decibel).

3.8 Rørdeler og tilbehør

3.8.1 Ventil

En ventil består av et strømningskontrollerende element, f.eks. en nål eller disk, som er festet på og drives av en spindel. På toppen sitter et håndratt eller en automatisk anordning som opererer ventilen. Ved samtlige tester ble det brukt en TA 1" (DN 25) sluseventil med håndratt. Den ga mulighet for fin innstilling av mottrykket.

3.8.2 T-rør

T-rør ble brukt til å koble på trykkmålerne. T-rørene var montert rett før og rett etter pumpa. På utløpssiden stod ved alle testene et 1"-1/2" T-rør. (I endene var diameteren 1", mens på toppen der måleren ble plassert, var diameteren 1/2").

Ved testing av pumpa 595B-24V stod trykkmåleren i et 5/4" T-rør på innløpssida. Ved alle andre tester ble 1" T-rør også brukt på innløpssiden.

3.8.3 Overganger

Overganger ble brukt mellom pumpeinnløp og T-røret på sugesiden, mellom pumpeutløp og T-røret på trykksiden og videre mellom T-røret på trykksiden og ventilen. Overgangene var 1"-1" for pumpene 676-24V, 676-12V og 595A-24V.

Ved testing av pumpe 595B-24V måtte det brukes en reduser mellom T-røret på sugesiden og pumpas innløp. Pumpe 595B-25V har nemlig 5/4" innløp, men gjengene er på utsiden av rørstussen.

Figur 3.5 viser hvordan rørdelene ble skrudd sammen. Til venstre kobles sugeslangen på, pumpe er i midten og utløpsslangen går ut til høyre.



Figur 3. 5: Rørdeler

3.8.4 Oljeslanger

Det ble brukt fleksible oljeslanger av merket Kanaflex ved alle testene. 3/4" og 1" slanger var av typen blå Kanaflex, mens 5/4" var av type grønn. Se figur 3.6. Lengden på sugeslangene var 2,4 m og lengden på utløpsslangene var 2,1 m.

Ved gangtestene og pumping med ulike mottrykk ble kun 1" slanger brukt. Det var kun ved testing med ulike slangekombinasjoner for 676-24V og 595-24V at de andre slangedimensjonene ble brukt.



Figur 3. 6: Ulike slangestørrelser

3.8.5 Slangenippler

Slangenippler ble brukt mellom sugeslangen og T-røret på innløpssiden og mellom slangen og ventilen på utløpssiden. Ved gangtestene av 676-24V og 595A-24V ble hele tiden 1" slanger og slangenippler brukt.

Ved testing av pumpene 595A-24V og 676-24V med ulike slangekombinasjoner ble disse størrelsene brukt på nipplene (det siste målet er for enden som kobles til slangen): 1"-3/4", 1"-1" og 1"-5/4".

Ved testing av 595B-24V måtte det brukes 5/4" - 5/4" slangenipple på sugesiden.

3.8.6 Slangeklemmer

For å trykke slangene tett inntil nipplene, ble det brukt standard ABA slangeklemmer. To klemmer ble brukt på både innløp og utløp.

3.8.7 Hamp og tetningsmiddel

For å tette mellom gjengene da rørdelene ble skrudd sammen, ble hamp og tetningsmiddelet Unipak brukt. Hamp ble lagt rundt gjengene og smørt inn med Unipak. Se figur 3.7. Da delene ble skrudd sammen, ble hampen trykket hardt sammen og ga god tetning.



En annen fordel med hamp og tetningsmiddelet var at retningen på ventilen og trykkmålerne kunne justeres. Alt etter hvor mye hamp som ble tatt på, kunne trykkmålerne fås til å peke i ønskelig retning slik at det var lett å lese av.

Figur 3. 7: Hamp og tetningsmiddel

3.8.8 Annet

For å unngå at sugeslangen saug seg fast i bunnen av tankene, ble det ved hjelp av strips festet på en metallist som stakk ca. 2 cm nedenfor enden på slangen.

For å få et vannrett strekk på slangene inn mot og ut fra pumpa, ble et plastrør tredd utenpå de fleksible oljeslangene. Plastrøret hvilte på isoporklosser.

Siden pumpemotorene kun gikk en vei, måtte tankene flyttes rundt etter hver test når vi pumpet mellom to tanker. Tankene ble plassert på hver sin palle og flyttet med en jekketralle.

Murstein ble brukt for å presse slangene inntil veggen i lokket slik at slangen stod fast.

4.0 Utførelse

4.1 Gangtest

Gangtid er den tiden likestrømsmotoren kan gå før den blir for varm og må stanses. Hvis motoren blir for varm, smelter beskyttelsen rundt viklingene i motoren. Gangtiden er oppgitt fra motorprodusentene (se tabell 3.1).

I gangtesten går først pumpa uten mottrykk. Temperaturen inni motoren registreres etter at motoren har gått ut den oppgitte gangtiden. Denne temperaturen settes så som øvre grense. Deretter økes mottrykket til pumpa samtidig som temperaturen inni motoren måles. Temperaturen i motoren vil stige raskere med økende mottrykk, og pumpa kan ikke gå så lenge før den blir varm. Når temperaturen blir lik den som ble oppnådd uten mottrykk, stoppes pumpa. Tida som pumpa gikk til maksimumtemperaturen ble nådd, er da den nye gangtiden ved det bestemte mottrykket.

Gangtest ble utført på pumpene 676-24V og 595A-24V. 1" slanger, overganger, nippler, T-rør og ventil ble brukt ved testing av både 676-24V og 595A-24V.

4.1.1 Før selve pumpingen

1. Den ene tanken som hadde lokk med to hull, ble plassert midt foran bordene som pumpa stod på.



Figur 4. 1: Oppsett ved gangtest

1. Tanken ble nesten fylt helt opp med diesel fra dieselfatet, dvs. til ca. 40 cm over målbåndets nullpunkt (det tilsvarer ca. 100 dm³).
2. Sugenslangen og trykkslangen ble satt ned i hvert sitt hull i lokket på tanken. Det ble passet på at sugenslangen med metallisten stod rett ned i tanken, mens trykkslangen ikke lå under væskenivået. Dette ble gjort ved å føre slangene ned gjennom hullene i lokket og presse dem inn til veggen i hullet ved hjelp av en murstein.
3. Slangene ble lagt rundt hjørnet på bordet som vist på figur 4.1.
4. Pumpemotor ble eventuelt skiftet. Motoren som var brukt, ble avkjølt ved et åpent vindu i ca. en time.

5. En skrue i motordekslet på motoren som skulle testes, ble skrudd ut. Temperaturmåleren ble festet inni motordekslet for å måle temperaturen før og under pumpingen.
6. Motortemperaturen før selve pumpingen ble notert.

4.1.2 Under pumpingen

7. Idet bryternøkkelen ble vridd om, ble en stoppeklokke startet.
8. Mottrykket ble stilt inn. På forhånd var det utprøvd hvor mange omdreininger på spindelen som måtte til for å oppnå de ulike mottrykkene. Det gikk kun noen få sekunder før mottrykket var riktig innstilt.
9. Klokka ble stoppet da temperaturmåleren viste motorens maksimumstemperatur (eller etter oppgitt maksimal gangtid dersom mottrykket var 0 barg).

4.1.3 Spesielt om gangtest av 676-24V

Etter å ha testet hver av de 4 motorene A, B, C og D for 676-24V en gang, var det store avvik for temperaturen etter 4 minutters gangtid (kap. 5.1.1). Derfor ble det utført 3 tester for hver motor ved 0 barg mottrykk for å se om dette faktisk var tilfelle eller om det var tilfeldig.

Motorene A og D lå henholdsvis noe under og over gjennomsnittet av maksimumstemperaturen, mens B og C lå nærmere snittet, henholdsvis litt under og over.

Det ideelle hadde vært å teste alle motorene for hvert mottrykk, og gjerne flere ganger, men det ville tatt svært lang tid. Derfor ble valget å teste A og D for visse mottrykk og B og C for andre mottrykk.

Motorene A, B, C og D har ulik gjennomsnittsverdi for maksimumstemperaturen ved de 3 testene ved 0 bar mottrykk. Da f.eks. motoren A ble testet for et bestemt mottrykk, ble motoren og klokka stanset da temperaturen nådde motor A sin gjennomsnittsverdi. Slik ble den nye gangtiden bestemt. Ved testing av motor B brukte vi B sin gjennomsnittsverdi som maksimum. Tilsvarende ble også gjort for motor C og D.

4.1.4 Spesielt om gangtest av 595A-24V

Ved en test for hver av motorene A, B, C og D til 595A-24V var det ganske små avvik for temperaturen etter 12 minutters gangtid. Derfor ble gjennomsnittstemperaturen av

A, B, C og D brukt som maksimumstemperatur. Dette ble altså gjort annerledes enn for 676-24V.

Da f.eks. motoren A ble testet for et bestemt mottrykk, ble motoren og klokka stanset da temperaturen nådde gjennomsnittsverdien av motor A, B, C og D ved 0 barg mottrykk.

4.2 Pumping ved ulike mottrykk

Pumping ved ulike mottrykk ble utført for å finne ut hvordan ulike egenskaper som turtall, volumstrøm, strømstyrke, sugetrykk, løftehøyde og geodetisk sugeshøyde (maksimum sugeshøyde) blir påvirket av økende mottrykk. Testen gjør det også mulig å tegne et løftehøyde vs volumstrøm-diagram.

Pumping ved ulike mottrykk ble utført med alle pumpene: 676-24V, 676-12V, 595A-24V og 595B-24V.

1" slanger, overganger, nippler, T-rører og ventil ble brukt ved testing av 676-24V, 676-12V og 595A-24V. Ved testing av 595B-24V ble det brukt 5/4" slange, overgang, nipple og T-rør på sugesiden samt en reduser mellom T-røret og pumpas innløp. Pumpa 595B-24V har nemlig 5/4" innløp, men gjengene er på utsiden av rørstussen. På trykksiden var det likt som for de andre pumpene.

4.2.1 Før selve pumpingen

1. Tankene ble plassert ved hver sin ende av bordene.
2. Tank 1 ble nesten fylt helt opp, dvs. til ca. 40 cm over målbåndets nullpunkt (det tilsvarer rundt 100 dm³).
3. Tank 2 ble fylt opp med diesel til væsknivået var fra 2-12 cm over nullpunktet på målbåndet.
4. For å få et vannrett strekk på slangene inn mot og ut fra pumpa ble plastrør tredd utenpå de fleksible slangene. På sugesida var plastrøret 0,75 m og på trykksida 1,0 m. Plastrørene hvilte på isoporklosser.
5. Hvis det var på tide å skifte pumpemotor, ble det gjort. Motoren som var brukt, ble satt til avkjøling ved et åpent vindu i ca. en time.
6. Temperaturmåleren ble festet inni motordekslet for å passe på at motoren ikke ble varmere enn maksimumstemperatur under pumpingen (jmf. gangtest).

7. Det ble forsikret at sugeslangen stod rett ned i bunnen av tank 1 og at trykkslangen ikke ville komme under væsknivået etter hvert som tank 2 ble fylt opp. Dette ble gjort ved å føre slangene ned gjennom hullene i lokkene og presse dem inn til veggen i hullet ved hjelp av en murstein.
8. Væsknivået $h_{\text{før}}$ i tank 2 ble lest av til nærmeste millimeter.
9. Batterispenningen ble målt.



Figur 4. 2: Pumping ved ulike mottrykk

4.2.2 Under pumpingen

10. Idet bryternøkkelen ble vridd om, ble en stoppeklokke startet.
11. Mottrykket ble stilt inn. På forhånd var det utprøvd hvor mange omdreininger på spindelen som måtte til for å oppnå de ulike mottrykkene. Det gikk kun noen få sekunder før mottrykket var riktig innstilt.
12. Etter 30 sekunder ble strømmen, sugetrykk og turtall lest av. Strøm og turtall variert noe innen hver test, men verdien etter 30 sekunder ble altså brukt.
13. Da tank 1 var nesten tom, det vil si at væsknivået var fra 2-12 cm over målbåndets nullpunkt, ble klokka stoppet og strømmen ble brutt ved å ta av bryternøkkelen. Fortrinnsvis ble strømmen brutt etter å ha pumpet i hele sekunder.

4.2.3 Etter pumpingen

14. Isoporklossene under plastrørene ble fjernet slik at væsken som lå igjen i slangene rant ned i tankene.
15. Det nye væsknivået h_{etter} i tank 2 ble lest av til nærmeste millimeter når nivået hadde stabilisert seg. Mens tank 2 ble fylt opp med væske ble det virvlet mye luft inn i væsken. Derfor ble nivået først lest av da luftboblene hadde gått til overflaten. Etterhvert som luftboblene steg til overflaten sank nemlig nivået noen millimeter.
16. Tank 1 og 2 byttet plass ved hjelp av en jekketralle. Tank 2 som nå var nesten full, stod da klar på sugesiden og tank 1 med 2-12 cm over målbåndets nullpunkt, var klar til å fylles opp.
17. Ved neste test hoppes det over de tre første punktene i delkapittel 4.2.1. Dette er allerede er oppnådd i forrige punkt. (Tank 1 og tank 2 i teksten blir selvsagt byttet om).

4.2.4 Beregninger og tegning av diagrammer

Etter testene ble resultatene lagt inn i Excel. Fra tabellene i Excel ble det beregnet volumstrøm etter formelen 2.3.

Løftehøyden H for 676-24V, 676-12V og 595A-24V ble beregnet etter formelen 2.14 fordi diametrene i inn- og utløpene er like store slik at farten v inn og ut er lik.

Verdiene for trykket ble først omgjort fra barg til bara og deretter til SI-enheten Pa ved hjelp av formlene 2.23 og 2.24 før de ble satt inn i 2.14.

For pumpa 595B-24V ble løftehøyden beregnet etter formelen 2.17 fordi diametrene i inn- og utløpet ikke er like store. Også her ble trykkverdiene omgjort fra barg til bara og så til Pa for å kunne bruke formelen.

Geodetisk sugehøyde ble beregnet for samtlige pumper etter formelen 2.21, men der tapsleddet h_t ble satt lik null. I formelen ble sugetrykket angitt med SI-enhet.

Ved hjelp av Excel ble det også regnet ut usikkerheter i beregningene. Se kap. 2.9. Figurer ble plottet ut fra tabellene i Excel.

4.3 Pumping med ulike slangestørrelser

Hensikten med denne testen er å finne ut hvordan ulike egenskaper som turtall, volumstrøm, strømstyrke, sugetrykk, løftehøyde og geodetisk sugehøyde (maksimum sugehøyde) blir påvirket av ulike slangekombinasjoner på inn- og utløp av pumpa.

Pumping med ulike slangestørrelser ble utført med pumpene 676-24V og 595A-24V. Overgangene, T-rørene og ventilen var 1" ved alle tester. Ventilen stod helt åpen ved alle testene. Oppsetter er ellers ganske lik som ved pumping ved ulike mottrykk.

4.3.1 Før selve pumpingen

1-6. Punktene tilsvarer punktene 1-6 ved pumping ved ulike mottrykk (kap. 4.2.1).

7. Hvis det var på tide med et nytt alternativ med slanger, ble slangene byttet. Slangene som ble brukt var 3/4", 1" og 5/4". Niplene ble brukt mellom sugeslangen og T-røret på sugesiden og mellom ventilen og slangen på trykksiden. Dimensjonene ble dermed: 1"-3/4", 1"-1" og 1"-5/4" på niplene.

8-10. Tilsvarer punktene 7-9 i kapittel 4.2.1.

4.3.2 Under pumpingen

11-12. Tilsvarende punktene 10-11 i kapittel 4.2.2.

13. Etter 30 sekunder ble strømmen, sugetrykk, turtall og *eventuelt mottrykk* lest av. (Mottrykket skyldes at ved å bruke mindre slanger ut enn inn, vil det være struping). Strøm og turtall varierte noe innen hver test, men verdien etter 30 sekunder ble brukt.

14. Tilsvarende punktet 13 i kapittel 4.2.2.

4.3.3 Etter pumpingen

15-18. Tilsvarende punktene 14-17 i kapittel 4.2.3.

4.3.4 Beregninger og tegning av diagrammer

Volumstrøm og geodetisk løftehøyde ble beregnet på samme måte som i kapittel 4.2.4.

Løftehøyden H for 676-24V og 595A-24V ved ulike slangekombinasjoner ble også beregnet ved ulike slangekombinasjoner etter formelen 2.14. Dette fordi 1" T-rør stod på både innløp og utløp slik at diametrene i inn- og utløpene er like store. Derfor er farten v inn og ut er lik. Selv om slangene ble variert, var T-rørene altså de samme.

4.4 Støyttest

Enkle målinger av støy ble utført på alle pumpene med 0 barg mottrykk. Målingene ble utført ved samme oppsett som pumping med ulike mottrykk, men der mottrykket var 0 barg.

For pumpa 595B-24V ble også støynivået målt ved forskjellige mottrykk.

Støymåleren ble holdt ca. en meter fra pumpa.

Rommet der testene ble utført i var prosesslaboratoriet ved Høgskolen Stord/Haugesund. Rommet inneholdt mye prosessteknisk utstyr. Selve oppsettet stod under en hems med høyde ca. 3,5 m i et hjørne av laboratoriet. Rommet uten hems er ca. 8 m langt, ca. 7 m bredt og med høyde ca. 6 m.

5.0 Resultater og diskusjon

5.1 Gangtest

Gangtiden ble redusert for pumpene 676-24V og 595A-24V ved økende mottrykk. Jo større mottrykk, jo tyngre blir det å pumpe ut væsken. Strømmen øker, og motoren blir forttere varm. Det er ingen avkjøling på motorene bortsett fra motorenes ytre overflate. Den opprinnelige gangtiden var for 676-24V fire minutter og tolv minutter for 595A-24V (tabell 3.1).

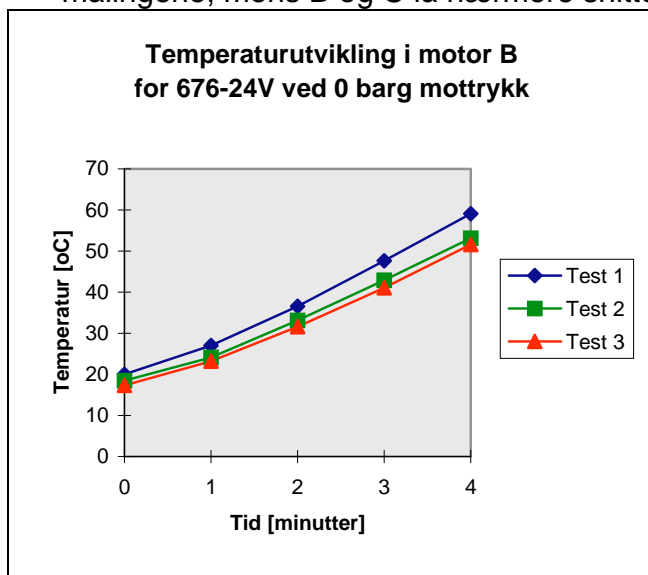
5.1.1 Resultater 676-24V

Ved å la pumpa 676-24V gå med 0 barg mottrykk i fire minutter (240 sekunder), viste det seg at motorene som ble brukt, oppnådde ulike maksimumstemperaturer. Hver motor ble testet tre ganger, og gjennomsnittene for motorene var som følger:

- motor A - 47,8 °C
- motor B - 54,6 °C
- motor C - 59,8 °C
- motor D - 63,8 °C

Gjennomsnittet av alle målingene var 56,5 °C.

Motorene A og D lå altså henholdsvis noe under og over gjennomsnittet av alle målingene, mens B og C lå nærmere snittet, henholdsvis litt under og over.



Figur 5. 1

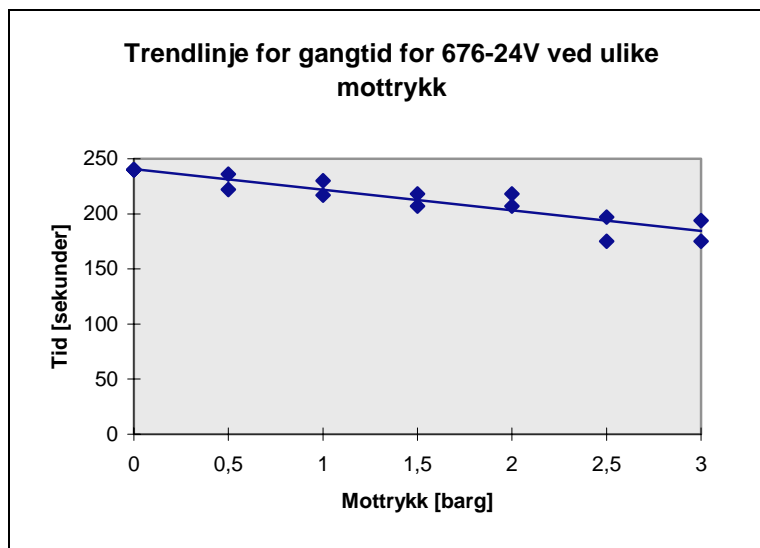
Temperaturutviklingen for motorene A, B, C og D er vist i vedlegget i tabellene A-1, A-2, A-3 og A-4 og tilhørende figurer. I figur 5.1 vises temperaturutviklingen i motor B ved 0 barg mottrykk.

Motorene A og D ble videre testet for visse mottrykk, mens B og C ble testet for andre mottrykk.

Resultatene fra disse målingene er vist i tabell A-5 og figur A-5 i vedlegget.

Fra figur A-5 ses at gangtiden for motor A ligger lavere enn motor D ved de mottrykkene de er testet ved. Tilsvarende er det for motorene B og C der B ligger hele tiden under C.

Fra målingene er det tegnet en trendlinje som viser gangtiden ved ulike mottrykk, figur 5.2.



Figur 5. 2

Fra figur 5.2 ses at gangtiden reduseres tilnærmet lineært. For eksempel er gangtiden ved 1, 2 og 3 barg mottrykk redusert til henholdsvis ca. 225, ca. 210 og ca. 180 sekunder. Ved 3 barg mottrykk er gangtiden redusert med rundt et minutt eller ca 25%.

5.1.2 Diskusjon 676-24V

Årsaken til at motorene A, B, C og D har ulike maksimumstemperaturer etter fire minutter er mest sannsynlig produksjonsforskjeller.

Fra tabellene A-1, A-2, A-3 og A-4 i vedlegg A ses at maksimumstemperaturen på første test for hver motor ligger høyere enn de andre testene. Det skyldes kanskje at starttemperaturen for disse testene var høyere enn for testene 2 og 3. Det var vanskelig å få samme starttemperatur på motorene fordi de måtte avkjøles etter bruk. Med likere starttemperatur hadde kanskje testene 1,2 og 3 på hver motor vært mer i samsvar. Høyere batterispenning i starten kan også ha vært av betydning.

Å teste motorene A og D ved enkelte mottrykk, og B og C ved andre mottrykk kan kritiseres. Det ideelle hadde vært å teste alle motorene for hvert mottrykk, og gjerne flere ganger, men det lot seg ikke gjøre fordi det hadde tatt svært lang tid. Alternativt kunne for eksempel A og D blitt testet for alle mottrykkene. Men det kunne igjen gitt et skeivt bilde. Jo flere motorindivider som blir brukt, jo bedre bilde vil det gi.

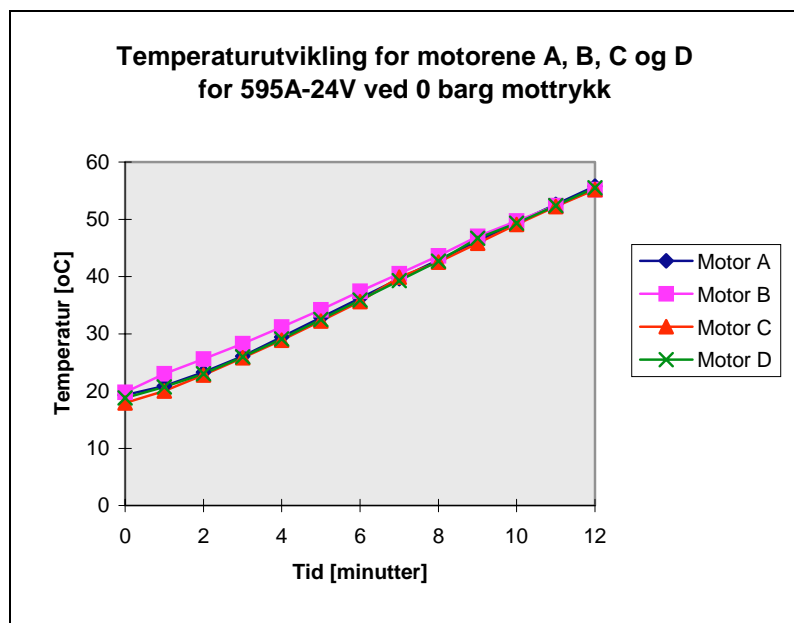
Maksimumstemperaturene som er brukt for motorene, var trolig ikke nøyaktige nok. Dette kan være årsaken til at A-verdiene ligger høyere enn D-verdiene ved samme mottrykk. Det samme kan være årsaken til at B-målingene er lavere enn for C.

Batterispenningen var også ulik ved hver test. Dette skyldes at batteriet tappes mens pumpingen foregår. Dette kan også ha innvirket på resultatene.

Resultatene må derfor ses på som et grovt anslag for redusert gangtid.

5.1.3 Resultater 595A-24V

Motorene A, B, C og D til pumpa 595A-24V viste liten forskjell i maksimumstemperatur etter tolv minutters gangtid ved 0 barg mottrykk. Se figur 5.3 og tabell C-1 i vedlegg C.

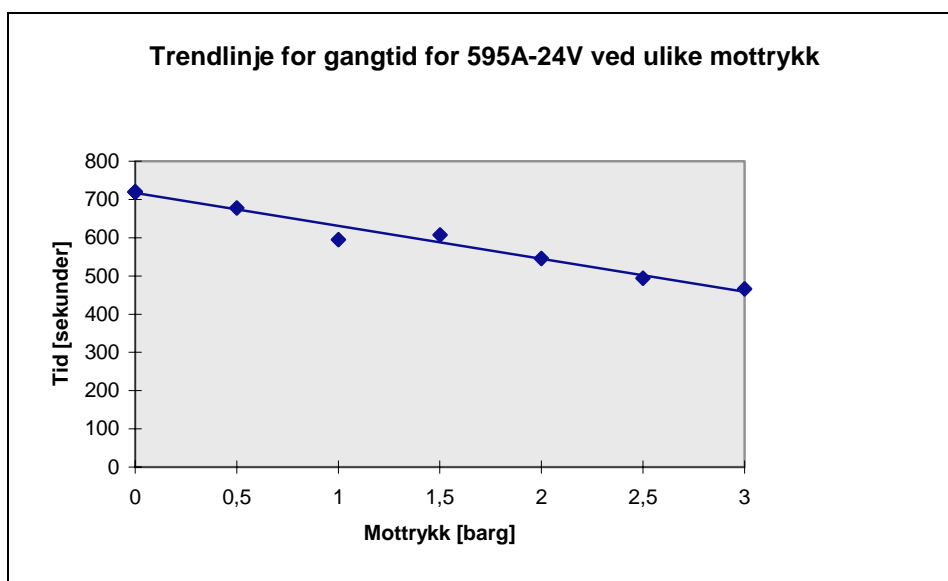


Figur 5. 3

For å spare tid ble det derfor bare tatt en test på hver motor, og gjennomsnittstemperaturen av A, B, C og D etter tolv minutter ble brukt som maksimumstemperatur. Gjennomsnittstemperaturen var 55,4 °C.

Da for eksempel motor A ble testet for et bestemt mottrykk, ble motoren og klokka stanset da temperaturen nådde 55,4 °C.

Motoren blir forttere varm når mottrykket øker. Fra målingene er det tegnet en trendlinje som viser reduksjonen i gangtiden ved ulike mottrykk, figur 5.4.



Figur 5. 4

Fra figur 5.4 ses at gangtiden reduseres tilnærmet lineært. Ved 1, 2 og 3 barg mottrykk reduseres gangtiden til henholdsvis ca. 630 s (10 minutter og 30 sekunder), ca. 600 s (10 minutter) og ca. 500 s (8 minutter og 20 sekunder).

5.1.4 Diskusjon 595A-24V

Det kan selvsagt kritiseres at det bare ble tatt en test for mottrykk. Dette ble gjort fordi en gangtest på 8-12 minutter tappet mye spenning av batteriene. Batteriene måtte lades ofte. Det ville derfor tatt lang tid å ta en ekstra måleserie for mottrykkene.

Kritikkverdig er kanskje også bruken av ulike motorer for hvert mottrykk. Dette forsvares med at motorene i utgangspunktet var ganske like når det gjaldt maksimumstemperatur etter tolv minutter. Siden motorene måtte kjøles i ca. en time, ville det blitt lang ventetid.

Som for 676-24V var batterispenningen ulik ved hver test fordi batteriet tappes mens pumpingen foregår. Dette kan ha innvirket på resultatene.

5.2 Pumping ved ulike mottrykk

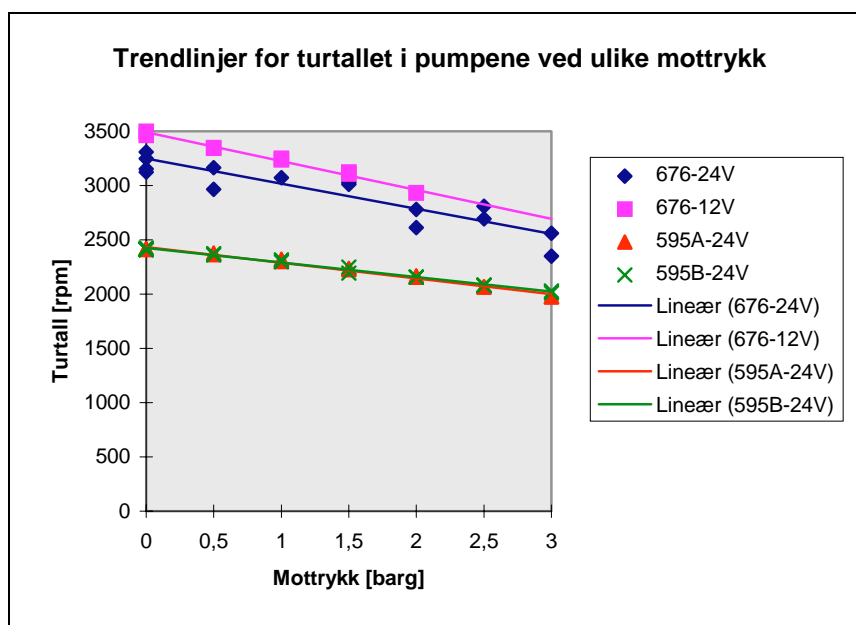
Ved å pumpe ved ulike mottrykk for pumpene 676-24V, 676-12V, 595A-24V og 595B-24V ble flere parametre til pumpene og/eller motorene endret. Legg merke til at pumpa 676-12V ble testet opp til 2 barg mottrykk, mens de andre ble testet opp til 3 barg mottrykk. Årsaken var at strømstyrken for 676-12V etterhvert ble så høy, over 100 Ampere. Kurvene som vises for 676-12V viser også trenden opp til mottrykk på 3 barg.

Økning i mottrykk resulterte for alle pumpene i:

- mindre turtall
- mindre volumstrøm
- en liten økning i forholdet turtall / volumstrøm
- økning i strømstyrke
- mindre sugetrykk (fjernere fra vakuum)
- mindre geodetisk sugehøyde
- økning i løftehøyde

5.2.1 Turtall

Turtallet reduseres tilnærmet lineært ved økende mottrykk for alle pumpene. Motorene holder altså ikke konstant turtall ved økende last. Figur 5.5 viser trendlinjene for turtallsendringen ved økende mottrykk for alle pumpene.



Figur 5. 5

Legg merke til at pumpa 676-12V ikke er testet for høyere mottrykk enn 2 barg, men trendlinja predikerer turtallsreduksjon helt til 3 barg.

Det ses at pumpene 595A-24V og 595B-24V har tilnærmet like turtall ved forskjellige mottrykk. Det var forventet da de bruker samme motortype, og fordi det kun er ulikheter i størrelsen på innløpet i pumpene. (Se vedlegg F og G samt kapittel 3.1.).

Pumpa 676-12V har høyest turtall. Det ses at reduksjonen i turtall er størst for 676-24V og 676-12V (brattere kurve).

I vedlegget er det vist tabell og figur over turtallet for hver av pumpene ved ulike mottrykk samt hvilke motorer som er brukt ved hvilke tester.

For 676-24V se: tabell A-8 og figur A-8 i vedlegg A

For 676-12V se: tabell B-3 og figur B-3 i vedlegg B

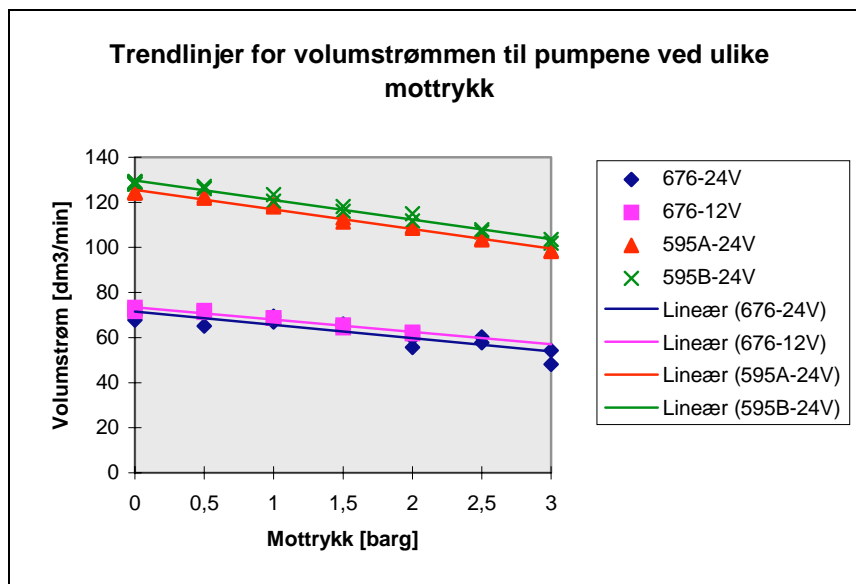
For 595A-24V se: tabell C-8 og figur C-8 i vedlegg C

For 595B-24V se: tabell D-3 og figur D-3 i vedlegg D

5.2.2 Volumstrøm

Volumstrømmene reduseres også tilnærmet lineært for alle pumpene ved økning i mottrykket.

I figur 5.6 nedenfor er trendlinjene for volumstrømmene ved ulike mottrykk for alle pumpene vist.



Figur 5. 6

Legg merke til at pumpa 676-12V ikke er testet for høyere mottrykk enn 2 barg. Trendlinja predikerer resultatet utover 2 barg.

Fra figur 5.6 ses tydelig at volumstrømmen reduseres lineært med økende mottrykk. Det ses også at pumpene 595A-24V og 595B-24V har ganske like volumstrømmer. Pumpene 676-24V og 676-12V er også temmelig like. At 595B-24V har 5/4" innløp, mens 595A-24V har 1" innløp er nok årsaken til forskjellen mellom dem.

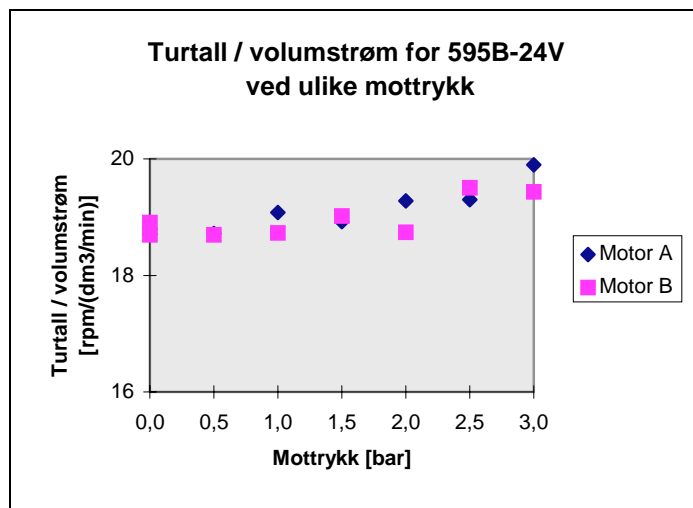
Årsaken til redusert volumstrøm ligger i redusert turtall. Væska blir jo ført gjennom pumpa i hulrommet mellom tennene i tannhjulene. Volumstrømmen for fortreningspumper er i vid utstrekning proporsjonal med turtallet. [2].

I vedlegget er det vist tabell og figur over volumstrømmen for hver pumpene ved ulike mottrykk samt hvilke motorer som er brukt ved hvilke tester.

- For 676-24V se: tabell A-6 og figur A-6 i vedlegg A
- For 676-12V se: tabell B-4 og figur B-4 i vedlegg B
- For 595A-24V se: tabell C-6 og figur C-6 i vedlegg C
- For 595B-24V se: tabell D-4 og figur D-4 i vedlegg D

5.2.3 Forholdet turtall / volumstrøm

Forholdet turtall / volumstrøm er tilnærmet konstant for ulike mottrykk, men en svak stigning for økende mottrykk kan ses. I figur 5.7 er forholdet vist for pumpa 595B-24V.



Figur 5. 7

I vedlegget er det vist tabell og figur over forholdet turtall / volumstrøm for hver av pumpene ved ulike mottrykk samt hvilke motorer som er brukt ved hvilke tester.

- For 676-24V se: tabell A-9 og figur A-9 i vedlegg A
- For 676-12V se: tabell B-7 og figur B-7 i vedlegg B
- For 595A-24V se: tabell C-9 og figur C-9 i vedlegg C
- For 595B-24V se: tabell D-7 og figur D-7 i vedlegg D

Legg merke til at i figurene begynner ikke y-aksen på 0. Dette er for å gjøre tendensen klarere. For 676-12V kan ikke noen stigning i forholdet ses. Dette begrunnes med at denne pumpe kun er testet opp til mottrykk på 2 barg. Det antas at forholdet turtall / volumstrøm ville steget dersom mottrykket hadde blitt øket til 3 barg.

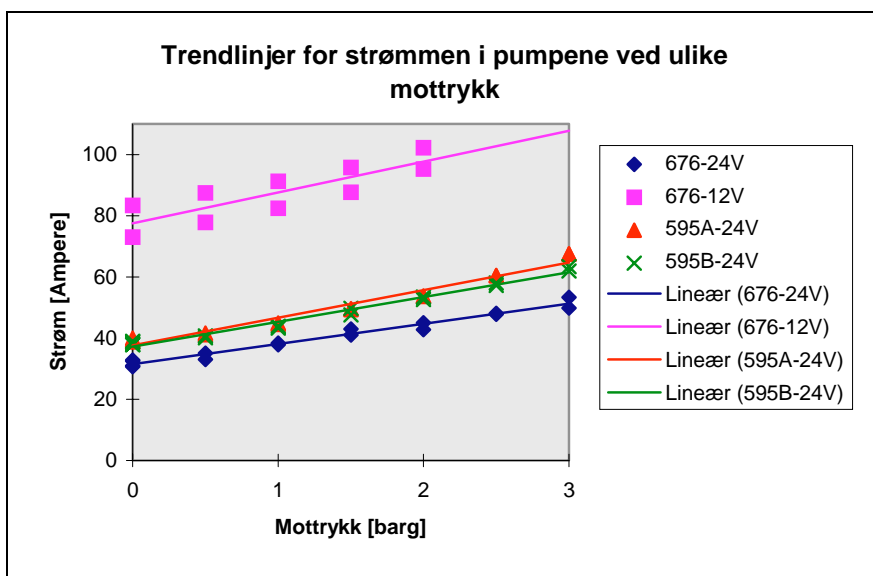
Volumstrømmen skal teoretisk være proporsjonal med turtallet. Positive fortreningspumper har et innvendig spaltetap (lekkasjetap) som øker ved stigende mottrykk. [2]. Dette stemmer altså bra med våre målinger.

Forholdet turtall / volumstrøm øker altså med stigende mottrykk. Det vil si at for å transportere en bestemt væskemengde må det til flere omdreininger på tannhjulene. Det er likevel en svært liten økning som er registrert.

5.2.4 Strømstyrke

Strømstyrken øker også tilnærmet lineært for alle pumpene ved økende mottrykk.

I figur 5.8 er trendlinjene for strømmene ved ulike mottrykk for alle pumpene inntegnet.



Figur 5. 8

Det ses at 676-12V ligger dobbelt så høyt som de andre. Det skyldes at spenningskilden for denne kun er 12V, mens de andre er 24V. Den direkte årsaken til 676-12V ikke ble testet for høyere mottrykk enn 2 barg er at strømmen etterhvert ble så høy. Trendlinja utover 2 barg er dermed bare en prediksjon av strømstyrken.

Strømstyrken for pumpene 595A-24V og 595B-24V er også ganske like. Det er forventet fordi de bruker samme motortype.

I vedlegget er det vist tabell og figur over strømstyrken for hver av pumpene ved ulike mottrykk samt hvilke motorer som er brukt ved hvilke tester.

For 676-24V se: tabell A-7 og figur A-7 i vedlegg A
For 676-12V se: tabell B-2 og figur B-2 i vedlegg B
For 595A-24V se: tabell C-4 og figur C-4 i vedlegg C
For 595B-24V se: tabell D-2 og figur D-2 i vedlegg D

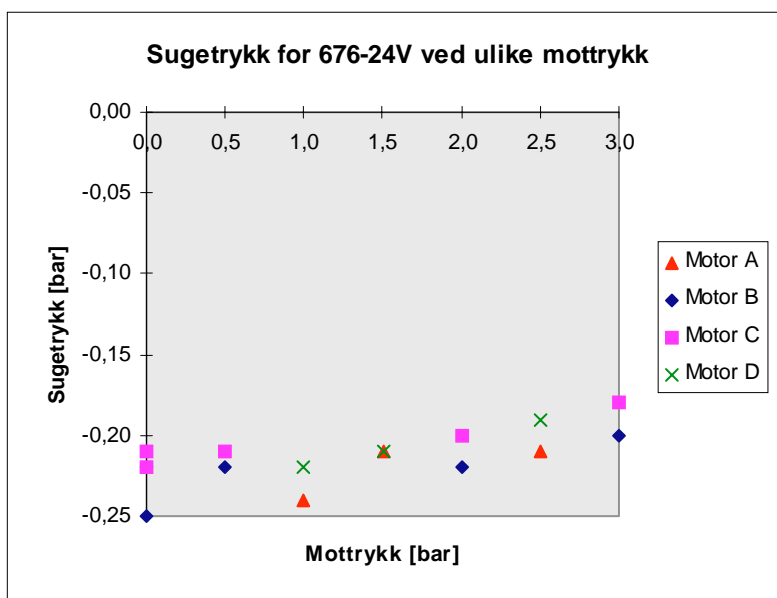
I vedlegget ses ellers at motor A og B for 676-12V har store forskjeller når det gjelder strømstyrke. Dette antas å skyldes produksjonsforskjeller. Det er trolig ingen sider ved forsøksoppsettet som skulle gi så store avvik mellom motorene.

Ulikheter i målingene skyldes for det meste at motorene er litt forskjellige samt at batterispenningen ikke er konstant mellom hvert test og heller ikke innen samme test. Dette er fordi batteriet tappes mens pumping foregår.

Det må også tas med at målingene av strømmen ble tatt etter 30 sekunders pumping. Strømstyrken var ikke konstant hele tiden, men varierte noe. Videre er det usikkerheter i selve måleresultatet.

5.2.5 Sugetrykket

Sugetrykket blir mindre (fjernere fra vakuum) ved høyere mottrykk. Jo større mottrykk, jo lengre fra vakuum er altså sugetrykket for pumpa. Når for eksempel mottrykket økes fra 0 til 3 barg (absolutt fra ca. 1 til 4 bar) på pumpa 676-24V endres sugetrykket fra ca. -0,22 til -0,20 barg (absolutt fra ca. 0,78 til 0,80 bar). Se figur 5.9.



Figur 5. 9

I vedlegget er det vist tabell og figur over sugetrykket for hver av pumpene ved ulike mottrykk samt hvilke motorer som er brukt ved hvilke tester.

For 676-24V se: tabell A-7 og figur A-7 i vedlegg A
 For 676-12V se: tabell B-2 og figur B-2 i vedlegg B
 For 595A-24V se: tabell C-4 og figur C-4 i vedlegg C
 For 595B-24V se: tabell D-2 og figur D-2 i vedlegg D

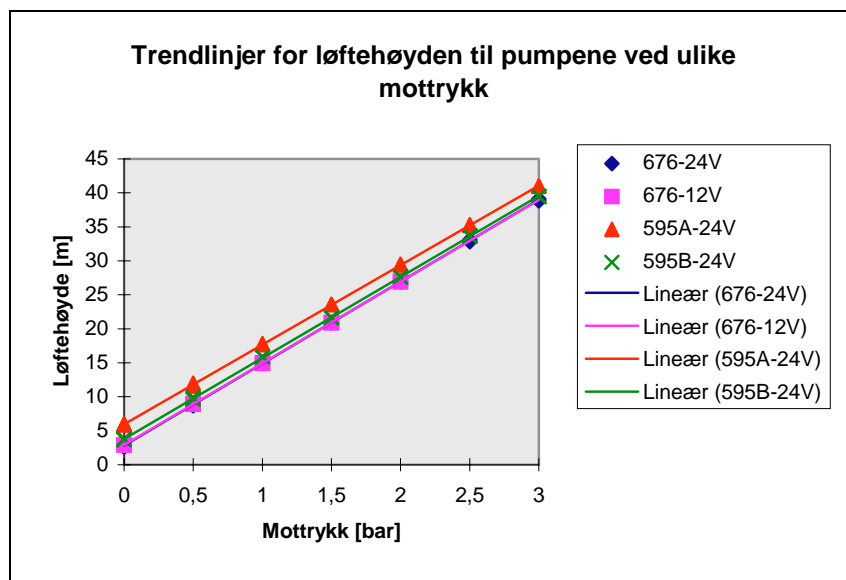
Endringer i sugetrykket virker inn på den geodetisk sugehøyden (kap. 5.2.7). Sugetrykkene til 676-24V og 676-12V ved ulike mottrykk er så godt som like. Pumpa 595B-24V har lavere sugetrykk (fjernere fra vakuum) enn 595A-24V fordi innløpet er større. Jo større innløp, jo mindre sugetrykk (jmf. kap. 5.3.4).

5.2.6 Løftehøyde

Løftehøyden øker nesten lineært med stigende mottrykk. I vedlegget er det vist tabell og figur over løftehøyden for hver av pumpene ved ulike mottrykk samt hvilke motorer som er brukt ved hvilke tester.

For 676-24V se: tabell A-11 og figur A-11 i vedlegg A
 For 676-12V se: tabell B-5 og figur B-5 i vedlegg B
 For 595A-24V se: tabell C-7 og figur C-7 i vedlegg C
 For 595B-24V se: tabell D-5 og figur D-5 i vedlegg D

I figur 5.10 er trendlinjene for løftehøyden ved økende mottrykk for alle pumpene vist.



Figur 5. 10

Av formel 2.14 ses at løftehøyden er avhengig av differansen mellom mottrykk og sugetrykk ($p_t - p_s$). Når mottrykket økes, så er det allerede slått fast at sugetrykket

endres. Men endringen i sugetrykket er liten i forhold til endringen i mottrykket som innstilles.

Fordi endringen i sugetrykket ved økende mottrykk ikke spiller så stor rolle som det innstilte mottrykket, vil løftehøyden til alle pumpene være tilnærmet lineære og nesten like store. Grunnen til at 595A-24V ligger høyest, er at denne har best sugetrykk. 595B-24V har lavere sugetrykk en 595A fordi innløpet er større.

5.2.7 Geodetisk sugehøyde

Den geodetisk sugehøyden reduseres ved økende mottrykk. I vedlegget er det vist tabell og figur over geodetisk sugehøyde for hver av pumpene ved ulike mottrykk samt hvilke motorer som er brukt ved hvilke tester.

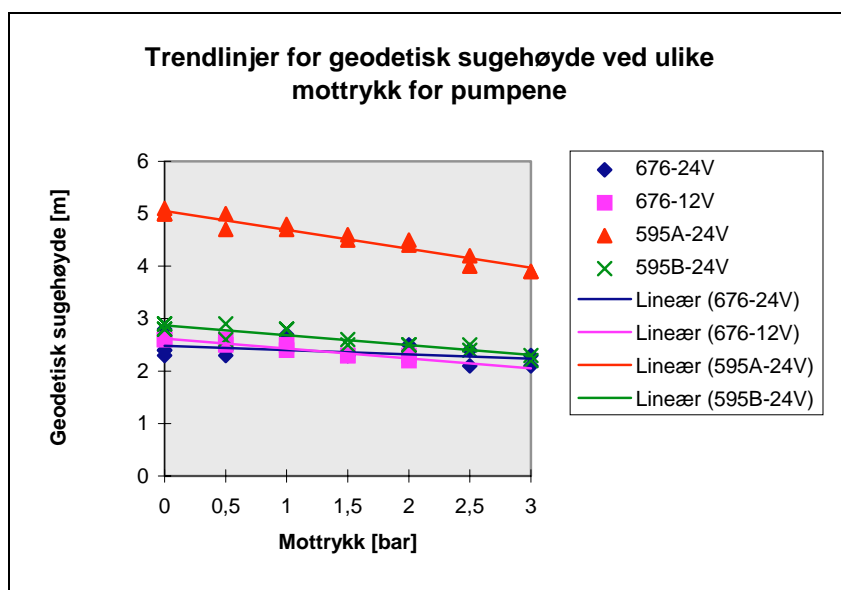
For 676-24V se: tabell A-12 og figur A-12 i vedlegg A

For 676-12V se: tabell B-6 og figur B-6 i vedlegg B

For 595A-24V se: tabell C-8 og figur C-8 i vedlegg C

For 595B-24V se: tabell D-6 og figur D-6 i vedlegg D

I figur 5.11 er trendlinjene for den geodetiske sugehøyden for pumpene ved ulike mottrykk vist.



Figur 5. 11

Merk at tapsleddet h_t i formel 2.21 er ignorert ved beregningene. Den reelle verdien er derfor kanskje noe lavere. Det er allerede vist at sugetrykket og volumstrømmen reduseres når mottrykket økes. Fra formel 2.21 går det fram at den geodetisk sugehøyden er avhengig av sugetrykket og volumstrømmen i sugeslangen. Derfor synker også den geodetiske sugehøyden med økende mottrykk. Dersom tiden hadde strekt til, kunne det vært interessant å plassere pumpene høyere for å prøve om de beregnede resultatene for den geodetiske sugehøyden er riktige.

Grunnen til at pumpe 595B-24V har lavere geodetisk sugehøyde enn 595A-24V, er at innløpsslangen er 5/4". Jo større innløpsslange, jo mindre sugetrykk (kap. 5.3.4).

5.2.8 Løftehøyde og volumstrøm

Ved ulike mottrykk fås forskjellige løftehøyder og volumstrømmer. Løftehøyde og volumstrøm er to av de mest sentrale egenskapene til en pumpe. I vedlegget er det vist tabell og figur over løftehøyde vs volumstrøm for hver av pumpene ved ulike mottrykk samt hvilke motorer som er brukt ved hvilke tester.

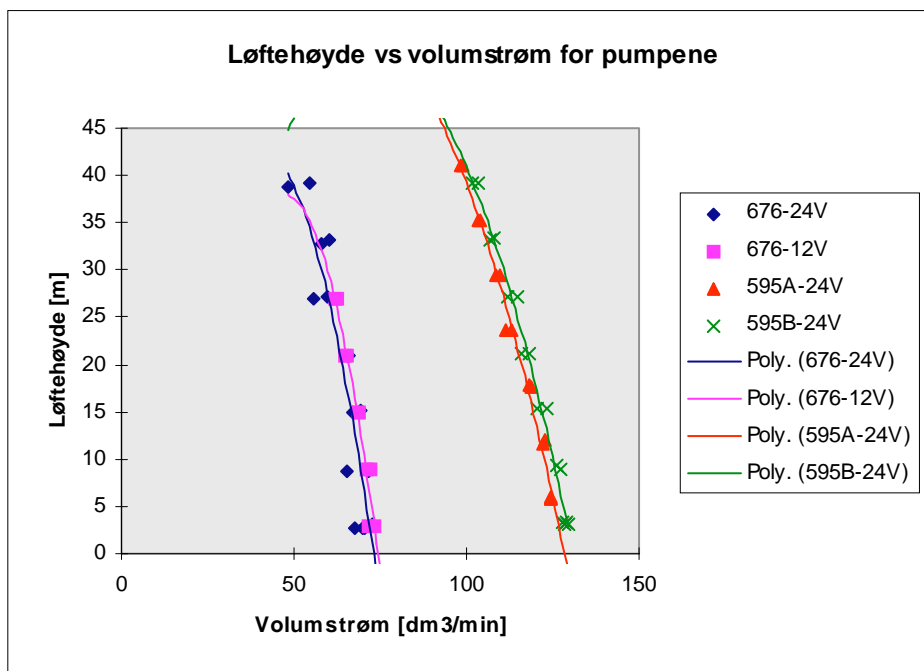
For 676-24V se: tabell A-13 og figur A-13 i vedlegg A

For 676-12V se: tabell B-8 og figur B-8 i vedlegg B

For 595A-24V se: tabell C-10 og figur C-10 i vedlegg C

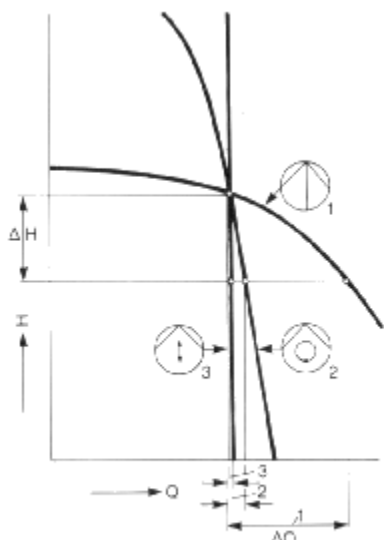
For 595B-24V se: tabell D-8 og figur D-8 i vedlegg D

Figur 5.12 viser løftehøyde vs volumstrøm for alle pumpene.



Figur 5. 12

Det ses at 676-24V og 676-12V er ganske like. Det samme gjelder 595A-24V og 595B-24V. Teoretisk skulle det ikke vært et forhold mellom volumstrøm og løftehøyde for positive fortrengningspumper. [2]. Kurvene burde vært linjer parallelle med løftehøyde-aksen (forutsatt konstant omdreiningstall).



I praksis har pumpa et innvendig spaltetap (lekkasjetap) som øker ved stigende mottrykk. [2].

De testene som har blitt utført, har jo vist at turtallet *ikke* var konstant ved ulike mottrykk (kap. 5.2.1). Dermed skal ikke kurva være parallell med løftehøyde-aksen. Det er jo også blitt vist at det er spaltetap ved økende mottrykk (kap. 5.2.3).

Figur 5.13 viser volumstrømmens avhengighet av mottrykket for henholdsvis sentrifugalpumper (1), roterende fortrenningspumper (2) og resiprokerende fortrenningspumper (3) for et sammenfallende driftspunkt. [2]. Det ses at kurva (2) har samme form som kurvene i figur 5.12.

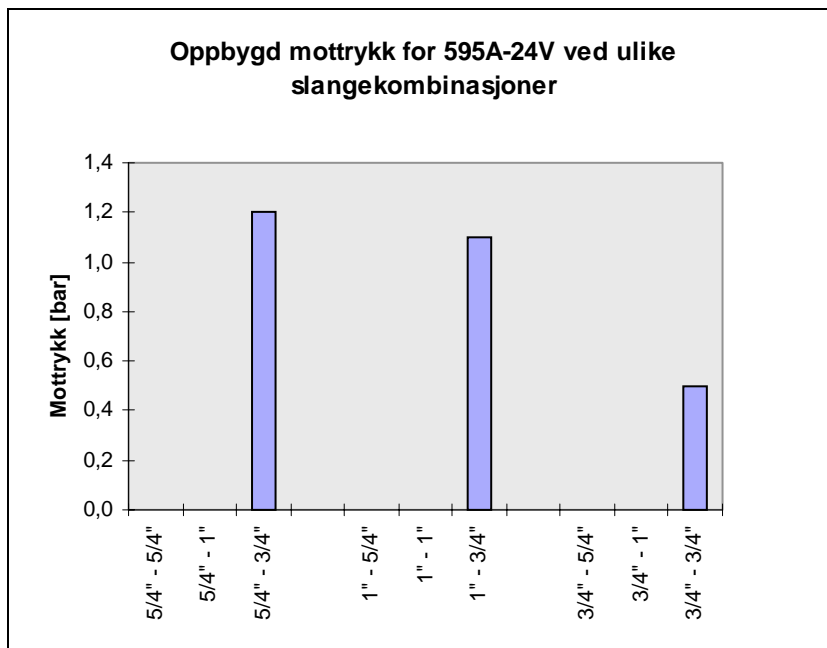
Figur 5. 13: Løftehøyde vs volumstrøm

5.3 Pumping med ulike slangestørrelser

Pumping med ulike slangestørrelser ble utført for pumpene 676-24V og 595A-24V. Merk at når 5/4" slange ble brukt på innløpet, så var likevel T-røret på innløpet 1".

5.3.1 Oppbygd mottrykk

Når utløpsslangen er 3/4", bygges det opp et mottrykk på trykksida uansett hvilken slangedimensjon som er på innløpet. Eksempel for 595A-24V er vist i figur 5.14.



Figur 5. 14

Mer tabeller og figurer finnes i vedlegget.

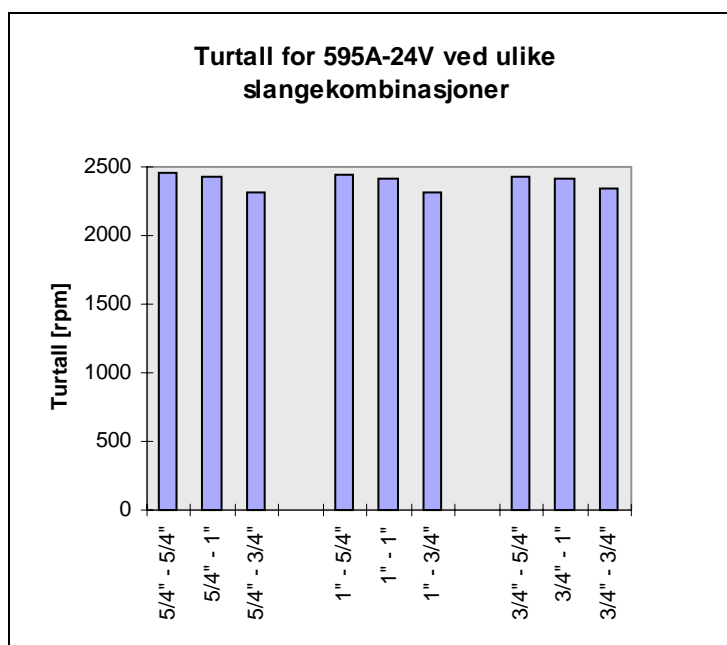
For 676-24V se: tabellene A-14, A-15 og A-16 og figur A-16 i vedlegg A.
For 595A-24V se: tabellene C-11, C-12 og C-13 og figur C-13 i vedlegg C.

Mottrykkene som bygges opp er større for 595A-24V enn 676-24V.

5.3.2 Turtall

Jo mindre slange på utløpet, jo lavere turtall.

Ved ulike slangekombinasjoner er turtallet tilnærmet likt uansett hvilken slangedimensjon som er på innløpet. Det er dimensjonen på utløpsslangen som er avgjørende for turtallsreduksjonen. Reduksjonen i turtall er likevel liten. Eksempel for 595A-24V er vist i figur 5.15.



Figur 5. 15

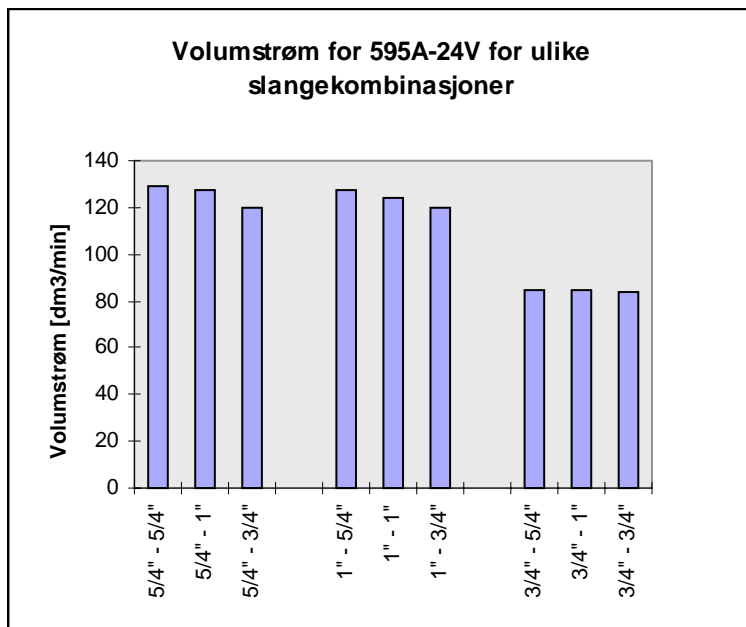
Mer tabeller og figurer finnes i vedlegget.

For 676-24V se: tabellene A-14, A-15 og A-16 og figur A-15 i vedlegg A.
For 595A-24V se: tabellene C-11, C-12 og C-13 og figur C-12 i vedlegg C.

Årsaken til turtallsreduksjonen er at det bygges opp et mottrykk på trykksida når utløpsslangen er 3/4". Det er allerede vist at turtallet går ned ved stigende mottrykk (kapittel 5.2.1). Men fordi det oppbygde mottrykket ikke er så stort, blir turtallet lite redusert. Reduksjonen i turtall er størst for 595A-24V. Det skyldes at de oppbygde mottrykkene er større for denne pumpa enn for 676-24V.

5.3.3 Volumstrøm

Volumstrømmen er størst ved store slangedimensjoner på både innløp og utløp. Se figur 5.16.



Figur 5. 16

For 595A-24V er det innløpsslangen som bestemmer hvor stor volumstrømmen blir. Hvilket alternativ som er på utløpet, spiller mindre rolle.

For 595A-24V se: tabellene C-11, C-12 og C-13 og figur C-17 i vedlegg C.

Når innløpet er 5/4" eller 1", så blir ikke volumstrømmen særlig redusert samme hvilken slangestørrelse som er på utløpet. Volumstrømmen synker riktignok litt jo mindre utløpsslangen er. Men med 5/4" eller 1" ligger volumstrømmen hele tiden over 120 dm³/min.

Med 3/4" på innløpet synker volumstrømmen drastisk. Uansett hvilken dimensjon som er på utløpssida, blir volumstrømmen i overkant av 80 dm³/min. Jo mindre slangen er, jo tyngre blir det å pumpe væska gjennom slangene. Det blir større rørfriksjon ved små slanger enn større. [1].

For 676-24V er det små forskjeller uansett hvilke slangekombinasjoner som velges. Volumstrømmen ligger uansett i intervallet 65-70 dm³/min. Denne pumpa er altså ikke så ømfintlig for liten sugeslange som 595A-24V. Tallene finnes i vedlegget.

For 676-24V se: tabellene A-14, A-15 og A-16 og figur A-20 i vedlegg A.

Det må legges til at resultatene for slangekombinasjonene 5/4"-1" og 5/4"-3/4" var forventet å være omvendt. I alle fall sett i forhold til tilsvarende for 595A-24V.

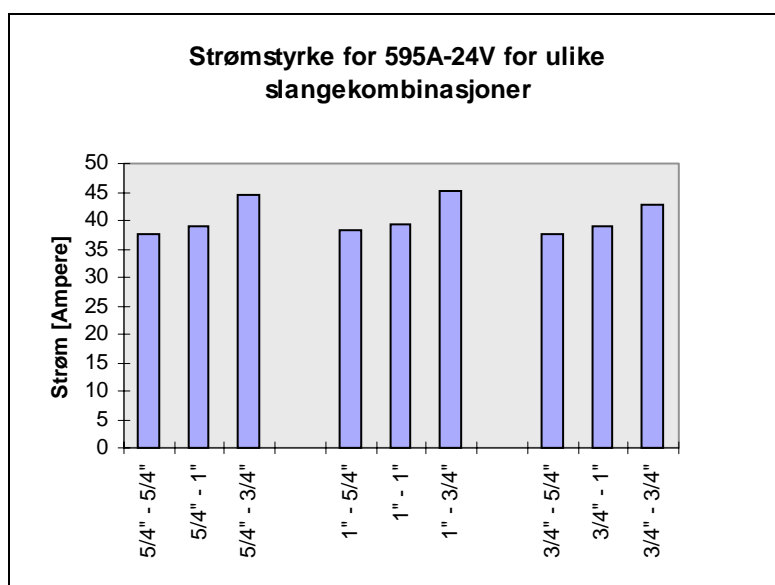
Resultatet for 3/4"-3/4" var også forventet å ligge likt med eller under de andre kombinasjonene 3/4"-5/4" og 3/4"-1".

Årsaken til det ulikhetene kan kanskje skyldes forskjeller i batterispenning eller unøyaktig avlesing av $h_{\text{før}}$ og h_{etter} i tanken.

5.3.4 Strømstyrke

Jo mindre slange på utløpet, jo mer strøm trekker motoren.

Størrelsen på innløpsslangen spiller ikke noen stor rolle for strømstyrken. Det er altså utløpsslangen som bestemmer strømstyrken. Se figur 5.17.



Figur 5. 17

Mer tabeller og figurer finnes i vedlegget.

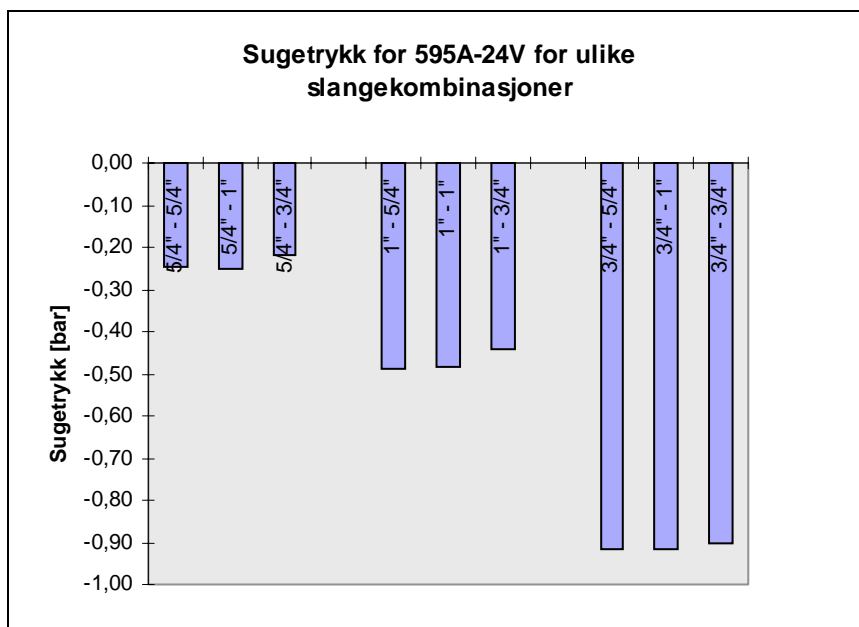
For 676-24V se: tabellene A-14, A-15 og A-16 og figur A-14 i vedlegg A.

For 595A-24V se: tabellene C-11, C-12 og C-13 og figur C-11 i vedlegg C.

Årsaken til økning i strømstyrken er at jo mindre utløpsslange, jo større oppbygd mottrykk. Det er allerede vist at strømstyrken øker ved stigende mottrykk (kap. 5.2.4). Strømstyrken endres mer for 595A-24V ved mindre utløpsslange fordi det oppbygde mottrykket er større enn for 676-24V.

5.3.4 Sugetrykket

Jo mindre innløpsslange, jo større sugetrykk (nærmere vakuum). Se figur 5.18.



Figur 5. 18

Det er innløpsslangen som bestemmer sugetrykket. Hvilken slangedimensjon som er på utløpet, fører bare til små endringer. Mer tabeller og figurer finnes i vedlegget.

For 676-24V se: tabellene A-14, A-15 og A-16 og figur A-17 i vedlegg A.

For 595A-24V se: tabellene C-11, C-12 og C-13 og figur C-14 i vedlegg C.

Selv om sugetrykket er stort ved 3/4" innløp fører det ikke til økende volumstrøm. Sugetrykket har betydning for den geodetiske sugehøyden.

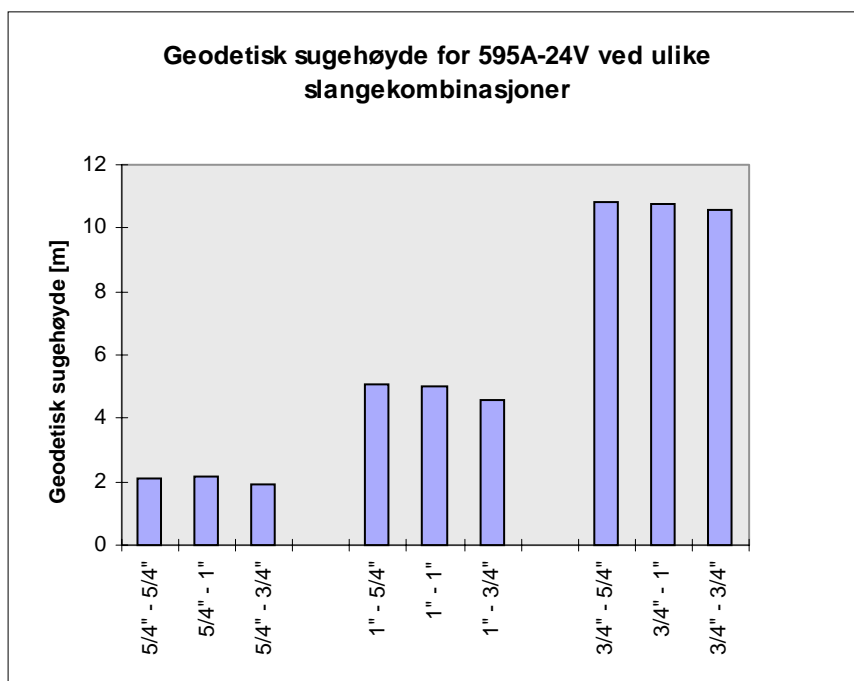
5.3.5 Geodetisk sugehøyde

Jo mindre sugeslange, jo større geodetisk sugehøyde. Dette skyldes at sugetrykket øker ved mindre slangedimensjon (kap. 5.3.4). Den geodetiske sugehøyden er avhengig av sugetrykket (formel 2.21). Merk at tapsleddet h_t i formel 2.21 er ignorert ved beregningene. Den reelle verdien er derfor trolig noe lavere, spesielt for 3/4" innløp fordi rørfriksjonen er størst ved små rør. De beregnede verdien for geodetisk sugehøyde er vist i vedlegget.

For 676-24V se: tabellene A-14, A-15 og A-16 og figur A-19 i vedlegg A.

For 595A-24V se: tabellene C-11, C-12 og C-13 og figur C-16 i vedlegg C.

Når sugeslangen er gitt, vil ikke endring av dimensjonen på utløpsslangen føre til noen særlig endring i geodetisk sugehøyde. Se figur 5.19.



Figur 5. 19

Selv om den geodetisk sugehøyden blir større ved mindre sugeslange så går det på bekostning av volumstrømmen.

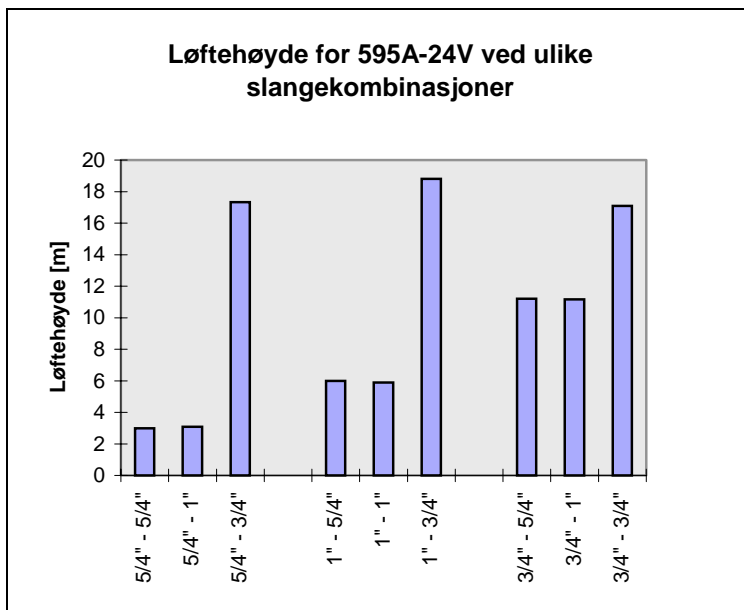
5.3.6 Løftehøyde

Løftehøyden blir større jo mindre slangedimensjoner det er på både sugeslangen og utløpsslangen. Tallmaterialet er presentert i vedlegget.

For 676-24V se: tabellene A-14, A-15 og A-16 og figur A-18 i vedlegg A.

For 595A-24V se: tabellene C-11, C-12 og C-13 og figur C-15 i vedlegg C.

Løftehøyden er jo avhengig av differansen mellom mottrykket og sugetrykket (formel 2.14). Det er allerede vist at det oppbygde mottrykket er størst ved 3/4" på utløpet (kapittel 5.3.1) og at sugetrykket også er best ved 3/4" på innløpet (kapittel 5.3.4). Dermed blir også løftehøyden størst ved 3/4" inn og ut. Se figur 5.20.



Figur 5. 20

5.4 Støyttest

5.4.1 Resultater og diskusjon

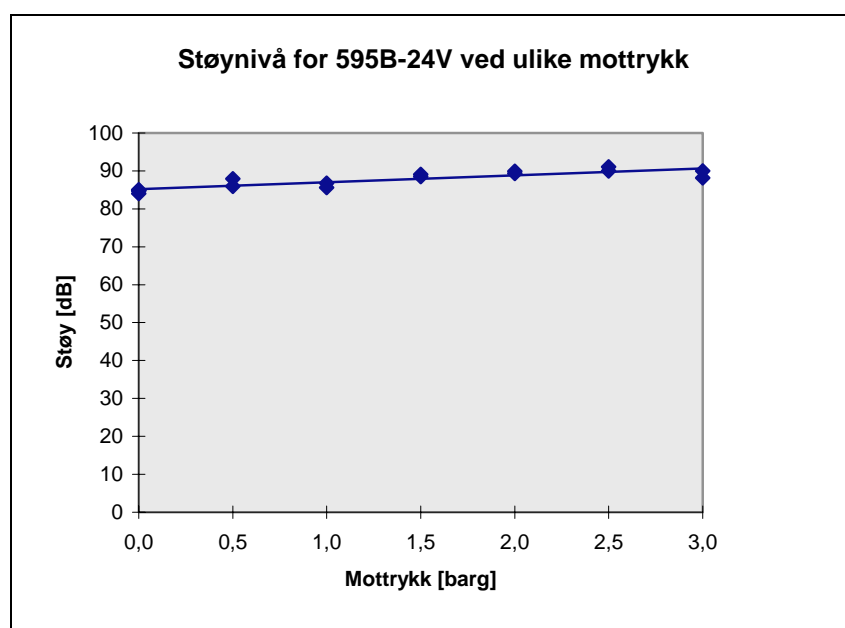
Resultatene for støymålingene er vist nedenfor i tabellene 5.1 og 5.2. Figur 5.21 viser trendlinjen for støynivået til 595B-24V ved ulike mottrykk.

Tabell 5.1: Støynivå for alle pumpene ved 0 barg mottrykk

| Pumpe | Støynivå [dB] | |
|----------|---------------|--------|
| | Test 1 | Test 2 |
| 676-24V | 81,6 | 81,6 |
| 676-12V | 81,6 | 81,5 |
| 595A-24V | 84,8 | 85,0 |
| 595B-24V | 84,0 | 84,8 |

Tabell 5.2: Støynivå for 595B-24V ved ulike mottrykk

| Mottrykk [barg] | Støynivå [dB] | |
|--------------------|---------------|--------|
| | Test 1 | Test 2 |
| 0,0 | 84,0 | 84,8 |
| 0,5 | 85,9 | 87,9 |
| 1,0 | 85,6 | 86,8 |
| 1,5 | 88,5 | 89,1 |
| 2,0 | 89,3 | 89,9 |
| 2,5 | 91,1 | 90,0 |
| 3,0 | 90,0 | 88,2 |



Figur 5. 21

Det ses av tabellene at pumpa 676 har samme støynivå uansett om det er 24V- eller 12V-motor som står på. Pumpene 595A og 595B er også tilnærmet like i støy, og de ligger noe høyere enn 676.

For 595B-24V ses tydelig at støynivået øker noe med stigende mottrykk.

6.0 Konklusjon

Når pumpa 676-24V går i fire minutter, oppnår de ulike motorene som brukes forskjellig temperatur. Motorene er altså forskjellige. Når pumpa 595A-24V går i tolv minutter, er det små avvik på temperaturen. Motorene er jevnere.

Gangtiden for pumpene 676-24V og 595A-24V synker tilnærmet lineært med økende mottrykk.

For pumpene som er testet, ses at økende mottrykk fører til at:

1. turtallet reduseres tilnærmet lineært
2. volumstrøm reduseres tilnærmet lineært
3. forholdet turtall/volumstrøm øker litt
4. strømstyrken økes tilnærmet lineært
5. sugetrykk endres noe (fjernere fra vakuum)
6. løftehøyden økes tilnærmet lineært
7. den geodetisk sugeshøyde reduseres tilnærmet lineært

Støynivået for 595A-24V og 595B-24V er tilnærmet likt ved 0 barg mottrykk. Det samme gjelder 676-24V og 676-12V. Pumpene 595A-24V og 595B-24V gir noe mer støy enn 676-24V og 676-12V.

For 595B-24V øker støynivået med økende mottrykk. Det antas at det også gjelder de andre pumpene.

Når utløpsslangen er mindre enn standard 1", dvs. 3/4", bygges det opp mottrykk. Mottrykkene som bygges opp for 595A-24V er større enn 676-24V.

Jo mindre slange på utløpet, jo lavere turtall.

Volumstrømmen er størst ved 5/4" slange på både innløp og utløp. For 595A-24V reduseres volumstrømmen mye ved 3/4" på innløpet.

Jo mindre slange på utløpet, jo mer strøm trekker motoren.

Jo mindre sugeslange, jo større sugetrykk og geodetisk sugeshøyde. Den geodetiske sugeshøyden blir merkbart høyere med 3/4" på innløpet.

Symbolliste

| Symbol | Navn | SI-enhet | Andre enheter som er brukt |
|--------------------|---------------------------------|--------------------|----------------------------|
| A | areal | m ² | |
| A _s | slangeareal på innløpssiden | m ² | |
| A _t | slangeareal på utløpssiden | m ² | |
| A _{tank} | tankareal | m ² | |
| E | elektromotorisk spenning | V | |
| g | tyngdeakselerasjonen | m/s ² | |
| h | høyde | m | |
| h _{før} | væskehøyde i tank før pumping | m | |
| h _{etter} | væskehøyde i tank etter pumping | m | |
| H | løftehøyde | m | |
| H _g | geodetisk transporthøyde | m | |
| H _s | geodetisk sugehøyde | m | |
| H _t | geodetisk trykkehøyde | m | |
| h _t | tapsledd | m | |
| I | strøm | A | |
| m | masse | kg | |
| n | turtall | 1/s | rpm |
| p | trykk | Pa | bar |
| p _o | lufttrykk | Pa | |
| p _s | sugetrykk | Pa | barg |
| p _t | trykksidetrykk (mottrykk) | Pa | barg |
| q _v | volumstrøm | m ³ /s | dm ³ /min |
| R _i | indre resistans | Ω | |
| R | resistans | Ω | |
| t | tid | s | min |
| T | temperatur | °C | |
| U | spenning | V | |
| v | fart | m/s | |
| v _s | væskefart i sugeslangen | m/s | |
| v _t | væskefart i trykkslangen | m/s | |
| V | volum | m ³ | dm ³ |
| ρ | tetthet | m ³ /kg | |

Litteraturliste

- [1] Dahlvig, G.: «Energiteknikk», 4. utgave, Universitetsforlaget, Oslo 1995
- [2] Larsen, T. (red.): «Pumpe ståbi», 2. utgave, Teknisk Forlag, København 1991
- [3] Dickenson, T. C.: «Pumping Manual», 9th Edition, Elsevier Science LTD, Oxford (UK) 1995
- [4] Ese, T.: «Kompendium i fluidmekanikk», Høgskolen Stord/Haugesund, Haugesund 1997
- [5] Alfredsson, A. m.fl.: «Praktisk elektroteknikk for ingeniørhøgskolen», NKI Forlaget, Oslo 1989

| | |
|----------------------------------|------------|
| VEDLEGG A: 676-24V | 2 |
| VEDLEGG B: 676-12V | 22 |
| VEDLEGG C: 595A-24V | 32 |
| VEDLEGG D: 595B-24V | 50 |
| VEDLEGG E: TESTOPPSETT | 60 |
| VEDLEGG F: PUMPE 595A-24V | 621 |
| VEDLEGG G: PUMPE 595B-24V | 62 |
| VEDLEGG H: TESTSKJEMA | 623 |

Tabelliste:

| | |
|--|----|
| Tabell A - 1: Temperaturutvikling i motor A ved 0 barg mottrykk | 3 |
| Tabell A - 2: Temperaturutvikling i motor B ved 0 barg mottrykk | 3 |
| Tabell A - 3: Temperaturutvikling i motor C ved 0 barg mottrykk | 3 |
| Tabell A - 4: Temperaturutvikling i motor D ved 0 barg mottrykk | 3 |
| Tabell A - 5: Gangtid ved ulike mottrykk | 6 |
| Tabell A - 6: Volumstrøm ved ulike mottrykk | 7 |
| Tabell A - 7: Strømstyrke ved ulike mottrykk | 8 |
| Tabell A - 8: Turtall ved ulike mottrykk | 9 |
| Tabell A - 9: Forholdet turtall/volumstrøm ved ulike mottrykk | 10 |
| Tabell A - 10: Sugetrykk ved ulike mottrykk | 11 |
| Tabell A - 11: Løfthøyde ved ulike mottrykk | 12 |
| Tabell A - 12: Geodetisk sugehøyde ved ulike mottrykk | 13 |
| Tabell A - 13: Volumstrøm vs løfthøyde | 14 |
| Tabell A - 14: Diverse data ved ulike slangekombinasjoner: innløp 5/4" | 15 |
| Tabell A - 15: Diverse data ved ulike slangekombinasjoner: innløp 4/4" | 16 |
| Tabell A - 16: Diverse data ved ulike slangekombinasjoner: innløp 3/4" | 17 |
| Tabell A - 17: Diverse tilleggsdata | 21 |

Figurliste:

| | |
|---|----|
| Figur A - 1: Temperaturutvikling i motor A for 676-24V ved 0 barg mottrykk | 4 |
| Figur A - 2: Temperaturutvikling i motor B for 676-24V ved 0 barg mottrykk | 4 |
| Figur A - 3: Temperaturutvikling i motor C for 676-24V ved 0 barg mottrykk | 5 |
| Figur A - 4: Temperaturutvikling i motor D for 676-24V ved 0 barg mottrykk | 5 |
| Figur A - 5: Gangtid for 676-24V ved ulike mottrykk | 6 |
| Figur A - 6: Volumstrøm for 676-24V ved ulike mottrykk | 7 |
| Figur A - 7: Strømstyrke for 676-24V ved ulike mottrykk | 8 |
| Figur A - 8: Turtall for 676-24V ved ulike mottrykk | 9 |
| Figur A - 9: Turtall/volumstrøm for 676-24V ved ulike mottrykk | 10 |
| Figur A - 10: Sugetrykk for 676-24V ved ulike mottrykk | 11 |
| Figur A - 11: Løfthøyde for 676-24V ved ulike mottrykk | 12 |
| Figur A - 12: Geodetisk sugehøyde for 676-24V ved ulike mottrykk | 13 |
| Figur A - 13: Volumstrøm vs løfthøyde for 676-24V | 14 |
| Figur A - 14: Strømstyrke for 676-24V ved ulike slangekombinasjoner | 18 |
| Figur A - 15: Turtall for 676-24V ved ulike slangekombinasjoner | 18 |
| Figur A - 16: Oppbygd mottrykk for 676-24V ved ulike slangekombinasjoner | 19 |
| Figur A - 17: Sugetrykk for 676-24V ved ulike slangekombinasjoner | 19 |
| Figur A - 18: Løfthøyde for 676-24V ved ulike slangekombinasjoner | 20 |
| Figur A - 19: Geodetisk sugehøyde for 676-24V ved ulike slangekombinasjoner | 20 |
| Figur A - 20: Volumstrøm for 676-24V ved ulike slangekombinasjoner | 21 |

Tabell A - 1: Temperaturutvikling i motor A ved 0 barg mottrykk

| Tid [minutter] | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
|--------------------|--------|------|------|------|------|------|
| Temperatur [°C] | Test 1 | 23,1 | 26,0 | 32,4 | 40,2 | 48,5 |
| | Test 2 | 18,3 | 22,3 | 29,5 | 38,8 | 48,7 |
| | Test 3 | 18,8 | 22,4 | 29,1 | 37,3 | 46,3 |
| | Snitt | | | | | 47,8 |

Tabell A - 2: Temperaturutvikling i motor B ved 0 barg mottrykk

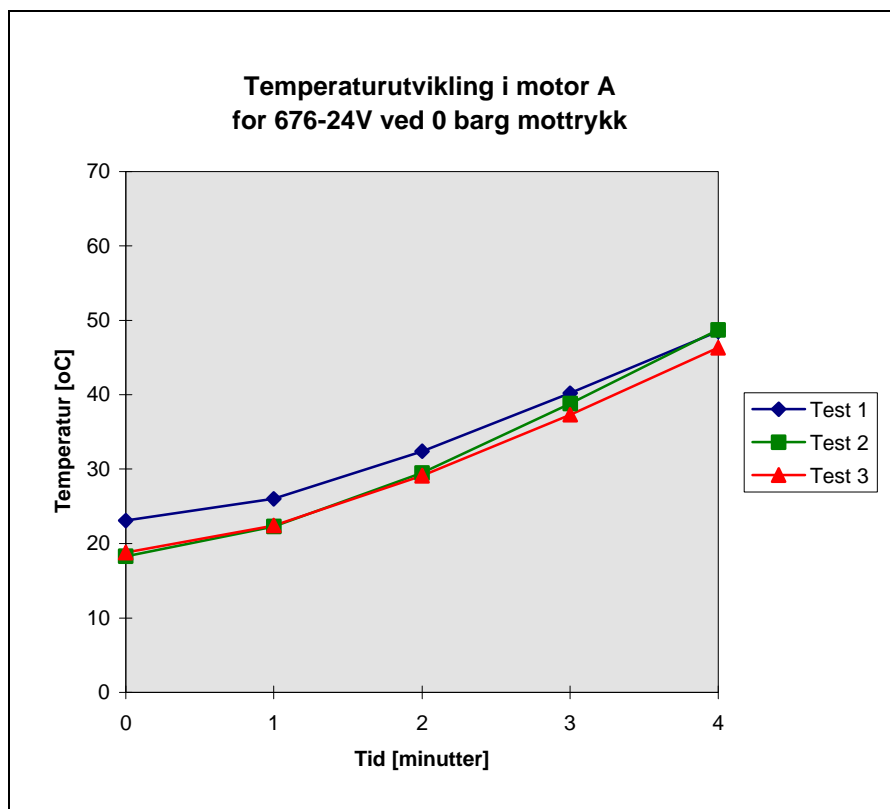
| Tid [minutter] | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
|--------------------|--------|------|------|------|------|------|
| Temperatur [°C] | Test 1 | 20,0 | 27,0 | 36,6 | 47,6 | 59,1 |
| | Test 2 | 18,5 | 24,1 | 33,1 | 42,9 | 53,1 |
| | Test 3 | 17,3 | 23,2 | 31,6 | 41,1 | 51,6 |
| | Snitt | | | | | 54,6 |

Tabell A - 3: Temperaturutvikling i motor C ved 0 barg mottrykk

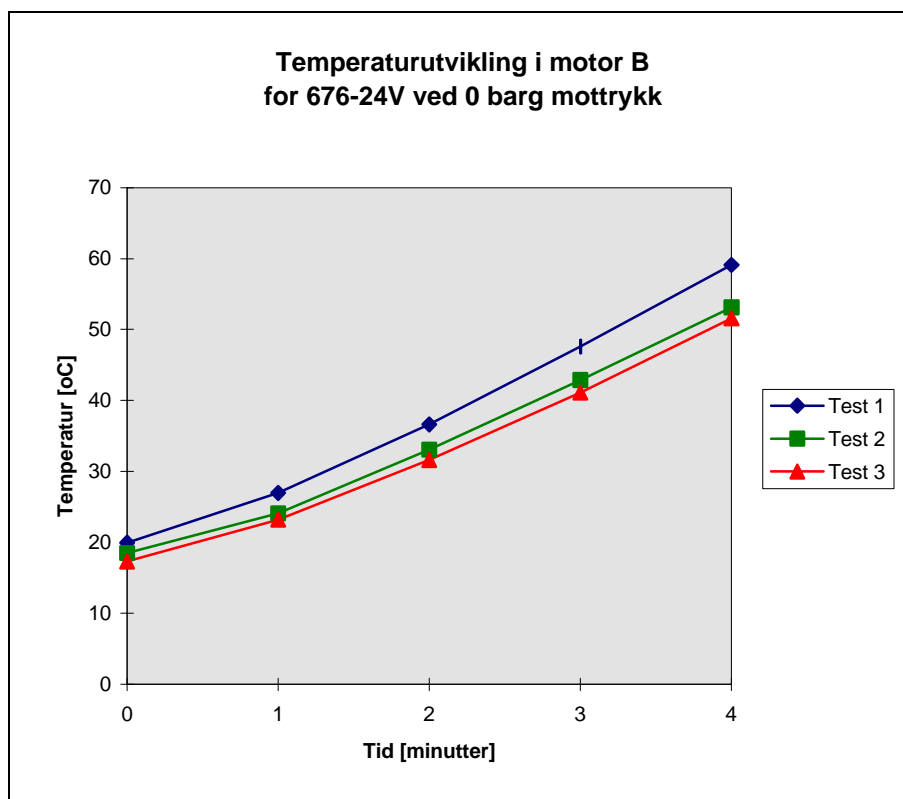
| Tid [minutter] | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
|--------------------|--------|------|------|------|------|------|
| Temperatur [°C] | Test 1 | 19,2 | 27,6 | 40,5 | 53,4 | 66,5 |
| | Test 2 | 18,1 | 23,8 | 33,6 | 44,7 | 56,2 |
| | Test 3 | 19,8 | 25,0 | 34,3 | 45,5 | 56,7 |
| | Snitt | | | | | 59,8 |

Tabell A - 4: Temperaturutvikling i motor D ved 0 barg mottrykk

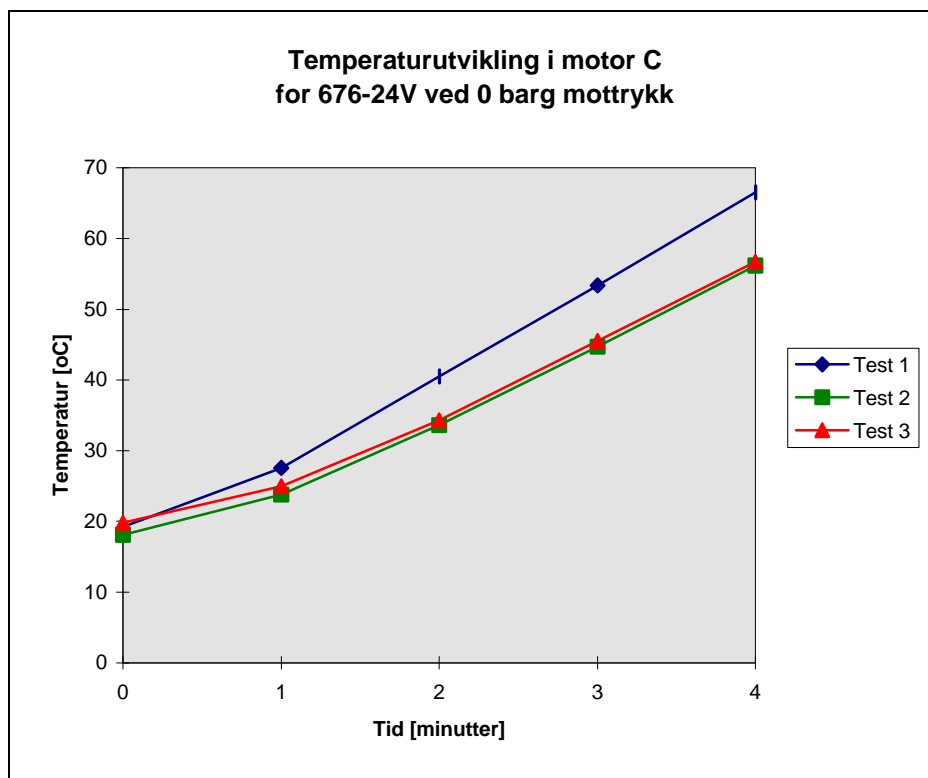
| Tid [minutter] | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
|--------------------|--------|------|------|------|------|------|
| Temperatur [°C] | Test 1 | 20,5 | 28,4 | 40,3 | 53,4 | 66,5 |
| | Test 2 | 22,4 | 30,6 | 42,6 | 54,5 | 67,0 |
| | Test 3 | 18,6 | 25,0 | 35,1 | 46,5 | 58,0 |
| | Snitt | | | | | 63,8 |



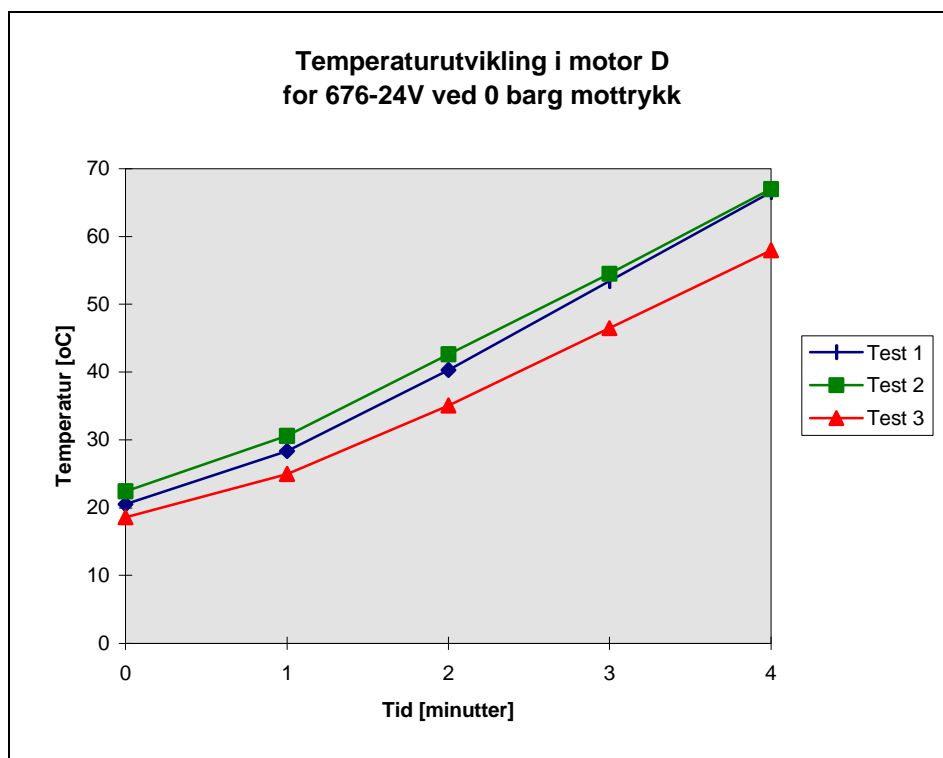
Figur A - 1



Figur A - 2



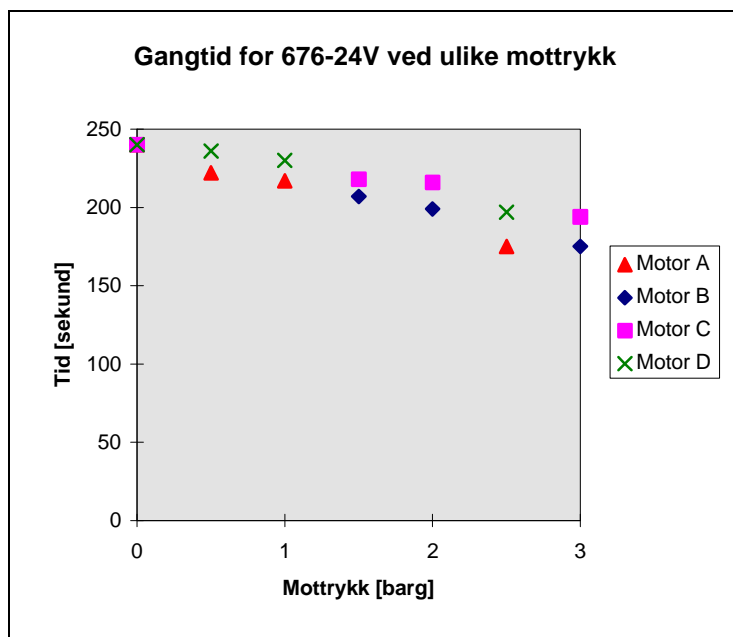
Figur A - 3



Figur A - 4

Tabell A - 5: Gangtid ved ulike mottrykk

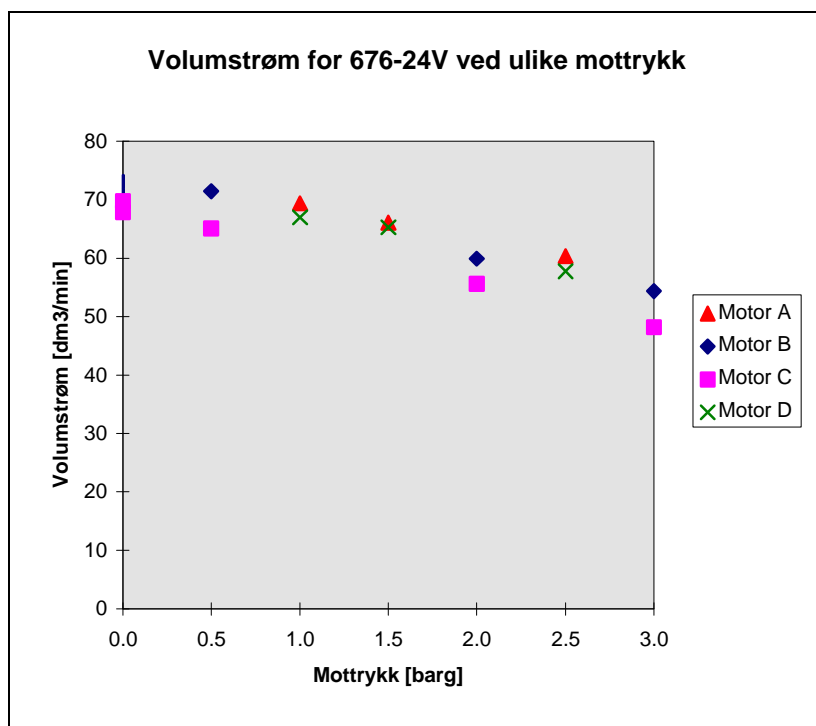
| Mottrykk [barg] | | 0,0 | 0,5 | 1,0 | 1,5 | 2,0 | 2,5 | 3 |
|-----------------|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | Motor B | 240 | | | 207 | 199 | | 175 |
| Tid | Motor C | 240 | | | 218 | 216 | | 194 |
| [s] | Motor A | 240 | 222 | 217 | | | 175 | |
| | Motor D | 240 | 236 | 230 | | | 197 | |



Figur A - 5

Tabell A - 6: Volumstrøm ved ulike mottrykk

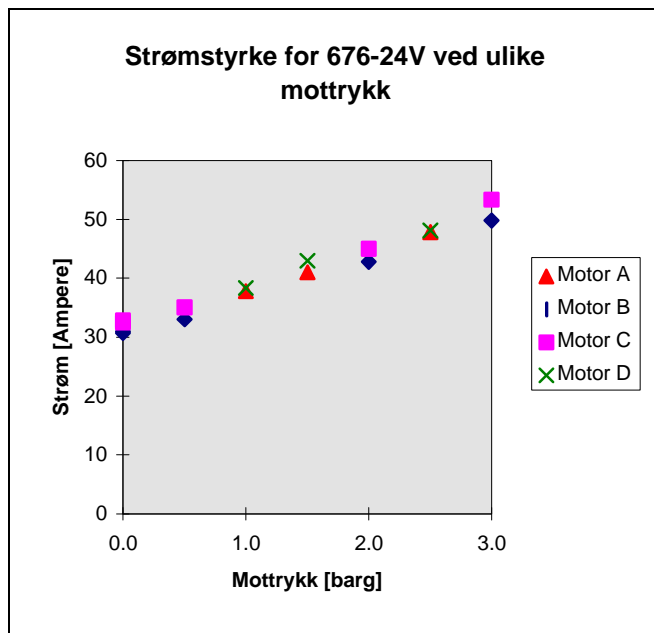
| Mottrykk [barg] | Motor | Volumstrøm [dm ³ /min] | Usikkerhet volumstrøm [dm ³ /min] |
|-----------------|-------|-----------------------------------|--|
| 0,0 | B | 70,7 | ±0,7 |
| 0,0 | B | 73,0 | ±0,6 |
| 0,0 | C | 67,8 | ±0,6 |
| 0,0 | C | 69,7 | ±0,5 |
| 0,5 | B | 71,4 | ±0,5 |
| 0,5 | C | 65,1 | ±0,5 |
| 1,0 | A | 69,4 | ±0,5 |
| 1,0 | D | 66,9 | ±0,5 |
| 1,5 | A | 66,0 | ±0,5 |
| 1,5 | D | 65,2 | ±0,5 |
| 2,0 | B | 59,9 | ±0,5 |
| 2,0 | C | 55,6 | ±0,5 |
| 2,5 | A | 60,3 | ±0,6 |
| 2,5 | D | 57,7 | ±0,5 |
| 3,0 | B | 54,3 | ±0,5 |
| 3,0 | C | 48,1 | ±0,5 |



Figur A - 6

Tabell A - 7: Strømstyrke ved ulike mottrykk

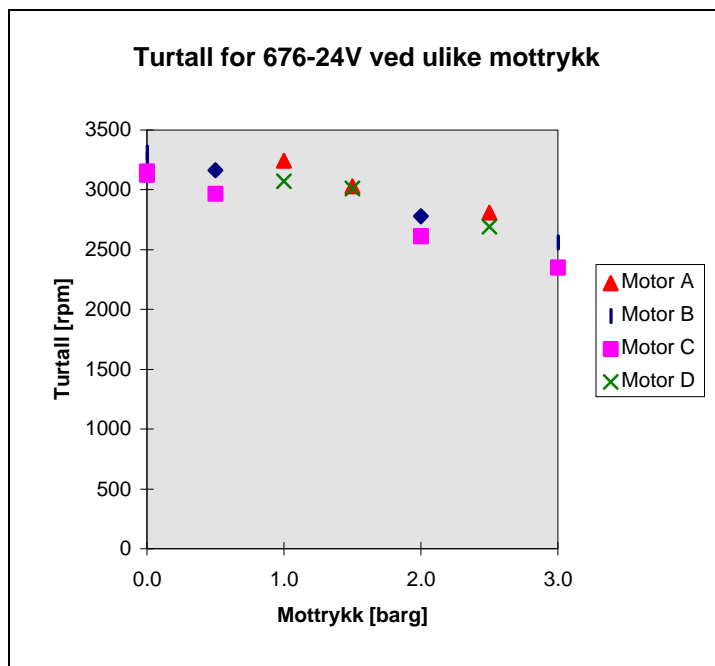
| Mottrykk [barg] | Motor | Strøm [A] | Usikkerhet strøm [A] |
|-----------------|-------|-----------|----------------------|
| 0,0 | B | 31,0 | ±0,9 |
| 0,0 | B | 30,7 | ±0,9 |
| 0,0 | C | 32,5 | ±0,9 |
| 0,0 | C | 32,8 | ±0,9 |
| 0,5 | B | 33,0 | ±0,9 |
| 0,5 | C | 35,1 | ±1,0 |
| 1,0 | A | 37,8 | ±1,0 |
| 1,0 | D | 38,3 | ±1,0 |
| 1,5 | A | 41,0 | ±1,1 |
| 1,5 | D | 43,0 | ±1,1 |
| 2,0 | B | 42,8 | ±1,1 |
| 2,0 | C | 45,0 | ±1,2 |
| 2,5 | A | 47,8 | ±1,2 |
| 2,5 | D | 48,1 | ±1,2 |
| 3,0 | B | 49,8 | ±1,2 |
| 3,0 | C | 53,3 | ±1,3 |



Figur A - 7

Tabell A - 8: Turtall ved ulike mottrykk

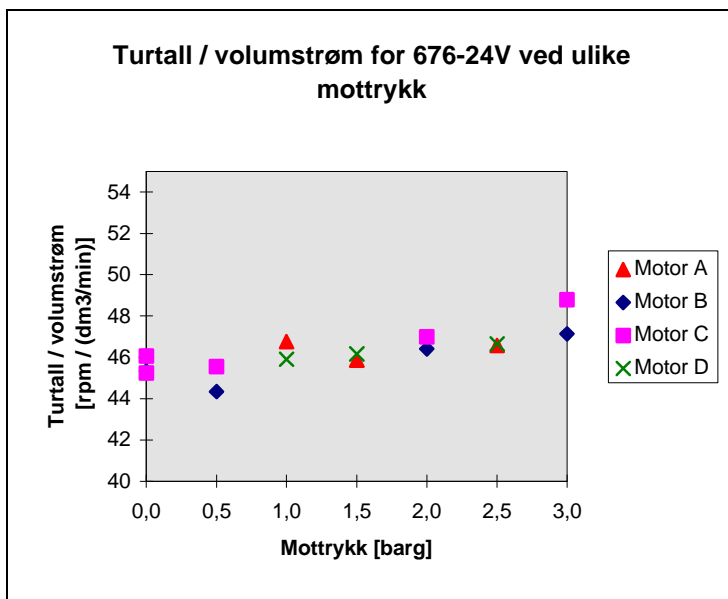
| Mottrykk [barg] | Motor | Turtall [rpm] | Usikkerhet turtall [rpm] |
|-----------------|-------|---------------|--------------------------|
| 0,0 | B | 3250 | ±1 |
| 0.0 | B | 3310 | ±1 |
| 0.0 | C | 3123 | ±1 |
| 0.0 | C | 3153 | ±1 |
| 0.5 | B | 3165 | ±1 |
| 0.5 | C | 2966 | ±1 |
| 1.0 | A | 3244 | ±1 |
| 1.0 | D | 3073 | ±1 |
| 1.5 | A | 3029 | ±1 |
| 1.5 | D | 3011 | ±1 |
| 2.0 | B | 2780 | ±1 |
| 2.0 | C | 2613 | ±1 |
| 2.5 | A | 2810 | ±1 |
| 2.5 | D | 2693 | ±1 |
| 3.0 | B | 2561 | ±1 |
| 3.0 | C | 2349 | ±1 |



Figur A - 8

Tabell A - 9: Forholdet turtall/volumstrøm ved ulike mottrykk

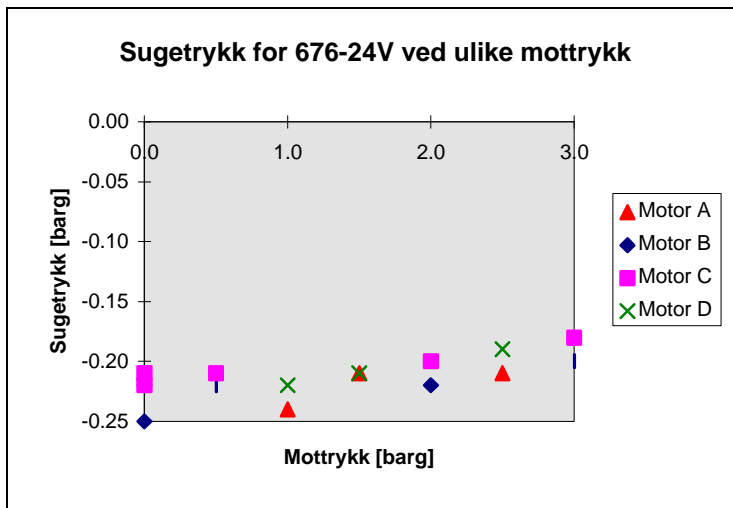
| Mottrykk [barg] | Motor | Turtall / volumstrøm [(rpm)/(dm ³ /min)] |
|-----------------|-------|---|
| 0,0 | B | 46,0 |
| 0,0 | B | 45,3 |
| 0,0 | C | 46,0 |
| 0,0 | C | 45,2 |
| 0,5 | B | 44,3 |
| 0,5 | C | 45,5 |
| 1,0 | A | 46,7 |
| 1,0 | D | 45,9 |
| 1,5 | A | 45,8 |
| 1,5 | D | 46,1 |
| 2,0 | B | 46,4 |
| 2,0 | C | 47,0 |
| 2,5 | A | 46,5 |
| 2,5 | D | 46,6 |
| 3,0 | B | 47,1 |
| 3,0 | C | 48,7 |



Figur A - 9

Tabell A - 10: Sugetrykk ved ulike mottrykk

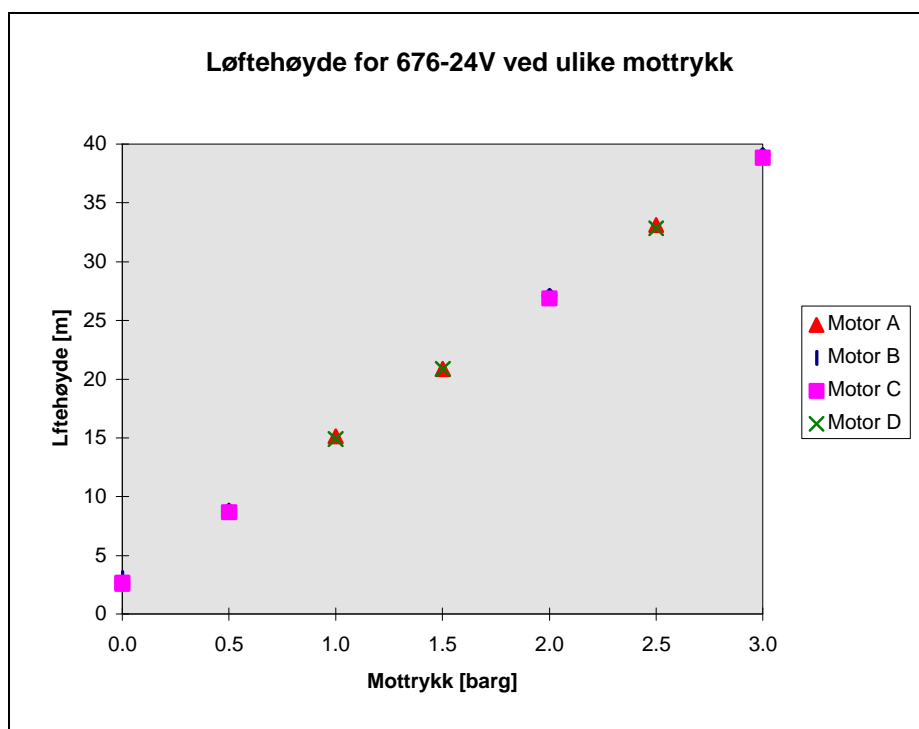
| Mottrykk [barg] | Motor | Sugetrykk [barg] | Usikkerhet sugetrykk [barg] |
|-----------------|-------|------------------|-----------------------------|
| 0,0 | B | -0,22 | $\pm 0,005$ |
| 0,0 | B | -0,25 | $\pm 0,005$ |
| 0,0 | C | -0,21 | $\pm 0,005$ |
| 0,0 | C | -0,22 | $\pm 0,005$ |
| 0,5 | B | -0,22 | $\pm 0,005$ |
| 0,5 | C | -0,21 | $\pm 0,005$ |
| 1,0 | A | -0,24 | $\pm 0,005$ |
| 1,0 | D | -0,22 | $\pm 0,005$ |
| 1,5 | A | -0,21 | $\pm 0,005$ |
| 1,5 | D | -0,21 | $\pm 0,005$ |
| 2,0 | B | -0,22 | $\pm 0,005$ |
| 2,0 | C | -0,20 | $\pm 0,005$ |
| 2,5 | A | -0,21 | $\pm 0,005$ |
| 2,5 | D | -0,19 | $\pm 0,005$ |
| 3,0 | B | -0,20 | $\pm 0,005$ |
| 3,0 | C | -0,18 | $\pm 0,005$ |



Figur A - 10

Tabell A - 11: Løftehøyde ved ulike mottrykk

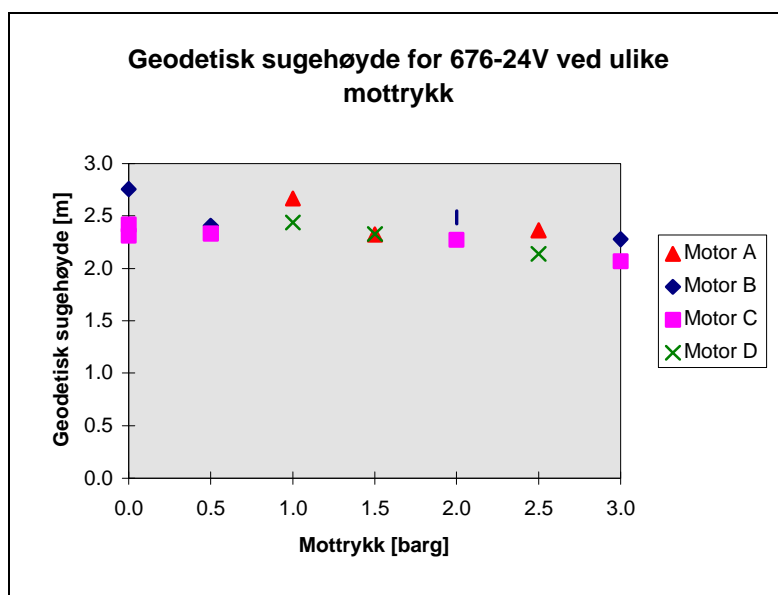
| Mottrykk [barg] | Motor | Løftehøyde [m] | Usikkerhet løftehøyde [m] |
|-----------------|-------|----------------|---------------------------|
| 0,0 | B | 2,7 | ±0,7 |
| 0,0 | B | 3,1 | ±0,7 |
| 0,0 | C | 2,6 | ±0,7 |
| 0,0 | C | 2,7 | ±0,7 |
| 0,5 | B | 8,8 | ±0,7 |
| 0,5 | C | 8,7 | ±0,7 |
| 1,0 | A | 15,1 | ±0,7 |
| 1,0 | D | 14,9 | ±0,7 |
| 1,5 | A | 20,9 | ±0,7 |
| 1,5 | D | 20,9 | ±0,7 |
| 2,0 | B | 27,1 | ±0,7 |
| 2,0 | C | 26,9 | ±0,7 |
| 2,5 | A | 33,1 | ±0,7 |
| 2,5 | D | 32,8 | ±0,7 |
| 3,0 | B | 39,1 | ±0,7 |
| 3,0 | C | 38,8 | ±0,7 |



Figur A - 11

Tabell A - 12: Geodetisk sugehøyde ved ulike mottrykk

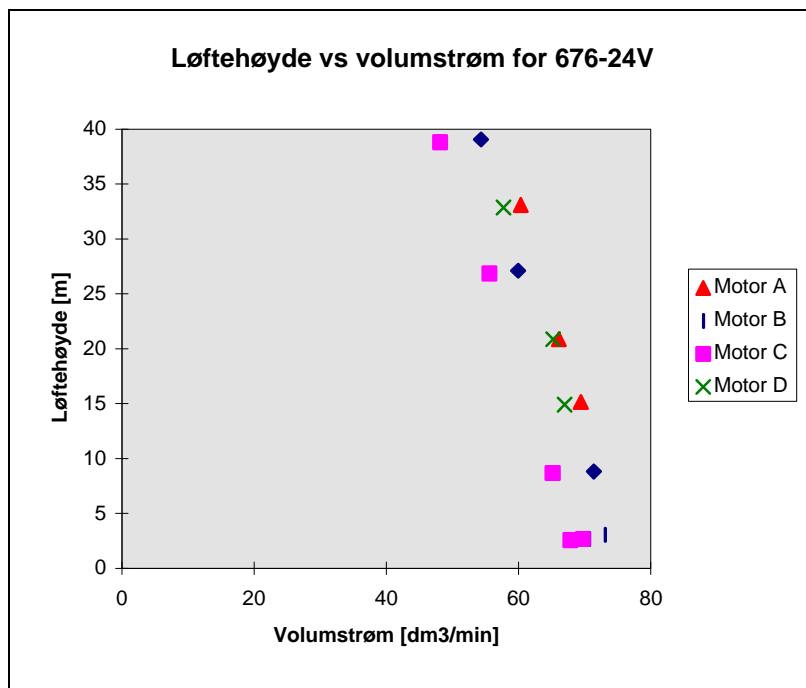
| Mottrykk [barg] | Motor | Geodetisk sugehøyde [m] | Usikkerhet geodetisk sugehøyde [m] |
|-----------------|-------|-------------------------|------------------------------------|
| 0,0 | B | 2,4 | ±0,1 |
| 0,0 | B | 2,8 | ±0,1 |
| 0,0 | C | 2,3 | ±0,1 |
| 0,0 | C | 2,4 | ±0,1 |
| 0,5 | B | 2,4 | ±0,1 |
| 0,5 | C | 2,3 | ±0,1 |
| 1,0 | A | 2,7 | ±0,1 |
| 1,0 | D | 2,4 | ±0,1 |
| 1,5 | A | 2,3 | ±0,1 |
| 1,5 | D | 2,3 | ±0,1 |
| 2,0 | B | 2,5 | ±0,1 |
| 2,0 | C | 2,3 | ±0,1 |
| 2,5 | A | 2,4 | ±0,1 |
| 2,5 | D | 2,1 | ±0,1 |
| 3,0 | B | 2,3 | ±0,1 |
| 3,0 | C | 2,1 | ±0,1 |



Figur A - 12

Tabell A - 13: Volumstrøm vs løftehøyde

| Mottrykk [bar] | Motor | Volumstrøm [dm ³ /min] | Løftehøyde [m] |
|----------------|-------|-----------------------------------|----------------|
| 0,0 | B | 70,7 | 2,7 |
| 0,0 | B | 73,0 | 3,1 |
| 0,0 | C | 67,8 | 2,6 |
| 0,0 | C | 69,7 | 2,7 |
| 0,5 | B | 71,4 | 8,8 |
| 0,5 | C | 65,1 | 8,7 |
| 1,0 | A | 69,4 | 15,1 |
| 1,0 | D | 66,9 | 14,9 |
| 1,5 | A | 66,0 | 20,9 |
| 1,5 | D | 65,2 | 20,9 |
| 2,0 | B | 59,9 | 27,1 |
| 2,0 | C | 55,6 | 26,9 |
| 2,5 | A | 60,3 | 33,1 |
| 2,5 | D | 57,7 | 32,8 |
| 3,0 | B | 54,3 | 39,1 |
| 3,0 | C | 48,1 | 38,8 |



VEDLEGG A
PUMPE 676-24V

Figur A - 13 Tabell A - 14: Diverse data ved ulike slangekombinasjoner: innløp 5/4".

| 5/4 - 5/4 | Batteri- spenning [V] | Oppbygd mottrykk [barg] | Motor | Sugetrykk [barg] | Strøm [A] | Turtall [rpm] | Høyde før [m] | Høyde etter [m] | Tid [s] | Volumstrøm [dm ³ /min] | Løftehøyde [m] | Geodetisk sugehøyde [m] |
|--------------|--------------------------|----------------------------|-------|---------------------|--------------|------------------|------------------|--------------------|------------|--------------------------------------|-------------------|----------------------------|
| | 25,7 | 0 | B | -0,16 | 29,8 | 3274 | 0,097 | 0,379 | 60 | 72,2 | 2,0 | 1,7 |
| | 25,6 | 0 | B | -0,16 | 29,8 | 3271 | 0,093 | 0,373 | 60 | 71,7 | 2,0 | 1,7 |
| | 25,8 | 0 | C | -0,16 | 30,8 | 3185 | 0,099 | 0,372 | 60 | 69,9 | 2,0 | 1,7 |
| | 25,8 | 0 | C | -0,16 | 30,7 | 3160 | 0,100 | 0,370 | 60 | 69,1 | 2,0 | 1,7 |
| Gjennomsnitt | | 0 | | -0,16 | 30,2 | 3222 | | | | 70,7 | 2,0 | 1,7 |

| 5/4 - 4/4 | Batteri- spenning [V] | Oppbygd mottrykk [barg] | Motor | Sugetrykk [barg] | Strøm [A] | Turtall [rpm] | Høyde før [m] | Høyde etter [m] | Tid [s] | Volumstrøm [dm ³ /min] | Løftehøyde [m] | Geodetisk sugehøyde [m] |
|--------------|--------------------------|----------------------------|-------|---------------------|--------------|------------------|------------------|--------------------|------------|--------------------------------------|-------------------|----------------------------|
| | 24,6 | 0 | B | -0,16 | 30,0 | 3247 | 0,068 | 0,393 | 76 | 65,7 | 2,0 | 1,7 |
| | 24,6 | 0 | B | -0,16 | 30,6 | 3245 | 0,051 | 0,390 | 78 | 66,8 | 2,0 | 1,7 |
| | 24,5 | 0 | C | -0,16 | 30,4 | 3115 | 0,129 | 0,400 | 61 | 68,2 | 2,0 | 1,7 |
| | 24,5 | 0 | C | -0,15 | 30,2 | 3110 | 0,058 | 0,400 | 79 | 66,5 | 1,8 | 1,6 |
| Gjennomsnitt | | 0 | | -0,16 | 30,3 | 3179 | | | | 66,8 | 1,9 | 1,7 |

| 5/4 - 3/4 | Batteri- spenning [V] | Oppbygd mottrykk [barg] | Motor | Sugetrykk [barg] | Strøm [A] | Turtall [rpm] | Høyde før [m] | Høyde etter [m] | Tid [s] | Volumstrøm [dm ³ /min] | Løftehøyde [m] | Geodetisk sugehøyde [m] |
|--------------|--------------------------|----------------------------|-------|---------------------|--------------|------------------|------------------|--------------------|------------|--------------------------------------|-------------------|----------------------------|
| | 24,6 | 0,2 | B | -0,16 | 30,9 | 3175 | 0,052 | 0,400 | 76 | 70,3 | 4,4 | 1,7 |
| | 24,6 | 0,2 | B | -0,15 | 31,0 | 3198 | 0,047 | 0,396 | 75 | 71,5 | 4,3 | 1,5 |
| | 24,7 | 0,2 | C | -0,16 | 31,9 | 3063 | 0,049 | 0,400 | 81 | 66,6 | 4,4 | 1,7 |
| | 24,8 | 0,2 | C | -0,16 | 32,4 | 3082 | 0,053 | 0,400 | 79 | 67,5 | 4,4 | 1,7 |
| Gjennomsnitt | | 0,2 | | -0,16 | 31,5 | 3129 | | | | 69,0 | 4,4 | 1,7 |

VEDLEGG A
PUMPE 676-24V

Tabell A - 15: Diverse data ved ulike slangekombinasjoner: innløp 4/4".

| 4/4 - 5/4 | Batteri- spenning [V] | Oppbygd mottrykk [barg] | Motor | Sugetrykk [barg] | Strøm [A] | Turtall [rpm] | Høyde før [m] | Høyde etter [m] | Tid [s] | Volumstrøm [dm ³ /min] | Løftehøyde [m] | Geodetisk sugehøyde [m] |
|--------------|--------------------------|----------------------------|-------|---------------------|--------------|------------------|------------------|--------------------|------------|--------------------------------------|-------------------|----------------------------|
| | 26,6 | 0 | B | -0,22 | 32,4 | 3351 | 0,011 | 0,369 | 75 | 73,3 | 2,7 | 2,4 |
| | 26,2 | 0 | B | -0,22 | 31,0 | 3301 | 0,103 | 0,385 | 60 | 72,2 | 2,7 | 2,4 |
| | 26,0 | 0 | C | -0,22 | 31,3 | 3197 | 0,088 | 0,359 | 60 | 69,4 | 2,7 | 2,4 |
| | 25,8 | 0 | C | -0,22 | 31,1 | 3190 | 0,114 | 0,385 | 60 | 69,4 | 2,7 | 2,4 |
| Gjennomsnitt | | 0 | | -0,22 | 31,4 | 3259 | | | | 71,1 | 2,7 | 2,4 |

| 4/4 - 4/4 | Batteri- spenning [V] | Oppbygd mottrykk [barg] | Motor | Sugetrykk [barg] | Strøm [A] | Turtall [rpm] | Høyde før [m] | Høyde etter [m] | Tid [s] | Volumstrøm [dm ³ /min] | Løftehøyde [m] | Geodetisk sugehøyde [m] |
|--------------|--------------------------|----------------------------|-------|---------------------|--------------|------------------|------------------|--------------------|------------|--------------------------------------|-------------------|----------------------------|
| | 25,9 | 0 | B | -0,22 | 31,0 | 3250 | 0,096 | 0,395 | 65 | 70,66 | 2,69 | 2,4 |
| | 25,1 | 0,0 | B | -0,25 | 30,7 | 3310 | 0,079 | 0,426 | 73 | 73,01 | 3,05 | 2,8 |
| | 25,8 | 0,0 | C | -0,21 | 32,5 | 3123 | 0,076 | 0,385 | 70 | 67,80 | 2,56 | 2,3 |
| | 25,4 | 0,0 | C | -0,22 | 32,8 | 3153 | 0,015 | 0,437 | 93 | 69,70 | 2,69 | 2,4 |
| Gjennomsnitt | | 0 | | -0,23 | 31,7 | 3209 | | | | 70,29252 | 2,74680 | 2,47415 |

| 4/4 - 3/4 | Batteri- spenning [V] | Oppbygd mottrykk [barg] | Motor | Sugetrykk [barg] | Strøm [A] | Turtall [rpm] | Høyde før [m] | Høyde etter [m] | Tid [s] | Volumstrøm [dm ³ /min] | Løftehøyde [m] | Geodetisk sugehøyde [m] |
|--------------|--------------------------|----------------------------|-------|---------------------|--------------|------------------|------------------|--------------------|------------|--------------------------------------|-------------------|----------------------------|
| | 25,9 | 0,25 | B | -0,22 | 32,2 | 3226 | 0,081 | 0,378 | 65 | 70,2 | 5,7 | 2,4 |
| | 25,8 | 0,25 | B | -0,22 | 32,0 | 3240 | 0,093 | 0,391 | 65 | 70,4 | 5,7 | 2,4 |
| | 25,7 | 0,25 | C | -0,21 | 32,6 | 3082 | 0,097 | 0,381 | 65 | 67,1 | 5,6 | 2,3 |
| | 25,8 | 0,25 | C | -0,21 | 32,7 | 3121 | 0,087 | 0,375 | 65 | 68,1 | 5,6 | 2,3 |
| Gjennomsnitt | | 0,25 | | -0,21 | 32,3 | 3167 | | | | 68,9 | 5,7 | 2,4 |

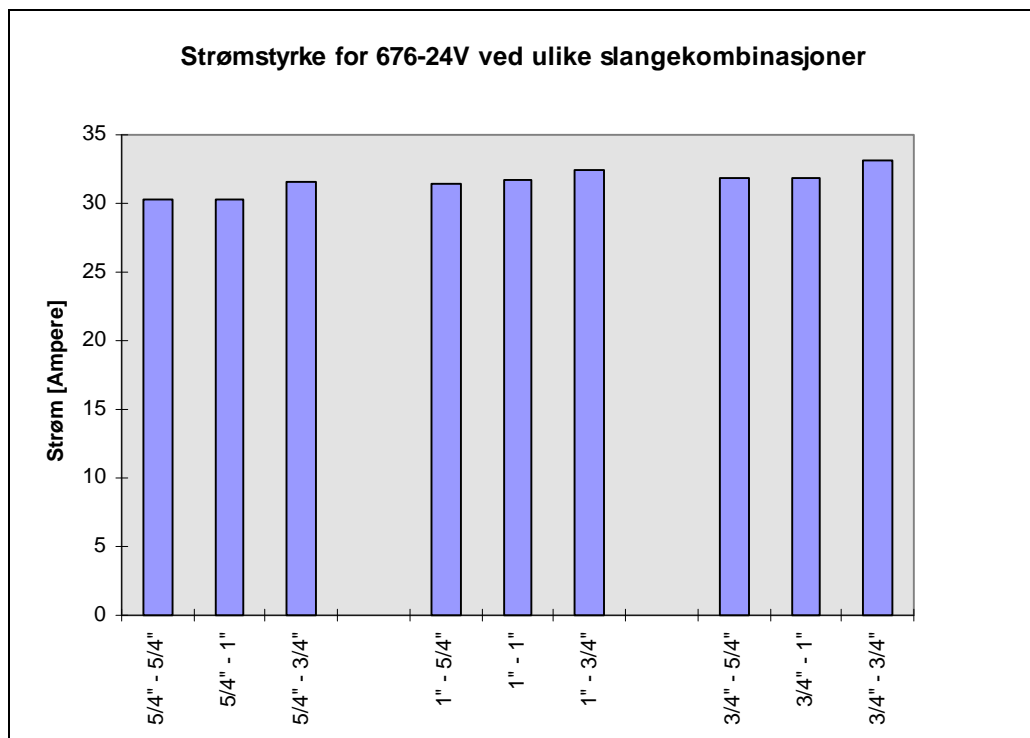
VEDLEGG A
PUMPE 676-24V

Tabell A - 16: Diverse data ved ulike slangekombinasjoner: innløp 3/4".

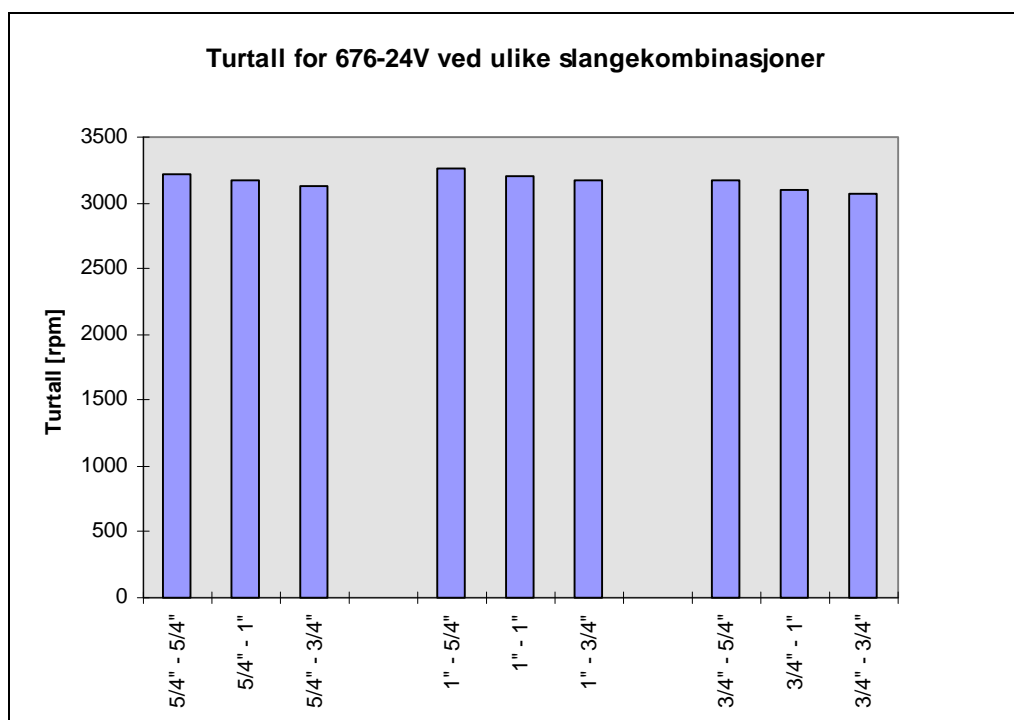
| 3/4 - 5/4 | Batteri- spenning [V] | Oppbygd mottrykk [barg] | Motor | Sugetrykk [barg] | Strøm [A] | Turtall [rpm] | Høyde før [m] | Høyde etter [m] | Tid [s] | Volumstrøm [dm ³ /min] | Løftehøyde [m] | Geodetisk sugehøyde [m] |
|--------------|--------------------------|----------------------------|-------|---------------------|--------------|------------------|------------------|--------------------|------------|--------------------------------------|-------------------|----------------------------|
| | 25,6 | 0 | B | -0,52 | 30,8 | 3236 | 0,094 | 0,375 | 65 | 66,4 | 6,3 | 6,1 |
| | 25,8 | 0 | B | -0,52 | 31,5 | 3230 | 0,095 | 0,377 | 65 | 66,6 | 6,3 | 6,1 |
| | 25,9 | 0 | C | -0,5 | 32,4 | 3103 | 0,105 | 0,377 | 65 | 64,3 | 6,1 | 5,9 |
| | 26,0 | 0 | C | -0,5 | 32,7 | 3100 | 0,096 | 0,367 | 65 | 64,0 | 6,1 | 5,9 |
| Gjennomsnitt | | 0 | | -0,51 | 31,8 | 3167 | | | | 65,3 | 6,2 | 6,0 |

| 3/4 - 4/4 | Batteri- spenning [V] | Oppbygd mottrykk [barg] | Motor | Sugetrykk [barg] | Strøm [A] | Turtall [rpm] | Høyde før [m] | Høyde etter [m] | Tid [s] | Volumstrøm [dm ³ /min] | Løftehøyde [m] | Geodetisk sugehøyde [m] |
|--------------|--------------------------|----------------------------|-------|---------------------|--------------|------------------|------------------|--------------------|------------|--------------------------------------|-------------------|----------------------------|
| | 24,8 | 0 | B | -0,54 | 32,3 | 3163 | 0,115 | 0,390 | 64 | 66,0 | 6,6 | 6,4 |
| | 24,6 | 0 | B | -0,54 | 32,1 | 3154 | 0,055 | 0,374 | 75 | 65,3 | 6,6 | 6,4 |
| | 24,7 | 0 | C | -0,53 | 32,2 | 3037 | 0,073 | 0,390 | 75 | 64,9 | 6,5 | 6,2 |
| | 24,7 | 0 | C | -0,53 | 31,1 | 3057 | 0,056 | 0,376 | 75 | 65,5 | 6,5 | 6,2 |
| Gjennomsnitt | | 0 | | -0,53 | 31,9 | 3102 | | | | 65,4 | 6,5 | 6,3 |

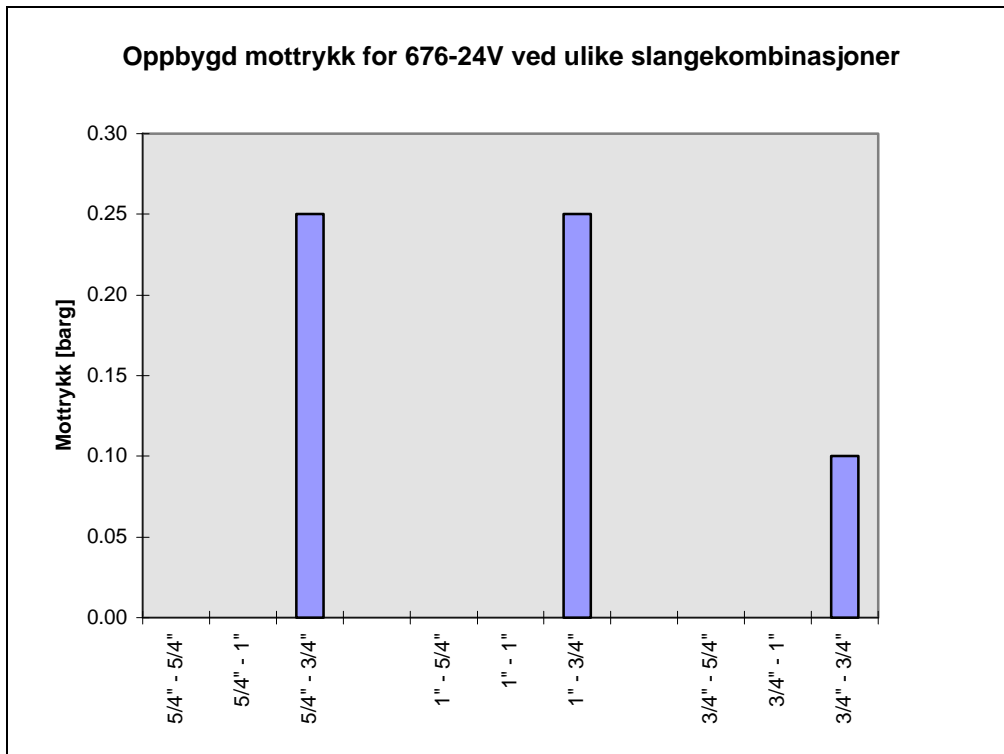
| 3/4 -3/4 | Batteri- spenning [V] | Oppbygd mottrykk [barg] | Motor | Sugetrykk [barg] | Strøm [A] | Turtall [rpm] | Høyde før [m] | Høyde etter [m] | Tid [s] | Volumstrøm [dm ³ /min] | Løftehøyde [m] | Geodetisk sugehøyde [m] |
|------------------------------------|--------------------------|----------------------------|-------|---------------------|--------------|------------------|------------------|--------------------|------------|--------------------------------------|-------------------|----------------------------|
| | 24,7 | 0,1 | B | -0,53 | 32,7 | 3108 | 0,045 | 0,435 | 83 | 72,2 | 7,7 | 6,2 |
| | 24,6 | 0,1 | B | -0,52 | 33,0 | 3113 | 0,041 | 0,402 | 84 | 66,0 | 7,6 | 6,1 |
| | 24,6 | 0,1 | C | -0,5 | 33,8 | 2982 | 0,043 | 0,385 | 83 | 63,3 | 7,3 | 5,9 |
| Gjennomsnitt | | 0,1 | | -0,51 | 33,1 | 3067 | | | | 67,2 | 7,5 | 6,1 |
| Pumpa stoppet ved fjerde måling | | | | | | | | | | | | |



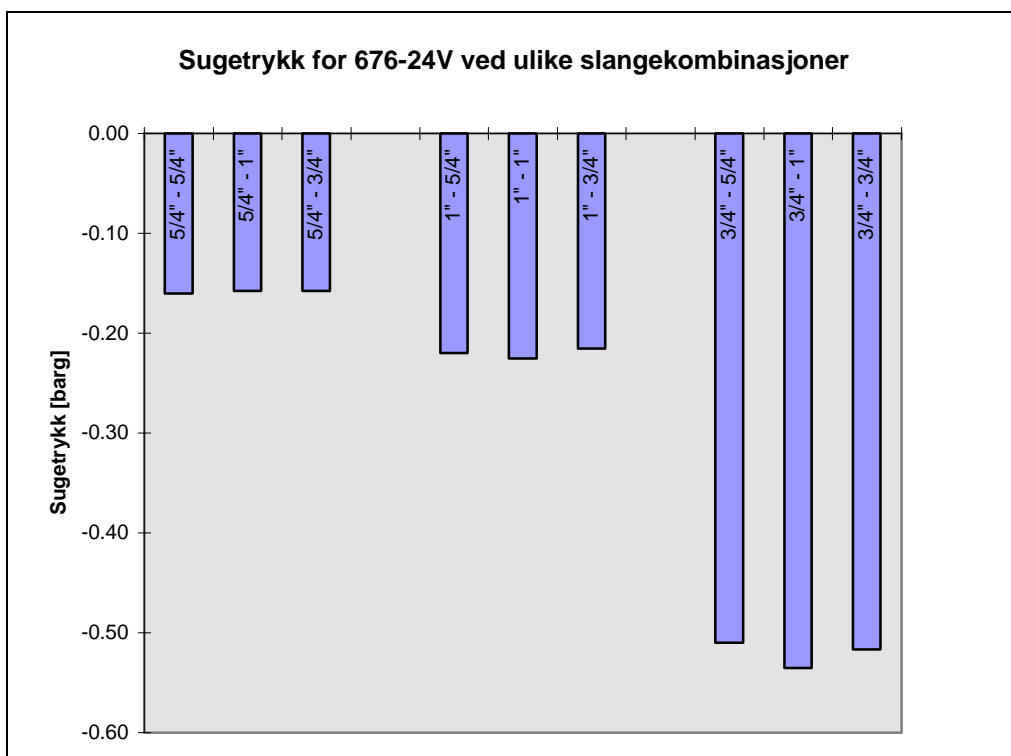
Figur A - 14



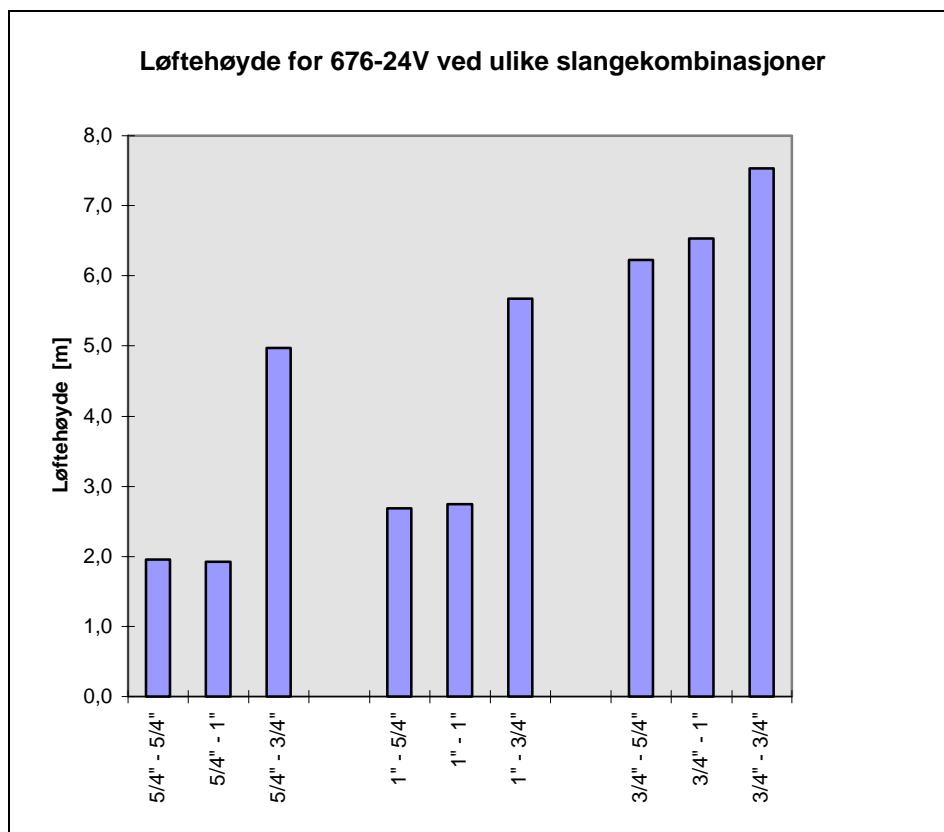
Figur A - 15



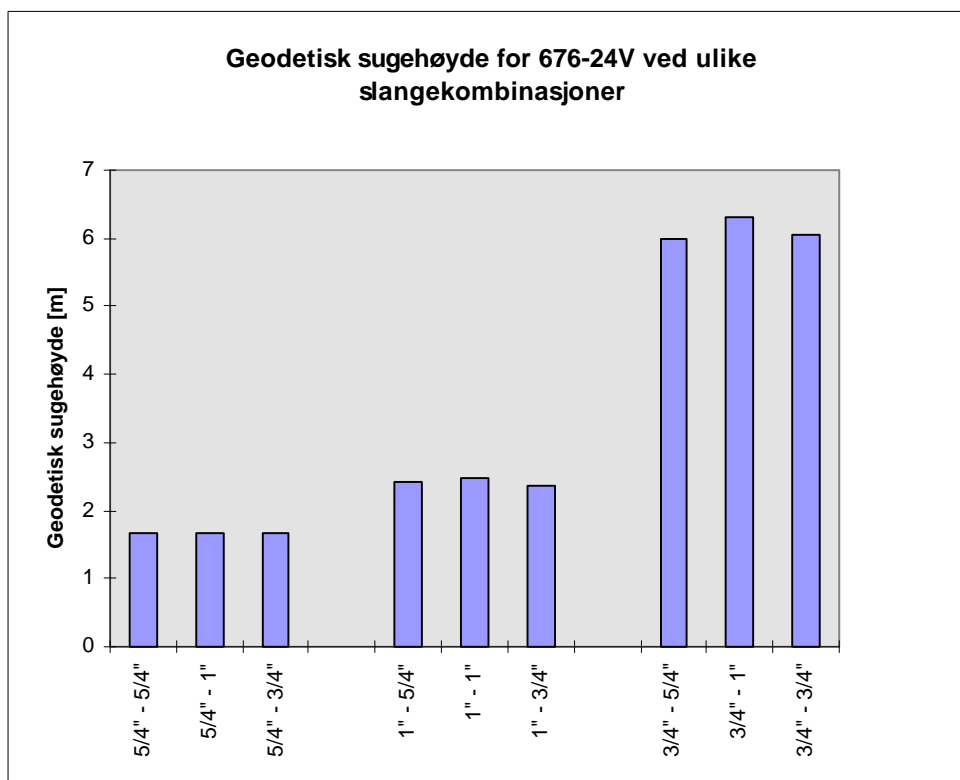
Figur A - 16



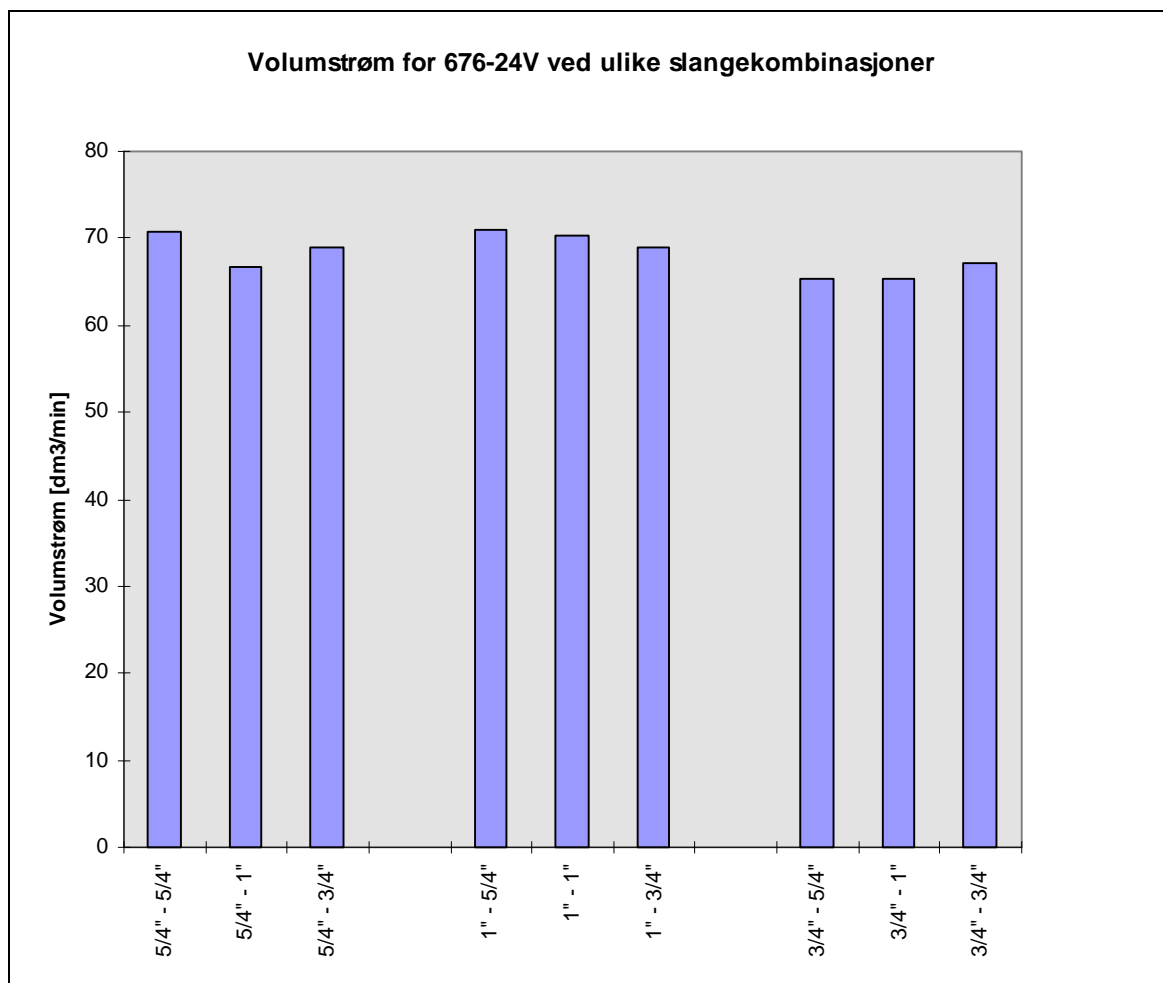
Figur A - 17



Figur A - 18



Figur A - 19



Figur A - 20

Tabell A - 17: Diverse tilleggsdata

| Mottrykk [barg] | Motor | Usikkerhet mottrykk [barg] | Batterispenning [V] | Høyde før [m] | Høyde etter [m] | Tid [s] |
|-----------------|-------|----------------------------|---------------------|---------------|-----------------|---------|
| 0,0 | B | ±0,05 | 25,9 | 0,096 | 0,395 | 65 |
| 0,0 | B | ±0,05 | 25,1 | 0,079 | 0,426 | 73 |
| 0,0 | C | ±0,05 | 25,8 | 0,076 | 0,385 | 70 |
| 0,0 | C | ±0,05 | 25,4 | 0,015 | 0,437 | 93 |
| 0,5 | B | ±0,05 | 25,0 | 0,015 | 0,410 | 85 |
| 0,5 | C | ±0,05 | 25,4 | 0,008 | 0,389 | 90 |
| 1,0 | A | ±0,05 | 25,4 | 0,053 | 0,437 | 85 |
| 1,0 | D | ±0,05 | 25,2 | 0,049 | 0,402 | 81 |
| 1,5 | A | ±0,05 | 25,3 | 0,005 | 0,392 | 90 |
| 1,5 | D | ±0,05 | 25,2 | 0,048 | 0,392 | 81 |
| 2,0 | B | ±0,05 | 24,9 | 0,018 | 0,369 | 90 |
| 2,0 | C | ±0,05 | 24,9 | 0,065 | 0,369 | 84 |
| 2,5 | A | ±0,05 | 24,8 | 0,126 | 0,397 | 69 |
| 2,5 | D | ±0,05 | 25,1 | 0,038 | 0,365 | 87 |
| 3,0 | B | ±0,05 | 24,8 | 0,048 | 0,331 | 80 |
| 3,0 | C | ±0,05 | 24,8 | 0,063 | 0,320 | 82 |

Tabelliste:

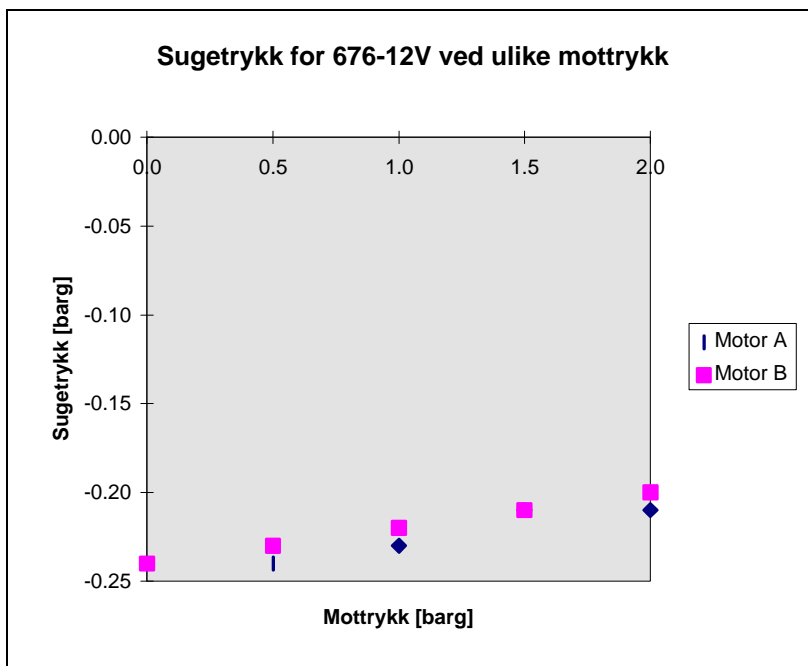
| | |
|--|-----------|
| Tabell B - 1: Sugetrykk ved ulike mottrykk | 23 |
| Tabell B - 2: Strømstyrke ved ulike mottrykk | 24 |
| Tabell B - 3: Turtall ved ulike mottrykk | 25 |
| Tabell B - 4: Volumstrøm ved ulike mottrykk | 26 |
| Tabell B - 5: Løftehøyde ved ulike mottrykk | 27 |
| Tabell B - 6: Geodetisk sugeshøyde ved ulike mottrykk | 28 |
| Tabell B - 7: Turtall / volumstrøm ved ulike mottrykk | 29 |
| Tabell B - 8: Løftehøyde vs volumstrøm ved ulike mottrykk | 30 |
| Tabell B - 9: Diverse tilleggsdata | 31 |

Figurliste:

| | |
|---|-----------|
| Figur B - 1: Sugetrykk for 676-12V ved ulike mottrykk | 23 |
| Figur B - 2: Strømstyrke for 676-12V ved ulike mottrykk | 24 |
| Figur B - 3: Turtall for 676-12V ved ulike mottrykk | 25 |
| Figur B - 4: Volumstrøm for 676-12V ved ulike mottrykk | 26 |
| Figur B - 5: Løftehøyde for 676-12V ved ulike mottrykk | 27 |
| Figur B - 6: Geodetisk sugeshøyde for 676-12V ved ulike mottrykk | 28 |
| Figur B - 7: Turtall/volumstrøm for 676-12V ved ulike mottrykk | 29 |
| Figur B - 8: Løftehøyde vs volumstrøm for 676-24V | 30 |

Tabell B - 1: Sugetrykk ved ulike mottrykk

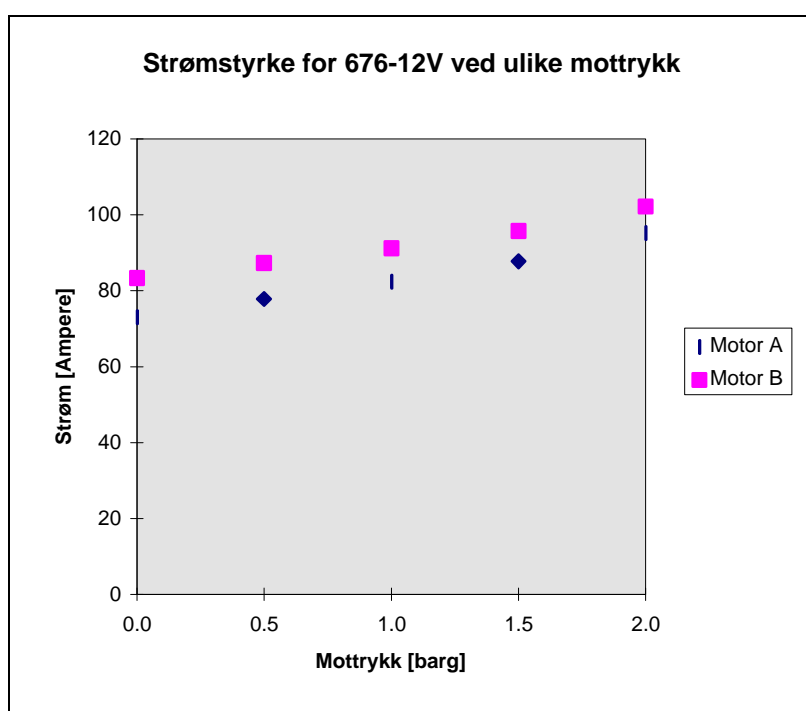
| Mottrykk [barg] | Motor | Sugetrykk [barg] | Usikkerhet sugetrykk [barg] |
|-----------------|-------|------------------|-----------------------------|
| 0,0 | A | -0,24 | $\pm 0,005$ |
| 0,0 | B | -0,24 | $\pm 0,005$ |
| 0,5 | A | -0,24 | $\pm 0,005$ |
| 0,5 | B | -0,23 | $\pm 0,005$ |
| 1,0 | A | -0,23 | $\pm 0,005$ |
| 1,0 | B | -0,22 | $\pm 0,005$ |
| 1,5 | A | -0,21 | $\pm 0,005$ |
| 1,5 | B | -0,21 | $\pm 0,005$ |
| 2,0 | A | -0,21 | $\pm 0,005$ |
| 2,0 | B | -0,20 | $\pm 0,005$ |



Figur B - 1

Tabell B - 2: Strømstyrke ved ulike mottrykk

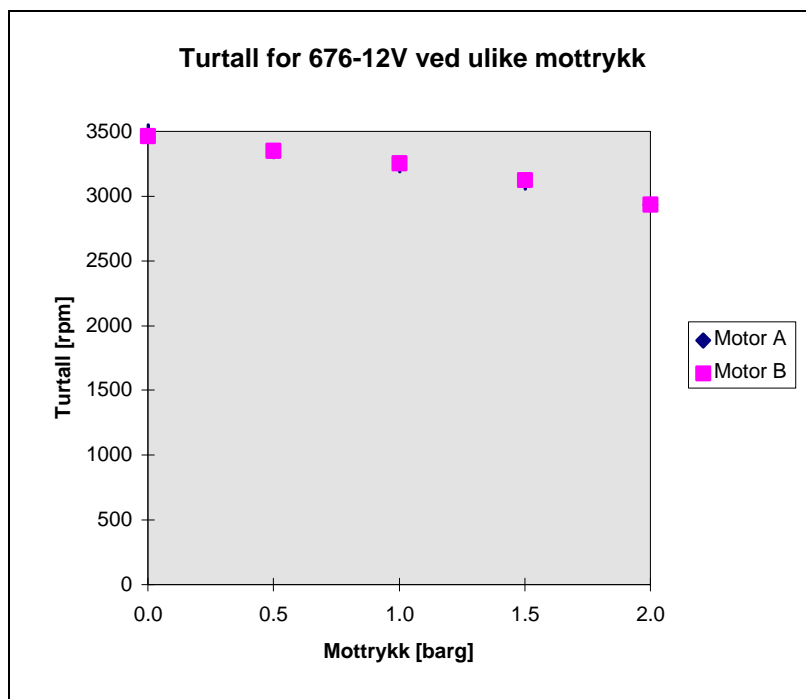
| Mottrykk [barg] | Motor | Strøm [A] | Usikkerhet strøm [A] |
|-----------------|-------|-----------|----------------------|
| 0,0 | A | 73,0 | ±1.7 |
| 0,0 | B | 83,3 | ±1.9 |
| 0,5 | A | 77,8 | ±1.8 |
| 0,5 | B | 87,4 | ±2.0 |
| 1,0 | A | 82,4 | ±1.9 |
| 1,0 | B | 91,2 | ±2.0 |
| 1,5 | A | 87,7 | ±2.0 |
| 1,5 | B | 95,8 | ±2.1 |
| 2,0 | A | 95,2 | ±2.1 |
| 2,0 | B | 102,2 | ±2.2 |



Figur B - 2

Tabell B - 3: Turtall ved ulike mottrykk

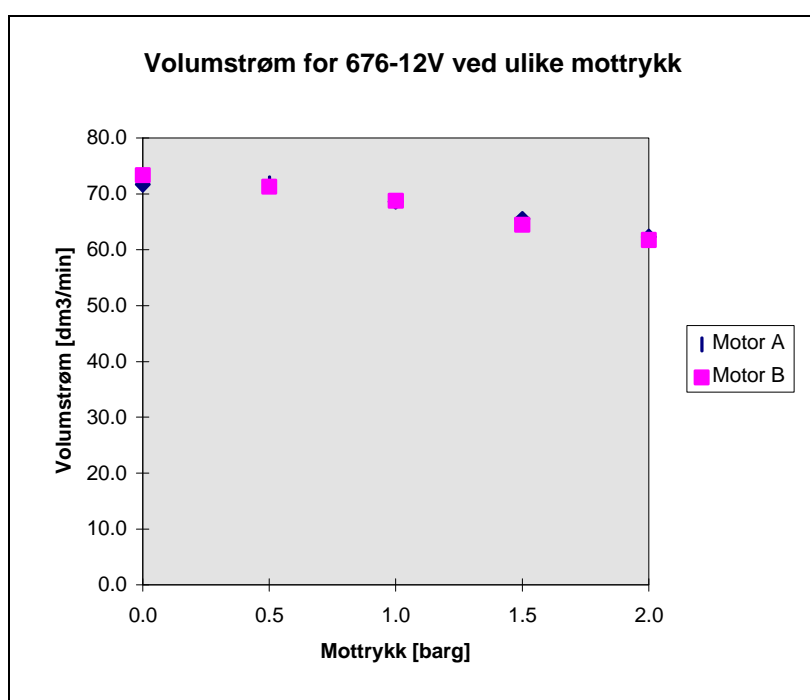
| Mottrykk [barg] | Motor | Turtall [rpm] | Usikkerhet turtall [rpm] |
|-----------------|-------|---------------|--------------------------|
| 0,0 | A | 3500 | ± 1 |
| 0,0 | B | 3463 | ± 1 |
| 0,5 | A | 3345 | ± 1 |
| 0,5 | B | 3351 | ± 1 |
| 1,0 | A | 3238 | ± 1 |
| 1,0 | B | 3252 | ± 1 |
| 1,5 | A | 3106 | ± 1 |
| 1,5 | B | 3125 | ± 1 |
| 2,0 | A | 2933 | ± 1 |
| 2,0 | B | 2934 | ± 1 |



Figur B - 3

Tabell B - 4: Volumstrøm ved ulike mottrykk

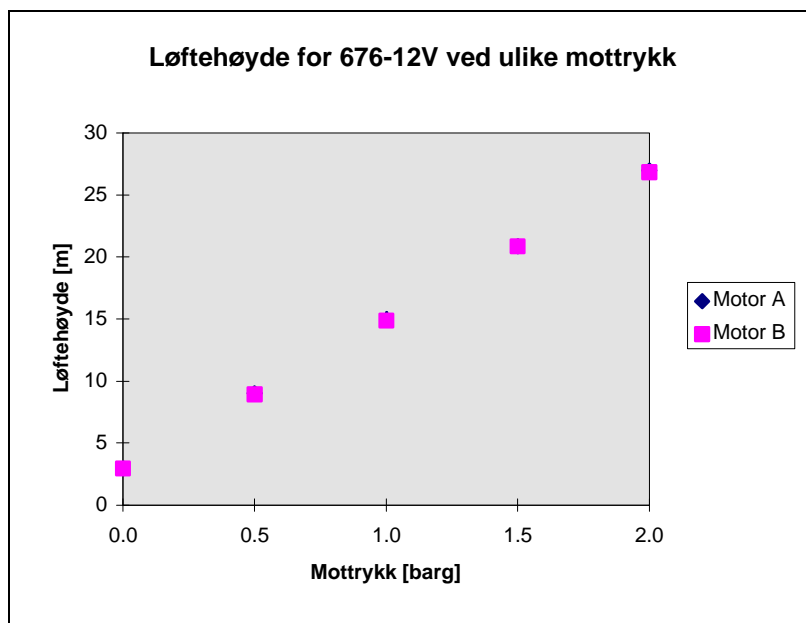
| Mottrykk [barg] | Motor | Volumstrøm [dm ³ /min] | Usikkerhet [dm ³ /min] |
|-----------------|-------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| 0,0 | A | 71,7 | ±0,9 |
| 0,0 | B | 73,4 | ±0,9 |
| 0,5 | A | 71,9 | ±0,8 |
| 0,5 | B | 71,3 | ±0,8 |
| 1,0 | A | 68,6 | ±0,9 |
| 1,0 | B | 68,8 | ±0,8 |
| 1,5 | A | 65,5 | ±0,9 |
| 1,5 | B | 64,5 | ±0,9 |
| 2,0 | A | 62,4 | ±0,8 |
| 2,0 | B | 61,8 | ±0,9 |



Figur B - 4

Tabell B - 5 Løftehøyde ved ulike mottrykk

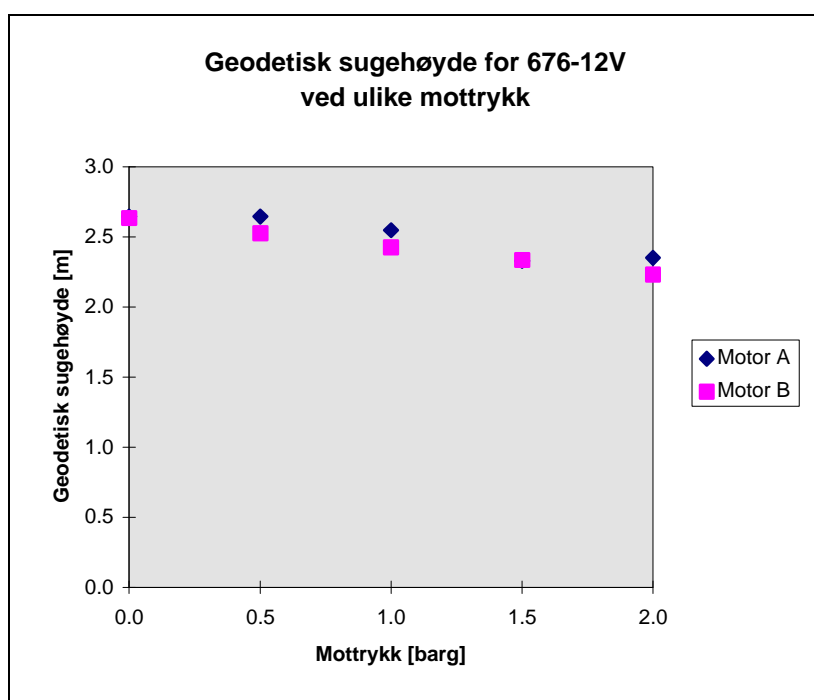
| Mottrykk [barg] | Motor | Løftehøyde [m] | Usikkerhet løftehøyde [m] |
|-----------------|-------|----------------|---------------------------|
| 0,0 | A | 2,9 | ±0,7 |
| 0,0 | B | 2,9 | ±0,7 |
| 0,5 | A | 9,0 | ±0,7 |
| 0,5 | B | 8,9 | ±0,7 |
| 1,0 | A | 15,0 | ±0,7 |
| 1,0 | B | 14,9 | ±0,7 |
| 1,5 | A | 20,9 | ±0,7 |
| 1,5 | B | 20,9 | ±0,7 |
| 2,0 | A | 27,0 | ±0,7 |
| 2,0 | B | 26,9 | ±0,7 |



Figur B - 5

Tabell B - 6: Geodetisk sugehøyde ved ulike mottrykk

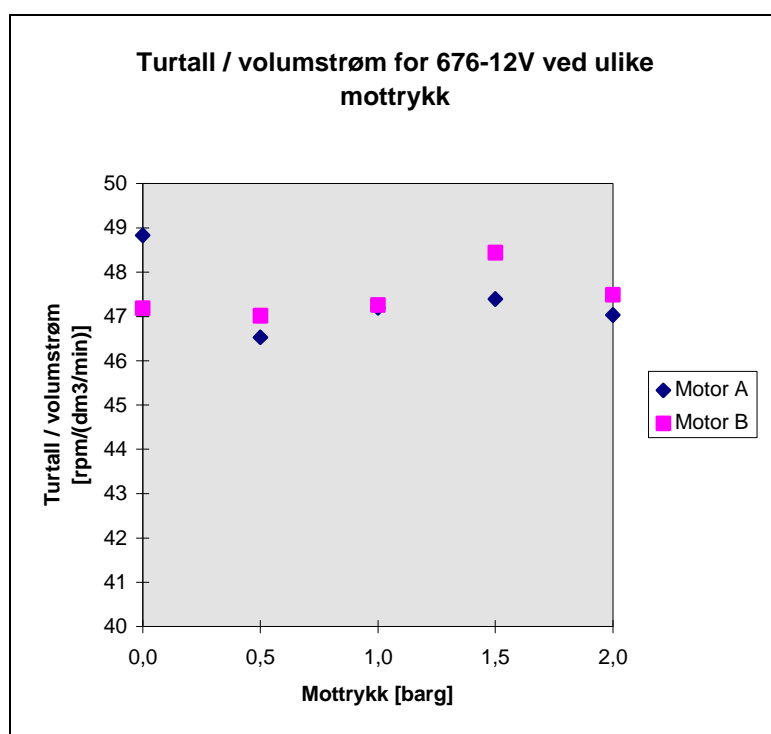
| Mottrykk [barg] | Motor | Geodetisk sugehøyde [m] | Usikkerhet geodetisk sugehøyde [m] |
|-----------------|-------|-------------------------|------------------------------------|
| 0,0 | A | 2.6 | ±0,1 |
| 0,0 | B | 2.6 | ±0,1 |
| 0,5 | A | 2.6 | ±0,1 |
| 0,5 | B | 2.5 | ±0,1 |
| 1,0 | A | 2.5 | ±0,1 |
| 1,0 | B | 2.4 | ±0,1 |
| 1,5 | A | 2.3 | ±0,1 |
| 1,5 | B | 2.3 | ±0,1 |
| 2,0 | A | 2.3 | ±0,1 |
| 2,0 | B | 2.2 | ±0,1 |



Figur B - 6

Tabell B - 7: Turtall / volumstrøm ved ulike mottrykk

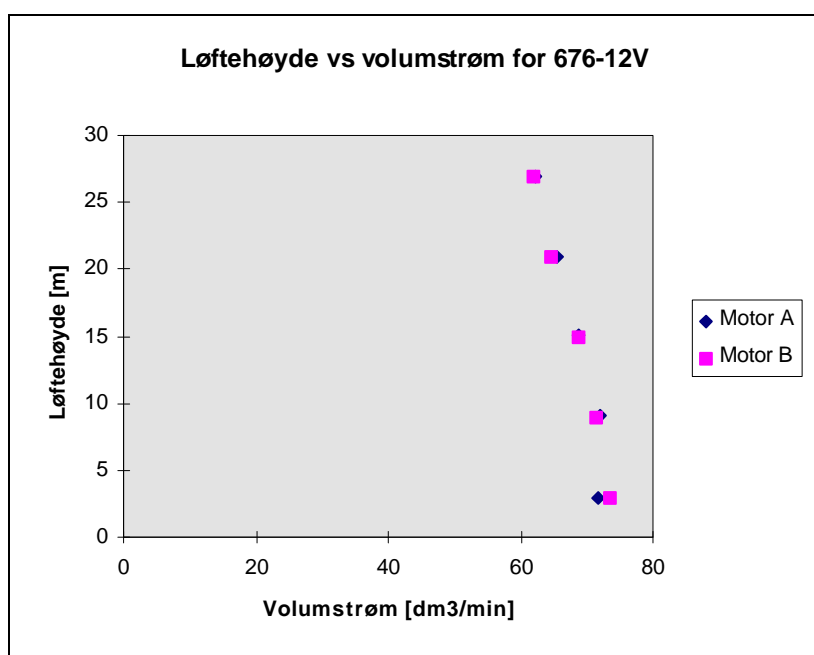
| Mottrykk [barg] | Motor | Turtall/volumstrøm [rpm/(dm ³ /min)] |
|-----------------|-------|---|
| 0,0 | A | 48,8 |
| 0,0 | B | 47,2 |
| 0,5 | A | 46,5 |
| 0,5 | B | 47,0 |
| 1,0 | A | 47,2 |
| 1,0 | B | 47,2 |
| 1,5 | A | 47,4 |
| 1,5 | B | 48,4 |
| 2,0 | A | 47,0 |
| 2,0 | B | 47,5 |



Figur B - 7

Tabell B - 8: Løftehøyde vs volumstrøm ved ulike mottrykk

| Mottrykk [barg] | Motor | Volumstrøm [dm ³ /min] | Løftehøyde [m] |
|-----------------|-------|-----------------------------------|----------------|
| 0,0 | A | 71,7 | 2,9 |
| 0,0 | B | 73,4 | 2,9 |
| 0,5 | A | 71,9 | 9,0 |
| 0,5 | B | 71,3 | 8,9 |
| 1,0 | A | 68,6 | 15,0 |
| 1,0 | B | 68,8 | 14,9 |
| 1,5 | A | 65,5 | 20,9 |
| 1,5 | B | 64,5 | 20,9 |
| 2,0 | A | 62,4 | 27,0 |
| 2,0 | B | 61,8 | 26,9 |



Figur B - 8

Tabell B - 9: Diverse tilleggsdata

| Mottrykk [barg] | Motor | Usikkerhet mottrykk [barg] | Batteri-spenning [V] | Høyde før [m] | Høyde etter [m] | Tid [s] |
|-----------------|-------|----------------------------|----------------------|---------------|-----------------|---------|
| 0,0 | A | ±0,05 | 13,0 | 0,100 | 0,310 | 45 |
| 0,0 | B | ±0,05 | 12,7 | 0,107 | 0,322 | 45 |
| 0,5 | A | ±0,05 | 12,9 | 0,060 | 0,294 | 50 |
| 0,5 | B | ±0,05 | 12,8 | 0,074 | 0,306 | 50 |
| 1,0 | A | ±0,05 | 12,9 | 0,118 | 0,319 | 45 |
| 1,0 | B | ±0,05 | 12,8 | 0,114 | 0,338 | 50 |
| 1,5 | A | ±0,05 | 12,8 | 0,094 | 0,286 | 45 |
| 1,5 | B | ±0,05 | 12,8 | 0,106 | 0,295 | 45 |
| 2,0 | A | ±0,05 | 12,7 | 0,091 | 0,294 | 50 |
| 2,0 | B | ±0,05 | 12,8 | 0,127 | 0,308 | 45 |

Tabelliste:

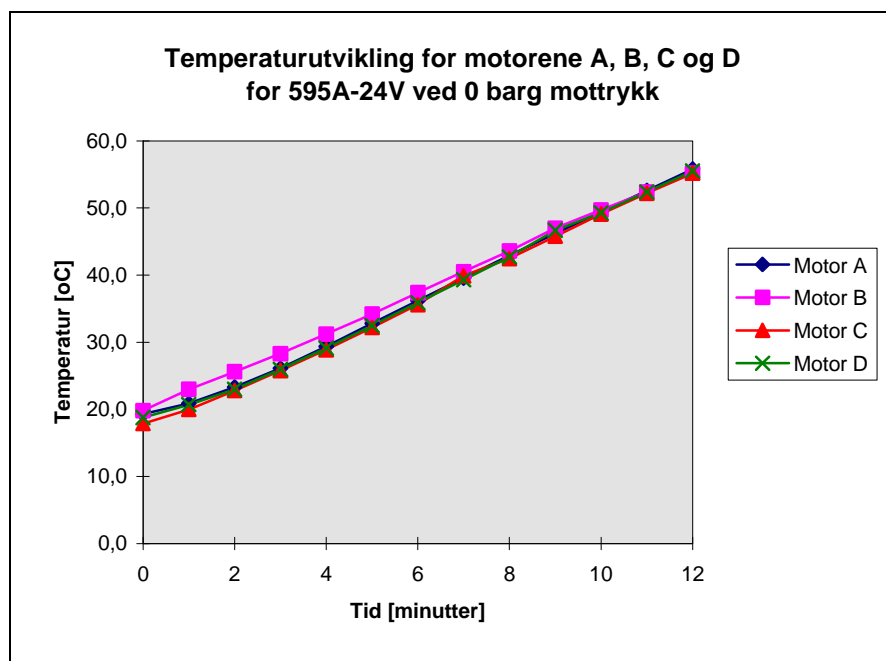
| | |
|--|----|
| Tabell C - 1: Temperaturutvikling for motorene A,B,C og D for 595A-24V ved 0 barg mottrykk | 33 |
| Tabell C - 2: Gangtid ved ulike mottrykk | 34 |
| Tabell C - 3: Sugetrykk ved ulike mottrykk | 35 |
| Tabell C - 4: Strømstyrke ved ulike mottrykk | 36 |
| Tabell C - 5: Turtall ved ulike mottrykk | 37 |
| Tabell C - 6: Volumstrøm ved ulike mottrykk | 38 |
| Tabell C - 7: Løftehøyde ved ulike mottrykk | 39 |
| Tabell C - 8: Geodetisk sugehøyde ved ulike mottrykk | 40 |
| Tabell C - 9: Turtall/volumstrøm ved ulike mottrykk | 41 |
| Tabell C - 10: Løftehøyde vs volumstrøm ved ulike mottrykk | 42 |
| Tabell C - 11: Diverse data ved ulike slangekombinasjoner: innløp 5/4" | 43 |
| Tabell C - 12: Diverse data ved ulike slangekombinasjoner: innløp 4/4" | 44 |
| Tabell C - 13: Diverse data ved ulike slangekombinasjoner: innløp 3/4" | 45 |
| Tabell C - 14: Diverse tilleggsdata | 49 |

Figurliste:

| | |
|---|----|
| Figur C - 1: Temperaturutvikling for motorene A,B,C og D for 595A-24V ved 0 barg mottrykk | 33 |
| Figur C - 2: Gangtid for 595A-24V ved ulike mottrykk | 34 |
| Figur C - 3: Sugetrykk for 595A-24V ved ulike mottrykk | 35 |
| Figur C - 4: Strømstyrke for 595A-24V ved ulike mottrykk | 36 |
| Figur C - 5: Turtall for 595A-24V ved ulike mottrykk | 37 |
| Figur C - 6: Volumstrøm for 595A-24V ved ulike mottrykk | 38 |
| Figur C - 7: Løftehøyde for 595A-24V ved ulike mottrykk | 39 |
| Figur C - 8: Geodetisk for 595A-24V ved ulike mottrykk | 40 |
| Figur C - 9: Turtall/volumstrøm for 595A-24V ved ulike mottrykk | 41 |
| Figur C - 10: Løftehøyde vs volumstrøm for 595A-24V | 42 |
| Figur C - 11: Strømstyrke for 595A-24V ved ulike slangekombinasjoner | 46 |
| Figur C - 12: Turtall for 595A-24V ved ulike slangekombinasjoner | 46 |
| Figur C - 13: Oppbygd mottrykk for 595A-24V ved ulike slangekombinasjoner | 47 |
| Figur C - 14: Sugetrykk for 595A-24V ved ulike slangekombinasjoner | 47 |
| Figur C - 15: Løftehøyde for 595A-24V ved ulike slangekombinasjoner | 48 |
| Figur C - 16: Geodetisk sugehøyde for 595A-24V ved ulike slangekombinasjoner | 48 |
| Figur C - 17: Volumstrøm for 595A-24V ved ulike slangekombinasjoner | 49 |

Tabell C - 1: Temperaturutvikling for motorene A,B,C og D for
595A-24V ved 0 barg mottrykk

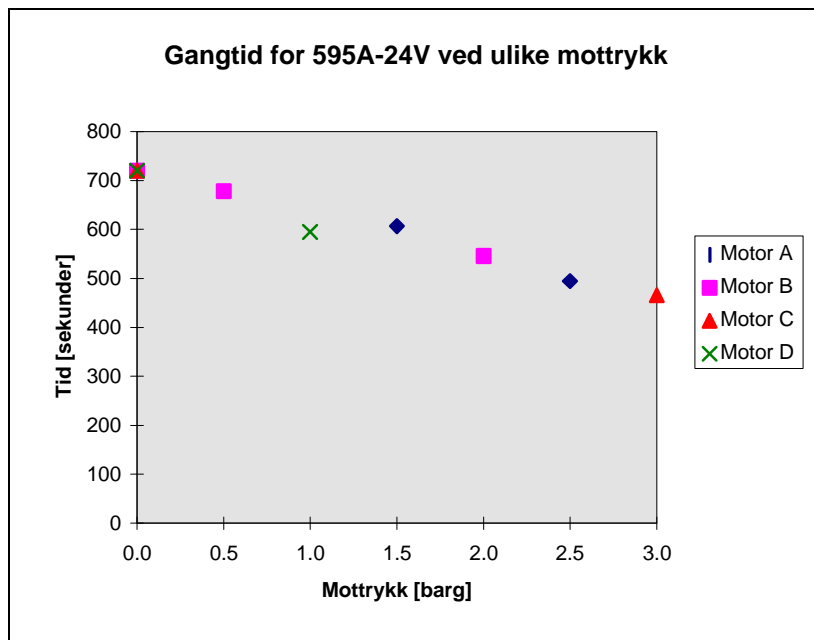
| Tid [min] | Temperatur [⁰ C] | | | |
|-----------|------------------------------|---------|---------|---------|
| | Motor A | Motor B | Motor C | Motor D |
| 0 | 19,3 | 19,8 | 17,9 | 18,8 |
| 1 | 20,9 | 23,0 | 20,0 | 20,7 |
| 2 | 23,3 | 25,6 | 22,8 | 23,0 |
| 3 | 26,1 | 28,3 | 25,8 | 26,0 |
| 4 | 29,4 | 31,2 | 28,9 | 29,1 |
| 5 | 32,8 | 34,2 | 32,2 | 32,5 |
| 6 | 36,2 | 37,4 | 35,6 | 35,9 |
| 7 | 39,6 | 40,5 | 39,9 | 39,3 |
| 8 | 42,9 | 43,6 | 42,5 | 42,7 |
| 9 | 46,2 | 47,0 | 45,8 | 46,7 |
| 10 | 49,4 | 49,7 | 49,1 | 49,3 |
| 11 | 52,6 | 52,4 | 52,2 | 52,4 |
| 12 | 55,8 | 55,2 | 55,2 | 55,5 |



Figur C - 1

Tabell C - 2: Gangtid ved ulike mottrykk

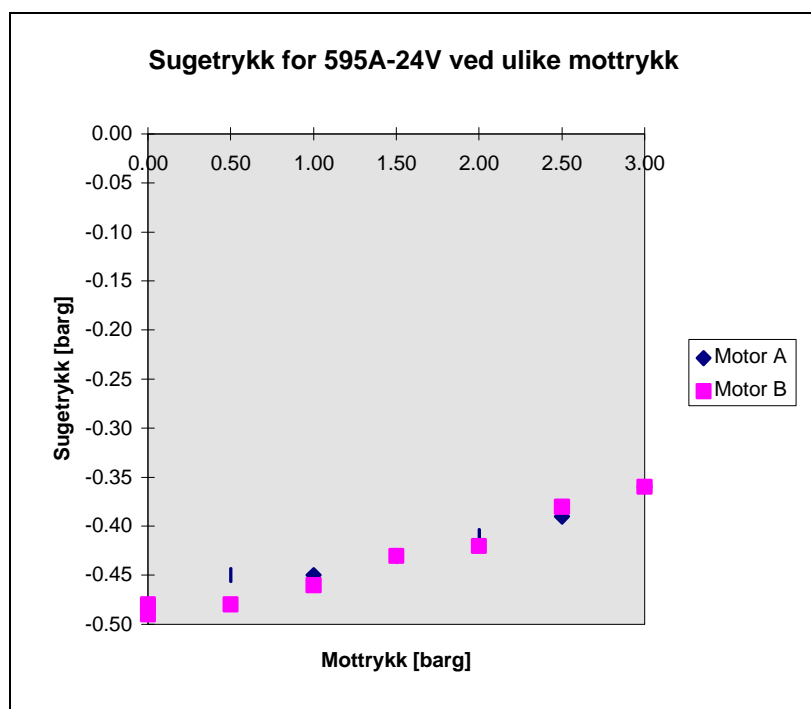
| Mottrykk [barg] | 0,0 | 0,5 | 1,0 | 1,5 | 2,0 | 2,5 | 3,0 |
|-----------------|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Tid [s] | Motor A | 720 | | | 607 | | 494 |
| | Motor B | 720 | 678 | | | 546 | |
| | Motor C | 720 | | | | | 466 |
| | Motor D | 720 | | 595 | | | |



Figur C - 2

Tabell C - 3: Sugetrykk ved ulike mottrykk

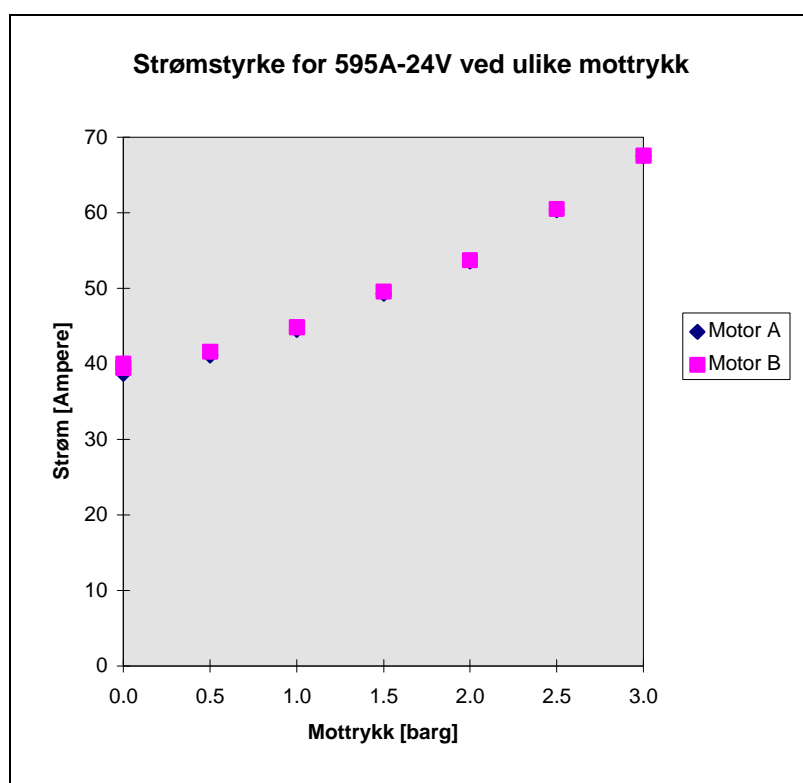
| Mottrykk [barg] | Motor | Sugetrykk [barg] | Usikkerhet sugetrykk [barg] |
|-----------------|-------|------------------|-----------------------------|
| 0,0 | A | -0,48 | ±0,005 |
| 0,0 | A | -0,48 | ±0,005 |
| 0,0 | B | -0,48 | ±0,005 |
| 0,0 | B | -0,49 | ±0,005 |
| 0,5 | A | -0,45 | ±0,005 |
| 0,5 | B | -0,48 | ±0,005 |
| 1,0 | A | -0,45 | ±0,005 |
| 1,0 | B | -0,46 | ±0,005 |
| 1,5 | A | -0,43 | ±0,005 |
| 1,5 | B | -0,43 | ±0,005 |
| 2,0 | A | -0,41 | ±0,005 |
| 2,0 | B | -0,42 | ±0,005 |
| 2,5 | A | -0,39 | ±0,005 |
| 2,5 | B | -0,38 | ±0,005 |
| 3,0 | A | -0,36 | ±0,005 |
| 3,0 | B | -0,36 | ±0,005 |



Figur C - 3

Tabell C - 4: Strømstyrke ved ulike mottrykk

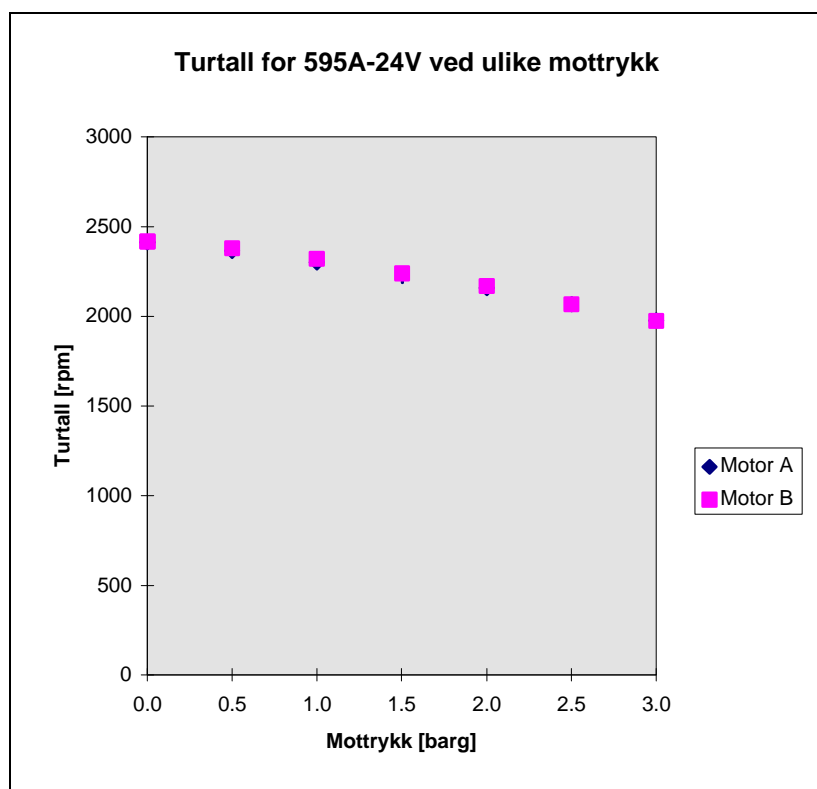
| Mottrykk [barg] | Motor | Strøm [A] | Usikkerhet strøm [A] |
|-----------------|-------|-----------|----------------------|
| 0,0 | A | 39,4 | ±1,0 |
| 0,0 | A | 38,7 | ±1,0 |
| 0,0 | B | 39,5 | ±1,1 |
| 0,0 | B | 40,0 | ±1,1 |
| 0,5 | A | 41,1 | ±1,1 |
| 0,5 | B | 41,6 | ±1,1 |
| 1,0 | A | 44,5 | ±1,1 |
| 1,0 | B | 44,9 | ±1,2 |
| 1,5 | A | 49,3 | ±1,2 |
| 1,5 | B | 49,6 | ±1,2 |
| 2,0 | A | 53,6 | ±1,3 |
| 2,0 | B | 53,7 | ±1,3 |
| 2,5 | A | 60,4 | ±1,4 |
| 2,5 | B | 60,5 | ±1,4 |
| 3,0 | A | 67,5 | ±1,6 |
| 3,0 | B | 67,6 | ±1,6 |



Figur C - 4

Tabell C - 5: Turtall ved ulike mottrykk

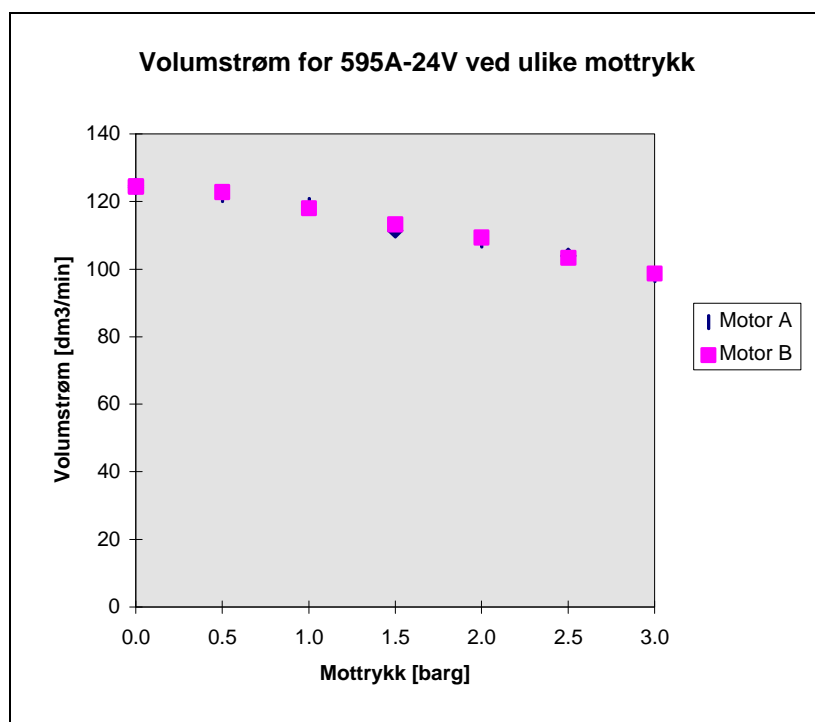
| Mottrykk [barg] | Motor | Turtall [rpm] | Usikkerhet turtall [rpm] |
|-----------------|-------|---------------|--------------------------|
| 0,0 | A | 2415 | ±1 |
| 0,0 | A | 2411 | ±1 |
| 0,0 | B | 2417 | ±1 |
| 0,0 | B | 2418 | ±1 |
| 0,5 | A | 2363 | ±1 |
| 0,5 | B | 2380 | ±1 |
| 1,0 | A | 2300 | ±1 |
| 1,0 | B | 2320 | ±1 |
| 1,5 | A | 2224 | ±1 |
| 1,5 | B | 2238 | ±1 |
| 2,0 | A | 2156 | ±1 |
| 2,0 | B | 2169 | ±1 |
| 2,5 | A | 2067 | ±1 |
| 2,5 | B | 2066 | ±1 |
| 3,0 | A | 1976 | ±1 |
| 3,0 | B | 1973 | ±1 |



Figur C - 5

Tabell C - 6: Volumstrøm ved ulike mottrykk

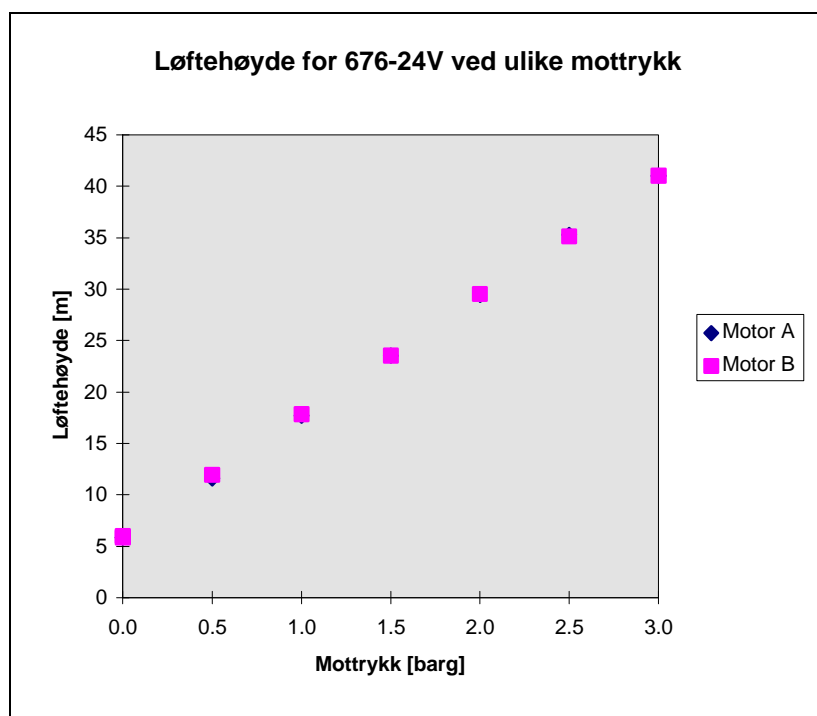
| Mottrykk [barg] | Motor | Volumstrøm [dm ³ /min] | Usikkerhet volumstrøm [dm ³ /min] |
|-----------------|-------|-----------------------------------|--|
| 0,0 | A | 124,7 | ±1,2 |
| 0,0 | A | 124,2 | ±1,1 |
| 0,0 | B | 124,3 | ±1,2 |
| 0,0 | B | 124,5 | ±1,3 |
| 0,5 | A | 121,9 | ±1,1 |
| 0,5 | B | 122,9 | ±1,1 |
| 1,0 | A | 119,0 | ±1,0 |
| 1,0 | B | 118,0 | ±1,0 |
| 1,5 | A | 111,4 | ±1,0 |
| 1,5 | B | 113,2 | ±1,0 |
| 2,0 | A | 108,5 | ±1,0 |
| 2,0 | B | 109,4 | ±1,0 |
| 2,5 | A | 104,0 | ±1,0 |
| 2,5 | B | 103,4 | ±1,0 |
| 3,0 | A | 98,3 | ±0,9 |
| 3,0 | B | 98,7 | ±0,9 |



Figur C - 6

Tabell C - 7: Løftehøyde ved ulike mottrykk

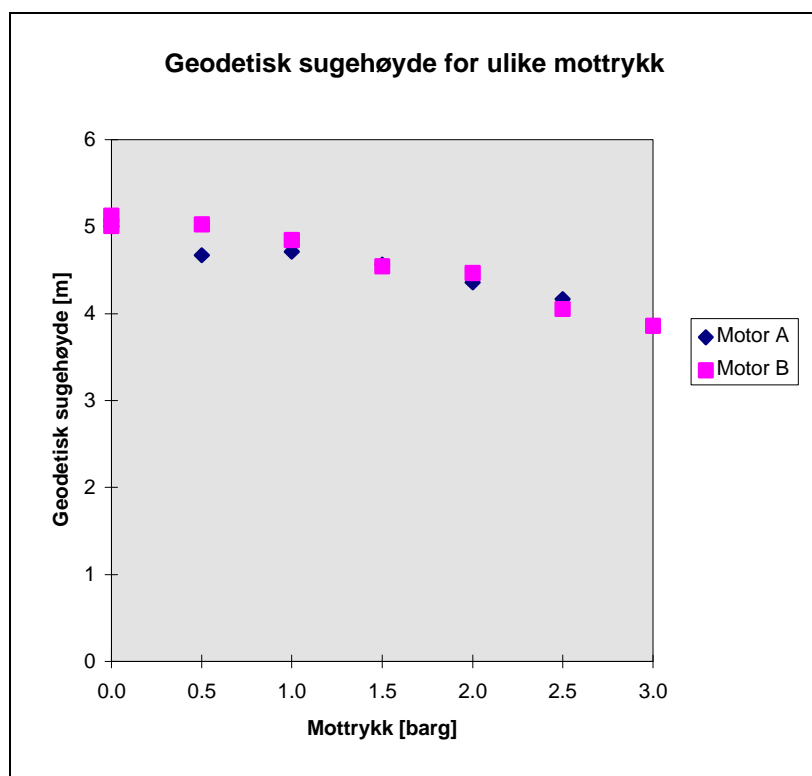
| Mottrykk [barg] | Motor | Løftehøyde [m] | Usikkerhet løftehøyde [m] |
|-----------------|-------|----------------|---------------------------|
| 0,0 | A | 5,9 | ±0,7 |
| 0,0 | A | 5,9 | ±0,7 |
| 0,0 | B | 5,9 | ±0,7 |
| 0,0 | B | 6,0 | ±0,7 |
| 0,5 | A | 11,6 | ±0,7 |
| 0,5 | B | 12,0 | ±0,7 |
| 1,0 | A | 17,7 | ±0,7 |
| 1,0 | B | 17,8 | ±0,7 |
| 1,5 | A | 23,6 | ±0,7 |
| 1,5 | B | 23,6 | ±0,7 |
| 2,0 | A | 29,4 | ±0,7 |
| 2,0 | B | 29,5 | ±0,7 |
| 2,5 | A | 35,3 | ±0,7 |
| 2,5 | B | 35,2 | ±0,7 |
| 3,0 | A | 41,0 | ±0,7 |
| 3,0 | B | 41,0 | ±0,7 |



Figur C - 7

Tabell C - 8: Geodetisk sugehøyde ved ulike mottrykk

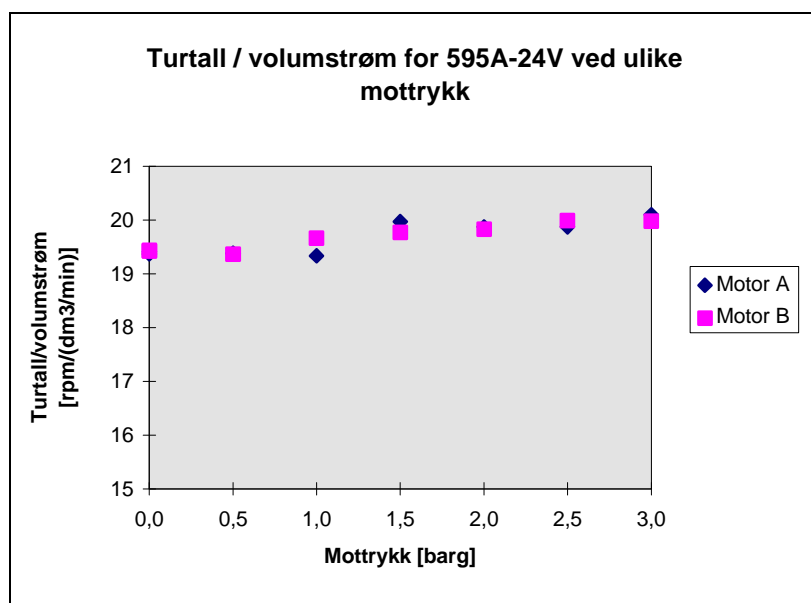
| Mottrykk [barg] | Motor | Geodetisk sugehøyde [m] | Usikkerhet geodetisk sugehøyde [m] |
|-----------------|-------|-------------------------|------------------------------------|
| 0,0 | A | 5,0 | ±0,1 |
| 0,0 | A | 5,0 | ±0,1 |
| 0,0 | B | 5,0 | ±0,1 |
| 0,0 | B | 5,1 | ±0,1 |
| 0,5 | A | 4,7 | ±0,1 |
| 0,5 | B | 5,0 | ±0,1 |
| 1,0 | A | 4,7 | ±0,1 |
| 1,0 | B | 4,8 | ±0,1 |
| 1,5 | A | 4,6 | ±0,1 |
| 1,5 | B | 4,5 | ±0,1 |
| 2,0 | A | 4,4 | ±0,1 |
| 2,0 | B | 4,5 | ±0,1 |
| 2,5 | A | 4,2 | ±0,1 |
| 2,5 | B | 4,0 | ±0,1 |
| 3,0 | A | 3,9 | ±0,1 |
| 3,0 | B | 3,9 | ±0,1 |



Figur C - 8

Tabell C - 9: Turtall/volumstrøm ved ulike mottrykk

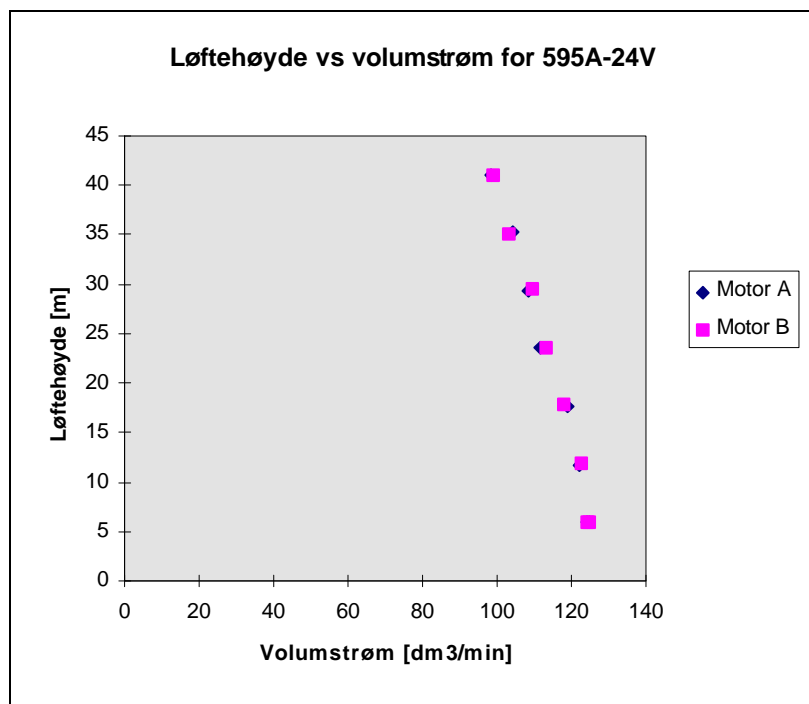
| Mottrykk [barg] | Motor | Turtall / volumstrøm [rpm/(dm ³ /min)] |
|-----------------|-------|---|
| 0,0 | A | 19,4 |
| 0,0 | A | 19,4 |
| 0,5 | B | 19,3 |
| 0,5 | B | 19,3 |
| 1,0 | A | 19,3 |
| 1,0 | B | 19,6 |
| 1,5 | A | 19,9 |
| 1,5 | B | 19,7 |
| 2,0 | A | 19,8 |
| 2,0 | B | 19,8 |
| 2,5 | A | 19,8 |
| 2,5 | B | 19,9 |
| 3,0 | A | 20,1 |
| 3,0 | B | 19,9 |



Figur C - 9

Tabell C - 10: Løftehøyde vs volumstrøm ved ulike mottrykk

| Mottrykk [barg] | Motor | Løftehøyde [m] | Volumstrøm [dm ³ /min] |
|-----------------|-------|----------------|-----------------------------------|
| 0,0 | A | 5,9 | 124,7 |
| 0,0 | A | 5,9 | 124,2 |
| 0,0 | B | 5,9 | 124,3 |
| 0,0 | B | 6,0 | 124,5 |
| 0,5 | A | 11,6 | 121,9 |
| 0,5 | B | 12,0 | 122,9 |
| 1,0 | A | 17,7 | 119,0 |
| 1,0 | B | 17,8 | 118,0 |
| 1,5 | A | 23,6 | 111,4 |
| 1,5 | B | 23,6 | 113,2 |
| 2,0 | A | 29,4 | 108,5 |
| 2,0 | B | 29,5 | 109,4 |
| 2,5 | A | 35,3 | 104,0 |
| 2,5 | B | 35,2 | 103,4 |
| 3,0 | A | 41,0 | 98,3 |
| 3,0 | B | 41,0 | 98,7 |



Figur C - 10

VEDLEGG C
PUMPE 595A-24V

Tabell C - 11: Diverse data ved ulike slangekombinasjoner: innløp 5/4"

| 5/4 - 5/4 | Batteri- spenning [V] | Oppbygd mottrykk [barg] | Motor | Sugetrykk [barg] | Strøm [A] | Turtall [rpm] | Volumstrøm [dm ³ min] | Løftehøyde [m] | Geodetisk sugehøyde [m] |
|--------------|--------------------------|----------------------------|-------|---------------------|--------------|------------------|-------------------------------------|-------------------|----------------------------|
| | 26,0 | 0 | A | -0,24 | 37,5 | 2465 | 130,1 | 2,9 | 2,0 |
| | 25,9 | 0 | A | -0,24 | 37,8 | 2452 | 129,1 | 2,9 | 2,0 |
| | 25,4 | 0 | B | -0,25 | 37,7 | 2444 | 128,3 | 3,1 | 2,1 |
| | 25,4 | 0 | B | -0,25 | 37,6 | 2441 | 128,1 | 3,1 | 2,1 |
| Gjennomsnitt | | 0 | | -0,25 | 37,6 | 2450 | 128,9 | 3,0 | 2,1 |

| 5/4 - 4/4 | Batteri- spenning [V] | Oppbygd mottrykk [barg] | Motor | Sugetrykk [barg] | Strøm [A] | Turtall [rpm] | Volumstrøm [dm ³ min] | Løftehøyde [m] | Geodetisk sugehøyde [m] |
|--------------|--------------------------|----------------------------|-------|---------------------|--------------|------------------|-------------------------------------|-------------------|----------------------------|
| | 25,6 | 0 | A | -0,26 | 39,6 | 2440 | 126,6 | 3,2 | 2,3 |
| | 25,4 | 0 | A | -0,25 | 38,6 | 2423 | 126,6 | 3,1 | 2,2 |
| | 25,3 | 0 | B | -0,25 | 38,8 | 2430 | 127,7 | 3,1 | 2,2 |
| | 25,2 | 0 | B | -0,25 | 38,8 | 2416 | 127,7 | 3,1 | 2,2 |
| Gjennomsnitt | | 0 | | -0,25 | 38,9 | 2427 | 127,1 | 3,1 | 2,2 |

| 5/4 - 3/4 | Batteri- spenning [V] | Oppbygd mottrykk [barg] | Motor | Sugetrykk [barg] | Strøm [A] | Turtall [rpm] | Volumstrøm [dm ³ min] | Løftehøyde [m] | Geodetisk sugehøyde [m] |
|--------------|--------------------------|----------------------------|-------|---------------------|--------------|------------------|-------------------------------------|-------------------|----------------------------|
| | 25,9 | 1,1 | A | -0,22 | 44,6 | 2326 | 119,9 | 16,1 | 1,9 |
| | 25,8 | 1,1 | A | -0,22 | 44,3 | 2325 | 120,1 | 16,1 | 1,9 |
| | 25,8 | 1,15 | B | -0,22 | 44,4 | 2324 | 120,4 | 16,7 | 1,9 |
| | 25,7 | 1,2 | B | -0,22 | 44,5 | 2321 | 120,1 | 17,3 | 1,9 |
| Gjennomsnitt | | 1,1 | | -0,22 | 44,4 | 2324 | 120,1 | 16,6 | 1,9 |

VEDLEGG C
PUMPE 595A-24V

Tabell C - 12: Diverse data ved ulike slangekombinasjoner: innløp 4/4"

| 4/4 - 5/4 | Batteri- spenning [V] | Oppbygd mottrykk [barg] | Motor | Sugetrykk [barg] | Strøm [A] | Turtall [rpm] | Volumstrøm [dm ³ min] | Løftehøyde [m] | Geodetisk sugehøyde [m] |
|--------------|--------------------------|----------------------------|-------|---------------------|--------------|------------------|-------------------------------------|-------------------|----------------------------|
| | 26,3 | 0 | A | -0,49 | 38,3 | 2451 | 128,1 | 6,0 | 5,1 |
| | 26,0 | 0 | A | -0,49 | 38,1 | 2453 | 127,4 | 6,0 | 5,1 |
| | 26,1 | 0 | B | -0,49 | 38,0 | 2450 | 128,0 | 6,0 | 5,1 |
| | 25,9 | 0 | B | -0,49 | 38,4 | 2444 | 127,1 | 6,0 | 5,1 |
| Gjennomsnitt | | 0 | | -0,49 | 38,20 | 2449 | 127,7 | 6,0 | 5,1 |

| 4/4 - 4/4 | Batteri- spenning [V] | Oppbygd mottrykk [barg] | Motor | Sugetrykk [barg] | Strøm [A] | Turtall [rpm] | Volumstrøm [dm ³ min] | Løftehøyde [m] | Geodetisk sugehøyde [m] |
|--------------|--------------------------|----------------------------|-------|---------------------|--------------|------------------|-------------------------------------|-------------------|----------------------------|
| | 25,7 | 0 | A | -0,48 | 39,4 | 2415 | 124,7 | 5,9 | 5,0 |
| | 25,2 | 0 | A | -0,48 | 38,7 | 2411 | 124,2 | 5,9 | 5,0 |
| | 25,6 | 0 | B | -0,48 | 39,5 | 2417 | 124,3 | 5,9 | 5,0 |
| | 25,9 | 0 | B | -0,49 | 40,0 | 2418 | 124,5 | 6,0 | 5,1 |
| Gjennomsnitt | | 0 | | -0,48 | 39,4 | 2415 | 124,4 | 5,9 | 5,0 |

| 4/4 -3/4 | Batteri- spenning [V] | Oppbygd mottrykk [barg] | Motor | Sugetrykk [barg] | Strøm [A] | Turtall [rpm] | Volumstrøm [dm ³ min] | Løftehøyde [m] | Geodetisk sugehøyde [m] |
|--------------|--------------------------|----------------------------|-------|---------------------|--------------|------------------|-------------------------------------|-------------------|----------------------------|
| | 25,9 | 1,1 | A | -0,44 | 45,1 | 2311 | 120,5 | 18,8 | 4,6 |
| | 25,9 | 1,1 | A | -0,44 | 45,2 | 2319 | 119,0 | 18,8 | 4,6 |
| | 25,9 | 1,1 | B | -0,44 | 45,1 | 2314 | 119,5 | 18,8 | 4,6 |
| | 26,0 | 1,1 | B | -0,44 | 45,2 | 2313 | 119,8 | 18,8 | 4,6 |
| Gjennomsnitt | | 1,1 | | -0,44 | 45,1 | 2314 | 119,7 | 18,8 | 4,6 |

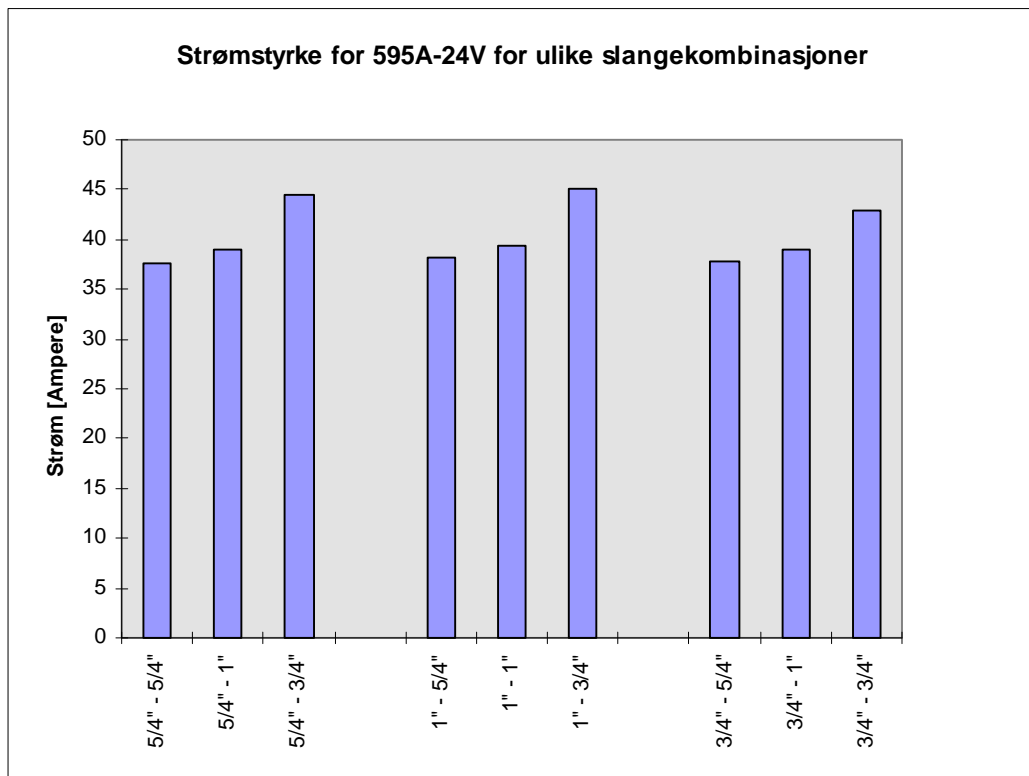
VEDLEGG C
PUMPE 595A-24V

Tabell C - 13: Diverse data ved ulike slangekombinasjoner: innløp 3/4"

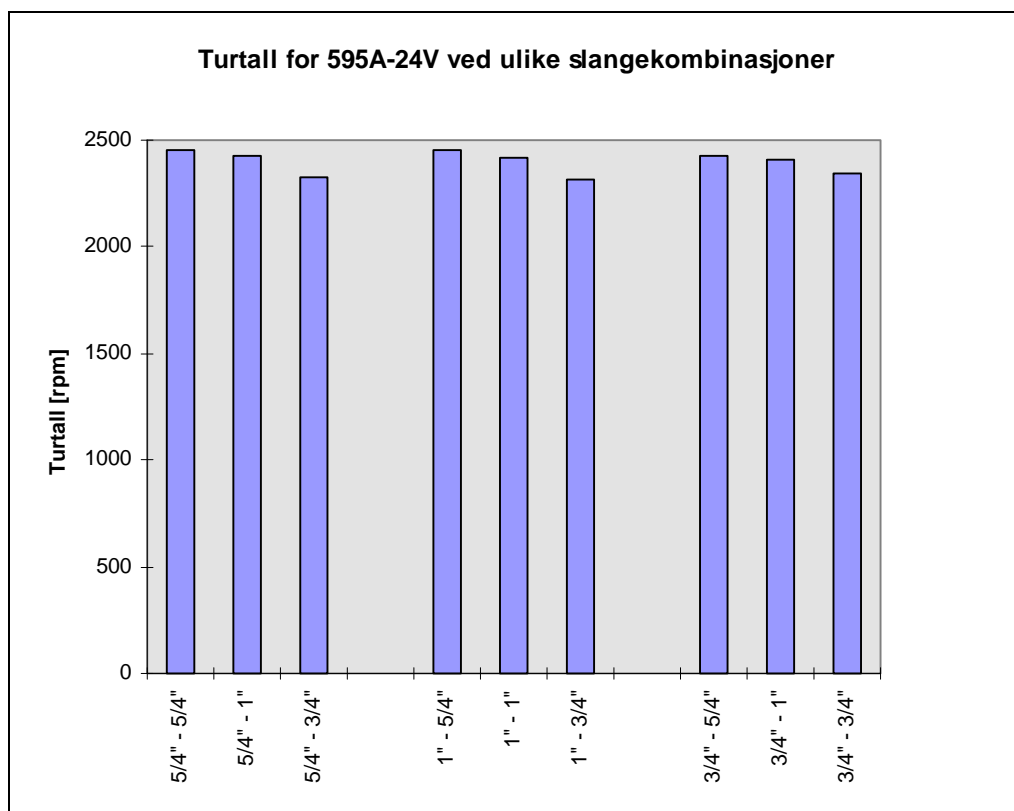
| 3/4 - 5/4 | Batteri- spenning [V] | Oppbygd motrykk [barg] | Motor | Sugetrykk [barg] | Strøm [A] | Turtall [rpm] | Volumstrøm [dm ³ min] | Løftehøyde [m] | Geodetisk sugehøyde [m] |
|--------------|--------------------------|---------------------------|-------|---------------------|--------------|------------------|-------------------------------------|-------------------|----------------------------|
| | 25,2 | 0 | A | -0,92 | 37,5 | 2426 | 84,4 | 11,2 | 10,8 |
| | 25,2 | 0 | A | -0,91 | 37,6 | 2428 | 84,8 | 11,1 | 10,7 |
| | 25,2 | 0 | B | -0,92 | 37,8 | 2426 | 85,1 | 11,2 | 10,8 |
| | 25,3 | 0 | B | -0,92 | 37,9 | 2424 | 85,1 | 11,2 | 10,8 |
| | | 0 | | -0,92 | 37,7 | 2426 | 84,8 | 11,2 | 10,8 |
| Gjennomsnitt | | | | | | | | | |

| 3/4 - 4/4 | Batteri- spenning [V] | Oppbygd motrykk [barg] | Motor | Sugetrykk [barg] | Strøm [A] | Turtall [rpm] | Volumstrøm [dm ³ min] | Løftehøyde [m] | Geodetisk sugehøyde [m] |
|--------------|--------------------------|---------------------------|-------|---------------------|--------------|------------------|-------------------------------------|-------------------|----------------------------|
| | 25,5 | 0 | A | -0,92 | 38,9 | 2416 | 85,1 | 11,2 | 10,8 |
| | 25,4 | 0 | A | -0,91 | 38,7 | 2420 | 84,4 | 11,1 | 10,7 |
| | 25,4 | 0 | B | -0,91 | 39,6 | 2409 | 84,4 | 11,1 | 10,7 |
| | 25,3 | 0 | B | -0,92 | 39,0 | 2404 | 84,4 | 11,2 | 10,8 |
| Gjennomsnitt | | 0 | | -0,92 | 39,0 | 2412 | 84,5 | 11,2 | 10,8 |

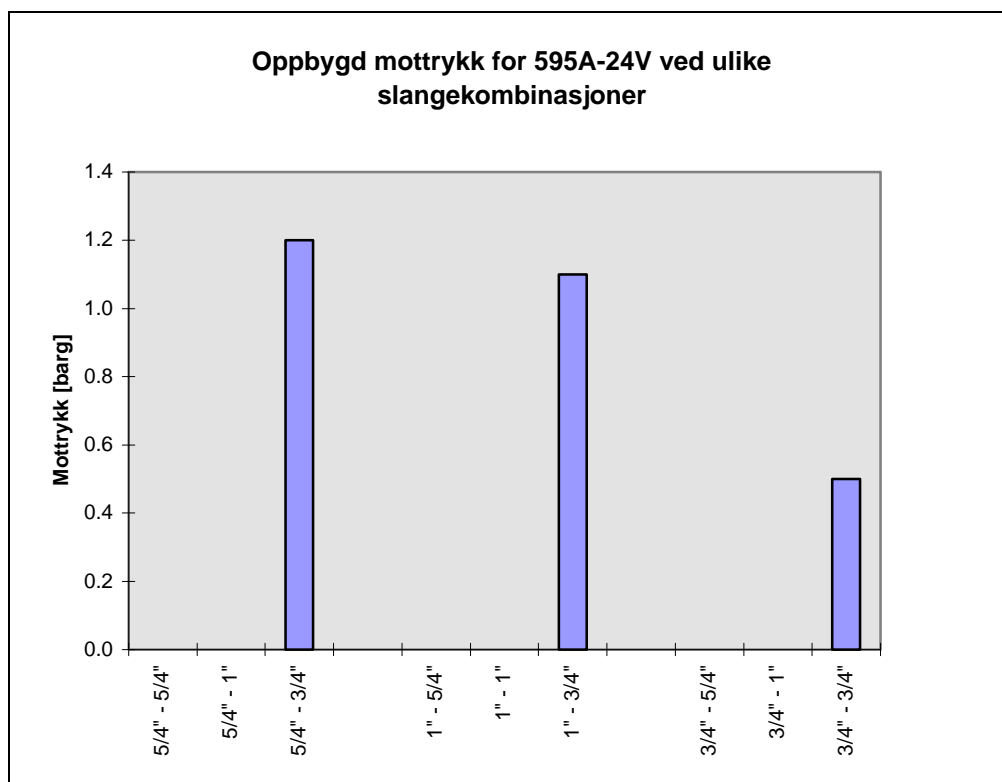
| 3/4 - 3/4 | Batteri- spenning [V] | Oppbygd motrykk [barg] | Motor | Sugetrykk [barg] | Strøm [A] | Turtall [rpm] | Volumstrøm [dm ³ min] | Løftehøyde [m] | Geodetisk sugehøyde [m] |
|--------------|--------------------------|---------------------------|-------|---------------------|--------------|------------------|-------------------------------------|-------------------|----------------------------|
| | 25,9 | 0,5 | A | -0,9 | 42,9 | 2358 | 84,5 | 17,1 | 10,6 |
| | 25,5 | 0,5 | A | -0,9 | 43,0 | 2344 | 84,6 | 17,1 | 10,6 |
| | 25,7 | 0,5 | B | -0,9 | 42,9 | 2343 | 83,7 | 17,1 | 10,6 |
| | 25,6 | 0,5 | B | -0,9 | 42,8 | 2346 | 82,7 | 17,1 | 10,6 |
| Gjennomsnitt | | 0,5 | | -0,9 | 42,9 | 2347 | 83,9 | 17,1 | 10,6 |



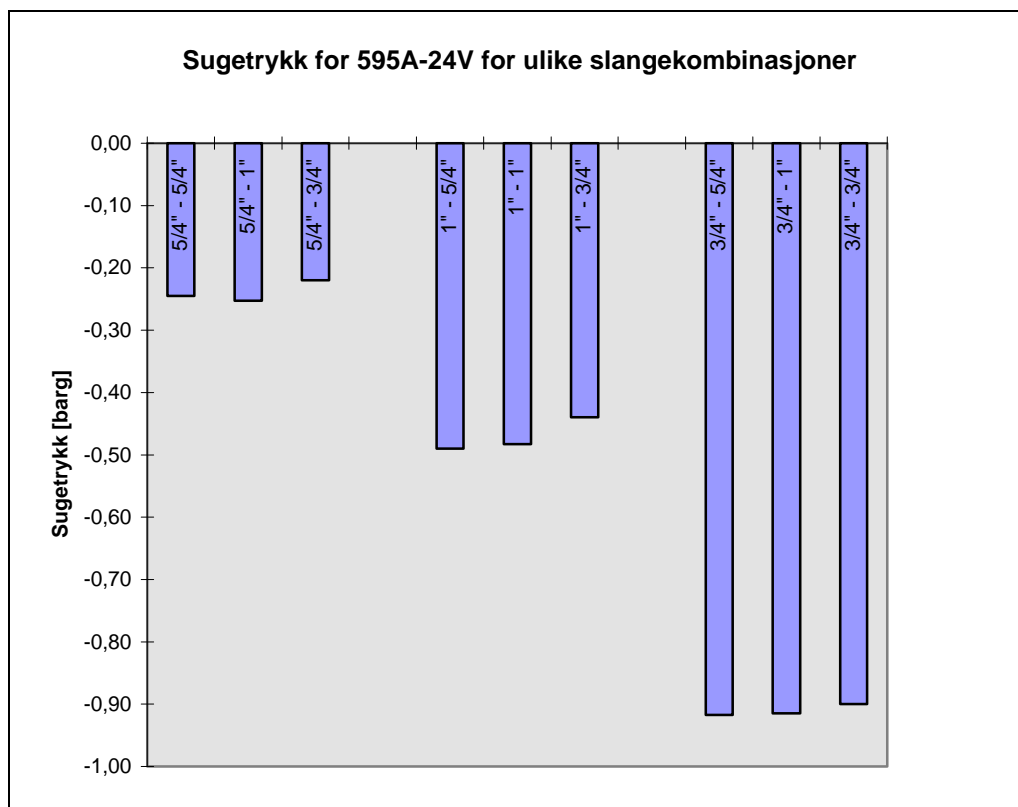
Figur C - 11



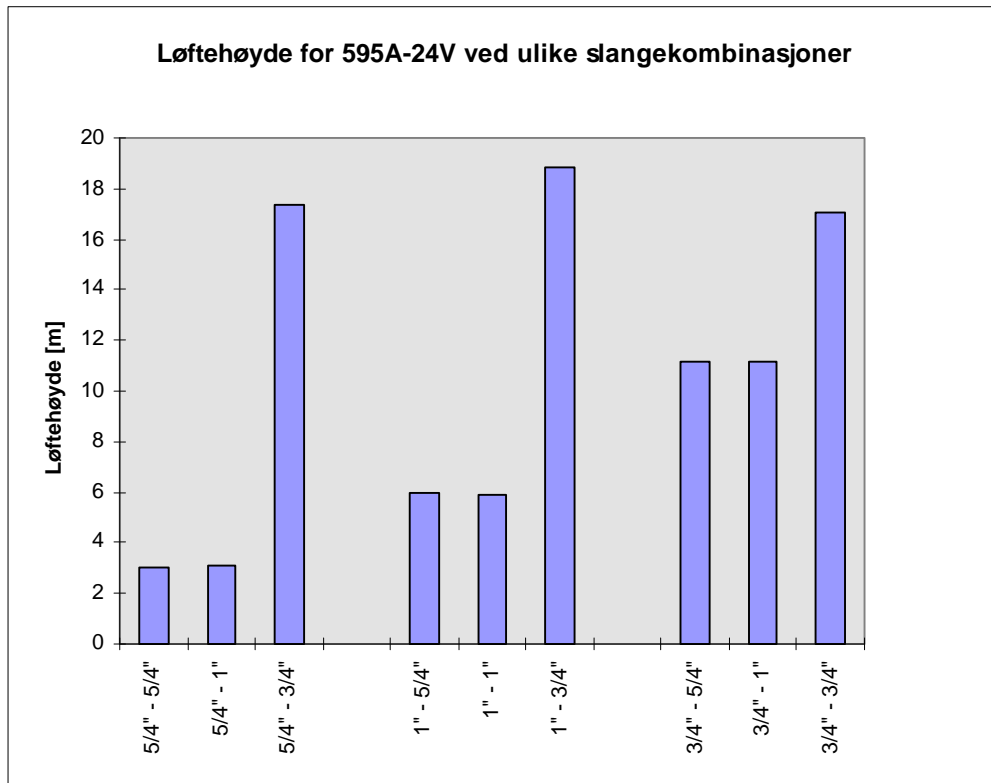
Figur C - 12



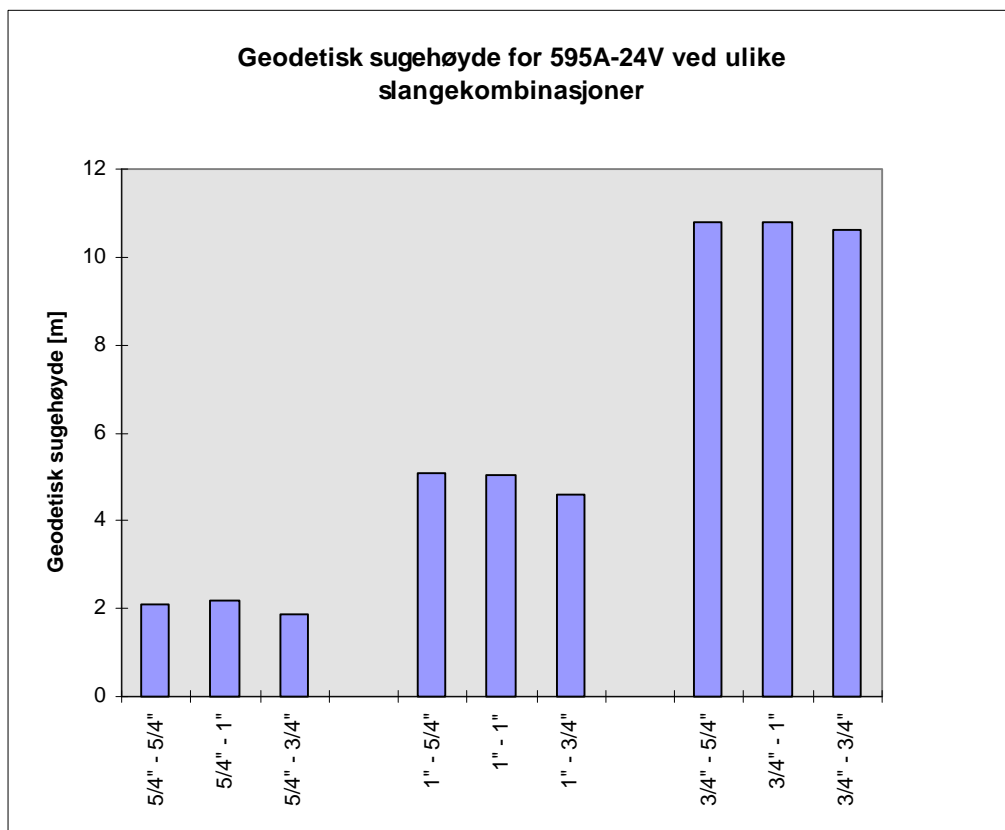
Figur C - 13



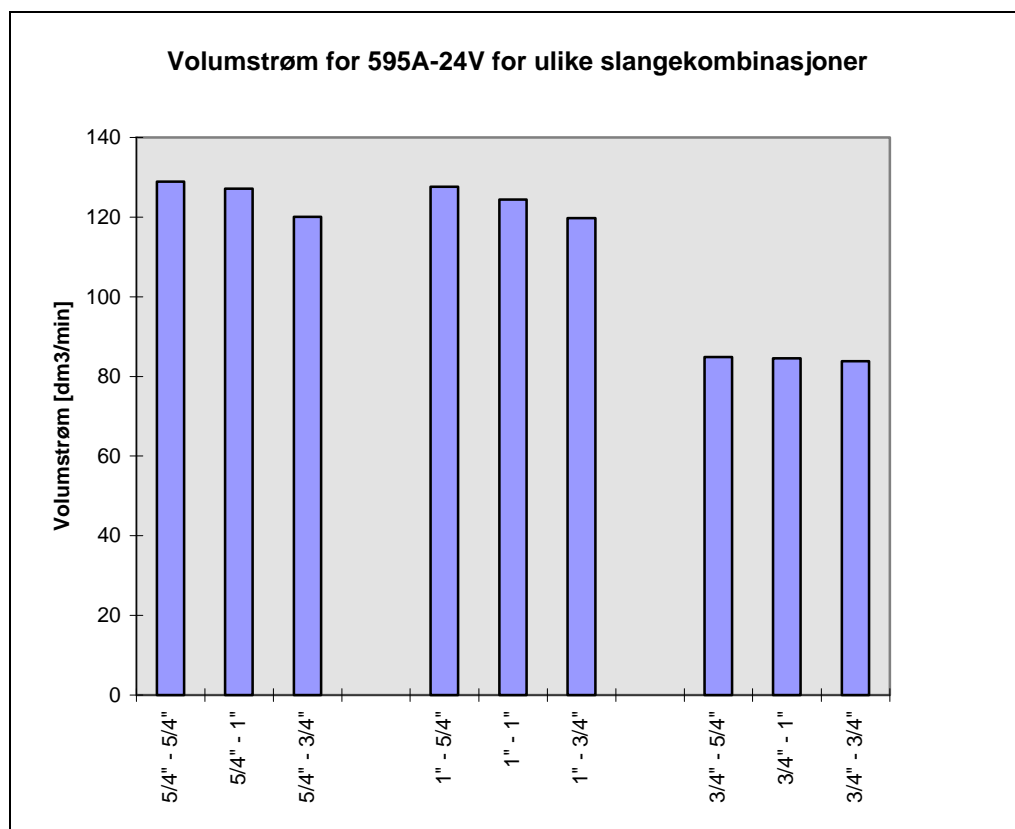
Figur C - 14



Figur C - 15



Figur C - 16



Figur C - 17

Tabell C - 14: Diverse tilleggsdata

| Mottrykk [barg] | Motor | Usikkerhet mottrykk [barg] | Batterispennning [V] | Høyde før [m] | Høyde etter [m] | Tid [s] |
|-----------------|-------|----------------------------|----------------------|---------------|-----------------|---------|
| 0,0 | A | ±0,05 | 25,7 | 0,062 | 0,411 | 43 |
| 0,0 | A | ±0,05 | 25,2 | 0,053 | 0,425 | 46 |
| 0,0 | B | ±0,05 | 25,6 | 0,090 | 0,430 | 42 |
| 0,0 | B | ±0,05 | 25,9 | 0,045 | 0,353 | 38 |
| 0,5 | A | ±0,05 | 25,3 | 0,054 | 0,427 | 47 |
| 0,5 | B | ±0,05 | 25,8 | 0,055 | 0,423 | 46 |
| 1,0 | A | ±0,05 | 25,3 | 0,062 | 0,426 | 47 |
| 1,0 | B | ±0,05 | 25,7 | 0,058 | 0,419 | 47 |
| 1,5 | A | ±0,05 | 25,4 | 0,071 | 0,419 | 48 |
| 1,5 | B | ±0,05 | 25,7 | 0,064 | 0,425 | 49 |
| 2,0 | A | ±0,05 | 25,4 | 0,078 | 0,410 | 47 |
| 2,0 | B | ±0,05 | 25,6 | 0,057 | 0,413 | 50 |
| 2,5 | A | ±0,05 | 25,4 | 0,079 | 0,404 | 48 |
| 2,5 | B | ±0,05 | 25,6 | 0,069 | 0,392 | 48 |
| 3,0 | A | ±0,05 | 25,6 | 0,081 | 0,401 | 50 |
| 3,0 | B | ±0,05 | 25,5 | 0,088 | 0,403 | 49 |

Tabelliste:

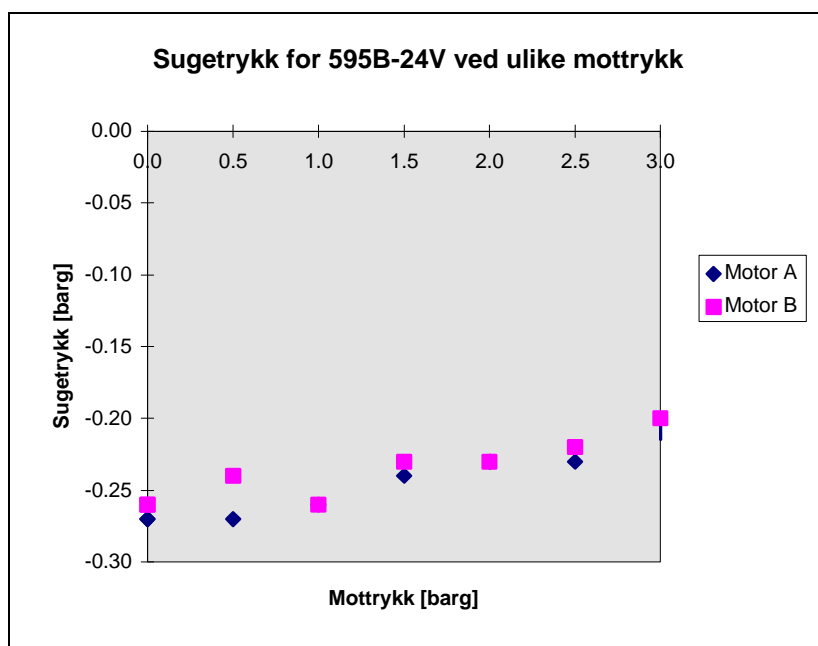
| | |
|---|-----------|
| Tabell D - 1: Sugetrykk ved ulike mottrykk | 51 |
| Tabell D - 2: Strøm ved ulike mottrykk | 52 |
| Tabell D - 3: Turtall ved ulike mottrykk | 53 |
| Tabell D - 4: Volumstrøm ved ulike mottrykk | 54 |
| Tabell D - 5: Løftehøyde ved ulike mottrykk | 55 |
| Tabell D - 6: Geodetisk sugehøyde ved ulike mottrykk | 56 |
| Tabell D - 7: Turtall/volumstrøm ved ulike mottrykk | 57 |
| Tabell D - 8: Løftehøyde vs volumstrøm | 58 |
| Tabell D - 9: Diverse tilleggsdata | 59 |

Figurliste:

| | |
|---|-----------|
| Figur D - 1: Sugetrykk for 595B-24V ved ulike mottrykk | 51 |
| Figur D - 2: Strømstyrke for 595B-24V ved ulike mottrykk | 52 |
| Figur D - 3: Turtall for 595B-24V ved ulike mottrykk | 53 |
| Figur D - 4: Volumstrøm for 595B-24V ved ulike mottrykk | 54 |
| Figur D - 5: Løftehøyde for 595B-24V ved ulike mottrykk | 55 |
| Figur D - 6: Geodetisk sugehøyde for 595B-24V ved ulike mottrykk | 56 |
| Figur D - 7: Turtall/volumstrøm for 595B-24V ved ulike mottrykk | 57 |
| Figur D - 8: Løftehøyde vs volumstrøm for 595B-24V | 58 |

Tabell D - 1: Sugetrykk ved ulike mottrykk

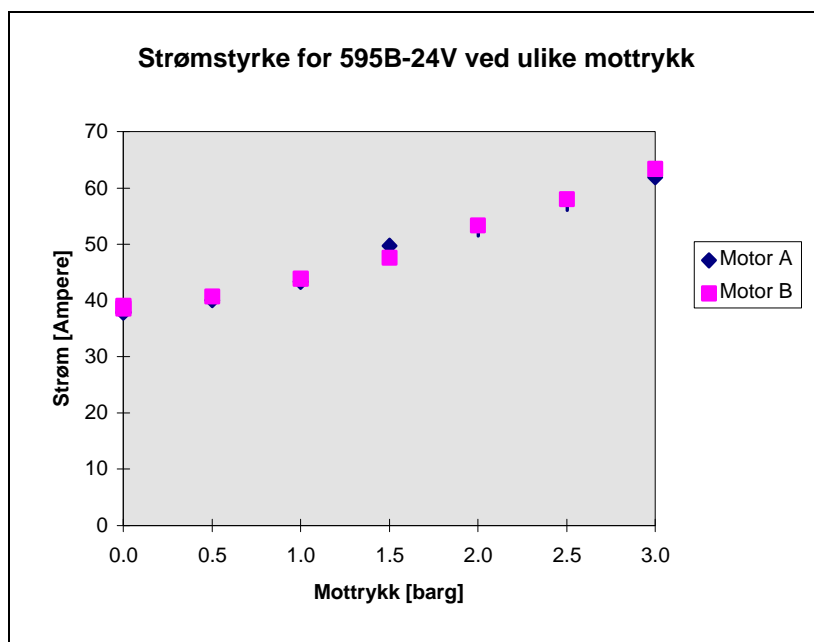
| Mottrykk [barg] | Motor | Sugetrykk [barg] | Usikkerhet sugetrykk [barg] |
|-----------------|-------|------------------|-----------------------------|
| 0,0 | A | -0,27 | $\pm 0,005$ |
| 0,0 | A | -0,27 | $\pm 0,005$ |
| 0,0 | B | -0,26 | $\pm 0,005$ |
| 0,0 | B | -0,26 | $\pm 0,005$ |
| 0,5 | A | -0,27 | $\pm 0,005$ |
| 0,5 | B | -0,24 | $\pm 0,005$ |
| 1,0 | A | -0,26 | $\pm 0,005$ |
| 1,0 | B | -0,26 | $\pm 0,005$ |
| 1,5 | A | -0,24 | $\pm 0,005$ |
| 1,5 | B | -0,23 | $\pm 0,005$ |
| 2,0 | A | -0,23 | $\pm 0,005$ |
| 2,0 | B | -0,23 | $\pm 0,005$ |
| 2,5 | A | -0,23 | $\pm 0,005$ |
| 2,5 | B | -0,22 | $\pm 0,005$ |
| 3,0 | A | -0,21 | $\pm 0,005$ |
| 3,0 | B | -0,20 | $\pm 0,005$ |



Figur D - 9

Tabell D - 2: Strøm ved ulike mottrykk

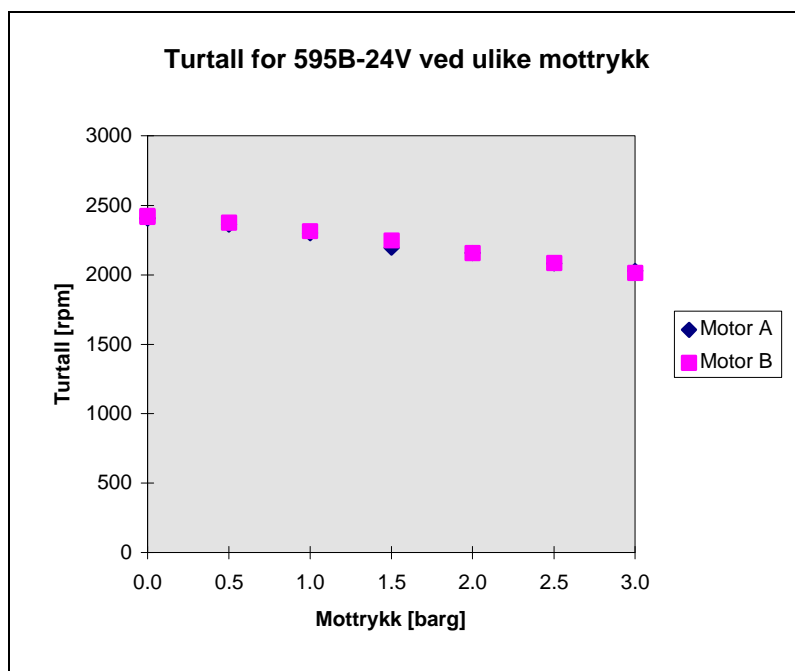
| Mottrykk [barg] | Motor | Strøm [A] | Usikkerhet strøm [A] |
|-----------------|-------|-----------|----------------------|
| 0,0 | A | 37,9 | $\pm 1,0$ |
| 0,0 | A | 37,8 | $\pm 1,0$ |
| 0,0 | B | 39,0 | $\pm 1,0$ |
| 0,0 | B | 38,6 | $\pm 1,0$ |
| 0,5 | A | 40,1 | $\pm 1,1$ |
| 0,5 | B | 40,7 | $\pm 1,1$ |
| 1,0 | A | 43,3 | $\pm 1,1$ |
| 1,0 | B | 43,9 | $\pm 1,1$ |
| 1,5 | A | 49,7 | $\pm 1,2$ |
| 1,5 | B | 47,6 | $\pm 1,2$ |
| 2,0 | A | 52,6 | $\pm 1,3$ |
| 2,0 | B | 53,4 | $\pm 1,3$ |
| 2,5 | A | 57,2 | $\pm 1,4$ |
| 2,5 | B | 58,0 | $\pm 1,4$ |
| 3,0 | A | 61,9 | $\pm 1,5$ |
| 3,0 | B | 63,4 | $\pm 1,5$ |



Figur D - 10

Tabell D - 3: Turtall ved ulike mottrykk

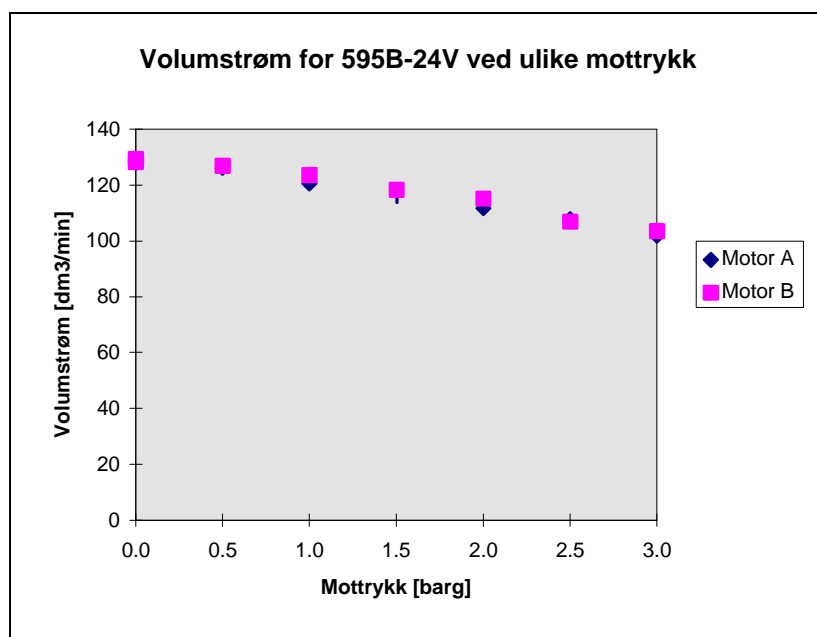
| Mottrykk [barg] | Motor | Turtall [rpm] | Usikkerhet turtall [rpm] |
|-----------------|-------|---------------|--------------------------|
| 0,0 | A | 2407 | ± 1 |
| 0,0 | A | 2409 | ± 1 |
| 0,0 | B | 2424 | ± 1 |
| 0,0 | B | 2417 | ± 1 |
| 0,5 | A | 2360 | ± 1 |
| 0,5 | B | 2374 | ± 1 |
| 1,0 | A | 2299 | ± 1 |
| 1,0 | B | 2314 | ± 1 |
| 1,5 | A | 2195 | ± 1 |
| 1,5 | B | 2248 | ± 1 |
| 2,0 | A | 2156 | ± 1 |
| 2,0 | B | 2156 | ± 1 |
| 2,5 | A | 2081 | ± 1 |
| 2,5 | B | 2085 | ± 1 |
| 3,0 | A | 2028 | ± 1 |
| 3,0 | B | 2012 | ± 1 |



Figur D - 11

Tabell D - 4: Volumstrøm ved ulike mottrykk

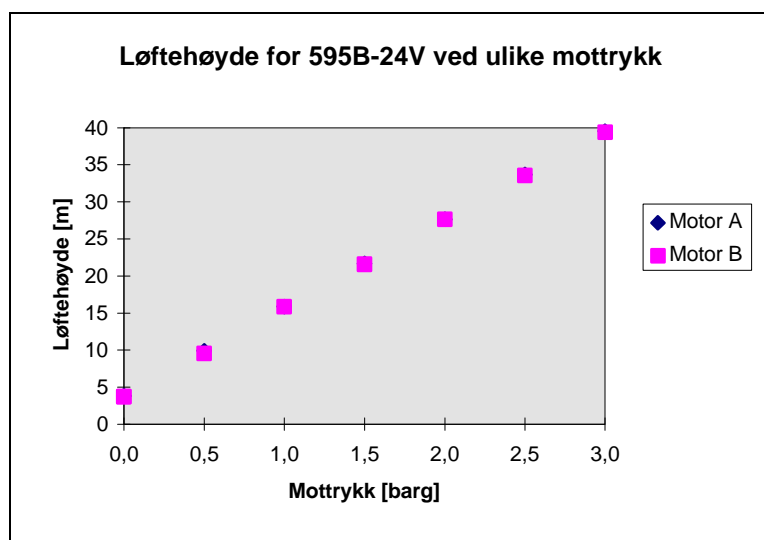
| Mottrykk [barg] | Motor | Volumstrøm [dm ³ /min] | Usikkerhet volumstrøm [dm ³ /min] |
|-----------------|-------|-----------------------------------|--|
| 0,0 | A | 128,1 | ±1,1 |
| 0,0 | A | 128,8 | ±1,1 |
| 0,0 | B | 128,2 | ±1,0 |
| 0,0 | B | 129,3 | ±1,1 |
| 0,5 | A | 126,1 | ±1,2 |
| 0,5 | B | 127,0 | ±1,0 |
| 1,0 | A | 120,5 | ±1,1 |
| 1,0 | B | 123,5 | ±1,1 |
| 1,5 | A | 116,0 | ±1,0 |
| 1,5 | B | 118,2 | ±1,1 |
| 2,0 | A | 111,8 | ±1,0 |
| 2,0 | B | 115,0 | ±1,0 |
| 2,5 | A | 107,8 | ±0,9 |
| 2,5 | B | 106,9 | ±1,0 |
| 3,0 | A | 101,9 | ±0,9 |
| 3,0 | B | 103,5 | ±0,9 |



Figur D - 12

Tabell D - 5: Løftehøyde ved ulike mottrykk

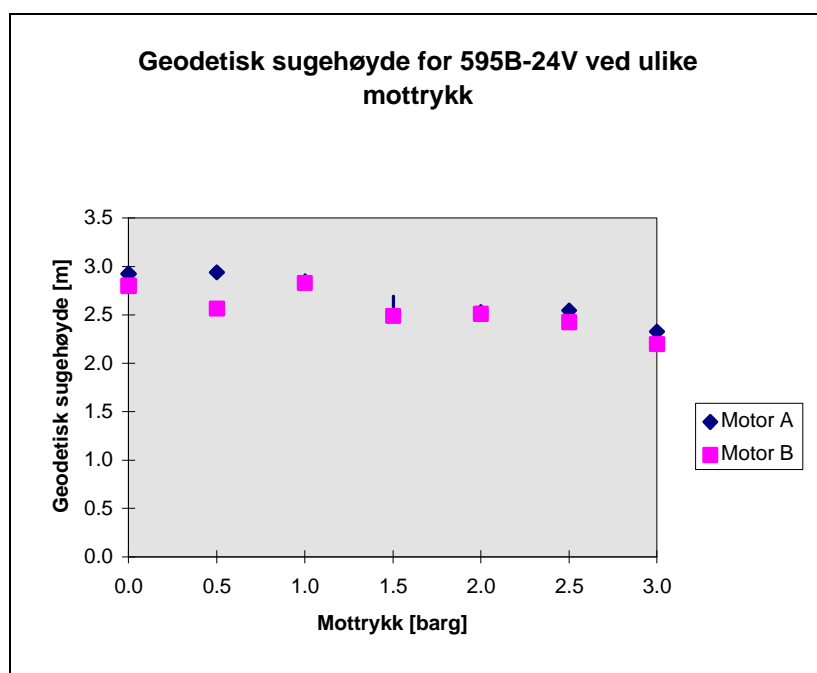
| Mottrykk [barg] | Motor | Løftehøyde [m] | Usikkerhet løftehøyde [m] |
|-----------------|-------|----------------|---------------------------|
| 0,0 | A | 3,8 | ±0,7 |
| 0,0 | A | 3,8 | ±0,7 |
| 0,0 | B | 3,7 | ±0,7 |
| 0,0 | B | 3,7 | ±0,7 |
| 0,5 | A | 9,9 | ±0,7 |
| 0,5 | B | 9,6 | ±0,7 |
| 1,0 | A | 15,9 | ±0,7 |
| 1,0 | B | 15,9 | ±0,7 |
| 1,5 | A | 21,7 | ±0,7 |
| 1,5 | B | 21,6 | ±0,7 |
| 2,0 | A | 27,6 | ±0,7 |
| 2,0 | B | 27,7 | ±0,7 |
| 2,5 | A | 33,7 | ±0,7 |
| 2,5 | B | 33,6 | ±0,7 |
| 3,0 | A | 39,5 | ±0,7 |
| 3,0 | B | 39,4 | ±0,7 |



Figur D - 13

Tabell D - 6: Geodetisk sugehøyde ved ulike mottrykk

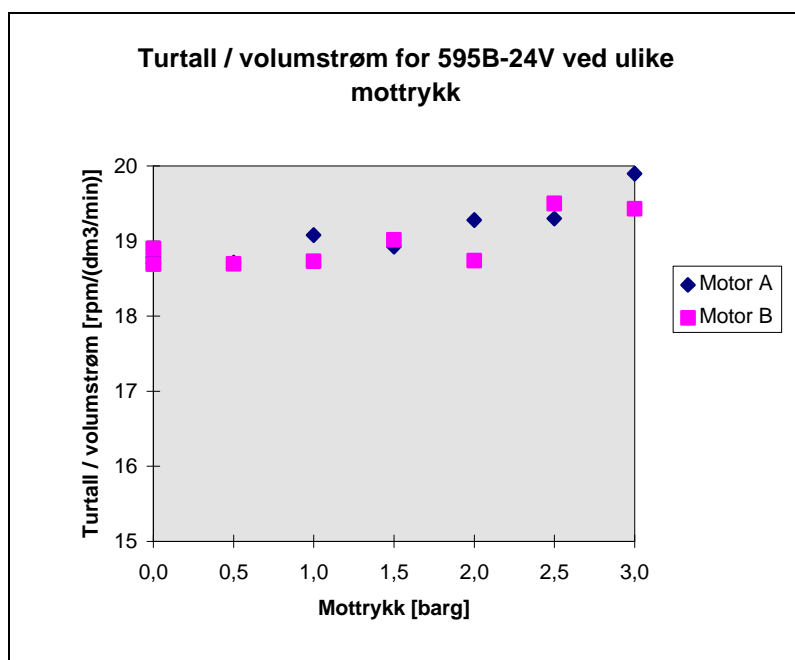
| Mottrykk [barg] | Motor | Geodetisk sugehøyde [m] | Usikkerhet geodetisk sugehøyde [m] |
|-----------------|-------|-------------------------|------------------------------------|
| 0,0 | A | 2,9 | ±0,1 |
| 0,0 | A | 2,9 | ±0,1 |
| 0,0 | B | 2,8 | ±0,1 |
| 0,0 | B | 2,8 | ±0,1 |
| 0,5 | A | 2,9 | ±0,1 |
| 0,5 | B | 2,6 | ±0,1 |
| 1,0 | A | 2,8 | ±0,1 |
| 1,0 | B | 2,8 | ±0,1 |
| 1,5 | A | 2,6 | ±0,1 |
| 1,5 | B | 2,5 | ±0,1 |
| 2,0 | A | 2,5 | ±0,1 |
| 2,0 | B | 2,5 | ±0,1 |
| 2,5 | A | 2,5 | ±0,1 |
| 2,5 | B | 2,4 | ±0,1 |
| 3,0 | A | 2,3 | ±0,1 |
| 3,0 | B | 2,2 | ±0,1 |



Figur D - 14

Tabell D - 7: Turtall/volumstrøm ved ulike mottrykk

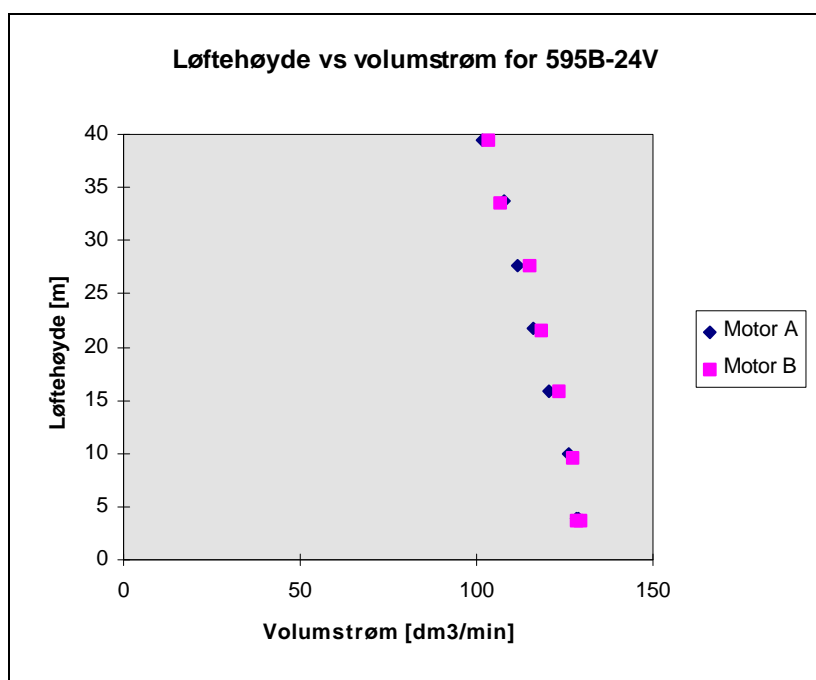
| Mottrykk [barg] | Motor | Turtall/volumstrøm [rpm/(dm ³ /min)] |
|-----------------|-------|---|
| 0,0 | A | 18,79 |
| 0,0 | A | 18,71 |
| 0,0 | B | 18,91 |
| 0,0 | B | 18,70 |
| 0,5 | A | 18,72 |
| 0,5 | B | 18,70 |
| 1,0 | A | 19,08 |
| 1,0 | B | 18,73 |
| 1,5 | A | 18,93 |
| 1,5 | B | 19,02 |
| 2,0 | A | 19,28 |
| 2,0 | B | 18,74 |
| 2,5 | A | 19,30 |
| 2,5 | B | 19,50 |
| 3,0 | A | 19,90 |
| 3,0 | B | 19,43 |



Figur D - 15

Tabell D - 8: Løftehøyde vs volumstrøm

| Motor | Løftehøyde [m] | Volumstrøm [dm ³ /min] |
|-------|----------------|-----------------------------------|
| A | 3,8 | 128,1 |
| A | 3,8 | 128,8 |
| B | 3,7 | 128,2 |
| B | 3,7 | 129,3 |
| A | 9,9 | 126,1 |
| B | 9,6 | 127,0 |
| A | 15,9 | 120,5 |
| B | 15,9 | 123,5 |
| A | 21,7 | 116,0 |
| B | 21,6 | 118,2 |
| A | 27,6 | 111,8 |
| B | 27,7 | 115,0 |
| A | 33,7 | 107,8 |
| B | 33,6 | 106,9 |
| A | 39,5 | 101,9 |
| B | 39,4 | 103,5 |

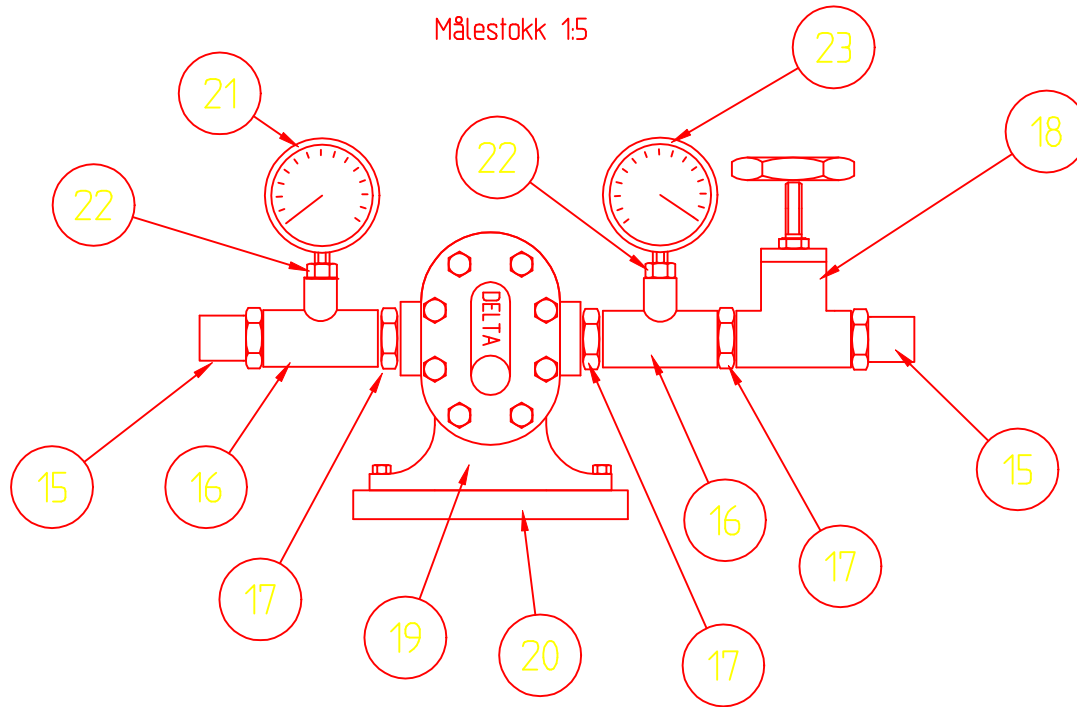


Figur D - 16

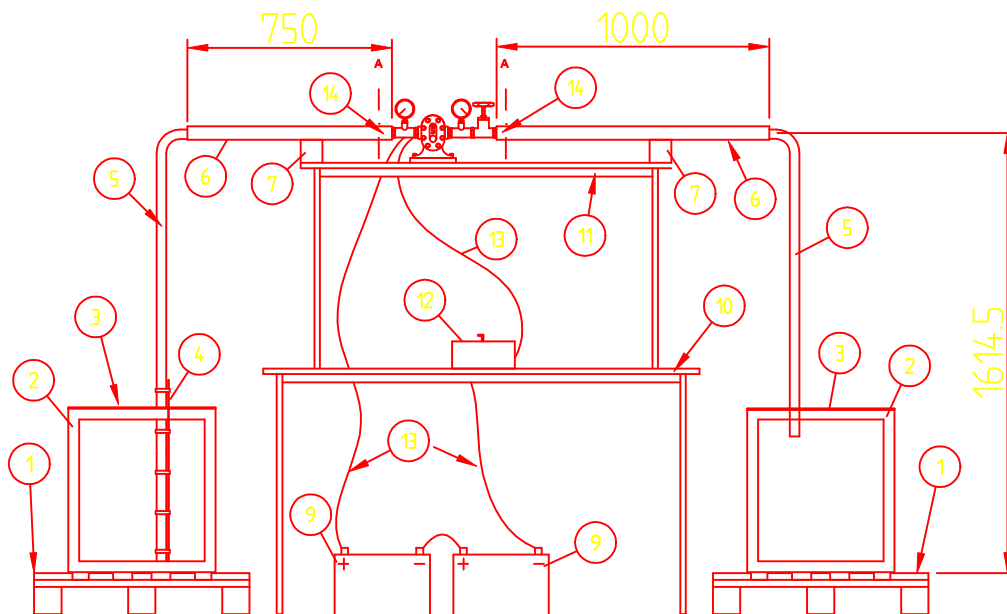
Tabell D - 9: Diverse tilleggsdata

| Mottrykk [barg] | Motor | Usikkerhet mottrykk [barg] | Batteri-spenning [V] | Høyde før [m] | Høyde etter [m] | Tid [s] |
|-----------------|-------|----------------------------|----------------------|---------------|-----------------|---------|
| 0,0 | A | ±0,05 | 25,1 | 0,041 | 0,433 | 47 |
| 0,0 | A | ±0,05 | 25,1 | 0,046 | 0,440 | 47 |
| 0,0 | B | ±0,05 | 25,8 | 0,022 | 0,431 | 49 |
| 0,0 | B | ±0,05 | 25,6 | 0,045 | 0,449 | 48 |
| 0,5 | A | ±0,05 | 25,0 | 0,086 | 0,439 | 43 |
| 0,5 | B | ±0,05 | 25,5 | 0,029 | 0,434 | 49 |
| 1,0 | A | ±0,05 | 25,1 | 0,041 | 0,394 | 45 |
| 1,0 | B | ±0,05 | 25,5 | 0,043 | 0,421 | 47 |
| 1,5 | A | ±0,05 | 25,1 | 0,069 | 0,439 | 49 |
| 1,5 | B | ±0,05 | 25,4 | 0,059 | 0,413 | 46 |
| 2,0 | A | ±0,05 | 25,2 | 0,046 | 0,410 | 50 |
| 2,0 | B | ±0,05 | 25,3 | 0,057 | 0,409 | 47 |
| 2,5 | A | ±0,05 | 25,3 | 0,068 | 0,433 | 52 |
| 2,5 | B | ±0,05 | 25,4 | 0,071 | 0,419 | 50 |
| 3,0 | A | ±0,05 | 25,5 | 0,056 | 0,401 | 52 |
| 3,0 | B | ±0,05 | 25,2 | 0,060 | 0,424 | 54 |

Målestokk 1:5

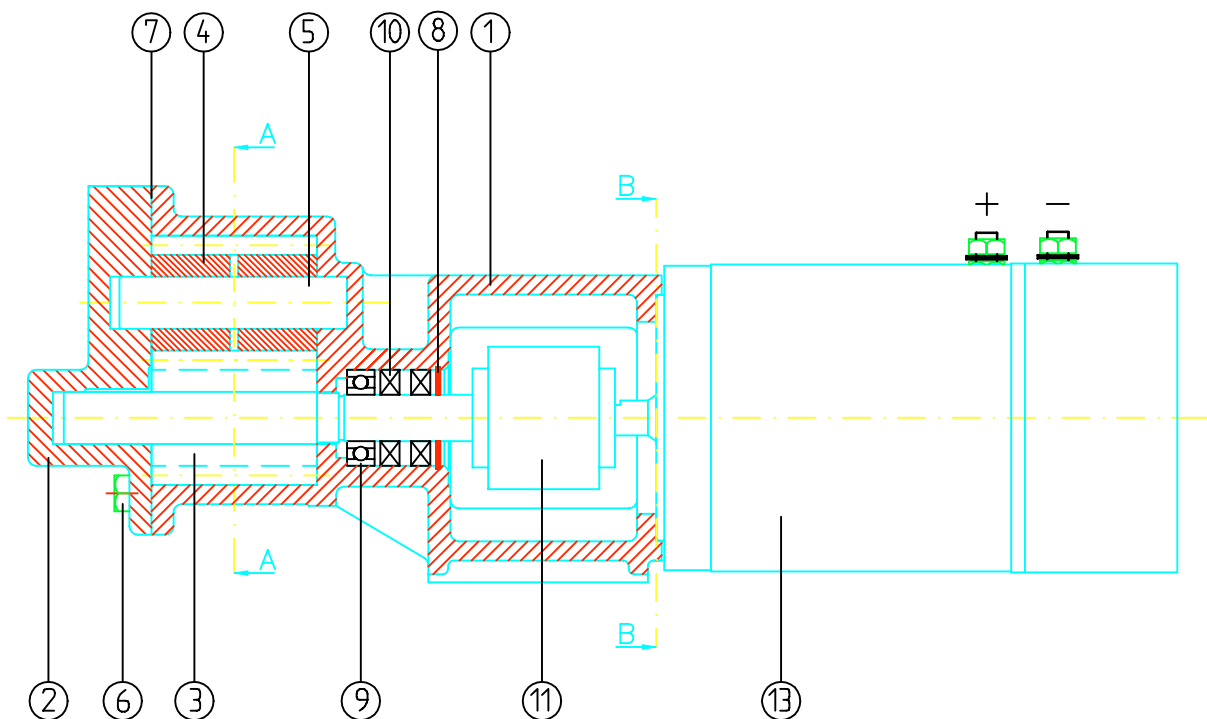


Målestokk 1:30

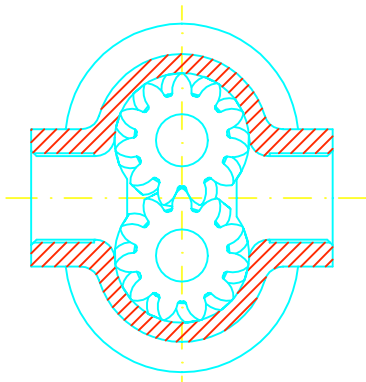


| | | | |
|----|---|------------------------------|----------------------------------|
| 23 | 1 | Manometer (trykkmåler) | Ø63-1/4, 0 - 10 bar |
| 22 | 2 | Overgangsstykke | 1/2"R X 1/4"R |
| 21 | 1 | Vacometer (undertrykksmåler) | -1-0 bar |
| 20 | 1 | Treplate | |
| 19 | 1 | Pumpe 595A-24V | 1" - 1" (inn-ut) |
| 18 | 1 | Sluseventil | 1", PN16 |
| 17 | 3 | Overgangsstykke | 1" X 1" |
| 16 | 2 | T-rør | 1"R X 1/2"R |
| 15 | 2 | Slangenippel | 1" |
| 14 | 2 | Slangeklemmer 2 stk | 26-38 ABA Standard klemmer |
| 13 | 3 | Strømkabel | 16mm ² |
| 12 | 1 | Strømbryter m/nøkkel | Bosch bryter |
| 11 | 1 | Bord 2 | H: 75cm, L:136cm |
| 10 | 1 | Bord 1 | H: 90cm, L:160cm |
| 9 | 2 | Batteri | 12V, 115Ah |
| 7 | 2 | Isoporkloss | |
| 6 | 2 | Plastrør | 50mm |
| 5 | 2 | Oljeslange | 1" |
| 4 | 1 | List | Al-list stripset fast i slangen |
| 3 | 2 | Lokk av plexi | thk:4mm, 54*54mm |
| 2 | 2 | Tank [54*54*60 cm] | 40mm Al-ramme, Plexiglass 8/12mm |
| 1 | 2 | Euro palle | |

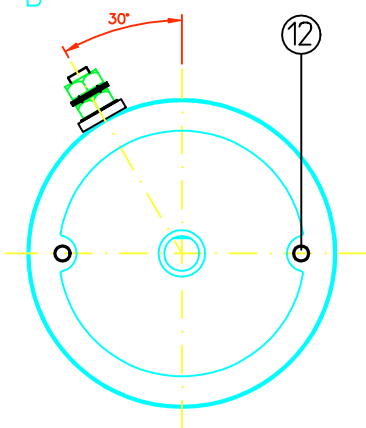
| Pos nr | Antall | Beskrivelse | Spesifikasjon |
|---|-----------|----------------------------|-------------------------------|
| Dato | 17/4-1999 | Konstr./Tegnet ED & S.S | Tracet |
| Kontr. | | Stand. kontr. | Godkjent |
| Målestokk 1:30 | | | |
| Testoppsett Hovedprosjekt Testing av Tannhjulspumper [mm] | | | Erstattet for Erstattet av |
| Henvi sning | | Beregning | Filnavn |



A-A

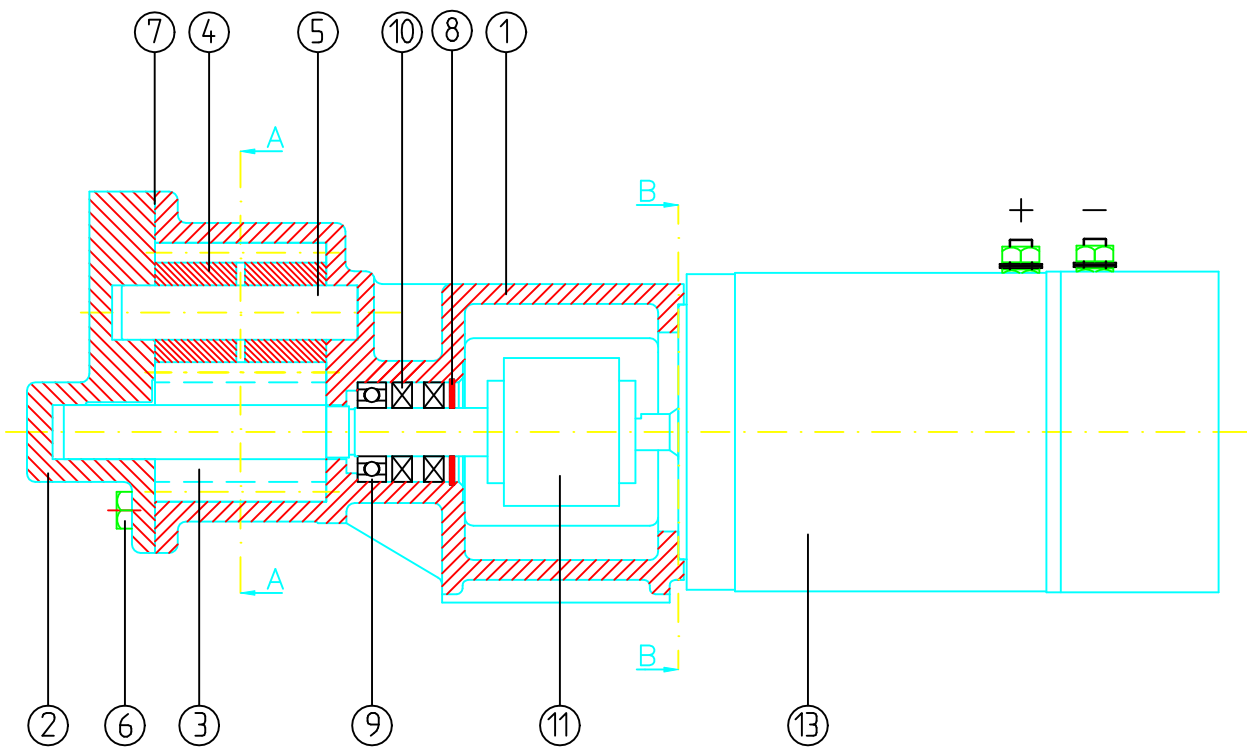


B-B

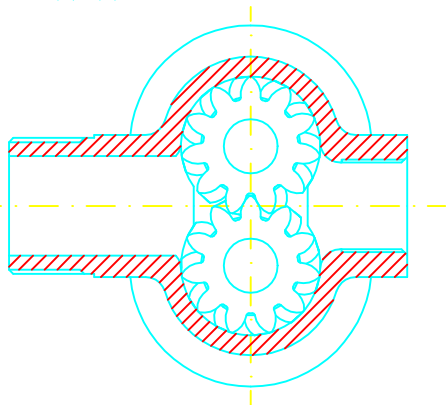


| | | | | |
|---|----|-------------------------|-----------|-------------------------------|
| 1 | 13 | DC motor - 24V | 595-101 | Kostov, EC 0,84/2,4/25 |
| 2 | 12 | Monting bolt, DC motor | 595-70 | M6*35 (8.8) |
| 1 | 11 | Flex. Coupling | 595-60 | Dentex B24 |
| 2 | 10 | Sealing ring | 595-43 | 17-35-7 (BA) |
| 1 | 9 | Ball bearing | 595-42 | 6003 |
| 1 | 8 | Seegerring | 595-41 | I 35 |
| 1 | 7 | Cover packing | 595-25 | Paper (0,15mm) |
| 8 | 6 | Mounting bolt, pump | 595-20 | M8*16 (8.8) |
| 1 | 5 | Shaft | 595-11 | Steel, DIN, St60 |
| 1 | 4 | Idle gear | 595-09 | Cast iron, DIN, GG-25 |
| 1 | 3 | Driving gear with shaft | 595-08/10 | Steel, DIN, 16MnCr5 / St 52.3 |
| 1 | 2 | End cover | 595-06 | Cast iron, DIN, GG-15 |
| 1 | 1 | Housing with bracket | 595-01 | Cast iron, DIN, GG-15 |

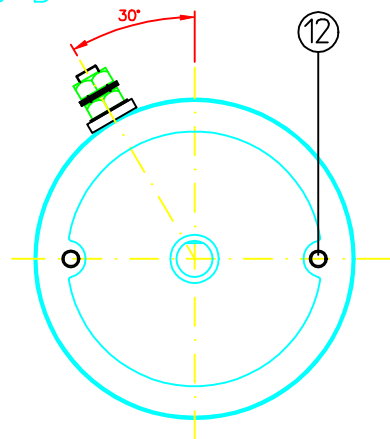
| QTY.: | POS: | NAME: | PART NO.: | MATR./TYPE: |
|---|------|----------------|-----------|------------------------------|
| Dato | | Konstr./Tegnet | Tracet | Målestokk |
| 17.03.97 | | J.G. | | -- |
| Kontr. | | Standkontr. | Godkjent | |
| <p>DELTA PUMPEFABRIKK AS</p> | | | | Erstatning for: |
| | | | | Erstattet av: |
| <p>PARTLIST</p> <p>DELTAPUMP TYPE: 595A</p> | | | | 595AS |
| Henvisning: | | Beregning: | | <p>Filnavn:</p> <p>595AS</p> |



A-A



B-B



| | | | | |
|---|----|-------------------------|-----------|-------------------------------|
| 1 | 13 | DC motor – 24V | 595-101 | Kostov, EC 0,84/2,4/25 |
| 2 | 12 | Monting bolt, DC motor | 595-70 | M6*35 (8.8) |
| 1 | 11 | Flex. Coupling | 595-60 | Dentex B24 |
| 2 | 10 | Sealing ring | 595-43 | 17-35-7 (BA) |
| 1 | 9 | Ball bearing | 595-42 | 6003 |
| 1 | 8 | Seegerring | 595-41 | I 35 |
| 1 | 7 | Cover packing | 595-25 | Paper (0,15mm) |
| 8 | 6 | Mounting bolt, pump | 595-20 | M8*16 (8.8) |
| 1 | 5 | Shaft | 595-11 | Steel, DIN, St60 |
| 1 | 4 | Idle gear | 595-09 | Cast iron, DIN, GG-25 |
| 1 | 3 | Driving gear with shaft | 595-08/10 | Steel, DIN, 16MnCr5 / St 52.3 |
| 1 | 2 | End cover | 595-06 | Cast iron, DIN, GG-15 |
| 1 | 1 | Housing with bracket | 595-01 | Cast iron, DIN, GG-15 |

| | | | | | |
|----------|----------------|----------|-----------|------------------------------|---------------|
| QTY.: | | POS: | NAME: | PART NO.: | MATR./TYPE: |
| Date | Konstr./Tegnet | Tracet | Målestokk | DELTA PUMPEFABRIKK AS | |
| 18.03.97 | J.G. | | -- | | |
| Kontr. | Standkontr. | Godkjent | | Erstatning for: | Erstattet av: |

PARTLIST
DELTAPUMP TYPE: 595B

Erstatning for: Erstattet av:
595BS

| | | |
|-------------|------------|-------------------|
| Henvisning: | Beregning: | Filnavn: 595BS |
|-------------|------------|-------------------|

Testskjema Hovedprosjekt våren 1999

Dato:

E. Davidsen
S. Solvang

| | |
|---------------------------|--|
| Pumpe | |
| Motornummer | |
| Størrelse på sugeslange | |
| Størrelse på utløpsslange | |

| | |
|---------------------|--|
| Størrelse på ventil | |
| Romtemperatur | |
| Batterispenning | |
| Maks. temp. | |

Pumping ved ulike mottrykk/slangekombinasjoner

Gangtid

| Mottrykk [bar] (innstilt) | Sugetrykk [bar] | Strøm [A] | Turtall [min ⁻¹] | Vækehøyde før start [mm] | Vækehøyde etter pumping [mm] | Tid [s] | Motortemp. [°C] | | Tid for å nå maks. temp. [s] |
|---------------------------------|--------------------|--------------|---------------------------------|--------------------------------|------------------------------------|------------|--------------------|-------|------------------------------------|
| | | | | | | | Før | Etter | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |