



**TEKNOLOGISK
INSTITUT**

Artikelserie om Teknologisk Institut

I løbet af 2021 bringer Maskinmesteren en artikelserie om Teknologisk Institut, som er et førende, dansk institut for forskning, innovation, udvikling, demonstration og test.

Artikelserien vil belyse eksempler på teknologisk udvikling, som har og kan få betydning for maskinmesterprofessionens mange forskelligartede opgaver.

Teknologisk Institut blev etableret i 1906 og er i dag et af syv statsligt anerkendte GTS-institutter.

Meget luft bliver flyttet meget langsomt

Merete Lyngbye
og udstyr, der måler
lufthastighed
(Ultrasonic- og
Dantec-prober).



HVLS-ventilation udgør et intelligent og energibesparende alternativ eller supplement til traditionelle ventilations- og HVAC-løsninger. Potentialet er meget stort, vurderer Teknologisk Institut.

Af Joel Goodstein
Foto Michael Vienø

Teknologien er ikke ny, men først nu begynder HVLS-ventilation at gøre sig gældende i Danmark. HVLS står for High Volume Low Speed, der skal forstås således, at store luftmængder kan flyttes ved lav omdrejningshastighed, hvilket giver en god energiøkonomi. HVLS-teknologien kan bruges til både opvarmning og køling: Om sommeren skaber HVLS en kontrolleret, let kølende brise, og om vinteren udnyttes lagdelingen af temperaturen til at sende varme fra loft til gulv. Det sker med store, langsomt roterende vinger/fans.

»Vi går mod et varmere klima, og det vil give udfordringer, når



Teknologisk Institut

- Teknologisk Institut (TI) er et førende og uafhængigt institut inden for forskning, udvikling, demonstration og test.
- TI har mere end 1.000 specialister og hjælper mere end 10.000 kunder fra 65 forskellige lande om året.
- TI er et multidisciplinært institut med ekspertise inden for forretningsområderne: Landbrug og bioressourcer, fødevarer, miljøteknologi og ressourcer, byggeri og anlæg, energi, agil produktion, produkter og materialer og big science.
- TI's vision er, at teknologi skaber en bedre fremtid, og er dagsordensættende i forhold til virksomheders teknologianvendelse. Både når det gælder den grønne omstilling, digitalisering, vækst og produktivitet samt innovationskapacitet.
- Teknologisk Institut er et af syv godkendte GTS-institutter i Danmark. De syv GTS-institutter skal understøtte kommerciel innovation og teknologisk udvikling i Danmark. For at blive GTS-institut kræver det en godkendelse fra uddannelses- og forskningsministeren.
- Teknologisk Institut blev etableret i 1906 og er selvejende.

ventilationsanlæg skal tage frisk luft ind udefra. Løsninger, som er afhængige af kølig udeluft, vil blive mindre effektive, og derfor er det interessant at kigge på alternative løsninger, som er både intelligente og energibesparende, og det er her HVLS kommer ind i billedet som et alternativ

eller supplement til eksisterende ventilations- og HVAC-løsninger,« siger Merete Lyngbye, som er sektionsleder for ventilation og indeklima på Teknologisk Institut og projektleder for Elforsk-projektet 'Energiefektiv intelligent HVLS-ventilator (High Volume Low Speed)'.

Hun har en baggrund som civilingeniør med en ph.d. i partikler og ventilationsluft – og desuden en mangeårig erfaring med udvikling af kommercielle ventilationsløs-

Lars Hansen fra Teknologisk Institut viser egne udviklede trådløse IoT-sensorer til måling af temperatur og fugt.



ninger. Nu er hun på Teknologisk Institut i gang med at videreudvikle HVLS-teknologien i samarbejde med en dansk producent som led i et Elforsk-projekt, der skal gøre HVLS-løsninger endnu mere effektive og intelligente.

HVLS har primært været brugt i landbruget, men ifølge Merete Lyngbye er potentialet meget større.

»I USA har der i løbet af de seneste tyve år været en kæmpe vækst i HVLS-løsninger, og der er ikke noget, som burde forhindre, at vi i Danmark også kan bruge HVLS mange flere steder, end det allerede er tilfældet, hvilket primært har været i dyrestalde,« siger Merete Lyngbye.

Store, langsomme vinger

Med HVLS bringes luften i bevægelse med store vinger, der kører langsomt rundt – så det ikke opleves som træk. For at undgå træk skal lufthastigheden holdes under to meter per sekund, og det opfylder HVLS. Vingerne på en HVLS-løsning er af mindst 2 meters længde og i nogle tilfælde helt op til ni meters længde. I udviklingsprojektet på Teknologisk Institut arbejder man med vingelængder på 2-5 meter. Omdrejningshastigheden går op til cirka 130 omdrejninger per minut, men ligger i praksis ofte omkring 60-70 omdrejninger – sammenlignet med traditionel ventilation, der har hastigheder op til over 1.000 omdrejninger/minut.



Maskinmester Danny Chris Olsen og sektionsleder Merete Lyngbye ved 3D-printer, som laver vingespidsen til ventilationsvinger.

»Med vores måleudstyr kan vi skabe luftbilleder, som viser effekten af forskellige vingspidser. Det er en vigtig del af projektet, fordi støjniveauer er noget, man må tage alvorligt, hvis man skal udbrede denne type løsninger.

Merete Lyngbye, sektionsleder for ventilation og indeklima på Teknologisk Institut.



»Med HVLS køler man ved at bringe luft i bevægelse – lidt på samme måde som vi oplever, når vi tager til stranden og oplever en let brise. Med HVLS skaber man så at sige en kontrolleret brise indendørs, som kan flytte rundt på luften og fordele varmen på en smart og økonomisk måde,« siger Merete Lyngbye.

Overordnet skal Elforsk-projektet udvikle en ny metode til at reducere el-forbruger til ventilation og opvarmning. Det kan for eksempel ske ved, at HVLS sender varm luft, der har samlet sig under loftet, ned i rummets opholdszone om vinteren.

»Uden HVLS må man hele tiden bruge energi på at varme rummet op for at holde den ønskede temperatur. I en højloftet hal kan der være stor temperaturforskel på luften under loftet og i gulvhøjde. Med HVLS sender man den varme luft under loftet ned i opholdszonen og sparer dermed den energi, der ellers var gået til at pumpe ny, varm luft ind i rummet for at holde den ønskede temperatur i opholdszonen,« siger Merete Lyngbye.

Nye kundesegmenter

En HVLS-løsning kan flytte over 100.000 kubikmeter luft i timen og dermed styre temperaturen i selv meget store rum.

»HVLS kan bruges til både køling og opvarmningsformål og er derfor anvendelig i både kølige og varmere klimaer. Den kan køle, når det varmt, og den kan fordele varmen bedre, når det er køligt. I Danmark er der behov for begge dele henover året, så det burde give et godt udgangspunkt for en langt større anvendelse af HVLS i Danmark,« siger Merete Lyngbye.

Som led i Elforsk-projektet skal der udvikles mere intelligent styring af HVLS-teknologien.

»Målet er, at omdrejningstallet automatisk styres af både temperatur og årstid. Vi går forskelligt klædt sommer og vinter, så selvom den ønskede temperatur måske er 22 grader i opholdszonen, skal HVLS-løsningen arbejde med forskellige parametre, alt efter årstiden. Måske kan man køre med lidt højere omdrejninger om vinteren, fordi folk er mere påklædt,« siger hun videre.

HVLS er endnu ikke særlig udbredt i Norden, men meget anvendt i USA, Mexico og Sydeuropa. I Danmark satser Nordic Fan Company på at udbrede HVLS til nye kundesegmenter, og der er to tests i gang som led i Elforsk-projektet – en test i Hedensted Idrætshal og en test hos Vestas – hvor der måles på effekten af HVLS i forskellige omgivelser.

»I dag kender de rådgivende ingeniører stort set ikke HVLS, og man vil derfor aldrig få anbefalet denne løsning, hvis man spørger dem. Men som led i projektet er vi ved at udvikle værktøjer til de rådgivende ingeniører, så de får nemmere ved at regne på effekterne af en HVLS-løsning. Mit bud er, at om fem år vil vi se mange flere HVLS-løsninger i Danmark,« siger Merete Lyngbye.

Udnytte højtliggende varme

HVLS kan anvendes i blandt andet industrien, sportshaller, lagerhaller og landbruget.

»HVLS vil mange steder være et godt alternativ til aircondition og andre varme- og køleløsninger. I højloftede rum er HVLS ►



HVLS-fan under test på Teknologisk Institut som led i Elforsk-projektet 'Energieffektiv intelligent HVLS-ventilator (High Volume Low Speed)'. HVLS-fan er på tre meters længde, som er placeret under loftet i et rum på 100 kvadratmeter. Der bliver målt på lufthastighed i tre dimensioner, temperaturer og støj.

Måling af lufthastighed i tre dimensioner inklusiv retningsangivelse med ultralyd – som led i test af HVLS-fans på Teknologisk Institut.

oplagt til at udnytte varmen under loftet i opholdszonen, så man sparer energi til både opvarmning og ventilation. Jo varmere klima vi får, desto mere energi skal der bruges til traditionel køling, så her skal man overveje HVLS som alternativ,« siger Merete Lyngbye.

I testen hos Teknologisk Institut anvendes en HVLS-fan på tre meters længde, som er placeret under loftet i et rum på 100 kvadratmeter. Der bliver målt på luft-hastighed i tre dimensioner, temperaturer og støj.

»Der er trinløs regulering af hastigheden, som kan gå helt op til 130 rpm, men ofte vil en HVLS-løsning køre med cirka 70 omdrejninger per minut – afhængig af højden fra gulv til loft og rummets størrelse og de ønskede temperaturer i opholdszonen. Men typisk vil man kunne flytte

varme oppefra og ned i opholdszonen svarende til tre graders temperaturstigning i opholdszonen, så man går fra måske 20 grader til 23 grader, og vel at mærke uden at der opstår generende træk,« siger Merete Lyngbye.

3D-print af vingespidser

At undgå træk er en vigtig del af HVLS-teknologien.

»Man skal undgå træk og turbulens, uanset hvilken vej man flytter luften rundt. HVLS giver mulighed for at køre luften rundt i forskellige strømme ved at ændre på vingernes omdrejningsretning. Vores forsøg i idrætshallen viser, at man helt nede ved 30 omdrejninger per minut kan flytte varmen fra loft til gulv, så man køler de øvre luftlag fra 24 til 21 grader og øger temperaturen ved gulvet fra 20 til 23 gra-

der. Det er en smart måde at udnytte den eksisterende varme på – ikke mindst i dårligt isolerede haller. Særligt når alternativet er at producere ny varme for at holde den ønskede temperatur,« siger Merete Lyngbye.

En anden del af HVLS-projektet er at udvikle forskellige vingespidser til vingerne. Det sker blandt andet med hjælp af såkaldte CFD-beregninger – Computer Fluid Dynamics – som kan analysere luftstrømninger, der opstår, når en HVLS-løsning begynder at flytte på luften.

Teknologisk Institut anvender 3D-print til at udforme nye vingespidser, som kan ændre både støjniveau og luftens bevægelser, når HVLS-fans går i gang med at rotere.

»Med vores måleudstyr kan vi skabe luftbilleder, som viser effekten af forskellige vingespidser. Det er en vigtig del af ►



Energieffektiv, intelligent HVLS-ventilator

- Elforsk har støttet et projekt – 'Energieffektiv intelligent HVLS-ventilator (High Volume Low Speed)' – som skal udvikle en ny metode til reduktion af el-forbruget til ventilation, opvarmning og køling i store højloftede rum ved udnyttelse af kontrolleret træk/opblanding med store omrøringsventilatorer – såkaldte HVLS-fans (High Volume Low Speed).
- Projektet skal også udvikle vingedesignt og intelligent styring igennem måleprincip for validering af køle-, varme- og opblandingseffekt i forhold til indgående effektforbrug og indeklima.
- HVLS-teknologien kan anvendes i industrihaller, landbrugsbygninger, butikcentre, kontorbyggerier med åben arkade, hangarer, aktivitetshaller med videre.
- HVLS har potentiale til at være yderst energisparende og i mange tilfælde erstatte traditionel køling ved at skabe kontrolleret træk om sommeren og reducere varmekonsumet om vinteren ved at reducere lagdelingen og returnere varmen under loftet til opholdszonen.
- En HVLS-ventilator med en diameter på tre-syv meter kan anvendes alene eller som supplement til eksisterende ventilationsanlæg i forbindelse med kølespidsbelastninger om sommeren og varmefordeling om vinteren.
- Om vinteren sker der en naturlig termisk lagdeling i højloftede rum, hvor HVLS-ventilatoren kan returnere varmen under loftet til opholdszonen. Om sommeren kan HVLS-ventilatoren køle ved at skabe kontrolleret træk med høje lufthastigheder og turbulensniveauer.

projektet, fordi støjniveauer er noget, man må tage alvorligt, hvis man skal udbrede denne type løsninger. Det er ikke noget, man kan læse eller beregne sig frem til rent teoretisk. Man kan kun finde bedre løsninger for design af vingespidsen ved at prøve sig frem i laboratoriet, og her har Teknologisk Institut rigtig gode faciliteter, herunder 3D-printere, hvor vi kan lave forskellige typer vingespidsen og derefter afprøve, måle, analysere og sammenligne deres effekt og støjniveauer,« siger Merete Lyngbye.

Undgå lysblink

Normalt vil man prøve at anvende stå store HVLS-vinger som mu-

ligt for at flytte mest mulig luft ved færrest mulige omdrejninger og dermed bruge mindst mulig energi.

»En stor vinge flytter luften mere økonomisk end en mindre vinge, men der er jo andre hensyn at tage, for eksempel belysningen i det pågældende rum. Her skal man måske tilpasse sin belysning i forhold til HVLS-vingerne, så der ikke kommer lysblink og den slags effekter, som bliver generende,« siger Merete Lyngbye.

Antallet af vinger på en HVLS-løsning kan variere. Der er ikke nødvendigvis et bestemt antal vinger, som er ideelt til alle forhold.

»De fleste HVLS-løsninger anvender mellem fem-otte vinger, men den endelige effekt afhænger af både vingelængden, vingebredden og antallet af vinger. Vi kan ikke udpege en standardløs-



Teknologisk Institut har

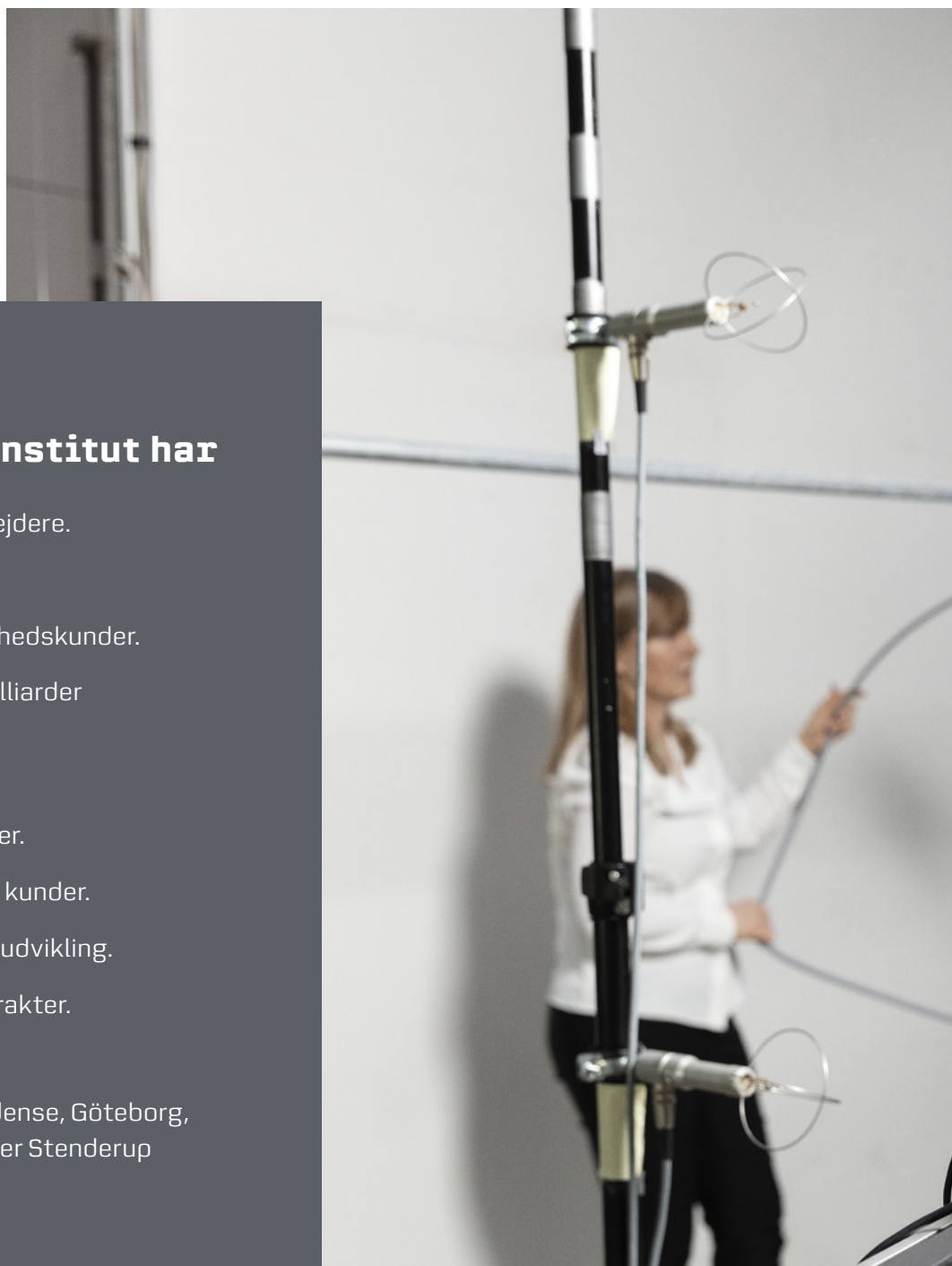
- Mere end 1.000 medarbejdere.
- 70 laboratorier.
- Mere end 8.000 virksomhedskunder.
- Omsætning på over 1 milliarder kroner.

Aktiviteter fordelt på:

- 43 procent danske kunder.
- 22 procent udenlandske kunder.
- 19 procent forskning og udvikling.
- 11 procent resultatkontrakter.

Lokationer

- Taastrup, Stockholm, Odense, Göteborg, Aarhus, Barcelona, Sønder Stenderup og Skejby.



ning som den bedste alle steder, så her må man tage hensyn til de lokale forhold, når man vælger den konkrete HVLS-løsning», siger Merete Lyngbye.

Hun opfordrer maskinmestre til at kigge nærmere på HVLS-løsninger som alternativ til traditionel aircondition og ventilation – særligt i store, højloftede rum.

»For maskinmestre med driftsansvar for bygninger, som ønsker at effektivisere deres ventilation og køling, er HVLS bestemt en teknologi, som jeg vil anbefale, at man kigger nærmere på som supplement eller alternativ til andre løsninger. Potentialet for energibesparelser er stort, uden at man skal gå på kompromis med sine ønsker til ventilation eller køling,« siger Merete Lyngbye. 



Vingedesign

- I HVLS-projektet udvikles en række vinger igennem udvikling af et vingedesignværktøj samt CFD-analyser og tilhørende forsøg i luftfysisk-laboratorium. Som noget nyt optimeres vingeeffektiviteten ikke blot i relation til energieffektiviteten, men også i forhold til køleeffekten i opholdszonen beregnet i forhold til lufttemperatur, relativ-fugtighed, lufthastighed og turbulensniveau.
- I tillæg til vingedesign udvikles også en intelligent styring, der regulerer ventilationen i henholdsvis sommer- og vinterdrift.

