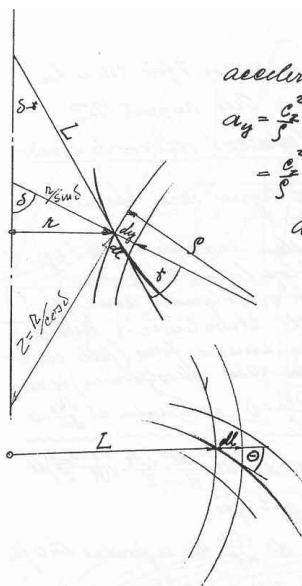


Hvordan håndskrevne matematiske beregninger av Henrik Christie (HCHR) (1893-1968) ved Kværner Brug i Lodalen for vel 50 år siden bidro til optimalt løpehjul til verdens største vannkraftverk.

SAMMENDRAG

DETTE VANNKRAFTVERKET, THREE GORGES (3G) I YANGZTEELVEN I KINA, VAR I 2008 I DRIFT MED DE FLESTE AV DE 26 TURBINENE. DE 8 FØRSTE ER MED KVÆRNER ENERGY-LØPEHJULDESIGN. DETTE KRAFTVERKET HAR VÆRT PÅ PROSJEKTSTADIET HELT SIDEN CHIANG KAI-SHEKS REGIME PÅ 1930-TALLET TIL BYGGESTART I 1994. VERDENS LEDENDE VANNTURBINFIRMAER HADDE DA I FLERE ÅR VÆRT ENGASJERT MED Å KONSTRUERE MODELLTURBIN SOM KUNNE HA TILFREDSTILLENDE DRIFTSEGENSKAPER OVER HELE FALLHØYDEOMRÅDET, DVS FRA CA. 60-110 METER. DETTE HADDE DISSE FIRMAENE IKKE MAKTET, SELV OM DE HADDE LEVERT LIGNENDE TURBINER TIL DENGANG VERDENS STØRSTE VANNKRAFTVERK, ITAIPU, PÅ GRENSEN MELLOM BRASIL OG ARGENTINA. KVÆRNER ENERGY BLE DA I 1994 SPURT OM Å KOMME MED SITT FORSLAG, SELV OM DE IKKE



accelerasjonen i y-retningen:

$$a_y = \frac{c_z^2}{r} - \frac{c_x^2 \sin \delta}{r} = \frac{c_z^2}{r} - \frac{(u + v \cos \beta)^2 \sin \delta}{r}$$

$$= \frac{c_z^2}{r} - \sin \delta \left(\omega^2 r + \frac{c_z^2}{r \tan^2 \beta} + \frac{2 \omega c_z}{\tan \beta} \right)$$

$$a_y = \left(\frac{1}{r} - \frac{\sin \delta}{r \tan^2 \beta} \right) c_z^2 - \frac{2 \omega \sin \delta}{\tan \beta} c_z - \omega^2 r \sin \delta$$

Sår en fra et pkt inne i kanalen til et merleggende punkt som ligger dx for skjovet i x-retningen dy for skjovet i y-retningen og dz i z-retningen så får vi trykkstigningen:

$$dh = \frac{\partial h}{\partial x} dx + \frac{\partial h}{\partial y} dy + \frac{\partial h}{\partial z} dz$$

og da $\frac{\partial h}{\partial x} dx = -2a_x dx$ o.s.v

får:

$$dh = -2a_x dx - 2a_y dy - 2a_z dz$$

$$\frac{dh}{r} = 2 \omega \cos \delta c_z dx + \left(\frac{1}{r} - \frac{\cos^2 \beta \sin \delta}{r} \right) \frac{c_z^2}{\sin \beta} dx + \frac{2 \omega \sin \delta}{\tan \beta} c_z dy$$

$$+ \left(\frac{\sin \delta}{r \tan^2 \beta} - \frac{1}{r} \right) c_z^2 dy + \omega^2 r \sin \delta dy - 2 \omega \frac{\cos \delta}{\tan \beta} c_z dz$$

$$- \frac{\cos^2 \beta}{\sin^3 \beta} \cdot \frac{\cos \delta}{r} c_z^2 dz - \omega^2 r \cos \delta dz$$

Tilsett for:

$$dx = \tan \beta dl$$

$$dy = \cos \beta dl$$

$$dz = \sin \beta dl$$

HADDE REFERANSE FOR TURBINSTØRRELSE OVER 500 MW SOM VAR REFERANSEKRAVET TIL MINSTEYTELSEN. PÅ USEDVANLIG KORT TID KLARTE IMIDLERTID KVÆRNER ENERGY Å UTVIKLE ET TURBINLØPEHJUL SOM TILFREDSTILTE KUNDENS STRENGE HYDRAULISKE KRAV. HVORDAN VAR DET MULIG?

EN AV HENRIK CHRISTIES MEST OPPEGÅENDE "ELEVER" VED KVÆRNER BRUG/ENERGY PÅ 1960-TALLET, HERMOD BREKKE, SENERE PROFESSOR VED NTNU OG DELTIDSANSATT VED KVÆRNER ENERGY, BLE I 1994 SPURT OM HAN KUNNE HJELPE KVÆRNER MED Å UTVIKLE ET SLIKT LØPEHJUL. BREKKE HADDE BLITT FORTALT AV HCHR PÅ

1960-TALLET AT "DET ER JO 96% VIRKNINGSGRAD Å HENTE I LØPEHJUL I 100 METERS FALLOMRÅDE, MEN VI HAR JO IKKE TID FORDI VI MÅ KONSENTRERE OSS OM TURBINER MED STØRRE FALLHØYDER". HENRIK CHRISTIE HADDE SÅLEDES PÅ 1950-TALLET SATT OPP

BEREGNINGSGRUNNLAGET FOR HASTIGHETER I ROTERENDE KANALER, DVS FRANCIS LØPEHJUL. DETTE HYDRAULISKE UTVIKLINGSARBEID KJENTE BREKKE TIL, SE FIG 1 HVOR ET GLIMT AV CHRISTIES BEREGNINGER ER VIST. VHJA. ET AVANSERT REGNEARK SOM BYGGET PÅ CHRISTIES LIGNINGER KLARTE BREKKE Å OPTIMALISERE SKOVLGEOMETRIEN SLIK AT LØPEHJULET KUNNE TAKLE DET STORE FALLHØYDEOMRÅDET. TIL Å STADFESTE BEREGNINGENE VHJA. COMPUTERISED FLUID DYNAMICS, (CFD), FIKK BREKKE ASSISTANSE AV OLAV ROMMETVEIT VED KVÆRNER ENERGY. CFD-BEREGNINGENE HADDE TIL DA VÆRT KJENT OG ANVENDT I FLERE ÅR VED ALLE LEDENDE TURBINFIRMAER, OGSÅ KVÆRNER ENERGY, UTEN AT DET HADDE FØRT TIL NOE BETYDELIG LØFT AV LØPEHJULDESIGNEN.

KINESISK FADDER TIL X-BLADE NAVNET.

DET VAR UNDER DE KONFIRMERENDE LABORATORIEPRØVENE FOR 3G-HJULET I KRISTINEHAMN ETTER DE OPPSIKTEVEKKENDE GODE VIRKNINGSGRADSRESULTATENE AT DEN KINESISKE KUNDEN BESIKTIGET LØPEHJULET. VED Å SE PÅ PROJEKSJONEN AV SKOVLENS INNLØP OG AVLØPSKANT SETT UTENFRA AT DISSE SKOVLKANTENE DANNER EN X, DERMED BLE HJULET DØPT TIL X-BLADE.

X-BLADE LØPEHJULET ER I DAG ET INTERNASJONALT IKON ELLER KJENNETEGN INNEN MODERNE VANNTURBINBYGGING. KVÆRNERPATENTET AV LØPEHJULET VAR LETT Å OMGÅ. I DAG, I 2008, HAR SÅLEDES ALLE LEDENDE TURBINFIRMAER X-BLADE LØPEHJUL. TIL SAMMENLIGNING HADDE MODELLTURBINEN TIL THREE GORGES CA 95% VIRKNINGSGRAD, NOE SOM GIR CA 97% FOR STORE PROTOTYPER.

KONKLUSJON:

- Det var altså Henrik Magnus Normann Christies håndskrevne beregninger ved Kværner Brug fra 1950-tallet som elegant "løste den Gordiske knuten", dvs det var han som hadde det rette verktøyet til å fremskaffe det riktige løpehjulet til verdens største vannkraftverk. Dette løpehjulet hadde den gang i 1995 verdens høyeste modellvirkningsgrad, 95%
- Det er vel ikke for mye sagt at Christies utviklingsarbeid har bidratt til et paradigme i den globale utvikling av Francisturbiner.