

Dansk Kemi

Nummer 5 - Oktober 2025 / 106. årgang

Kemisk Forening - Kemiingeniørgruppen

Partikeldynamik

Boblestørrelser
og iltoverførsel
i bioreaktorer



BRIGHT
skal løfte
innovation
til nye højder

BWT vandbehandling

Professionelle løsninger til hele branchen



Opdag mulighederne
www.bwt.dk

Intelligent Chemistry Biolab A/S Automation Specialist

Biolab A/S Custom Solutions

Liquid dispensing - Vial handling - Measurement of weight- pH - and a lot more...

JASCO

Advanced Spectroscopic & Purification Solutions

SP Scientific

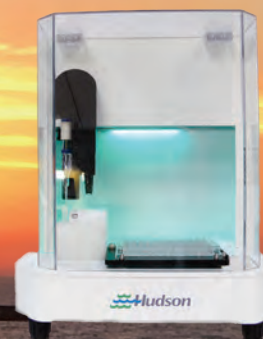
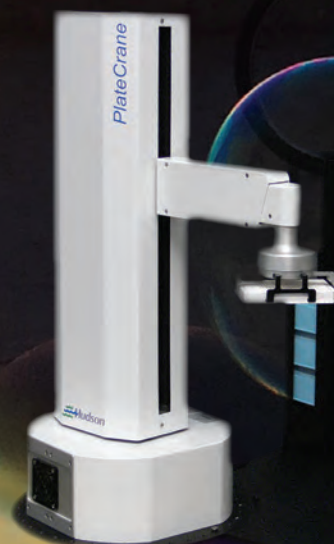
Automated Sample Concentration - Freezedrying

Gilson and Hudson Robotics Inc.

Advanced Automation solutions.

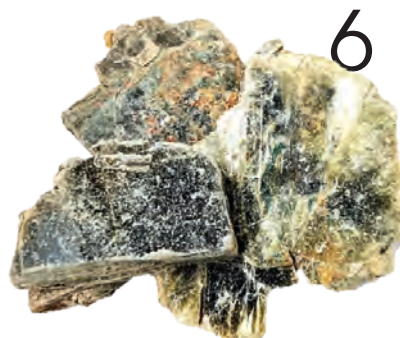
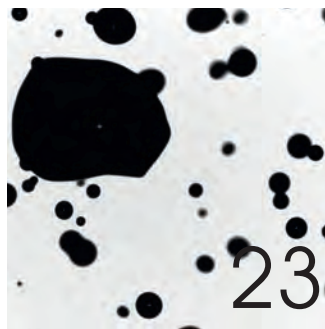
Rheosense - Viscosity on 15ul

Advanced Viscosity profiles



The only limitation is your imagination

Biolab A/S
Sindalsvej 29
DK-8240 Risskov
+45 8621 2866
sales@biolab.dk
www.biolab.dk



1 Forside
Andreas Worberg har sikret innovation og entrepreneurship i DTU Biosustain. Nu skal han være med til at sikre, at innovation bredes endnu mere ud i form af det nye excellencecenter BRIGHT. Læs om BRIGHT i artiklen side 17.
Foto: Michael Barrett Boesen.

6 Hvad laver lermineralet vermiculit i laboratoriet?
Vermiculit finder mange anvendelser. Læs om hvad vermiculit er, og hvilke egenskaber der gør det så anvendeligt.

10 Glas som batterimateriale
I faststofbatterier vil man gerne erstatte den flydende elektrolyt med et fast materiale, og glasmaterialer viser sig at have en række fordele.

13 Rens søen og gød marken:
Søsediment som bæredygtig fosforgødning
Næringsstofbelastning af søer kan afhjælpes ved at fjerne sediment, der efterfølgende kan genanvendes som gødningsprodukt. Effektive afvandningsteknikker er dog en forudsætning.

20 Koks i jorden og olie i tanken
I forbindelse med pyrolyse af halm, fremkommer bioolie som et biprodukt, der med fordel kan omdannes til brændstof.

23 Når bobler og farveskift afslører reaktorens hemmeligheder
Ved hjælp af visuelle metoder og billedanalyse er det muligt at bestemme boblestørrelse og lokale blandingstider og dermed få et kvantitativt indtryk af hydrodynamikken i bioreaktorer.

26 Forstå pulver gennem simuleringer
Læs om modelleringskoncepterne Computational Fluid Dynamics (CFD) og Discrete Element Method (DEM), der kan bruges til at simulere og forstå pulverdynamik.

28 Vellykket LabDays 2025
LabDays' 10-års jubilæum i smilets by blev endnu en succes i rækken af den velbesøgte messe.

29 Mindeord over professor dr. Søren Jensen, Stockholm Universitet

30 Kort nyt

TechMedia

Naverland 35
2600 Glostrup
Telefon 43 24 26 28
info@techmedia.dk
www.techmedia.dk

Ledelse:
Rikke Marott Schelde, CEO

Redaktion:
Professor Hanne Christine Bertram
(ansvarshavende)
hcb@techmedia.dk
Professor Søren Kiil
sk@kt.dtu.dk
Ph.d. Kristian B. Krogh
kbk@novozymes.com
Professor Henrik Skov
hsk@envs.au.dk

Redaktionskomité:
Professor Anne S. Meyer (formand)
Professor, dr. scient. Mikael Bols
Professor Morten J. Bjerrum
(Kemisk Forening)
Lektor, ph.d. Peter Szabo
(Kemingeniørgruppen)
Lektor, civilingeniør, ph.d.
Merete Norsker Bergsøe
Vibeke Richter Foersom
(Næstformand, Kemilærerforeningen)
Chefkonsulent Helle Westphal
Senior Environmental Specialist,
FMC Site Rønland
Inge Margrethe Jensen
Fagkonsulent Mette Malmqvist

ISSN 0011-6335 (tryk)
ISSN 1902-360x (online)

Bladsekretær:
Heidi Thode
Tlf. 43 24 26 62, ht@techmedia.dk

Annoncer:
Tanja Wulff Dühring
Tlf. 43 24 26 06, twd@techmedia.dk

Annonceproduktion:
Marianne Dieckmann
Tlf. 43 24 26 82, md@techmedia.dk

Layout: Trine Plass
Tryk: PE Offset A/S

Antal abonnenter: 3.600

Abonnement:
Bestilling og ændring/opsigelse
sendes til abonnement@techmedia.dk

Trykt på
miljøvenligt papir
med vegetabiliske
miljøfarver.



Citater fra artikler i Dansk Kemi skal ske med tydelig kildeangivelse. Enhver form for gengivelse af artikler, herunder illustrationer, forudsætter udgiverens skriftlige tilladelse. Redaktionen kan ikke påtage sig ansvaret for materiale, der indsendes uopfordret.

Læs bladet online:
www.dansk kemi.dk

Se også: www.kemifokus.dk

Eller find
Dansk Kemi på: 

 Scan og hent Dansk Kemi
medieinformation 2025 her!
 Scan med kameraet
på din smartphone.



Epx – en praksisfaglig gymnasieuddannelse

Den politiske aftale om epx-uddannelsen markerer et skifte i vores forståelse af gymnasial dannelse. Epx er en toårig erhvervs- og professionsrettet gymnasieuddannelse, der integrerer teori og praksis i en helhedsorienteret tilgang til læring. Der er endvidere mulighed for et års overbygning med gymnasiale fag.

Praksisfaglighed er ikke et fravalg af teori, men en styrkelse af faglig forståelse gennem praktiske aktiviteter. Elever skal arbejde med virkelighedsnære problemstillinger, skabe produkter og engageres kropsligt i læringsprocessen. Det er afgørende, at de praktiske akti-

teter understøtter et klart fagligt formål. Det er netop denne kombination af praktisk aktivitet og teoretisk forståelse, som er central i praksisfaglig undervisning, og det epx skal bygge på.

Vi kender allerede praksisfagligheden fra kemi. I laboratoriet lærer eleverne at formulere hypoteser, planlægge forsøg og analysere

data – en metode, der forener teoretisk viden med det undersøgende. Undervisningen i kemi skal allerede i dag centreres omkring tematiske forløb, der for eksempel tager udgangspunkt i kemiske problemstillinger. De kemiske problemstillinger viser eleverne kemis betydning for forståelse af deres hverdag og omverden, herunder kemiske problemstillinger af teknologisk og samfundsmæssig betydning. Epx skal videreudvikle denne tilgang og gøre den til et bærende princip i hele uddannelsen.

En ekspertgruppe og en rådgivende lærergruppe er nedsat og skal senest 1. december 2025 afrapportere med anbefalinger til, hvordan teoretisk viden og praktiske færdigheder integreres i undervisningen. Det skal de gøre igennem forslag til den konkrete udformning af epx, herunder fagstruktur og prøveformer. Ekspertgruppens anbefalinger udgør afsættet for de politiske forhandlinger om epx-uddannelsens indhold og struktur og efterfølgende udarbejdelse af lovforslag. Det er nærliggende at forestille sig, at fagindholdet i kemi vil spille en væsentlig rolle i epx, netop fordi kemifaget allerede har stærke praksisfaglige traditioner.

Mette Malmqvist, fagkonsulent i kemi og bioteknologi
Børne- og Undervisningsministeriet

Det er oplagt, at fag som kemi vil spille en central rolle i en praksisfaglig profil ”

MD Scientific Aps

www.md-scientific.dk



**Gonotec
Osmomat 3000**



Tosoh Bioscience EcoSEC Elite



**Advion Interchim puriFlash
with expression**



**Riggttek Dissolution
Media Preparation Station**

Hvad laver lermineralet vermiculit i laboratoriet?

I 2023 kom ler for alvor i medierne, da der skete et voldsomt jordskred i Ølst Bakker ved Randers. Siden 1950'erne er der i området gravet ler til Leca-kugler, som blandt andet bruges til dræn og (sammen med beton) til isolering. Faktisk bliver mange lermineraller brugt til forskellige kommercielle formål. Et af lerminerallerne, vermiculit, findes i mange laboratorier – måske bruger du det allerede på flere måder?

Af Charlotte Rasmussen, laboratorieleder, Institut for Geoscience, Aarhus Universitet

Lermineraller er *phyllosilikater*. Fælles for dem alle er, at de er pladeformede med vekslende planer bestående af aluminium- og silicium-atomer. Planerne holdes sammen ved at dele ilt-atomer imellem sig. De kemiske kræfter har derfor betydning i forhold til lerets egenskaber: Nogle lermineraller har svagere bindinger end andre, og er mere tilbø-

jelige til at indbygge kationer imellem planerne. Hvis ler optager makromolekyler (som for eksempel H_2O), ændres lerets egenskaber.

Phyllosilikater er dannet ved kemisk forvittring af geologiske materialer. Et af de simpleste eksempler på et lermineral er kaolinit $Al_2(Si_2O_5)(OH)_4$, der dannes ved nedbrydning af mineralet feldspat. Feldspat findes i grundfjeld, for eksempel i bjergarten granit. I Danmark findes kaolinit på Bornholm, blandt andet i en forekomst øst for Rønne. Kaolinit er et såkaldt 2-lags mineral (figur 1),

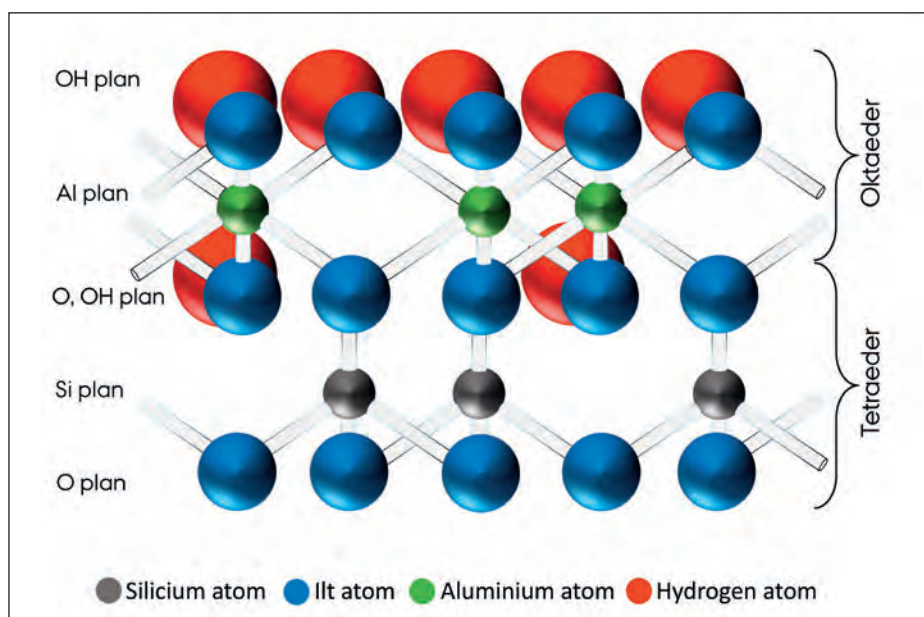
som er opbygget af et tetraederlag og et oktaederlag; det kalder man også et 1:1 lermineral.

Kaolinit kan købes under handelsnavne som *Kaolin*, *Pibeler* eller *China clay*. De fleste produkter indeholder en hvidlig bjergart domineret af kaolinit, som er knust til et fint pulver. Kaolinit indgår blandt andet som pigment i maling, som fyldstof i papirproduktion, som ansigtsmaske eller i en blanding af sæbespån til hvidskuring af trægulve eller træbordplader. Formentlig er kaolinit et af de mest benyttede lermineraller i hverdagen, da det i mange kulturer har været brugt i tusindvis af år til keramik.

Trelagsminerallerne har to tetraederlag, som omgiver et oktaederlag, kaldet et 2:1 lermineral. De mest udbredte mineraler i denne gruppe er illit, vermiculit og smectit¹. Illit er karakteristisk ved at have kalium-ioner mellem planerne. Vermiculit og smectit ligner hinanden en del, hvor forskellen ligger i typen af kationer: Vermiculit har flest magnesium-ioner i oktaederne, hvorimod smectit har flest aluminium-ioner.

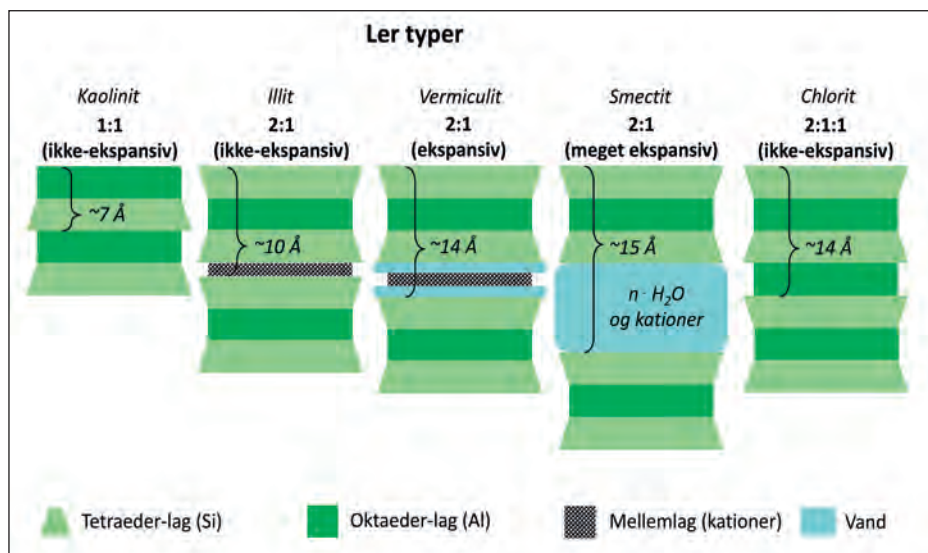
Firelagsminerallerne har et tetraederlag, et oktaederlag, et tetraederlag og et oktaederlag i opbygningen, kaldet 2:1:1. Det typiske lermineral i denne gruppe er chlorit, som er rigt på magnesium.

De fem lermineraller, der har størst betydning i Danmark, er vist i figur 2, med deres rumlige opbygning. I naturen er lermineraller dog ikke sammensat så perfekt som beskrevet: Lermineraller har en betydelig ionbytningskapacitet,



Figur 1. Kaolinit er et af de simpleste lermineraller, hvor planerne er opbygget i forholdet 1:1.

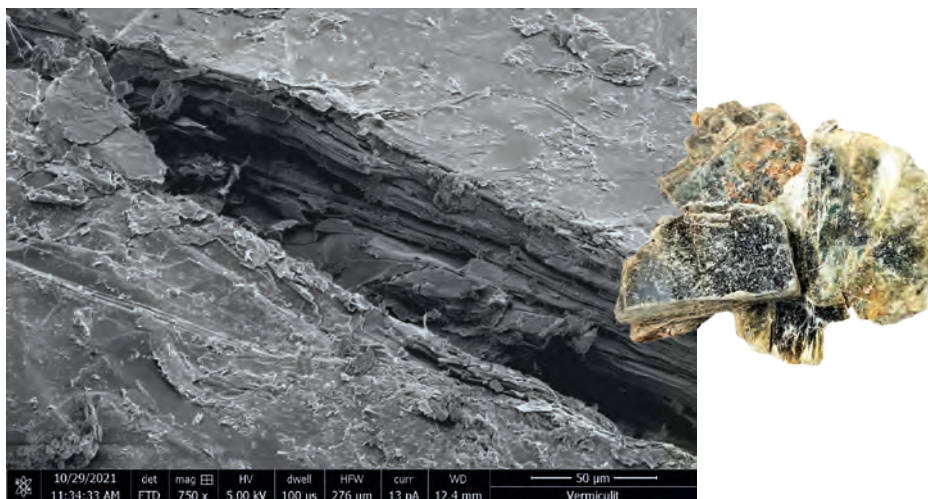
¹ I ældre litteratur kaldes smectit for *montmorillonit*



Figur 2. De fem mest betydningsfulde danske lermineraller (her vist stærkt forsimplede), hvor enhedernes størrelse er angivet i Ångstrøm (Å). Inden for krystallografien bruger man særligt røntgendiffraktion til at måle afstanden imellem atomerne i krystalgitterne.

Egenskab	Beskrivelse
Ionbytning	Ved dannelsen af lerminerallerne er der sket en udskiftning af atomer: Silicium i tetraederne er erstattet med aluminium og nogle af aluminium-atomerne i oktaederne er udskiftet med magnesium. Det påvirker ladningen og lermineralet kommer til at fremstå negativt ladet. Negativt ladede lerpartikler tiltrækker positivt ladede ioner for at udligne ladningsforskellen, hvorved de positive ioner adhæderer mellem lagenhederne.
Syre eller base?	I enden af et lermineral sidder nogle grupper, der kan virke som enten syrer eller baser – det afhænger af pH-værdien i den omgivne væske. Sammen med lermineraller findes ofte accessoriske mineraler der har OH- eller OOH-grupper, samt oxider af jern eller aluminium.
Ekspansion med vand	Mængden af bundet vand i ler kan variere meget og det kan medføre ret store udsving i størrelsen af lermineralets krystalstruktur. Nogle lermineraller har en stor evne til at udvide sig i kontakt med vand, eller kvælde.

Tabel 1. Eksempler på særlige egenskaber ved lermineraller.



Figur 3. Ubehandlet vermiculit består af tynde, kompakte lag. (SEM-billede til venstre taget af Pia Bomholt Jensen, Interdisciplinary Nanoscience Center – iNANO, Aarhus Universitet).

som spiller en afgørende rolle for lerets egenskaber.

Lerminerallers egenskaber

De specielle egenskaber (tabel 1) ved lermineraller skyldes især deres størrelse og form. Disse to parametre har blandt andet indflydelse på arealet af partiklernes overflade: I forhold til deres størrelse har lermineraller en stor specifik overflade, hvilket er med til at gøre dem ret reaktive. Overfladen har direkte betydning for, hvordan lermineraller kan interagere, for eksempel hvor hurtigt (og hvor kraftigt) ioner eller andre molekyler fastholdes, muligheden for kompaktion og dermed den tilgængelige plads i jordbunden til andre komponenter (for eksempel luft, porevæske eller planternes rødder).

Vermiculit i laboratoriet

Vermiculit (eller $Mg_{0.7}(Mg,Fe,Al)_6(Si,Al)_8O_{20}(OH)_4 \cdot 8H_2O$) er et andet eksempel på et lermineral, der kan findes i dagligdagen. Vermiculit kan ekspandere, men bliver mineralet mættet med kalium-ioner trækker det sig sammen. Når vermiculit opvarmes, vil de bundne vandmolekyler mellem tetraederlag og oktaederlag fordampe i en proces, der kaldes *eksfoliering*. Mineralet er i sin naturlige form ret flaget, hvor de tynde lag er pakket i en tæt struktur (figur 3). Ved opvarmning bliver planerne puffet op og ligner orme², hvor der nu er meget luft imellem planerne (figur 4, side 8). Volumenforøgelsen (der mest af alt kan sammenlignes med majs-korn, der under opvarmning bliver til popcorn) kan være op til 30 gange mineralets oprindelige størrelse.

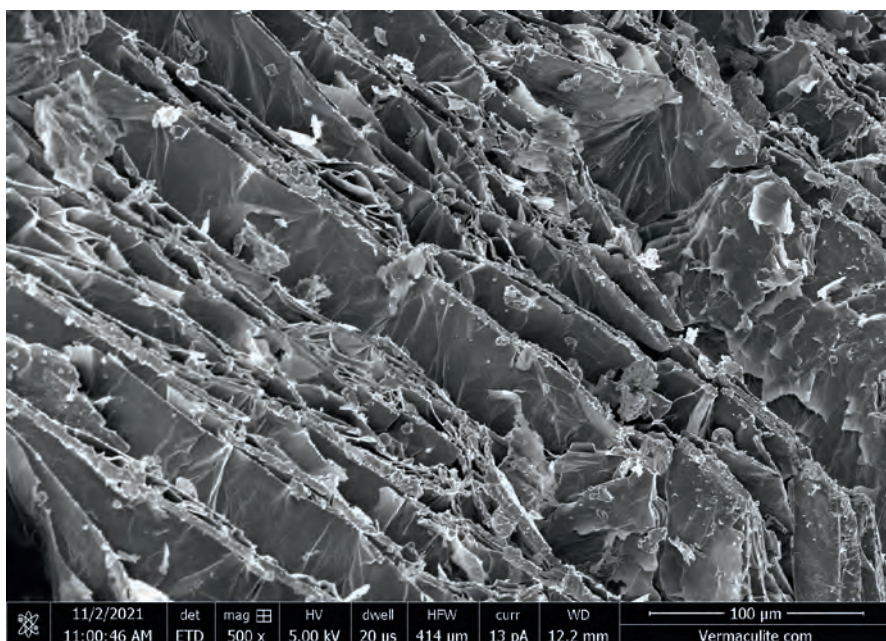
Vermiculits popcornstruktur har flere fordele:

- Ikke-brandbar.
- Meget absorberende.
- Ikke-reaktiv med de fleste kemikalier.
- Porøst: En lav densitet gør materialet meget let.
- Udøves et pres på materialet, vil det komprimeres, men når presset fjernes, vil materialet springe tilbage til sin oprindelige form ("sponginess").

Disse karakteristiske egenskaber er ønskelige til mange industrielle formål. Vermiculit er derfor blevet udnyttet kommercielt i mere end et århundrede, udvundet fra åbne miner rundt om i verden. Først renses³ materialet for uønskede stoffer på en fabrik, derefter sorteres partiklerne efter størrelse og til sidst bliver mineralet eksfolieret. I princippet er vermiculit nu klart til at bruges som brandhæmmende isolering, absorberingsmiddel, som fyldmateriale i

² Vermiculit kommer af det latinske *vermiculare*, der betyder "at avle orme"

³ For eksempel fjernes andre komponenter såsom asbestfibre og fine kvartspartikler, der begge udgør en sundhedsrisiko ved indånding



Figur 4. Vermiculit efter opvarmning, hvor planerne åbner sig, til venstre. (SEM-billede til venstre taget af Pia Bomholt Jensen, Interdisciplinary Nanoscience Center – iNANO, Aarhus Universitet).

beton, pakkemateriale, til jordforbedring og meget mere.

I laboratoriet indgår vermiculit ofte i ”spill kits” til situationer, hvor der på en nem og hurtig måde skal opsamles væske. Vermiculit bruges også som pakkemateriale, for eksempel ved forsendelser af kemikalier og kemikalieaffald (figur 5). Vermiculit medvirker til, at dunkene står stabilt under transporten, og opstår der lækage, vil vermiculit opsuge væsken.

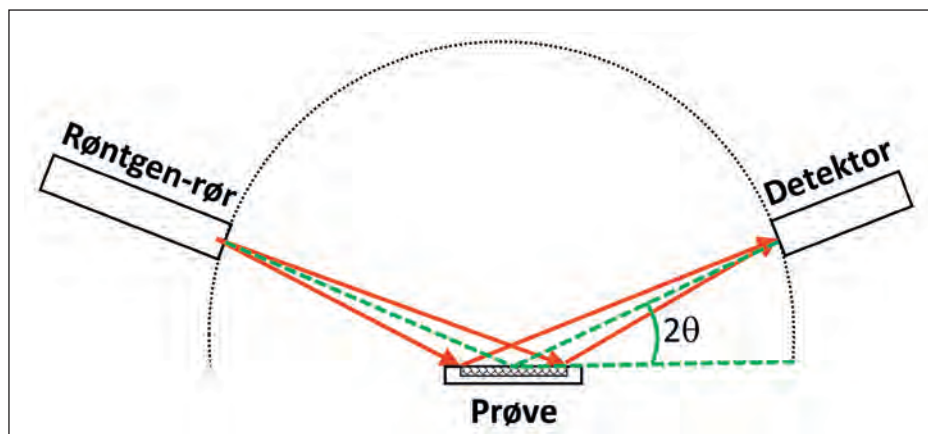
Laboratorieanalyser af ler

Som antydnet kan sammensætningen af lerminerallerne variere meget. Til at identificere typerne af lermineraller bruges forskellige analytiske teknikker: Ofte er det XRD (røntgendiffraction), evt. i kombination med SEM (scannings-elektronmikroskopi) og DTA (Differential Termisk Analyse).

Røntgendiffraction på lermineraller laves på et knust pulver eller som et særligt *smear slide* bestående af lerpartikler $<2 \mu\text{m}$, som er opkoncentreret ved *sedimentation* efter Stokes lov. En opløsning af leret smøres herefter over en glasplade, der ligger i en fast skabelon, således at højden af præparatet kontrolleres. Når leret tørrer, får lerlaget derfor en kendt tykkelse. Herefter skyder man røntgenstråler ved forskellige vinkler mod præparatet (figur 6). Typisk bruges et Cu-rør, hvor man kender bølgelængden på strålen meget præcist. Afhængigt af de krystalgitre som den primære røntgenstråle rammer (se igen figur 2, side 7), reflekteres en sekundær røntgenstråle, der måles af detektoren



Figur 5. Vermiculit (A) findes i de fleste laboratorier, hvor der arbejdes med kemiske materialer. Her ses et kemikalieaffaldsdepot, hvor vermiculit leveres i store sække (B) og bruges som pakkemateriale: Beholdere med kemikalieaffald pakkes i blå spændelågsfade (C), hvor vermiculit udgør fyldmaterialet under og imellem dunkene. Sækkene med vermiculit kan godt være svære at håndtere, man kan evt. sætte en praktisk hældetud (D) på sækken for bedre at fordele materialet og mindske støvdannelse.



Figur 6. Princippet i mange moderne røntgendiffraktometre kaldes "Bragg-Brentano geometri".

og danner *spektrallinjer*, udtrykt ved et antal tællinger eller *counts* ved en given vinkel – et *røntgendiffraktogram*:

- Kvalitativ identificering: Spektrallinjernes *position* i diagrammet er et direkte udtryk for Ångstrøm-afstanden imellem lagplanerne i lermineralet (distancen kaldes også *d-spacing*) og dermed kan typen af lermineral identificeres ved at sammenligne med kendte data for spektrallinjernes placering.
- Kvantificering: Samtidig er den målte

intensitet (i counts eller counts per second) af reflektionen et udtryk for, hvor meget af mineralet der er til stede i præparatet.

Tak til Pia Bomholt Jensen, Interdisciplinary Nanoscience Center – iNANO, Aarhus Universitet, for hjælp med SEM billedmateriale.

E-mail:
Charlotte Rasmussen:
charlotte.rasmussen@geo.au.dk

Hvad er ler?

Ordet *ler* dækker over en række begreber:

- En gruppe af bestemte mineraler med samme egenskaber.
- I Danmark beskriver geologer ler som partikler $<2 \mu\text{m}$.
- Forskellige jordbundstyper, der har et højt indhold af lermineraler.

Referencer

Thomas Rye Simonsen (2017): Danmarks lumske ler https://aktuelt.naturvidenskab.dk/fileadmin/Aktuel_Naturvidenskab/nr-6/AN6-2017plastler.pdf.

Charlotte Rasmussen (2020): Particle sizing in Geosciences: Explanation of various techniques and pre-treatments <https://ebooks.au.dk/aul/catalog/book/374>.
<https://www.mindat.org/>.

VISIONS IN CHEMISTRY

The Torkil Holm Symposium 2026

COPENHAGEN, JANUARY 30-31, 2026



ATV

World Class Speakers (in first name alphabetical order)

Professor	Abigail Doyle	UCLA, USA
Professor	Bartosz A Grzybowski	CARS at IBS, Republic of Korea
Professor	Craig Crews	Yale, USA
Professor	Harry Anderson	University of Oxford, UK
Professor	Hermen Overkleeft	Leiden University, Netherlands
Professor	Marty Burke	University of Illinois, USA
Professor	Richmond Sarpong	UC Berkeley, USA
Professor	Shu-Li You	Shanghai Institute of Organic Chemistry
Professor	Troels Skrydstrup	Aarhus University, Denmark

And more speakers to be announced.

For further information please see atv.dk or contact Symposium Coordinator

The Symposium Themes

Topics to be presented include molecular nanotechnology, chemical biology, drug discovery, organometallic catalysis, automation, computational synthesis planning, and total synthesis of complex target molecules.

The Aim

The aim of the symposium is to bring together world-leading experts from both academia and industry to present a broad range of topics within the field of chemical science.

The Sponsor

The Torkil Holm Symposium "Visions in Chemistry" will take place in Copenhagen thanks to a generous donation from the Torkil Holm Foundation. The late Dr. Phil. Torkil Holm (1924-2021) was a distinguished researcher in organic chemistry at the Technical University of Denmark.



Glas som batterimateriale

Ikke-krystallinske glasmaterialer er typisk noget, vi forbinder med vinduer og skærme, men kan også forbedre ydeevnen af batterier.

Af Søren Strandskov Sørensen og Morten Mattrup Smedskjær, Institut for Kemi og Biovidenskab, Aalborg Universitet

I materialeforskningen inden for batterier er der stor interesse i at erstatte den flydende elektrolyt med et fast materiale for at forbedre sikkerheden og energitætheden i nye faststofbatterier [1]. Oftest er fokus på ordnede krystallinske materialer, men ikke-krystallinske glasmaterialer har vist sig at have en række fordele over krystaller [2,3].

Nye batterier kræver nye materialer

Siden den galvaniske celle lagde grundlaget for den moderne elektrokemi for flere hundrede år siden, er udviklingen af moderne batterier aldrig gået hurtigere. Et af de primære fokusområder er forbedringen af transportable genopl-

delige batterier, der er blevet en hjørnesten i den grønne omstilling, for eksempel til brug i transportsystemer (biler, tog, osv.). Den oftest anvendte batteriteknologi baserer sig på lithium-ioner, der under afladning bevæger sig fra en faststofanode gennem en elektrolyt, før den inkorporeres i en fast katode. Imens bevæger den tilhørende elektron sig gennem et eksternt kredsløb og afsætter en spænding, der for eksempel kan drive en motor (figur 1).

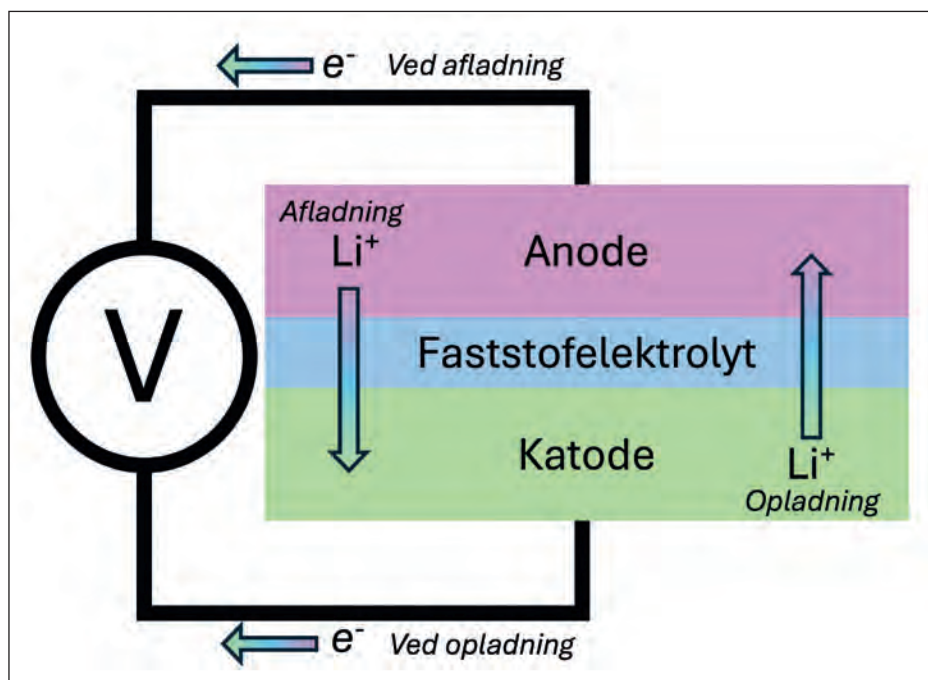
Selvom Li-ion batteriet har høj energitæthed i forhold til galvaniske celler, er der langt op til energitætheden for eksempelvis flydende brændsler (benzin, diesel, flybrændstof) [4]. En af de store begrænsninger i denne proces er den flydende elektrolyt, der desuden kan udgøre en markant brandfare ved kortslutning. Af denne årsag fokuserer meget materialeforskning på at udvikle en faststofelektrolyt. Denne giver mulighed for at bruge

en metalbaseret anode (i stedet for grafit som primært anvendes i dag) og dermed opnå højere energitæthed end det flydende alternativ. Introduktionen af et fast materiale kommer dog med en række nye problemer, blandt andet fordi ionledningsevnen typisk er lavere i faste stoffer sammenlignet med væsker, mens faste stoffer også kan opleve mekaniske brud. For faststofelektrolytter er sidstnævnte et markant problem, der kan nedsætte ydeevnen af batteriet eller ligefrem medvirke til kortslutning.

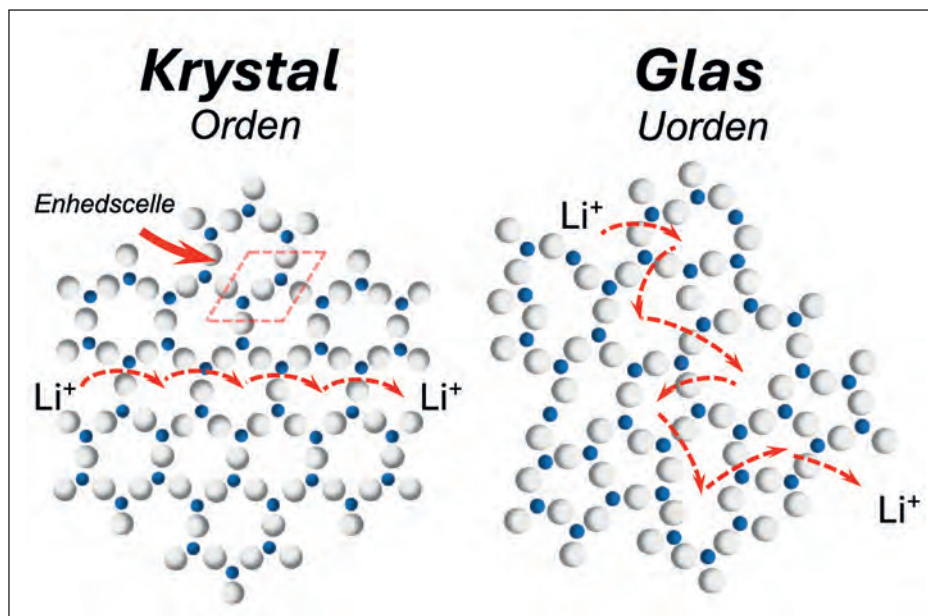
Fordele ved glas

Historisk har udviklingen af faststofelektrolytter primært fokuseret på krystallinske materialer, hvilket har nogle klare fordele: De kemiske bestanddele og de dannede strukturer kan som oftest løses præcist. Til gengæld er selve ionledningsprocessen relativt kompleks, da større materialevolume-ner ($>> \text{mm}^3$) næsten altid vil bestå af en stor mængde krystaller (polykrystal), hvorfor ionledningsevnen vil være kraftigt afhængigt af morfologi fra nano-til millimeterskala, krystalstørrelser, orientering og graden af "sammen-smeltning" af enkeltkrystaller. Disse problematikker kan ofte overkommes ved brug af glasmaterialer, det vil sige ikke-krystallinske materialer. Disse er produceret ved først at smelte en krystal for derefter at nedkøle væsken så hurtigt, at den ikke når at ordne sig til en krystal. Det dannede faste stof er i den såkaldte glastilstand.

I modsætning til krystaller har glas ikke nogen partikelkornsgrenser, hvilket gør det nemt at forme og danne sammenhængende strukturer af glas. Således kan hele elektrolytten dannes i ét sammenhængende lag med homogene egenskaber. Derudover er glassets egenskaber uafhængige af orientering, hvilket blandt andet viser sig på nanoskala ved, at ioner ikke ledes i velordnede kanaler, som det ellers ofte er tilfældet i krystaller (figur 2).



Figur 1. Schematisk illustration af, hvordan lithium-ioner flytter sig i et faststofbatteri under af- og opladning. Elektronerne kan ikke passere direkte gennem faststofelektrolytten, men tvinges gennem et eksternt kredsløb.



Figur 2. Diffusionsvej for ion i henholdsvis krystal og glasmateriale, hvor sidstnævnte har en uordnet struktur og deraf også uordnet diffusionsvej.

Computersimuleringer af glaselektrolytter

Der er sket mange fremskridt i forståelsen af ionledning i materialer gennem

eksperimentelle analyser, men for at opnå en dybere forståelse af elektrolytmaterialer og forklare eksperimentelle observationer er det ofte nyttigt at be-

nytte sig af såkaldte molekylærdynamiske (MD) simuleringer. MD-simuleringer er i bund og grund simple løsninger af Newtons anden lov ($\text{kraft} = \text{masse} \times \text{acceleration}$), hvor man ved hjælp af kraftfelter kan udregne accelerationen for enkelte atomer og herefter fremskrive atompositionerne som funktion af tid. Herefter regnes kræfterne på ny og der itereres fremad.

Problemerne ved MD-simuleringer relaterer sig ofte til rigtigheden af beskrivelsen af kræfterne, men for glas er der en yderligere kompleksitet. Nemlig at man ikke præcist kender materialets atomare struktur, da denne ikke kan "løses", ligesom det er almindeligt for krystaller (typisk ved hjælp af røntgendiffraktion). Det betyder, at man er nødt til at simulere en dannelsesprocedure, hvor man typisk smelter et materiale, nedkøler det, og antager, at den indefrosne væskes struktur er en god beskrivelse af glasset – alt sammen inde i computeren.

Om end nøjagtigheden tidligere har været debatteret, har udviklingen af moderne kraftfelter muliggjort MD-

Effektiv og pålidelig Den alsidige ASM 340 Leak Detector

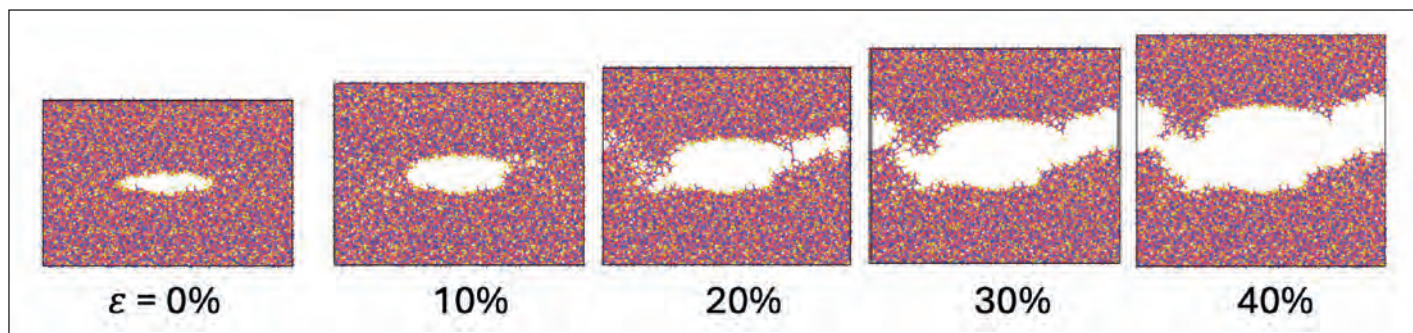
ASM 340 leverer præcis lækagemåling, hurtig responstid og et brugervenligt design. Den er ideel til applikationer inden for medicinsk teknologi, forskning, coating industrien og kemiske anlæg. Perfekt til nøjagtige lækagetests under selv de mest krævende forhold.

www.pfeiffer-vacuum.com



Part of the **BUSCH** GROUP

PFEIFFER
VACUUM+FAB SOLUTIONS



Figur 3. Estimering af brudsejhed i faststofelektrolytter sker ved at studere, hvor meget kraft det kræves at åbne en revne i et materiale. Dette kan gøres direkte i computeren med atomar opløsning. Simuleringsboksen skitseret ovenfor er på cirka 18.000 atomer og har en horisontal sidelængde på cirka 12 nanometer. Individuelle atomer kan skimtes som de farvede kugler. Figuren er genoptrykt fra Ref. [6] med tilladelse fra Royal Society of Chemistry.

simuleringer med tusindvis af atomer i op til flere nanosekunder ($1 \text{ ns} = 10^{-9} \text{ s}$) med en nøjagtighed tæt på kvantemekaniske beregninger [5]. Det kan lyde som meget kort tid, men det er flere størrelsesordener bedre end for bare få år tilbage. Udviklingen er drevet af øget computerkraft, nye algoritmer, og specielt nye måder at bygge kraftfelter på. Dette muliggør ”lange” simuleringer, hvor man kan studere, hvordan de relevante ioner (typisk Li^+ eller Na^+) bevæger sig, enten som funktion af temperatur eller under et elektrisk felt, for derved at estimere materialets ioniske ledningsevne – en af de vigtigste parametre for succesfuldt at kunne benytte et materiale som en faststofelektrolyt.

Glas revner stadig

Om end udviklingen af faststofelektrolytter har set massive fremskridt de seneste år, har de stadig problematikker relateret direkte til den faste tilstand. Et typisk problem er, at der kan vokse dendritter af lithium på anoden under opladning. På grund af den relativt lave modstand mod revnevækst (lav brudsejhed) i mange faststofelektrolytter vil disse såkaldte ”dendritter” kunne vokse sig igennem faststofelektrolytten, reducere dens ydeevne og ultimativt kortslutte batteriet ved at forbinde de to elektroder. I vores forskning arbejder vi aktivt på at forstå, hvad der styrer brudsejheden i glasbaserede faststofelektrolytter, hvordan den ændrer sig under battericyklussen, og ultimativt, hvordan den kan forbedres.

Her udnytter vi MD-simuleringer til at estimere brudsejheden ved direkte at ”måle” den kraft, der skal til, for at en revne gror i en given faststofelektrolyt. Et eksempel på en sådan simulering ses i figur 3, hvor simuleringsboksen med en indsat revne (hulrum i strukturen) løbende strækkes, hvorfor revnen vokser og til sidst kløver

elektrolytten. MD-simuleringerne gør det muligt at teste et stort antal systemer på relativt kort tid sammenlignet med eksperimenter. Dette har blandt andet gjort det muligt at påvise, hvordan brudsejheden falder, når ionledningsevnen stiger i et ionledende glas baseret på $\text{Li}_2\text{S-SiS}_2$ [6]. Vi har udnyttet det samme princip til at studere andre systemer med relevans som faststofelektrolytter, blandt andet glaskeramiske materialer (dvs. delvist amorf, delvist krystallinske) baseret på lithium aluminotitanofosfat, hvor glas-krystal grænsefladen giver en unik høj brudstyrke. Ved hjælp af simuleringerne har vi tilskrevet denne effekt til en forøget mulighed for flere af kationerne (Al, Ti) til skifte koordinationstal under deformationen og derved fordele energien i grænsefladerne mellem glas og krystal [7,8].

Opsamling

Glasmaterialer har vist sig interessante som materialer i moderne faststofbatterier. Deres uordnede struktur giver unikke muligheder for at finjustere deres egenskaber, men besværliggør deres design alene baseret på eksperimentelle studier. I vores forskning har vi fokus på at forstå brudmekanismerne af forskellige faststofelektrolytter, blandt andet ved hjælp af computersimuleringer på nanoskala. Her kan vi følge, hvordan de atomare bindinger brydes, når en revne vokser og derved analysere, hvilke strukturelle dele af en elektrolyt der er med til at forbedre modstanden mod revnedannelse, mens ionledningsevnen og ydeevnen af batteriet stadig opretholdes.

E-mail:

Søren Strandskov Sørensen:
soe@bio.aau.dk
Morten Matstrup Smedskjær:
mos@bio.aau.dk

Referencer

1. Kalnaus S, Dudney NJ, Westover AS, Herbert E, Hackney S (2023) Solid-state batteries: The critical role of mechanics. *Science*, 381: eabg5998.
2. Wang Z, Luo S-hua, Zhang X, Guo S, Li P, Yan S (2023) Glass and glass ceramic electrodes and solid electrolyte materials for lithium ion batteries: A review. *Journal of Non-Crystalline Solids*, 619, 122581.
3. Zhao Q, Stalin S, Zhao CZ, Archer LA (2020) Designing solid-state electrolytes for safe, energy-dense batteries. *Nature Reviews Materials*, 5(3):229-252.
4. Janek J, Zeier WG (2016) A solid future for battery development. *Nature Energy*, 1(9):16141.
5. Unke OT, Chmiela S, Saucedo HE, Gastegger M, Poltavsky I, Schütt KT, Tkatchenko A, Müller KR (2021) Machine Learning Force Fields. *Chemical Reviews*, 121(16):10142-.
6. Sørensen SS, Boysen D, Lindbjerg ER, Mortensen HN, Lippert KT, Diget SM, Konieczna Z, Micoulaut M, Smedskjær MM (2025) Balancing fracture toughness and ionic conductivity in lithium thiosilicate glassy electrolytes. *Physical Chemistry Chemical Physics*, 27: 10331-10341.
7. Chen Z, Du T, Krishnan NMA, Smedskjær MM (2023) Enhanced bond switching at complexion layer facilitates high fracture energy of LATP solid-state electrolytes. *Journal of Materials Chemistry A*, 12(5):3061-3071.
8. Famprikis T, Canepa P, Dawson JA, Islam MS, Masquelier C (2019) Fundamentals of inorganic solid-state electrolytes for batteries. *Nature Materials*, 18(12):1278-1291.

Rens søen og gød marken: Søsediment som bæredygtig fosforgødning

Opgravning af næringsrigt bundsediment er en effektiv metode til at rense søer og sikre, at den værdifulde fosfor kan genanvendes som gødning. Håndtering af de store mængder våde sediment kræver dog effektive afvandingsmetoder.

Af Morten Lykkegaard Christensen, Gustav Simoni og Usuma Naknikham, Institut for Kemi og Biovidenskab, Aalborg Universitet

Danmarks søer er under pres på grund af høje koncentrationer af næringsstoffer. Det er især fosfor, der er et problem. Det påvirker vandkvaliteten og søens økologiske tilstand. Ifølge en undersøgelse fra Miljøstyrelsen er kun fem ud af 986 testede søer i god økologisk tilstand. På trods af mange tiltag for at mindske tilførslen af næringsstoffer til søerne forsvinder problemet ikke. En af de store udfordringer er, at søerne kan forblive belastede i mange år, selv efter at tilførslen af fosfor er stoppet. Det skyldes, at der er ophobet store mængder fosfor i



Søbotten er udviklet af Dansk Ingeniørservice (DIS) med støtte fra Poul Due Jensen Fonden. Den har et sugehoved, der ligger på bunden og skånsomt suger 40 kubikmeter sediment op i timen.

Foto: L Studio

Drifton og DACOS – samlet ét sted



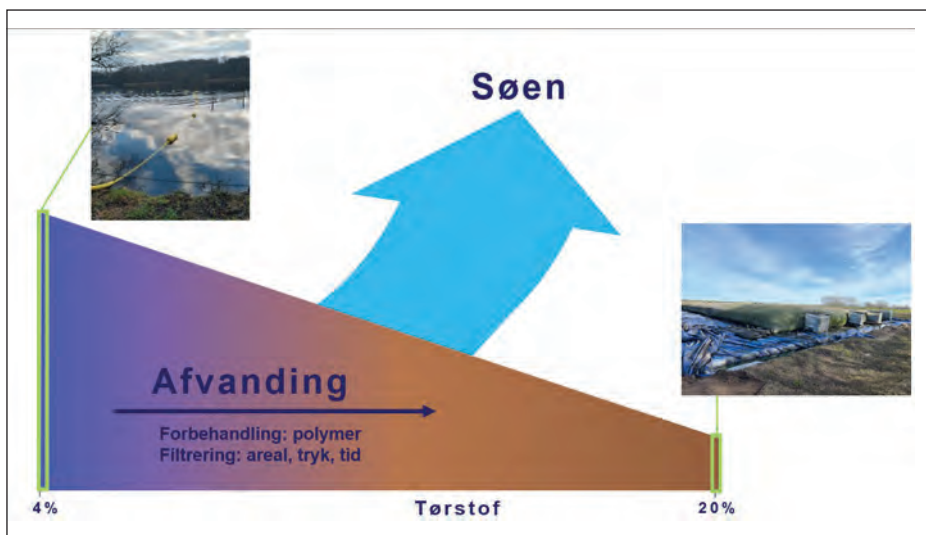
Drifton vokser – nu med DACOS' sortiment og ekspertise

Du får adgang til endnu mere laboratorieudstyr og forbrugsartikler, fx. cryobokse, cryorør, racks, pipetter, pipettespidser, centrifugerør, PCR-plader og -rør, flasker, apparaturer, testkits – samlet ét sted.

Og selvfølgelig vores velkendte udvalg af pumper, slanger og fittings.



Besøg drifton.dk, eller kontakt os på 3679 0000 eller info@drifton.dk



Vand skal fjernes fra sedimentet og tilbage til søen, mens det afvandede sediment skal ud på de nærliggende marker. Optimering kan ske ved at ændre forbehandling, arealet af filterdugen, trykket og procestiden.

søens bundsediment. Fosforen frigives langsomt til søvandet og kan dermed fastholde en høj næringsstofbelastning i søen. Effekten af sørestauration såsom opfiskning af fredsfisk (biomanipulation) eller fosforfældning med kemikalier (aluminium eller lanthanum modificeret bentonit) kan derfor være midlertidig, hvis den interne belastning af fosfor fra sedimentet ikke reduceres.

Den interne belastning kan reduceres ved at fjerne det fosforholdige sediment. Samtidig hentes fosforen op og kan anvendes som gødningsprodukt. Fosfor er et livsvigtigt mineral og samtidig en begrænset ressource. Det er derfor afgørende at lukke fosforkredsløbet, hvis vi skal sikre den fremtidige produktion af fødevarer og biomasse. Her spiller fosfor i søerne en vigtig rolle. Opgravning og genbrug af fosforholdigt sediment testes derfor lige nu ved Ormstrup Sø.

Projektet følges tæt for at overvåge søens udvikling før og efter restaureringen samt vurdere mulighederne for at genanvende sedimentet.

Ormstrup Sø ligger ved Bjerringbro i Jylland. Det er en meget fosforrig sø. Gennemsnitskoncentrationen af fosfor blev i sommeren 2010 målt til 0,72 mg/L [1]. Søen er 12 hektar stor med en gennemsnitsdybde på 2,3 meter og en maksimal dybde på 4-5 meter [1]. Sedimentet ved Ormstrup Sø indeholder kun lave koncentrationer af tungmetaller og andre forurenende stoffer. Desuden ligger søen tæt på markarealer. De to forhold giver gode muligheder for at komme af med sedimentet og udnytte den fosfor, der er bundet i sedimentet. Nylige forsøg har endda vist, at fosforen er tilgængelig for planter på marken, og derfor har en reel gødningsværdi.

En af de store praktiske udfordringer

ved opgravning af sediment er de store mængder. Sedimentet er vådt og skal afvandes inden den videre håndtering. Denne artikel beskriver erfaringerne fra projektet og de tekniske og miljømæssige udfordringer, der er forbundet med sedimentopgravning og afvanding.

Opgravning af sediment

Det er vigtigt ikke at opgrave mere sediment end højest nødvendigt. Analyser viser en forhøjet koncentration af fosfor i de første 20 centimeter af sedimentet [1]. Det svarer til 24.000 tons vådt sediment, hvis 20 centimeter sediment fjernes fra hele søbunden. Tallet er endda lavt sat, da man formentlig også vil få en del søvand med op. Det er derfor vigtigt at have udstyr til opgravningen, der meget præcist fjerner den rette mængde sediment.

Et andet problem er, at sediment under opgravning kan hvirvles op i vandfasen, som derved forurenes. Dermed har opgravningen en direkte negativ effekt på vandmiljøet. Ved Ormstrup Sø anvendes der en nyudviklet sørobot, der langsomt suger sedimentet op fra bunden af søen, så der ikke opgraves for meget sediment og unødigt forurening af vandfasen undgås.

Højt vandindhold i sedimentet

Det opgravede sediment indeholder over 95 procent vand, hvoraf det meste skal tilbage i søen. Mængden af vand er stor; faktisk svarer vandmængden i sedimentet til mellem 10 og 15 procent af søens samlede vandvolumen. Derfor er det vigtigt, at det vand, der ledes tilbage til søen, er rent og fri for fosfor, partikler og andre forurenede stoffer. Derudover er det vigtigt at fjerne mest muligt vand fra sedimentet for at mindske de efterfølgende håndterings- og transportomkostninger for det afvandede sediment. Der findes forskellige afvandingsmetoder, for eksempel filtrering, sedimentation og centrifugering. Vi har valgt at filtrere sedimentet, da vi herved kan opnå højt tørstof ved et lavt energiforbrug.

En effektiv filtrering kræver I) forbehandling ved tilsætning af polymer, II) et stort filtreringsareal og III) tid til afvandingen.

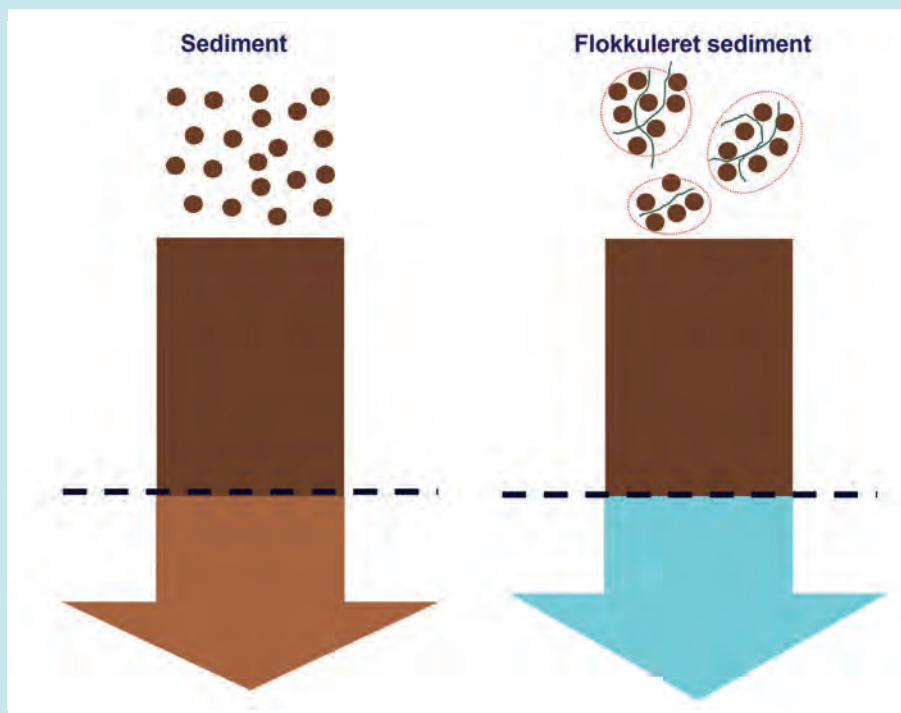
Anvendelse af polymerer til sedimentbehandling

Polymerer anvendes ofte i forbindelse med afvanding. Polymererne hæfter til overfladen af partiklerne. På den måde bindes partiklerne sammen (flokkulering), hvorved vi undgår partikler i det filtrerede vand.

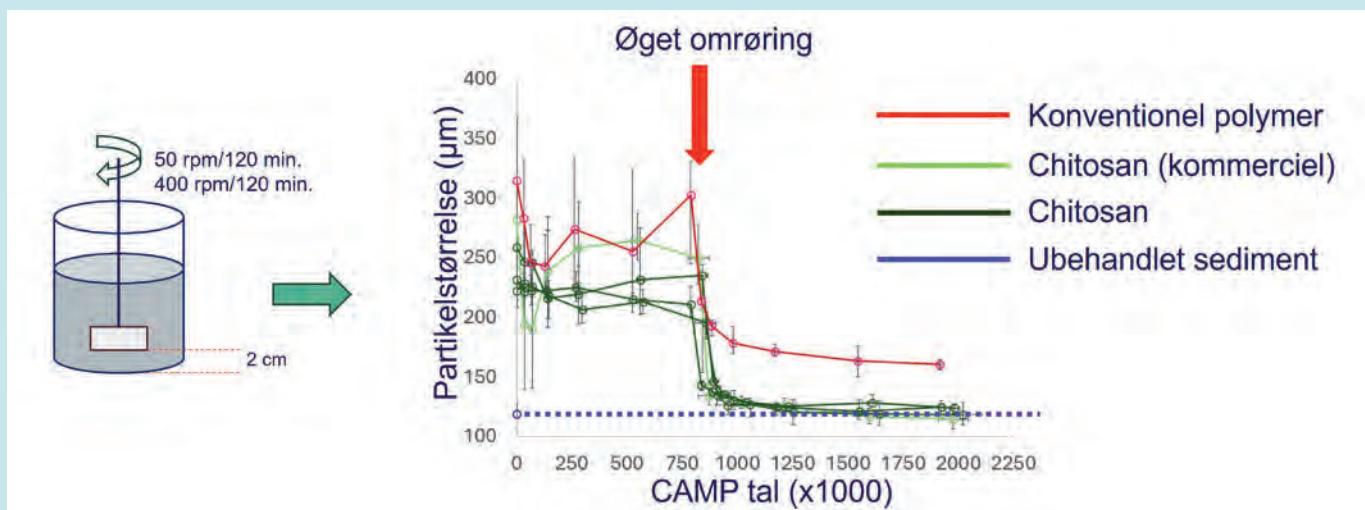
Analyserne viser, at fosforkoncentra-



Geotekstilposer fyldt op med vådt sediment. De store poser ligger på presenninger, så vandet kan samles sammen, sendes over i et sandfilter og derefter tilbage til søen.



Det er nødvendigt at tilsætte polymerer til sedimentet inden afvandringsprocessen. Det sikrer, at vandet (filtratet) er rent og filtreringen forløber hurtigt. Der findes forskellige polymerer, for eksempel derivater af polyakrylamid (konventionelle) og polysakkarider (biopolymerer). Polymererne binder partiklerne sammen (flokkulering). Der er forskellige mekanismer for flokkuleringen. Lange polymerer binder flere partikler og danner en flok. Små positivt ladede polymerer binder til partiklernes negative ladninger, så de ikke frastøder hinanden. Derved klumper partiklerne sammen. Polymerer har forskellig størrelse (molekylvægt), ladningen og grad af forgreninger. Det er vigtigt, når den rette polymer skal vælges. Biopolymerer er ofte mindre end konventionelle polymerer, og ikke helt så effektive.



De sammenbundne partikler er følsomme over for pumpning og omrøring. Biopolymerer er effektive til at binde sedimentet sammen, men udsættes det flokkulerede sediment for øget omrøring falder partiklerne fra hinanden. Konventionelle polymerer er bedre til at modstå omrøringen. CAMP-tallet angiver omrøringshastighed (shear rate) ganget med omrøringstiden.

tionen reduceres med over 95 procent ved flokkulering sammenlignet med filtratet fra ikke flokkuleret sediment [2]. Vi har testet både konventionelle polymerer (polyakrylamid) og biopolymerer (Chitosan og modificeret stivelse) til flokkuleringen. De testede polymerer fungerer godt, men biopolymerer kræver en højere dosis, cirka 0,5 mg polymerer per gram sediment i forhold til 0,1 mg polymerer ved brug af polyakrylamid. Ved disse doseringsniveauer betyder det, at der skal anvendes 1-5 tons polymerer til opgravningen af hele søen. Det er derfor afgørende, at eventuelle polymerrester i filtratvandet ikke skader vandmiljøet.

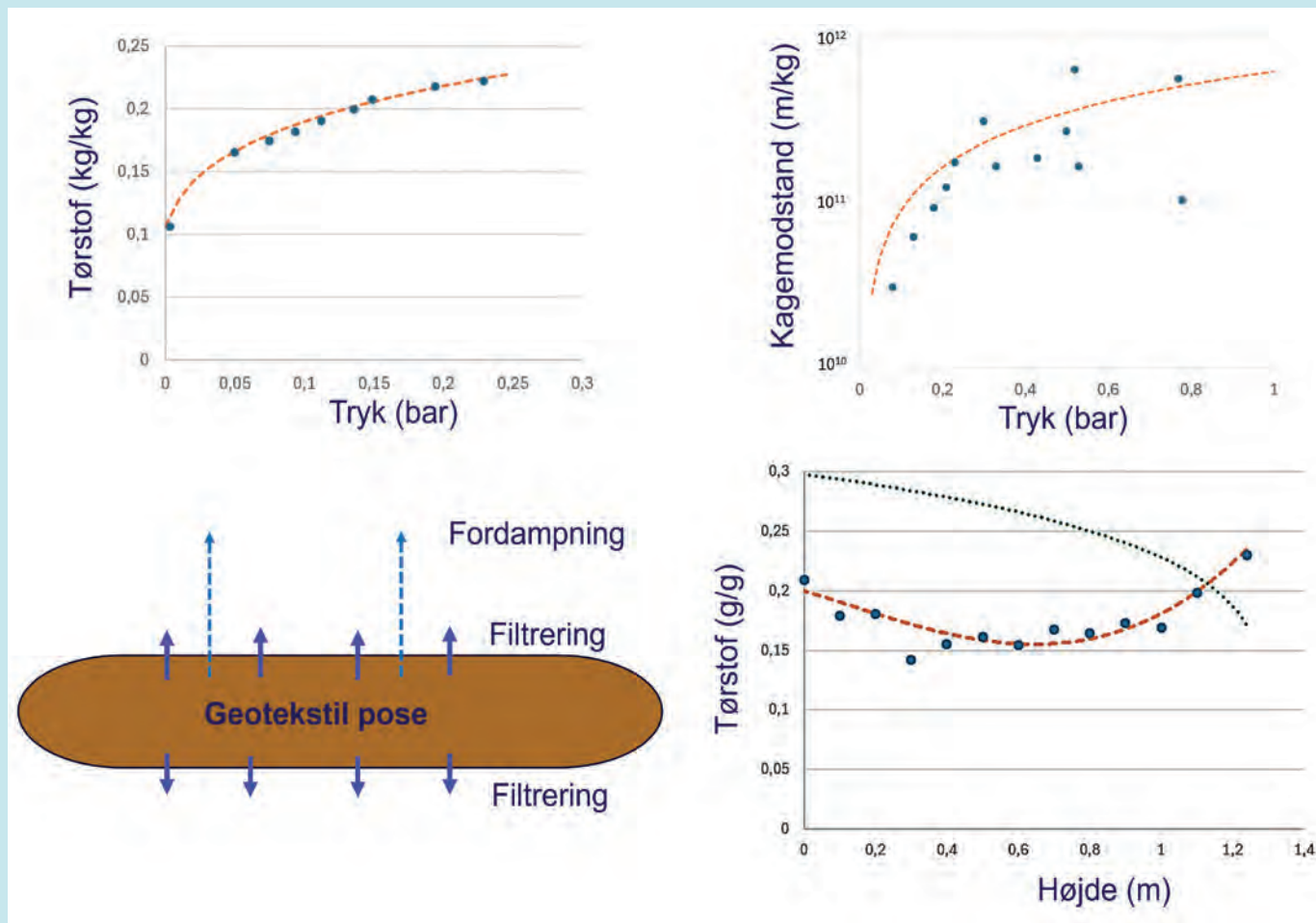
Vi har gennemført en række økotoxikologiske tests, som viser, at det er bedre at bruge biopolymererne end de konventionelle polymerer [2]. Efter afvandingen viser resultaterne dog kun en begrænset negativ effekt for alle testede polymerer. Som ekstra sikkerhedsforanstaltning har vi installeret et sandfilter, og her viser de økotoxikologiske tests, at filtratet er mindre giftigt end det oprindelige søvand.

Filtrering af flokkuleret sediment

Filtrering kræver, at der bruges en filterdug. Disse fås med forskellige porestør-

relser. Det er muligt at vælge en meget fin dug, men det forlænger filtreringstiden markant. En mere effektiv løsning er at flokkulere sedimentet, som allerede beskrevet, og anvende en dug med større porestørrelse. I vores forsøg har vi anvendt forskellige duge med porestørrelser på 200 µm.

Det er desuden vigtigt at vurdere, hvor meget flokkuleret sediment der lægges ud per arealenhed af dugen. Hvis mængden af sediment fordobles, firedobles afvandingstiden. Derfor er et stort filterareal afgørende. Det kan sikres ved brug af et båndfilter, hvor tørstoffet kontinuerligt fjernes, så dugen holdes ren,



■ Vi har matematisk simuleret afvandingsprocessen i geotekstilposerne. På grund af sedimentets vægt presses vandet ud af både top og bund. For at simulere processen er det nødvendigt at vide 1) hvor meget tørstoffet ændrer sig ved øget tryk (øverste venstre figur) og 2) hvor stor den hydrauliske modstand (kagemodstand) er som funktion af tryk (øverste højre figur). Kagemodstanden angiver den hydrauliske modstand per kilo tørstof. Udover vægtsammenpresningen fordampner vand fra toppen af posen. Fordampningen varierer, når temperatur, luftfugtighed og vindhastighed ændrer sig. Vi har kombineret ligningerne og simuleret tørstoffet fra bunden af posen og op til toppen (nederste højre figur). Sedimentet er tørrest i toppen, hvilket viser, at fordampningen har en væsentlig indflydelse på sluttørstoffet.

eller ved anvendelse af store geotekstilposer, som lægges ud på marker. Vi har i fuldskala valgt geotekstilposerne, da der er meget plads omkring søen og da disse ikke kræver opsyn under afvandingsprocessen. Afvandningen styres af den hydrauliske modstand igennem sedimentet, og hvor komprimerbart sedimentet er.

Vores analyser viser dog også, at fordampning af vand fra overfladen af geotekstilposerne er vigtig for sluttørstoffet. Sedimentet vil være mest tørt i top og bund og vådest i midten af poserne. Ved afvanding i syv-ni måneder er det muligt at opnå et tørstof på 17-19 procent. På den måde er det muligt at reducere sedimentvolumenet med mere end 80 procent.

Opsummering

Det er vigtigt at kende fosforkoncentra-

tionen gennem sedimentet og have opgravningsudstyr, så kun den nødvendige mængde sediment hentes op. Polymerer er nødvendige og ved korrekt brug kan mere end 99 procent af fosforen tilbageholdes i det afvandede sediment. Biopolymerer kan erstatte konventionelle polymerer, men kræver en højere dose og en justering af polymerindblandingen. Matematiske simuleringer af afvandingsprocessen sikrer, at der kun bruges det nødvendige filterdugareal til at opnå det ønskede sluttørstof, uden at over- eller underdimensionere processen. Hvis sedimentet er rent og ikke forurenet, kan det genanvendes som gødningsprodukt. På den måde løser vi et miljøproblem ved at oprense vores søer. Samtidig sikrer vi, at den værdifulde fosfor udnyttes igen.

Projektet er støttet af Poul Due Jensens Fond.

E-mail:

Morten Lykkegaard Christensen:
mlc@bio.aau.dk

Referencer

1. Søndergaard, M., Jensen, H., Nielsen, J.R. & Reitzel, K. 2015. Forundersøgelse af Ormstrup Sø. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 24 s. - Videnskabelig rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 175. <http://dce2.au.dk/pub/SR175.pdf>.
2. Simoni G., Cheali P., Roslev P., Haasler S., Reitzel K., Smith A.M., Haferbier M.H.S., Christensen M.L. (2024) Flocculating and dewatering of lake sediment: An in-situ pilot study comparing synthetic polymers and biopolymers for restoring lake water quality and reusing phosphorus. *Science of the Total Environment*, 913, 169597.

BRIGHT

– et nyt fyrtårn inden for innovation og entrepreneurship i biobaserede løsninger.

Af Hanne Christine Bertram,
hcb@techmedia.dk

Det nye excellencecenter BRIGHT starter op baseret på en ny bevilling fra Novo Nordisk Fonden, og DTU Biosustain afvikles. Men ikke fordi DTU Biosustain ikke er lykkedes. Tværtimod. DTU Biosustain har været enestående til at omsætte videnskabelige ideer til konkrete produkter. Og nu er det planen, at succesen fra DTU Biosustain skal bredes ud for endnu mere udvikling af biobaseret teknologi og innovation i Danmark.

Etableringen af DTU Biosustain

DTU Biosustain blev etableret i 2011 ved hjælp af en bevilling på 750 millioner DKK fra Novo Nordisk Fonden. Formålet var at skabe et excellencecenter, der skulle danne bro mellem forskning og kommerialisering. Senere i 2017 fulgte en bevilling, der skulle bruges til etablering af et pre-pilot plant, der kunne overvinde den hurdle, som ofte opstår, når lovende forskningsresultater skal omsættes til en levedygtig forretning, også kendt som Valley of Death. Det kan nemlig være rigtig udfordrende at implementere lovende forskningsresultater i egnede processer, der kan opskaleres til en skala, der er relevant rent kommercielt.

Der er de rent fysisk-kemiske udfordringer bundet i, at mikrobielle organismer og processer ofte opfører sig forskelligt afhængig af den skala, de anvendes i. Derudover er der også den vigtige barriere mellem den tilgang, som akademiske forskere traditionelt har, og så den indsigt og det mindset som det kræves for at skabe et kommercielt produkt. Dette kræver indsigt i, hvad forbrugerne efterspørger, markedsituationen og konkurrencevilkårene og mulighederne for udvikling af en forretningsmodel. DTU Biosustain udviklede hurtigt nogle effektive værktøjer til at øge chancerne for at overvinde "Valley of Death" og skabe grobund for at omsætte forskning til innovation, og i 2020 donerede Novo Nordisk Fonden endnu en større bevilling på 700 millioner



Wall of fame hos DTU Biosustain viser de mange startups, som er skabt.

DKK til en femårig forlængelse af DTU Biosustain.

Fra et lille center til en succeshistorie

Da DTU Biosustain blev etableret, var der tale om et mindre center med 78 ansatte, men hurtigt voksede centeret og en succes blev anlagt. Her i 2025 kan DTU Biosustain bryste sig af at have

omkring 320 ansatte, at have initieret omkring 40 startups med resulterende i mere end 450 nye arbejdspladser og tilført over 3,2 milliarder kroner, cirka 125 patentapplikationer, hvoraf cirka halvdelen har opnået licens. Hertil kan lægges et stort antal videnskabelige publikationer, nemlig omtrent 2000 artikler, hvoraf mange er højt citerede og publiceret i de mest anerkendte og

Foto: Michael Barrett Boesen.

respekterede tidsskrifter. Disse imponerende resultater overgår også forventningerne med cirka 20-30 procent på de forskellige, relevante målbare parametre, der oprindeligt var fastsat.

Det internationale aspekt

I min snak med chief commercial officer (CCO) Andreas Worberg kredser vi om årsagerne til den imponerende succes, som DTU Biosustain har formået at skabe. Og Andreas Worberg nævner, at han mener, at et stærkt internationalt samarbejde og tiltrækning af internationale forskere til centeret har været en medvirkende og afgørende faktor. Og jeg spørger ind til, hvad hemmeligheden er bag tiltrækningen af internationalt potentiale til DTU Biosustain. Her bliver Andreas Worberg lidt mindre skråsikker:

- DTU ligger faktisk nummer fem på Shanghai ranking listen over førende universiteter inden for bioteknologi, men alligevel er der ganske få ude i verden, der kender DTU, forklarer han. Andreas Worberg kommer selv fra Tyskland og blev tiltrukket af Danmark på grund af det ry, Danmark har for vores "work-life balance" kultur og ledelsen af DTU Biosustain. Han forklarer også, at DTU Biosustain i dag bruger kræfter og res-



Foto: Freepik.com.

sourcer på at formidle deres eksistens, aktiviteter og resultater internationalt i forskellige medier langt ud over de traditionelle forskningskanaler. De mange startups rygttes også og er med til at gøre DTU Biosustain internationalt kendt.

en succeshistorie, hvorfor nedlægges det så for at erstattes af det nye initiativ BRIGHT? Tja, det kan være umiddelbart svært at forstå, men forklaringen er sådan set lige for. DTU Biosustains succes skal simpelthen udbredes og gøres endnu mere interdisciplinær. Det betyder, at BRIGHT omfatter hele DTU og internationale samarbejder. DTU Biosustain har siden centerets fødsel

Mere fokus på landbrug og fødevarerproduktion

Når nu DTU Biosustain har været sådan

- BRIGHT er akronym for Novo Nordisk Foundation **Biotechnology Research Institute for the Green Transition**.
- BRIGHT skal accelerere udviklingen af biosolutions, der kan styrke Danmarks position inden for biobaseret økonomi.
- BRIGHT er forankret på Danmarks Tekniske Universitet (DTU) og skal være samlingssted for akademiske og industrielle samarbejdspartnere.
- BRIGHT vil fokusere på tre hovedområder:
 - Bæredygtige materialer
 - Mikrobielle fødevarer
 - Mikroorganismer til klimaneutralt landbrug.
- En særlig egenskab ved BRIGHT bliver introduktionen af en såkaldt *BRIGHT Biofoundry*, der har til formål at accelerere lovende projekter og teste deres skalerbarhed.
- Novo Nordisk Fonden støtter initiativet med en bevilling på op til 1,05 milliarder kroner over de næste syv år.



Foto: Michael Barrett Boesen.

Andreas Worberg har siden 2020 fungeret som Chief Commercialisation Officer (CCO) for DTU Biosustain.

haft fokus på bæredygtighed, men dette fokus er blevet intensiveret, og i fremtiden vil ”Planetary Health” være det eneste fokus i BRIGHT-centeret. Så mens to af de tre grundlæggende områder i DTU Biosustain, der består af bæredygtige materialer og mikrobielle fødevarer, fortsættes i BRIGHT, vil BRIGHT intensivere fokus på biobaserede løsninger til landbruget i forhold til det tidligere DTU Biosustain-center.

Andreas Worberg forklarer:

- Landbrug har traditionelt haft stor betydning i Danmark, så det giver god mening, at den store ekspertise vi har inden for bioteknologi bredes langt mere ud til at inkludere nye, bioteknologiske innovationer i landbrugserhvervet, hvor der er udfordringer med blandt andet biodiversitet. Derudover gør det sig gældende, at den danske landbrugssektor er forholdsvis interesseret i nytænkning og nye løsninger. Udvikling af nye biobaserede teknologier i dansk landbrug kunne blive et forgangseksempel for andre lande, der ikke er lige så langt fremme som Danmark.

DTU Biosustain har allerede etableret en startup-virksomhed inden for biobaserede løsninger til landbruget, nemlig BioPhero (i dag FMC Corporation), der udvikler feromon-baserede midler til afgrødeskyttelse. Feromoner produceres naturligt af forskellige insekter, og er attraktive, fordi de er biologisk nedbrydelige, artsspecifikke forbindelser, som hverken skader gavnlige arter eller mennesker. Feromoner gør det muligt at dyrke afgrøder på en mere uskadelig og bæredygtig måde. Der blev bragt en artikel om BioPhero i Dansk Kemi nummer 3 i 2022.

Prisværdigt af Novo Nordisk Fonden sætter nationalt

Andreas Worberg lægger ikke skjul på, at han mener, at DTU Biosustain har været en kæmpe succes, der til fulde lever op til Novo Nordisk Fondens øgede fokus på, at deres bevillinger skal bidrage afgørende til at løse samfundsmæssige udfordringer. Men samtidig så fremhæver han dog også stor påskønnelse over, at Novo Nordisk Fonden vælger at donere en stor bevilling på cirka 1 milliard danske kroner til BRIGHT som et excellencecenter med lokation i Danmark.

- De kunne sagtens have valgt at prioritere midler til et etablere et center i et andet internationalt ledende miljø som for eksempel i Boston, forklarer Andreas Worberg. Vi skal være glade for, at de prioriterer at bevare og udvikle på det økosystem, der er etableret på hele DTU. Det er af stor betydning for forskningen på DTU og uddannelsen af talenter til industrien, erkender Andreas Worberg.

At vokse med opgaven

Andreas Worberg startede hos DTU Biosustain i juli 2017, hvor han blev tilknyttet som direktør for den del af centeret, der havde med etablering af et pre-pilot plant anlæg og aktiviteter omkring opskalering at gøre. Med tiden er hans rolle blevet stadig mere kommercielt orienteret, og i 2020 blev han udnævnt til chief commercial officer (CCO). For Andreas Worberg har det været både lærerigt og udviklende at bidrage til at skabe et miljø, hvor både dem, der har et mindset fokuseret på at være kompetitiv og førende, og dem, der inspireres af at gøre en forskel for enten mennesker eller miljø, trives og udvikler sig.

Andreas Worberg ser en parallel mellem sin egen personlige udvikling hos DTU Biosustain, og hvordan centeret har udviklet sig og nu transformeres til BRIGHT. Nu er det hele centeret, der vil fokusere på at omsætte videnskabelig innovation til modnede og markedsklare produkter, som Andreas Worberg oprindeligt havde til opgave at implementere i DTU Biosustain.

JOBOPSLAG

Dansk Kemi

Freelance-redaktør til fagbladet Dansk Kemi - deltidsstilling

Da vores redaktør Hanne Christine Bertram stopper, søger vi en redaktør til et af Danmarks ældre fagtidsskrifter, Dansk Kemi.

Dansk Kemi bringer aktuel og dybdegående information om kemien og dens udvikling inden for industri, forskning og uddannelse. Bladet er desuden medlemsblad for Kemisk Forening og Kemiingeniørgruppen under IDA.

Bladet har i mere end 100 år bidraget til at udbrede kendskabet til alle former for kemi inden for kemisk industri, levnedsmiddelindustri, bioteknologisk industri, farmaci, miljø mv.

Jobbet består i at indsamle, redigere og skrive artikler til bladet i samarbejde med bladets eksterne fagredaktion. Den eksterne fagredaktion består af personer fra universiteter og virksomheder, og mødes 4-6 gange årligt.

Det vil være en fordel, hvis du har erfaring med at skrive og formidle teknisk stof, og jobbet kræver indgående kendskab til kemi.

Stillingen svarer til en deltidsstilling, og der kan forventes et tidsforbrug på ca. 40 timer pr. udgave. Bladet udkommer 6 gange årligt. Honoraret er fastsat i overensstemmelse med dette.

Send gerne en ansøgning hurtigst muligt og senest den 15. oktober 2025.

For ansøgning eller for yderligere oplysninger om stillingen som redaktør på fagbladet Dansk Kemi rettes henvendelse til administrerende direktør Rikke Marott Schelde, TechMedia A/S, mail: rikke@techmedia.dk - tlf. 43 24 26 30

Koks i jorden og olie i tanken

Omdannelse af halm via langsom pyrolyse og hydro-deoxygenering.

Af Claus Dalsgaard Jensen¹,
Anker Degn Jensen¹,
Magnus Zingler Stummann²
og Jesper Ahrenfeldt³

¹ DTU Kemiteknik

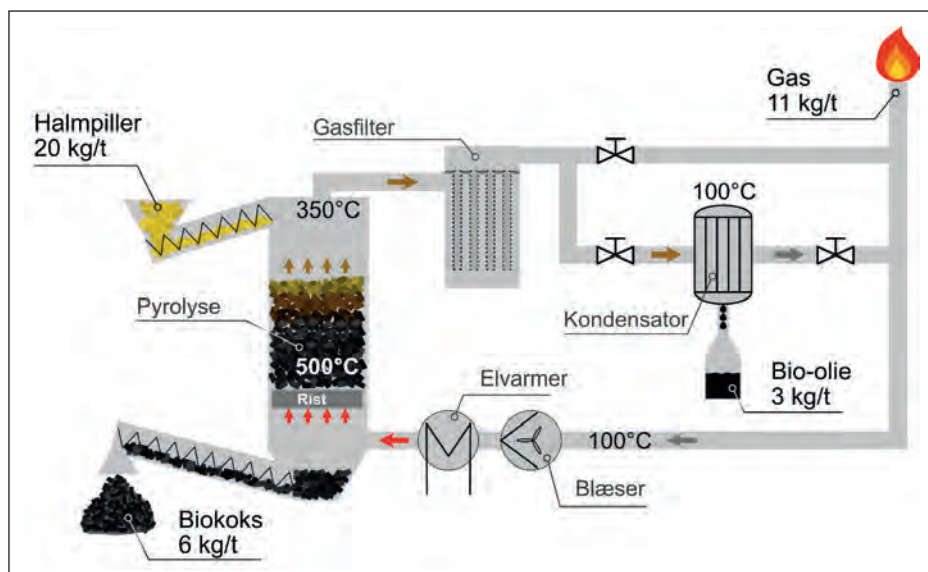
² Topsøe

³ Stiesdal SkyClean

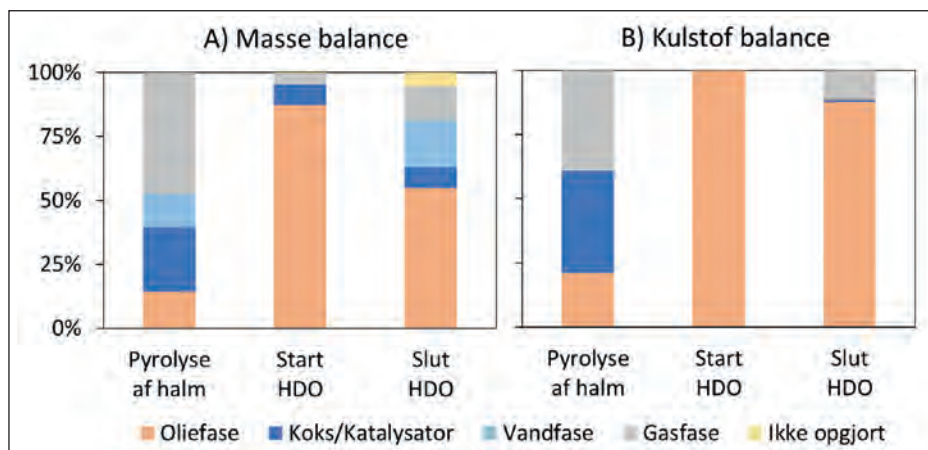
Pyrolyse af halm er en effektiv metode til at sænke landbrugets klimapåvirkning, da biokoks er en effektiv metode til "carbon capture and storage (CCS)". Bioolie er et biprodukt, som med fordel

kan omdannes til brændstof til den tunge transport. I dette projekt blev der lavet forsøg med opgradering af bioolie fra pyrolyse af halm med stigende intensitet for at se, hvornår den opgraderede pyrolyseolie var blandbar med heavy fuel olie.

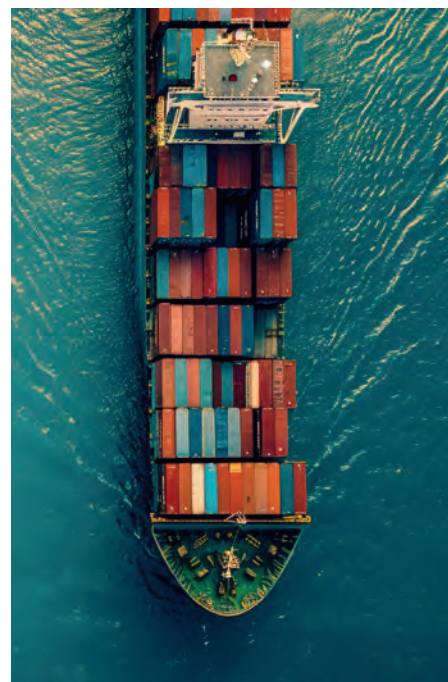
Resultaterne viste, at en delvis opgradering var nok til at gøre bioolien blandbar med heavy fuel olie, og dermed spare på hydrogenforbruget. Derudover befandt cirka 60 procent af den opgraderede bioolie sig i diesel-petroleum-



Figur 1. Diagram af det 100 kW store pilotanlæg på DTU-campus Risø, som er udviklet i et samarbejde mellem DTU Kemiteknik og Stiesdal SkyClean.



Figur 2. Masse- og kulstofbalance af pyrolyse og HDO-forsøg.



heavy fuel olie-området, som potentielt kan benyttes i skibsfart til iblanding eller pilotbrændstof til metanol eller ammoniakmotorer.

SkyClean-projektet

Der produceres i gennemsnit cirka 5 millioner tons halm om året, hvoraf cirka 2 millioner tons ikke udnyttes og derfor potentielt kan bruges til at afhjælpe og reducere udledningen af drivhusgasser i landbruget. Ved hjælp af pyrolyse kan halmen omdannes til biokoks, bioolie og gas. Biokoksen kan returneres på marken og er en effektiv metode til "carbon capture and storage" [1] og dermed modsvare nogle af de drivhusgasudledninger, landbruget ellers har. Biokoksen bidrager også positivt til jordens frugtbarhed, da vigtige mineraler føres retur og koksen øger jordens indhold af stabilt kulstof ("soil organic carbon"), som landbrugsjord typisk er fattig på [2,3]. Bioolien kan opgraderes til flydende brændstof og gassen kan brændes af og bruges som termisk energi til proces- eller fjernvarme.

DTU Kemiteknik har i samarbejde med Stiesdal SkyClean udviklet en

pyrolyseproces med det formål at have et højt koksudbytte og god skalerbarhed. Det er en modstrømspyrolyse ("up-draft pyrolysis"), hvor pyrolysegassen genopvarmes og recirkuleres til lejet af biomasse for at drive pyrolysen. I processen kan bioolien separeres fra gassen ved at køle gassen ned i en kondensator/ varmeveksler. Bioolien kondenseres ved omkring 100°C (figur 1) for at få en olie med et lavt vandindhold. Derved hæves brændværdien, man undgår fase-separation og indholdet af uønskede stoffer, som for eksempel eddikesyre, sænkes. Stiesdal SkyClean har på nuværende tidspunkt opskaleret anlægget til et 2 MW demonstrationsanlæg på Greenlab i Skive og et 20 MW kommercielt anlæg på et biogasanlæg i Vrå.

Udnyttelse af bioolien

I transportsektoren er det en stor udfordring at reducere CO₂-udledninger fra den tunge trafik, hvor elektrificering er mindre attraktivt. Der er derfor fokus på at finde bæredygtige alternativer til fossil olie. Bioolie fra pyrolyse kan opgraderes og potentielt anvendes på lige fod med fossile brændstoffer. Olien separeres fra gassen ved kondensering, så organiske stoffer (tjærer) og vand kommer på væskeform. Resten består af lette gasser, såsom H₂, CO, CO₂ og C₁-C₅ kulbrinter, som for eksempel kan brændes af og bruges til proces- eller fjernvarme. Ved at kondensere ved omkring 100°C kan man separere den "tunge" del af olien og lade mindre organiske stoffer og vand blive i gasfasen. Ved at have en proces med et højt koksudbytte bliver olieudbyttet lavere.

Parameter	Enhed	Bio-olie	HDO Bio-olie	Heavy fuel (ULSFO)
Kulstof (C)	vægt% (ts)	65	82-84	84
Hydrogen (H)	vægt% (ts)	6,4	10-11	13
Nitrogen (N)	vægt% (ts)	1,8	1,8-2,3	-
Svovl (S)	vægt% (ts)	0,03	<0,01	0,07
Oxygen ¹ (O)	vægt% (ts)	26	3-6	-
Vand	vægt%	11	<1	<0,1
Syretal	mg KOH/g	193	0,4-5	1,13
Densitet	kg/m ³	1200	910	890
Kinetisk viskositet (50°C)	cSt [mm ² /s]	370	22-67	49
Øvre brændværdi	MJ/kg	25	40-42	44
Flammepunkt	°C	>110	~25	67

¹ beregnet ved difference

Tabel 1. Karakterisering af den opgraderede bioolie i sammenligning med den rå bioolie og anvendte heavy fuel olie. Nogle værdier er angivet på tørstofbasis (ts).

Normalt benyttes "hurtig" pyrolyse til produktion af bioolie, der er kendetegnet ved høje opvarmningshastigheder (100-1000°C/s) og et højere olieudbytte (op mod 70 procent) end "langsom" eller "konventionel" pyrolyse (1-10°C/s) [4,5].

Typisk benyttes der også træ fremfor halm til produktion af pyrolyseolie, da halm har et større askeindhold. Asken forårsager katalytiske effekter i pyrolyseprocessen, der resulterer i et mindre olieudbytte og højere produktion af vand, som gør, at bioolien adskiller sig i en vandig og organisk (olie) fase [6,7]. Kulstoffet i SkyClean-processen er derfor fordelt, så cirka 20 procent af

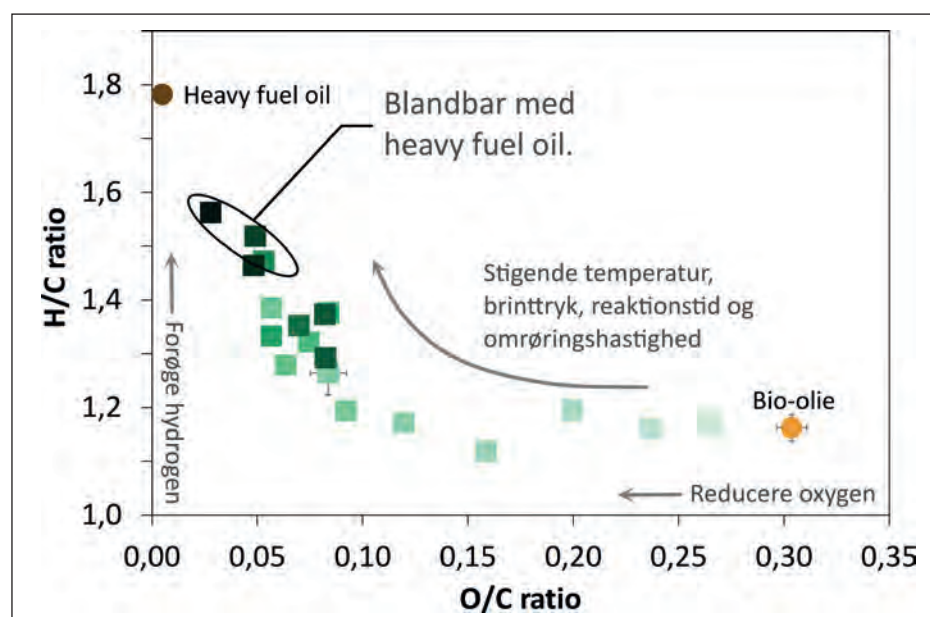
kulstoffet findes i den separerede olie-fase, cirka 40 procent i koksen og resten i gas- og vandfasen (figur 2).

I dette projekt har vi lavet en række forsøg med opgradering af SkyClean bioolien ved hjælp af katalytisk hydrodeoxygenering (HDO) og undersøgt kvaliteten af de opgraderede olier. De er blevet evalueret ved at sammenligne med en "ultra-low sulphur fuel oil" (ULSFO), som er en heavy fuel olie til skibsfart, og blandbarheden med ULSFO er blevet testet med en standard spottest (ASTM D4740), som bruges til at evaluere renlighed og blandbarhed imellem to eller flere heavy fuel olier.

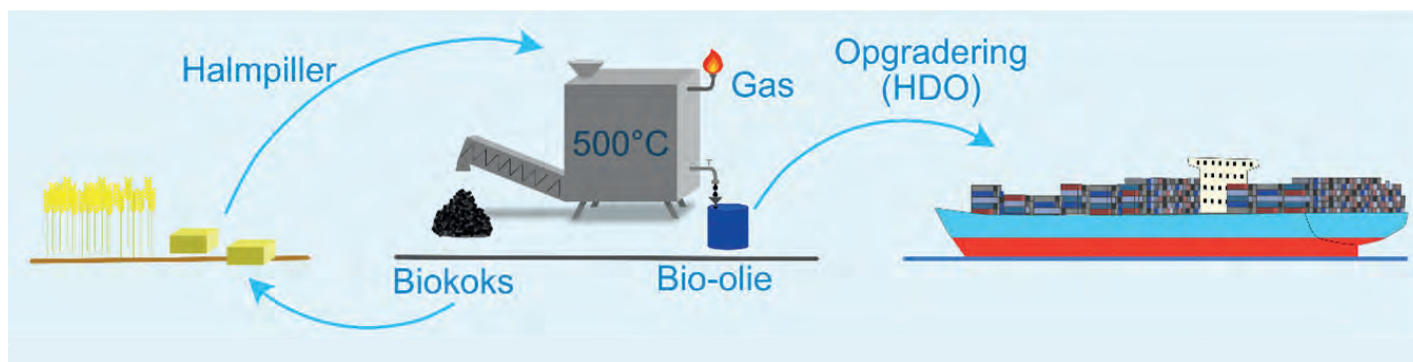
Opgradering

Bioolie har et højt indhold af oxygen, indeholder meget vand, har et højt syretal og er meget reaktiv, hvilket gør, at bioolie polymeriserer og udskiller vand under længere tids lagring. Den skal derfor opgraderes for at kunne bruges som brændstof. Opgradering af bioolie har været studeret i mere end 30 år og den mest effektive metode til opgradering af bioolie er med katalytisk hydrodeoxygenering (HDO), hvor bioolien omdannes til kulbrinter ved at fjerne oxygen og tilføje hydrogen [8,9].

De bedste katalysatorer til formålet er sulfiderede Ni-Mo og Co-Mo/Al₂O₃ katalysatorer, fordi de er effektive og modstandsdygtige over for deaktivering [8]. De samme katalysatorer bruges industrielt i raffinaderier til at fjerne svovl og nitrogen fra råolie. I bioolie er oxygen bundet i organiske stoffer som for eksempel organiske syrer (-COOH),



Figur 3. Van Krevelen-diagram over forsøgene med opgradering af bioolie. H/C og O/C molforholdene er angivet på tørstofbasis.



aldehyder/ketoner ($\text{C}=\text{O}$) eller fenoler (-OH) og kan omdannes til kulbrinter under højt tryk og varme og i reaktion med hydrogen. Under reaktionen fjernes oxygen fra bioolien under dannelse af vand og CO_2 og hydrogen tilføjes ved, at aromatiske stoffer (som består af benzenringe) mættes med hydrogen og bliver til for eksempel cycloalkaner.

Hvornår er bioolien blandbar med heavy fuel?

Der er blev udført en række laboratorieforsøg med opgradering af bioolien. Katalysatoren var en sulfideret Ni-Mo/ Al_2O_3 katalysator leveret af Topsoe, og der blev tilført 4 g katalysator til 40 g olie (tør basis). Forsøgene blev udført i en autoklave opvarmet til imellem $150\text{--}340^\circ\text{C}$ og tilført imellem 70-130 bar hydrogen fra start, samt varierende reaktionstid og omrøringshastighed.

Figur 3 på side 21 er en oversigt, der viser H/C og O/C molforholdene af den opgraderede bioolie fra alle forsøg. Den rå bioolie havde et O/C- og H/C-forhold hhv. på omkring 0,3 og 1,2, og ved gradvist at intensivere procesforholdene i forsøgene blev oxygenindholdet reduceret

og hydrogenindholdet forøget. Forsøgene viste, at ved et H/C-forhold på omkring 1,5 og et O/C-forhold på omkring 0,05 var de opgraderede olier fuldt blandbare med heavy fuel olie. En fuldt opgraderet bioolie vil typisk bruge imellem 60-70 g hydrogen/kg bioolie (tør basis) [10]. For de blandbare olier var hydrogenforbruget på 48-52 g/kg bioolie (tør basis).

Hvad kan det bruges til?

Karakterisering af de opgraderede olier viser, at de minder meget om heavy fuel olie (tabel 1, side 21). Oxygen og vand er faldet markant, hvilket øger oliens stabilitet og brændværdi. Syretallet er også faldet, hvilket er vigtigt i forhold til korrosion i motorer og tanke. Reduktionen af oxygenrige stoffer i bioolien, som gør den mindre polær, samt krakning af større molekyler til mindre molekyler reducerer densiteten og viskositeten. Sikkerheden på skibe, som sejler på heavy fuel olie, er lagt an på et flammepunkt over 60°C . Den opgraderede olie har et flammepunkt på $\sim 25^\circ\text{C}$ og derfor er det nødvendigt at destillere olien så de mest flygtige stoffer fjernes. En termogravimetrisk analyse (figur 4) viser,

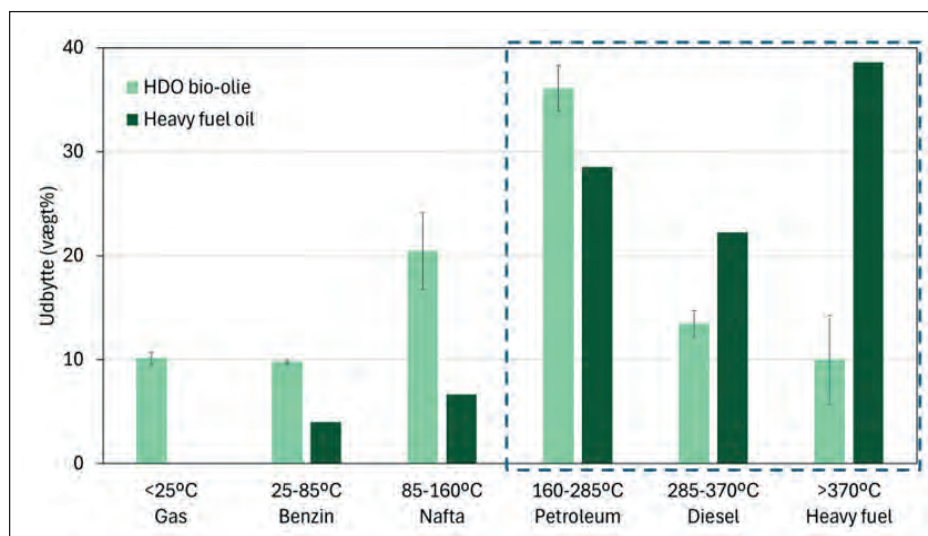
at størstedelen (omkring 60 procent) af den opgraderede bioolie fordamper i samme temperaturinterval som petroleum, diesel og heavy fuel. Forsøgene viser dermed, at det er muligt at opgradere Stiesdal pyrolyseolien til brændstof af god kvalitet, som kan anvendes til for eksempel skibsfart. Næste skridt er at opskalere opgraderingsprocessen og produktionen af pyrolyseolie.

E-mail:

Claus Dalsgaard Jensen: cdal@kt.dtu.dk

Referencer

1. H.-P. Schmidt, C. Werner, D. Gerten, W. Lucht, and C. Kammann, "Pyrogenic carbon capture and storage," 2018, doi: 10.1111/gcbb.12553.
2. H.-P. Schmidt, C. Kammann, J. Leifeld, T.D. Bucheli, M. Angel Sánchez Monedero, and C. Hans-Peter Schmidt, "Biochar in agriculture-A systematic review of 26 global meta-analyses," 2021, doi: 10.1111/gcbb.12889.
3. J. Lehmann, J. Gaunt, and M. Rondon, "Biochar sequestration in terrestrial ecosystems - A review," Mar. 2006. doi: 10.1007/s11027-005-9006-5.
4. A.V. Bridgwater, "Review of fast pyrolysis of biomass and product upgrading," *Biomass Bioenergy*, vol. 38, pp. 68-94, Mar. 2012, doi: 10.1016/j.biombioe.2011.01.048.
5. M. Raza et al., "Progress of the pyrolyzer reactors and advanced technologies for biomass pyrolysis processing," Oct. 01, 2021, MDPI. doi: 10.3390/su131911061.
6. A. Oasmaa et al., "Controlling the phase stability of biomass fast pyrolysis bio-oils," *Energy and Fuels*, vol. 29, no. 7, pp. 4373-4381, Jul. 2015, doi: 10.1021/acs.energyfuels.5b00607.
7. A. Oasmaa, Y. Solantausta, V. Arpiainen, E. Kuoppala, and K. Sipilä, "Fast pyrolysis bio-oils from wood and agricultural residues," *Energy and Fuels*, vol. 24, no. 2, pp. 1380-1388, Feb. 2010, doi: 10.1021/ef901107f.
8. T.M.H. Dabros et al., "Transportation fuels from biomass fast pyrolysis, catalytic hydrodeoxygenation, and catalytic fast hydrodeoxygenation," Sep. 01, 2018, Elsevier Ltd. doi: 10.1016/j.pecs.2018.05.002.
9. D.C. Elliott, "Historical developments in hydroprocessing bio-oils," May 2007. doi: 10.1021/ef070044u.
10. S. Verdier et al., "Pilot-scale hydrotreating of catalytic fast pyrolysis biocrudes: process performance and product analysis," *Sustain Energy Fuels*, vol. 5, no. 18, pp. 4668-4679, Sep. 2021, doi: 10.1039/d1se00540e.



Figur 4. Termogravimetrisk analyse af de opgraderede bioolier og den anvendte heavy fuel til sammenligning. Temperaturerne indikerer, hvilke intervaller de forskellige fraktioner typisk destilleres ved. Det ses, at brændstofferne er sammensat af mange forskellige stoffer, så fordampningskurven breder sig over flere intervaller.

Når bobler og farveskift afslører reaktorens hemmeligheder

Visuelle metoder giver ny indsigt i boblestørrelser, blandningstider og iltoverførsel i bioreaktorer.

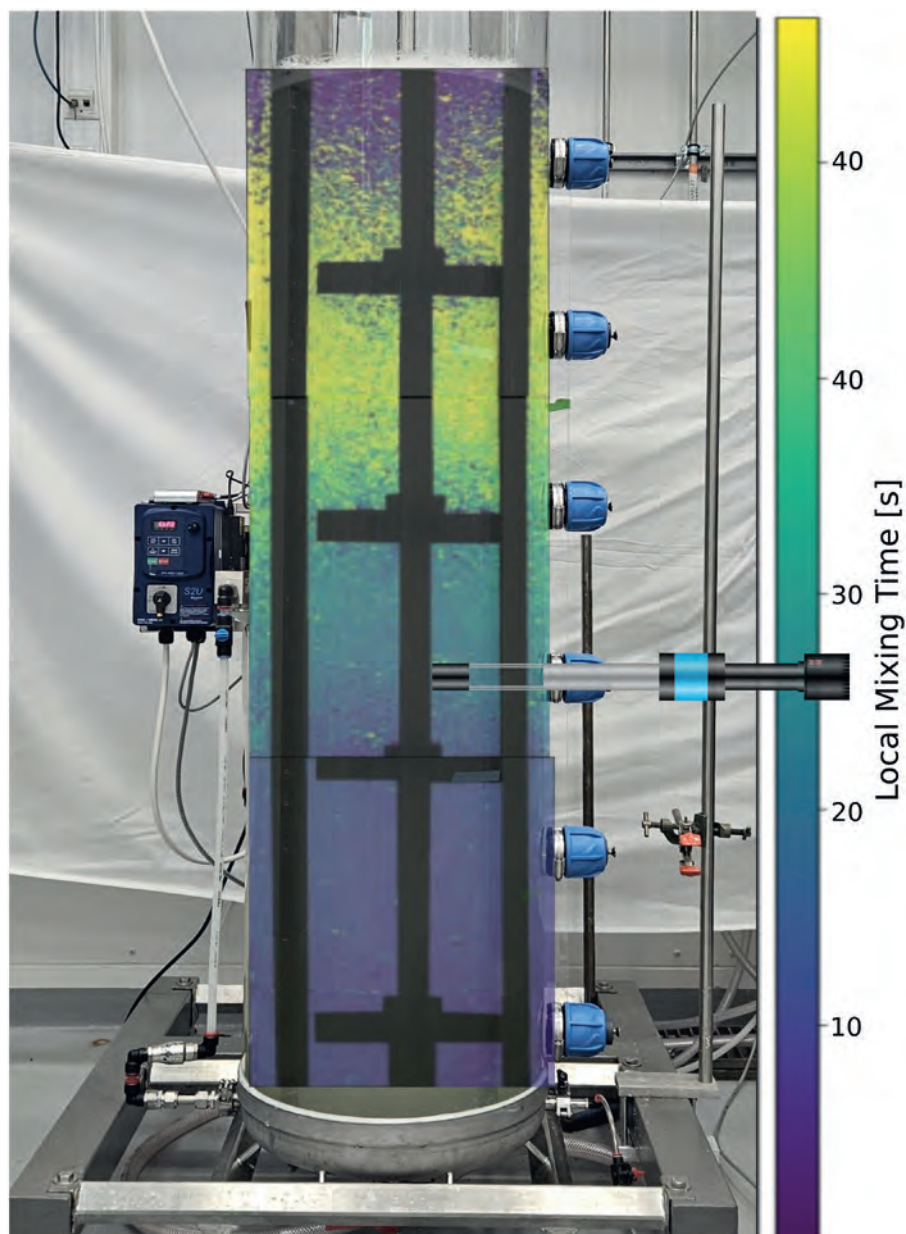
Af Emilie Overgaard Willer,
Camilla Tue Bastrup,
Ulrich Krühne og John M.
Woodley, DTU Kemiteknik

Ilt er livsnødvendigt – ikke kun for mennesker, men også for de mikroorganismer, der driver en lang række industrielle processer. I mange aerobe fermenteringer og kemiske produktioner er iltoverførslen derfor afgørende for, hvor godt processen fungerer. Udfordringen er, at ilt har lav opløselighed i vand. Det gør det svært at sikre en effektiv transport af ilt fra gasboblerne til væsken, dermed bliver iltoverførslen ofte en flaskehals, som begrænser både udbytte og produktkvalitet [1].

De klassiske løsninger er at øge omrøringshastigheden eller tilføje mere luft. Men for virkelig at optimere kræves en dybere forståelse af, hvordan netop omrøring og luftflow påvirker bobler, gasfordeling, blanding og flow i reaktoren. Her er både gasboblernes størrelse og fordelingen af ilt i væsken centrale parametre.

Når reaktoren bliver gennemsigtig

De fleste industrielle bioreaktorer er fremstillet i rustfrit stål. Det betyder, at man i praksis er blind for, hvad der sker inde i tanken, og derfor ofte må nøjes med gennemsnitsmålinger, der



Figur 1. Pilotskalatank (200 L) med display af blandningstidsanalyse, som indikerer i sekunder, tiden det tager for det specifikke område at være fuldt blandet. Derudover ses brugen af endoskop.

ikke afslører de lokale variationer i flow, boblestørrelser eller iltfordeling.

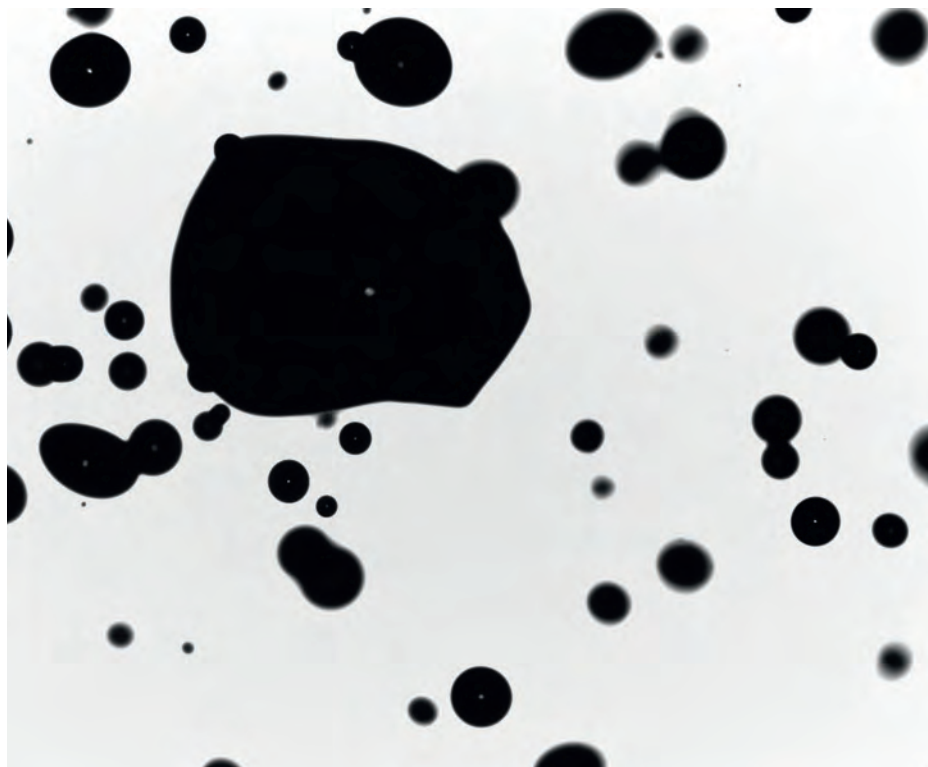
For at overvinde denne udfordring er der konstrueret en pilotskalatank (200 L) i plexiglas, udstyret med ekstra porte til måleudstyr (figur 1, side 23). Den gennemsigtige væg gør det muligt at se ind i systemet og anvende nye visuelle målemetoder, som ellers ikke kan bruges i ståltanke. Dermed kan man stadig operere under industrielle principper, men samtidig få detaljeret indsigt i, hvad der foregår inde i tanken.

I denne artikel præsenteres to nyere metoder: Et endoskop, som indsættes direkte i væsken og måler boblestørrelser, antal og areal, samt en billedanalysemetode, der ved hjælp af farveskift og et kamera kan bestemme lokale blandings-tider. Tilsammen giver de to metoder et nyt indblik ind i reaktorens indre og værdifuld viden, der kan bruges til at optimere iltoverførsel gennem valg af omrørertype, omrøringshastighed og luftflow.

Endoskop til boblestørrelse

Mange metoder til måling af gasboblestørrelse benytter et kamera, der, udefra, tager billeder gennem tankens vægge. Denne tilgang giver dog kun et begrænset billede af boblestørrelse, da det er vanskeligt at bestemme, hvor i systemet den registrerede boble befinder sig, særligt i dybden. Med en nyere metode benyttes i stedet et endoskop, som indsættes direkte i væsken gennem tankens åbninger i højre side (figur 1). Endoskopet (figur 2) er udstyret med en LED-lyskilde, der skaber baggrundsbelysning, samt en langdistance telecentrisk linse med tilhørende højhastighedskamera, der gør det muligt at tage op til 1900 billeder i sekundet.

Når gasboblerne passerer gennem det åbne måleområde (4-12 cm) mellem linsen og LED-lyset, dannes skyggebilleder [2] (figur 3). Fordelen er, at boblens placering i målefeltet ikke påvirker præcisionen af målingen. Ud fra disse billeder kan man bestemme boblestørrelse og antal af bobler, samt deres areal og volumen. Det giver et detaljeret indblik



Figur 3. Eksempel på et skyggebillede taget med endoskopet. Her lyser boblerne op som de sorte formationer. Dette eksempel er taget ved omrøring 150 RPM og luftflow 80 L/min.

i, hvordan boblernes egenskaber ændrer sig med tankens højde, og hvor i reaktoren der findes mange eller få bobler. De to vigtigste parametre, der kan bestemmes med endoskopet, er gasboblestørrelse og gas hold-up, som begge har stor betydning for reaktorens ydeevne.

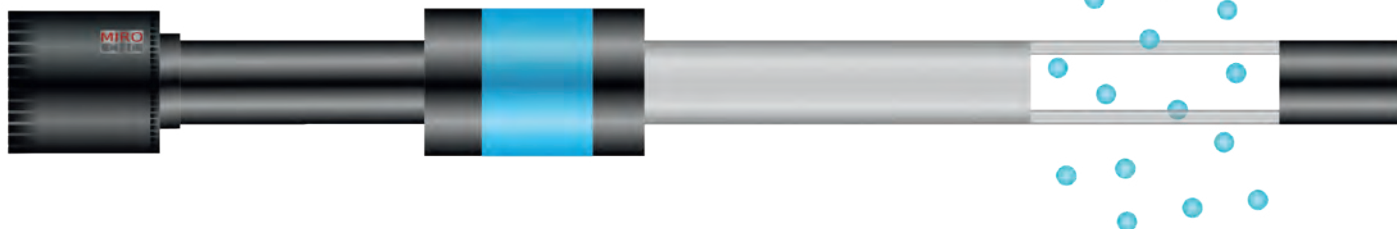
Gasboblestørrelse

Boblestørrelsen har direkte indflydelse på overfladearealet mellem gas og væske og dermed på, hvor effektiv iltoverførslen er. Mange små bobler giver et stort samlet overfladeareal og dermed bedre iltning, mens store bobler reducerer iltoverførslen. Under omrøring kan bobler både deles i mindre enheder eller smelte sammen (*engelsk: coalescence*) til færre større bobler. Denne sammensmeltning er uønsket, men kan begrænses ved tilsætning af salte, der ændrer væskens overfladespænding [3]. At kende boblestørrelser (figur 3) samt fordelingen af bobler er vigtig, da det kan bruges til at

optimere design af både tank og omrører samt procesbetingelser. På den måde kan man opnå en bedre masseoverførsel og mere stabile driftsforhold.

Gas hold-up

Gas hold-up beskriver, hvor stor en del af væskevolumenet, der består af gas. Normalt måles det globalt ved at sammenligne vækehøjden med og uden lufttilførsel [4]. Metoden siger dog intet om, hvordan gassen fordeler sig lokalt i tanken, men med endoskopet er det muligt at bestemme lokale gas hold-up. Dette gøres ved at analysere forholdet mellem væske- og gasvolumen, hvilket svarer til mængden af hvid i forhold til mængden af sort i figur 3. Det giver et langt mere detaljeret billede af gasfordelingen og gør det muligt at identificere zoner med store eller små mængder gas. Denne viden er central, da en jævn gasfordeling er en forudsætning for effektiv iltoverførsel og stabile processer.



Figur 2. Endoskop udstyret med LED-lyskilde (sort kappe for enden), en langdistance telecentrisk linse med tilhørende højhastighedskamera, samt åbningen hvor gasboblerne passerer gennem (4-12 cm).

Billedanalyse til lokal blandingstid

I mange processer måles den globale blandingstid, altså den gennemsnitlige tid det tager for hele tanken at blive ensartet blandet. Denne metode har dog en væsentlig begrænsning, idet den ikke tager højde for områder med langsom blanding eller såkaldte "lommer" af væske, som forbliver dårligt blandet, selv når de globale målinger indikerer fuldstændig blanding.

Ved hjælp af en billedanalysemetode er det muligt at bestemme lokale blandingstider og dermed få et langt mere detaljeret billede af hydrodynamikken i tanken. Til denne metode anvendes bromthymolblå, som er en pH-indikator (blå: pH>7.6, gul: pH<6.0) [5]. Ved at tilsætte syre vil farven i tanken gradvist ændres fra blå til gul. Dette farveskift optages med et højopløseligt kamera, der gør det muligt at analysere blandingstiden for hver enkel pixel. Således vil hver pixel få en lokal blandingstid. Figur 1 viser en illustration af lokale blandingstider i tanken bestemt til billedanalysemetoden. Med metoden bestemmes vigtige parametre som blandingstid og flowmønstre.

Blandingstid

Blandingstiden defineres som den tid, der kræves for at opnå en bestemt grad (ofte 95 procent) af homogenisering [6]. Med billedanalysemetoden registreres det, hvor lang tid det tager, fra syren til-

sættes, til farven i et givent punkt skifter fra blå til gul. Denne tid betegnes som blandingstiden for netop det område i tanken. Blandingstiden er en nøgleparameter, da den har stor indflydelse på både procesydelse og produktkvalitet. Utilstrækkelig blanding kan føre til gradienter i ilt, pH eller næringsstoffer, hvilket resulterer i heterogene forhold, der kan give lavere udbytte og skabe variationer i produktet.

Flowmønstre

Ud over at måle selve blandingstiden kan billedanalysemetoden også afsløre flowmønstre, altså de baner og cirkulationer, som væsken følger under omrøringen. Her er omrørertypen afgørende for, hvilket flow man observerer. Der findes således omrørertyper, der både giver radial og axial blanding. Forståelsen af flowmønstre er vigtig, da den gør det muligt at optimere omrørerdesign, tankgeometri og driftsparametre. På den måde kan man sikre en mere jævn fordeling af energi og et mere homogent produkt, hvilket kan betyde højere kvalitet, større udbytte og lavere energiforbrug.

Optimering af proces

Ved at kombinere de to visuelle metoder får man en unik mulighed for at optimere iltoverførslen. Det gælder ikke kun i vandige systemer, men også i processer, hvor væskens viskositet stiger, som det ofte sker under fermentering. Metoderne kan blandt andet bruges til at undersøge

effekten af forskellige omrørertyper, omrøringshastigheder og luftflows. På den måde kan man målrette design og drift mod at sikre bedre iltning og mere stabile processer med både højere udbytte og lavere energiforbrug som resultat.

E-mail:

Emilie Overgaard Willer:

eoje@kt.dtu.dk

John Woodley: jw@kt.dtu.dk

Ulrich Krühne: ulkr@kt.dtu.dk

Referencer

1. V.C. Srivastava and I.M. Mishra, "Oxygen Mass Transfer in Bioreactors," 2011.
2. Dantec Dynamics, "Measurement Principles of Shadow Sizing," Accessed: Nov. 24, 2022. [Online]. Available: <https://www.dantecdynamics.com/solutions-applications/solutions/spray-and-particle/shadow-sizing/measurement-principles-of-shadow-sizing/>.
3. M. Firouzi, T. Howes, and A.V. Nguyen, "A quantitative review of the transition salt concentration for inhibiting bubble coalescence," Aug. 12, 2015, *Elsevier*. doi: 10.1016/j.cis.2014.07.005.
4. J.J.M. Hofmeester, "Gas hold-up measurements in bioreactors," Elsevier 34 Hammond, 1988.
5. VWR Chemicals, "Bromothymol blue 0.04% in ethanol." Accessed: Apr. 04, 2025. [Online]. Available: <https://uk.vwr.com/store/product/2995488/bromothymol-blue-0-04-in-ethanol-technical>.
6. A. Rosseburg, J. Fitschen, J. Wutz, T. Wucherpfennig, and M. Schlüter, "Hydrodynamic inhomogeneities in large scale stirred tanks – Influence on mixing time," *Chem Eng Sci*, vol. 188, pp. 208-220, Oct. 2018, doi: 10.1016/j.ces.2018.05.008.



HUSK

**Dansk Kemi
kan også læses online**

Få besked hver gang
en ny udgave er tilgængelig.

**Tilmeld dig og læs bladet på
TechMedia.dk**

Nyttig viden fra TechMedia

Forstå pulver gennem simuleringer

Pulverbaserede produkter har mange fordele, men pulverets uforudsigelige og komplekse adfærd vanskeliggør at styre de processer, der producerer det. Med avancerede numeriske simuleringer kan vi nu kigge ind i selve procesudstyret og dermed designe forbedrede processer.

Af Nikolai Jessen, Oliver Massaad, DTU Kemiteknik, Alexander Findeisen, Pär Tufvesson, Novonesis, og Ulrich Krühne, DTU Kemiteknik

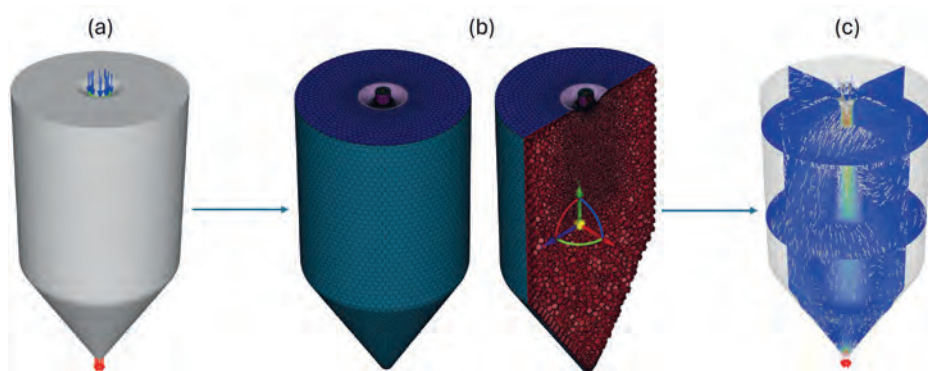
Pulverform er en effektiv måde at formulere produkter på inden for kemi-, fødevarer- og farmaceutisk industri. Enzymer, proteiner og mange lægemidler forarbejdes ofte fra opløsning til pulver, da dette kan forlænge holdbarheden eller forbedre håndterbarheden [1]. Pulvere er desuden mere termodynamisk stabile ved højere temperaturer, hvilket eliminerer behovet for køling under opbevaring og transport [2]. Typiske pulverprocesser kunne være spraytørring af mælk til mælkepulver eller granulering af farmaceutiske pulvere før tablettering. Dog er håndtering af pulver kompleks.

Det kan opføre sig som støv i luften, flyde som en væske eller lægge sig på bunden. Partikler kan også agglomerere, fragmentere eller klistre til overflader – afhængigt af deres egenskaber og miljøet [3]. Disse kompleksiteter gør det vanskeligt at designe pulverprocesser, da simple modeller ikke kan beskrive, hvad der sker i procesudstyret. Derfor anvender forskere og virksomheder i

stigende grad avancerede computersimuleringer til at beregne, hvordan partikler, væsker og gasser bevæger sig og interagerer i procesudstyret. Denne artikel beskriver to nume-



Figur 1. Et kig ind i en spray dryer ved brug af simuleringer.



Figur 2. De tre trin, der bruges i CFD for en spray dryer.

riske modelleringskoncepter; Computational Fluid Dynamics (CFD) og Discrete Element Method (DEM), samt hvordan de kan bruges til at simulere pulverprocesser.

Simulering af luftstrømme med Computational Fluid Dynamics

Generelt kan fluids bevægelser, såsom luftstrømmene inde i en spraytørrer, beskrives ved et sæt styrende ligninger (engelsk: *governing equations*). Disse ligninger beskriver ikke kun, hvordan luften bevæger sig, men også hvordan andre variable som varme og fugtighed transporteres i luften. Udfordringen er, at ligningerne er for komplekse til at kunne løses analytisk ved brug af simple matematiske beregninger. I stedet anvendes numeriske computeralgoritmer, som kan approksimere en løsning til disse ligninger ved at opdele luftvolumenet inde i procesudstyret i et stort antal små celler. Denne modeltilgang kaldes Computational Fluid Dynamics (CFD).

I praksis kan arbejdet med at anvende CFD på et procesudstyr opdeles i tre trin:

a) *Geometri og randbetingelser*: Først optegnes det luftvolumen, der findes

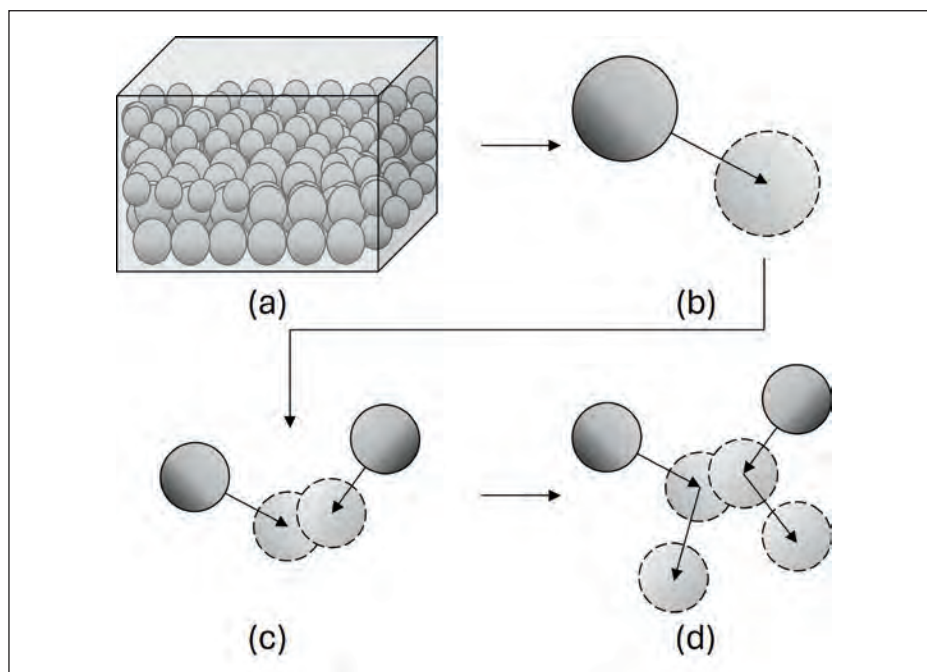
inde i procesudstyret. Her defineres også de overflader, der fungerer som indløb, udløb og vægge for luftstrømmen (figur 2a).

b) *Mesh*: Volumenet opdeles i tusindvis af små celler, hvilket er en forudsætning for at kunne løse de styrende ligninger. Her vil antallet af celler have en stor indflydelse på præcision og beregningstid for ens resultater. Flere celler giver typisk højere nøjagtighed, men også længere beregningstid. Denne proces kaldes *meshing* (figur 2b).

c) *Beregning og resultater*: Ligningerne løses af computeralgoritmen, og herved opnås resultaterne. I tilfældet med en spraytørrer giver dette en fuld 3D-løsning af luftstrømmen sammen med gradienter i temperatur og fugtighed inde i kammeret. Disse resultater kan anvendes til at opnå en bedre forståelse af tørringsprocessen og af dråbernes og partiklers bevægelse, som begge påvirkes af luftstrømmen (figur 2c).

Simulering af partikler med Discrete Element Method

Hvor CFD er velegnet til at simulere væsker og gasser som et kontinuum, er pulver anderledes, da de enkelte partikler kan opføre sig uafhængigt af



Figur 3. De fire trin, der findes i en DEM-algoritme.

hinanden og derfor kræver en anden modelleringsmetode: *Discrete Element Method* (DEM). DEM simulerer pulver som mange individuelle partikler, der bevæger sig frit i rummet. Fordi de

■ Fire trin for Discrete Element Method (DEM) algoritmen

a) Geometri og initialisering af partikler: Den geometri, som partiklerne bevæger sig i, defineres. Derudover defineres der også antallet af partikler (med form og størrelse), deres materialeegenskaber, samt hvilke kræfter der virker (for eksempel tyngdekraft). Hver partikel får en startposition og -hastighed (figur 3a).

b) Positionsbestemmelse: Hele simuleringen bevæger sig et tidsstep frem i tid. Her beregner modellen, hvorhen partiklerne bevæger sig baseret ud fra deres nuværende position, hastighed og retning (figur 3b).

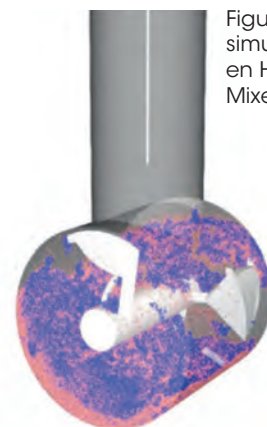
c) Kontaktregistrering: Modellen beregner, om partiklerne (eller partikler og vægge) kolliderer (figur 3c).

d) Kontaktmodellering: Kollisioner beregnes som fjederlignende interaktioner, hvilket ændrer partiklernes hastigheder og baner (figur 3d). Trin b-d gentages igen og igen, indtil den ønskede simulationstid er nået [4].

enkelte partiklers bevægelse tages i betragtning, kan DEM også inkludere mikroskopiske partikelinteraktioner såsom kollision og agglomering og dermed give indsigt i, hvordan pulver opfører sig på bulk-niveau.

Et eksempel på en proces, hvor partikelbevægelse er essentiel, er pulverblanding i High Shear Mixers (HSM), hvor forskellige pulvere blandes for at opnå homogenitet eller granulering for øget størrelse. En udbredt udfordring er opskalering af HSM-processer fra små laboratorieblandere til store industrielle blandere, da de optimale driftsbetingelser, såsom blandingstiden, varierer med processtørrelsen.

I lille skala kan man med enkle opsætninger benytte en trial-and-error tilgang, hvor mange eksperimenter udføres for at finde de optimale driftsbetingelser. Men da pulverbevægelser er komplekse, er de samme betingelser ofte ikke egnede i større skalaer. Her kan man med DEM køre mange simulerede eksperimenter selv i stor skala og dermed beregne optimale driftsbetingelser uden at udføre fysiske forsøg. Et eksempel på en DEM-simulering af en HSM kan ses på figur 4. Særligt har DEM hjulpet forskere med at identificere nøgleparametre for at forudsige pulverblanding ved at fokusere på to centrale faktorer: impellerens hastighed og den mængde pulver, som bladene forskyder ved hver rotation. Ved opskalering, hvor disse parametre holdes konstante, kan man opnå lignende flowkarakteristika i blandere uanset deres form og størrelse [5, 6].



Figur 4. DEM-simulering af en High Shear Mixer.

Fremtiden for pulverteknologi

Samlet set rummer CFD- og DEM-modellernes evne til at forudsige pulverprocesser et stort potentiale for at spare både tid og omkostninger. Derudover er der allerede i dag eksempler på simuleringer, der kombinerer både CFD og DEM, hvor man samtidig kan beskrive både luftstrømme og partikelbevægelser. De største udfordringer er i dag, at modellerne kræver store mængder computerkraft. Men i takt med at processorer og regneteknologi bliver stadig kraftigere, vil mulighederne for at anvende CFD og DEM med tiden vokse – og de vil blive et stadig vigtigere og mere effektivt værktøj til at designe fremtidens pulverprocesser.

E-mail:

Nikolai Asbjørn Jessen: nasje@kt.dtu.dk

Oliver Robert Oscar Massaad:

oroma@kt.dtu.dk

Referencer

1. Emami, F.; Vatanara, A.; Park, E.J.; Na, D.H. Drying technologies for the stability and bioavailability of biopharmaceuticals. *Pharmaceutics* 2018, 10(3), 131. <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics10030131>.
2. Emami, F.; Keihan Shokooh, M.; Mostafavi Yazdi, S.J. Recent progress in drying technologies for improving the stability and delivery efficiency of biopharmaceuticals. *J. Pharm. Investig.* 2023, 53, 35-57. <https://doi.org/10.1007/s40005-022-00610-x>.
3. Suhag, R.; Kellil, A.; Razem, M. Factors influencing food powder flowability. *Powders* 2024, 3, 65-76. <https://doi.org/10.3390/powders3010006>.
4. Grohn, P.; Lawall, M.; Oesau, T.; Heinrich, S.; Antonyuk, S. CFD-DEM simulation of a coating process in a fluidized bed rotor granulator. *Processes* 2020, 8, 1090. <https://doi.org/10.3390/pr8091090>.
5. Nakamura, H.; Fujii, H.; Watano, S. Scale-up of high shear mixer-granulator based on discrete element analysis. *Powder Technol.* 2013, 236, 149-156. <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2012.03.009>.
6. Chan, E.L.; et al. DEM investigation of horizontal high shear mixer flow behaviour and implications for scale-up. *Powder Technol.* 2015, 270, 561-568. <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2014.09.017>.

Vellykket LabDays 2025

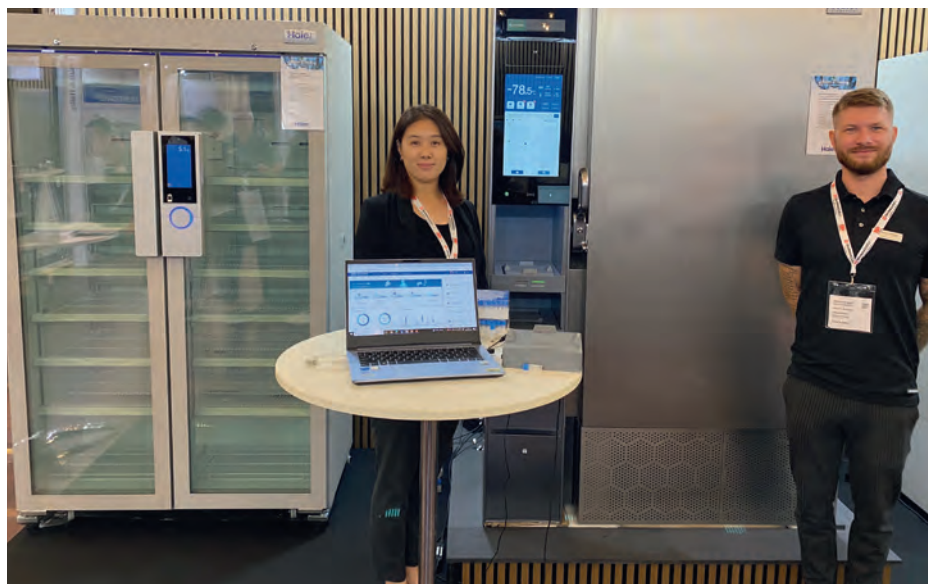
Den 10.-11. september stod 97 udstillere klar til at præsentere deres produkter på LabDays 2025, der blev afholdt i Aarhus Congress Center.

Af Hanne Christine Bertram,
hcb@techmedia.dk

Der var en god og munter stemning, og atmosfæren var i top, da LabDays åbnede dørene for dette års messe. Et rekordstort antal interesserede gæster lagde vejen forbi messen over de to dage, og sammenlagt tiltrak messen 1649 besøgende. På messen kunne de besøgende opleve masser af spændende og velekviperede stande, oplagte udstillere, der engageret præsenterede og forklarede deres produkter og nyheder. Fra udstillerne lyder meldingerne også, at det har været en god og udbytterig messe.

Gamle travere og banebrydende nyheder

På messen kunne man blandt udstillerne både se mange velkendte laboratorieprodukter og analyseapparaturer, men også opleve nyheder. Inden for fryserne kunne Holm & Halby fremvise tre nye produkter fra Haier Biomedical. En spændende nyhed på denne front er en -80 grader RFID (Radio Frequency Identification) fryser til for eksempel biobankprøver, hvor der er brugerinterface, der er cloud-baseret, således at individuelle prøver kan scannes og registreres remote. Den



Yin Zitong og Dennis Frohn fra Holm & Halby fremviste nyheder inden for fryse- og køleskabe.

optimerede registrering og håndtering af prøver betyder bedre udnyttelse af fryserkapacitet, da der nemt fås et overblik over prøver i samtlige racks.

En anden produktnyhed, kaldet Ultra Eco, er banebrydende i forhold til at være optimeret på strømforbrug, og denne -80 grader fryser bruger blot 5,18 kWh i døgnet.

Den tredje nyhed er et køleskab, der nu

har fået touchskærm svarende til, hvad der tidligere kun har været implementeret på lavtemperaturfrydere. Touchskærmen bruger fingeraftryk, kortlæser eller ansigtsgenkendelse, og der registreres således, hvornår og af hvem køleskabet har været åbent, ligesom temperatur monitoreres og følges på skærmen.

Messen bød også på et fagligt program med i alt 20 seminarer, hvor udstillere præsenterede produktnyheder og gav råd og vejledning med på vejen.



Majbritt Nielsen fra Phenomenex stod klar med rådgivning til kromatografi. Ud over at tilbyde produkter inden for kromatografi, afholder Phenomenex også onlinekurser inden for blandt andet metodeudvikling.



Marius Jacobsen fra Metinor kunne præsentere verdens mindste sensor til temperaturdokumentation. Også vandlækage m.m. kan monitoreres. Batteriet har en levetid på 15 år.



Et låg er ikke bare et låg. Det ved Torben Rahbek fra ApodanNordic PharmaPackaging A/S, der er specialiseret i emballage til pharma og medicin, alt om.

Professor dr. Søren Jensen, Stockholm Universitet

- en verdenskendt dansk kemiker.

Af Allan Astrup Jensen og Asbjørn Petersen

Søren blev født i Esbjerg den 4. juni 1927, og døde 96 år gammel den 24. september 2023 i Huddinge, Stockholm.

Søren var uddannet gartner og hortonom, og han ville gerne studere videre til kemiingeniør, men klarede ikke adgangsprøven til Polyteknisk Læreanstalt. I stedet for rejste Søren i 1958 til Stockholm og bestod adgangsprøven til at læse organisk kemi ved universitetet. Her viste han gode evner og arbejdslyst, og han blev ansat som amanuensis, udviklede syntesemetoder for lokalbedøvelsesmidler og fik taget en licentiateksamen.

Derefter blev Søren i 1964 ansat som miljøkemiker på universitetets nyoprettede afdeling for analytisk kemi. Her blev hans opgave, der var inspireret af Rachel Carsons bog "Det tavse forår", der netop var udkommet på svensk, at udvikle en metode til bestemmelse af DDT i svenskerne fedtvæv ved hjælp af den dengang helt nye metode: gaschromatografi med EC-detektor, der jo har en høj følsomhed for stoffer, der indeholder chlor. Under analysering af fedtprøver opdagede han, at der efter to toppe i gaschromatogrammet fra DDT-familien, kom 14 ukendte toppe, som han, sammen med biologiske kollegaer, senere fandt ud af, måtte være hidtil ukendte miljøforureninger.

De ukendte toppe kunne ikke være urenheder, da de også kunne detekteres i alle gedder indsamlet fra hele Sverige, men toppene (bioakkumuleringen) aftog fra det tætbefolkede syd til det øde nord i Sverige. Undersøgelser af organismer på forskellige trin i fødekæder viste desuden, at der var cirka 10 gange mere af de 14 ukendte stoffer for hvert trin opad i fødekæden (biomagnifikation). Undersøgelser af museumseksemplarer af havørnefjer afslørede endvidere, at de 14 toppe først dukkede op i prøver fra og med 1944, så der kunne ikke være tale om naturstoffer.

En havørn fundet død i Stockholms Skærgård viste sig at have et enormt indhold af de 14 stoffer. Et prøveekstrakt heraf undersøgte han i juni 1966 som noget nyt ved at koble en gaschromatograf til et massespektrometer, og det viste sig, at alle 14 toppe kun indeholdt chlor og et biphenyl-ringsystem, så han navngav derfor stofferne som PCB (Poly Chlorerede Biphenyler).

Det viste sig, at de samme 14 toppe – sammen med andre – kunne identificeres i et kommercielt produkt, Clophen A50, der blev produceret af det tyske kemifirma Bayer og brugt i industrien. Mange andre miljøkemikere rundt om i verden havde også set de 14 toppe ved deres analyser, men det var ikke lykkedes dem at identificere toppene, inden Søren gjorde det.

Opdagelsen af PCB blev publiceret i tidsskriftet New Scientist i 1966 og blev præsenteret ved et foredrag i Stock-



Søren Jensen hilser på Pave Johannes Paul 2. i forbindelse med et foredrag afholdt i Vatikanet, cirka 1979.

holm i november 1966. National og international presse var til stede og dagen efter var det topnyhed i alle medier. Søren Jensen blev verdenskendt fra den ene dag til den anden.

I 1968 blev han leder af det nyoprettede "Naturvårdsverkets Specialanalytiske Laboratorium" – et job han varetog indtil 1979, hvor området blev omstruktureret.

Han forsvarede sin doktordisputats "Identification of some organic substances potentially harmful to the environment" i 1974 og blev ordinær professor i kemisk miljøanalyse ved Stockholm Universitet i 1977.

Svenske pensionsregler gjorde, at Søren Jensen måtte gå på pension som 65-årig i 1992. Han vedblev dog med at arbejde inden for feltet med andre former for ansættelse ved blandt andet Rigmuseet og Universitetet indtil 2014, hvor øjenssygdommen "grøn stær" umuliggjorde laboratoriearbejde.

I hele sin karriere i Sverige holdt han kontakt med danske miljøkemikere, og ved det stiftende møde i 1983 i Kemisk Forenings sektion "Dansk Selskab for Miljøkemi" holdt Søren Jensen et foredrag om PCB.

Ved Kemisk Forenings Årsmøde 2015 i Odense holdt han et foredrag: "Hvordan DDT medvirkede til min opdagelse af PCB".

Søren Jensen udgav selv sine erindringer i en svensk/dansk udgave 2013. Dansk Selskab for Historisk Kemi udgav i 2017 en opdateret og udvidet udgave af hans erindringer med en række fotos fra Sørenes eget arkiv.

Søren Jensen modtog flere hæderspriser. Senest den 27. juni 2017, 50 år efter opdagelsen af PCB, modtog Søren Jensen, ved den europæiske "Conference on Chemistry and the Environment" i Oslo, en "Life Time Achievement Award".

Æret være Sørenes minde.

E-mail: Asbjørn Petersen: ap@esteban.dk



De to vindere af "Dr. The Margaret Faul Women in Chemistry award lectures", der blev uddelt ved ESOC: Dani Schultz (nr. 2 fra venstre) og Franiziska Schoenebeck (nr. 2 fra højre) sammen med Margaret Faul (tv.), Alois Fürstner (th.) og en repræsentant fra forlaget Thieme.

European Symposium on Organic Chemistry

Af Frederik Simonsen Bro, DTU Kemi, Christian Marcus Pedersen og Michael Pittelkow, Kemisk Institut, KU

Fra søndag den 29. juni til torsdag den 3. juli blev "European Symposium on Organic Chemistry" (ESOC) afholdt i Tivoli Congress Center i København. Dette var den 23. i konferencaserien og første gang den blev afholdt i Danmark. Den første konference blev afholdt i Köln i Tyskland i 1979 og den er siden blevet afholdt cirka hvert andet år. Den næste finder sted i Bologna i sommeren 2027.

Christian Marcus Pedersen og Michael Pittelkow fra Kemisk Institut på Københavns Universitet arrangerede dette års møde, og der var 619 deltagere fra 49 lande fra seks verdensdele. Der var 13 plenarforedrag, 13 inviterede foredragsholdere og 21 "oral communications", der var blevet udvalgt på basis af en ansøgningsproces. Der var desuden to postersessioner med i alt 350 poster. På konferencens sidste dag blev seks posterpriser uddelt, hvoraf to af dem blev givet på bag-

grund af afstemninger blandt konferencedeltagerne og fire blev uddelt af en bedømmelseskomite.

Blandt de 47 foredrag blev "Patai-Rappoport lecture award" givet af professor Eric Jacobsen fra Harvard University, "Dr. The Margaret Faul Women in Chemistry award lectures" blev givet af Franiziska Schoenebeck fra Aachen University (Akademisk pris) og Dr. Dani Schultz fra Merck (Industripris). EuChemS uddelte "Award for research 2024" til prof. Ilan Marek fra Technion og deres "Young investigator award 2024" til prof. Aurélien de la Torre fra d'Orsay.

EuChemS' pris "Award for service 2024" blev uddelt til prof. Berit Olofsson fra Stockholm.

I forbindelse med konferencen var der ydermere udstilling af udstyr og instrumenter og man kunne få de seneste nyheder fra ledende forlag inden for organisk kemi.

E-mail:
Christian Marcus Pedersen:
cmp@chem.ku.dk
Michael Pittelkow: pittel@chem.ku.dk

NOMENKLATUR

Mere sulfo!

(opfølging på causeriet i august-nummeret)

Ida Fabricius (DTU), en af forfatterne til kryolitartiklen i samme nummer, påpeger, at geologer bruger betegnelsen 'sulfosalte' om mineraler med den generelle sammensætning $A_mB_nX_p$, hvor m , n og p er hele tal; A kan være bly, sølv, thallium eller kobber; B kan være antimon, arsen, bismuth, tin eller germanium; og X kan være svovl eller selen. Man kan læse om det i [1,2]. Rationalet i den umiddelbart overraskende betegnelse kan man finde i lex.dk, som oplyser, at 'sulfosalte' har været brugt om det, vi nu ville kalde thiosalte (salte af thiosyrer som fx H_3AsS_3) [3].

Undertegnede huskede ikke at have hørt betegnelsen i uorganisk kemi, men den er faktisk at finde i en kendt lærebog fra 1940 [4]. I dag må det anses for forældet at bruge 'sulfo' på denne måde i kemi, men det slutter ringen tilbage til de geologiske sulfosalte, som man tidligere har antaget var salte af sådanne thiosyrer (hvilket ved strukturelle analyser generelt har vist sig ikke at være tilfældet, men den overordnede klassebetegnelse er altså levedygtig).

TD, Nomenklaturudvalget

Referencer

1. <https://www.britannica.com/science/sulfosalt> (besøgt 8. september 2025).
2. Y. Moëlo *et al.* (17 forf.): Sulfosalt systematics: a review. Report of the sulfosalt sub-committee of the IMA Commission on Ore Mineralogy. *Eur. J. Mineral.* **20** (2008) 7-46.
3. <https://lex.dk/sulfosalte> (besøgt 8. september 2025).
4. E. Biilmann: *Uorganisk kemi* [6.udg., Gad 1940]. Se for eksempel under 'Arsenets Svovlforbindelser' (s. 256). I øvrigt kalder Biilmann Caros syre, som vi i dag ville navngive semisystematisk som peroxysvovlsyre, for 'sulfomonopersyre'.

Savner du også det store overblik?

PFAS



Med Combustion IC (CIC) får du den totale mængde PFAS i dine prøver.

Med mere end 10.000 forskellige PFAS er det vigtigt at få det fulde billede.

Få hurtige og pålidelige resultater - **for alle PFAS.**

Med CIC efter den nye standardmetode DIN-38409-59 får du:

Selektiv bestemmelse af AOF, AOCl, AOBr og AOI i forskellige vandprøver

AOF som en hurtig, ikke-målet screening for PFAS'er

Effektivt system med meget lidt vedligeholdelse

Let at bruge, robust og pålideligt





DEN KOMPLETTE LEVERANDØR INDEN FOR RENRUM



PRODUKTER

- LAF kabinetter
- Cytostatika kabinetter
- Sterilkabinetter
- Medicinblandeskabe
- Partikeltællere

RENRUMSARTIKLER

- Desinfektionsmidler
- Handsker
- Aftøringsklude
- Swabs og lab tips
- Klæbemåtter
- Masker
- WebShop: shop.holm-halby.dk

INDESLUTNINGER OG BARRIERESYSTEMER

- AIR showers
- RABS
- Isolatorer
- Sluser
- Gennemrækningsmoduler

YDELSER

- Rådgivning
- Projektledelse
- Service
- Installation
- Test
- Kvalificering
- Seminarer og undervisning

Tel.: 4326 9400
www.holm-halby.dk
info@holm-halby.dk



Hvis du vil vide mere:
Kontakt team Cleanzone
www.holm-halby.dk/cleanzone/

INDEKLIMA

TechMedia TILLÆG - 2025

ADG ADG
FYSIOTERAPI & TRÆNING FYSIOTERAPI & TRÆNING

1 0 00:36 1 0 00:36

Svendborg
Kommune

**Intelligent
luftstyring mindsker
håndboldarenas
varmeforbrug**



Lindab Aggregater

Skab det perfekte indeklima i svømmehallen
eller i spaen

> Læs s. 13

 Lindab®



20

Derfor kan det betale sig at investere i ventilation, når du renoverer

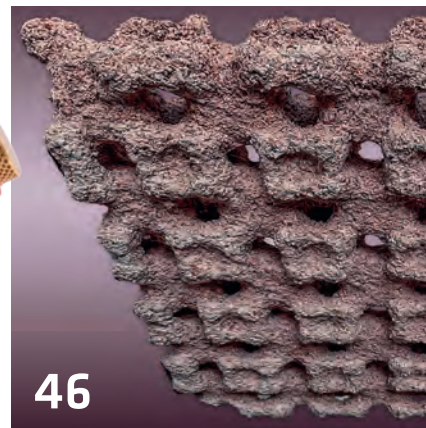
Klassisk renovering forbindes med for eksempel nyt tag og vinduer – men det kan betale sig også at kigge på ventilation.



28

Kan gulvvarme hjælpe på indeklimaet og hvordan udnytter vi energien bedre?

Teknologien til en bedre udnyttelse af energi ved gulvvarmeinstallationer ligger allerede på hylderne. Sammen med den nye teknologi kan vi skabe et bedre indeklima.



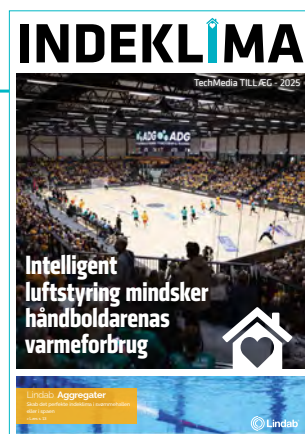
46

3D-printede vægge bekæmper fugtighed og klimaændringer

3D-printede vægpaneler af marmoraffald styrer fugtigheden, reducerer emissioner og forbedrer komforten i travle indendørsområder.

INDHOLD

Brug mulighederne - men overgør det ikke	4	Digital kølemanifold til præcise og effektive målinger	32
Indeklimaets dynamik – overvågning i realtid og intelligent respons	6	Ny Cradle to Cradle loftdiffusor	34
Intelligent luftstyring skærer 18% af håndboldarenas varmekonsum	10	Et effektivt produktionsindeklima kræver mere end ventilation	38
Ventilation i svømmehaller og spa – tekniske krav og løsninger	18	Trådløst termisk kamera til smartphones	40
Derfor kan det betale sig at investere i ventilation, når du renoverer	20	Høje temperaturer i hjemmet kan øge risikoen for kognitiv tilbagegang	42
Den komplette løsning til varme, varmt vand og ventilation	24	Hi-Flo tager endnu et grønt skridt fremad	44
Panasonic lancerer ny smart varmepumpe-app	27	3D-printede vægge bekæmper fugtighed og klimaændringer	46
Kan gulvvarme hjælpe på indeklimaet og hvordan udnytter vi energien bedre?	28	Dårligt indeklima i skoler og daginstitutioner bekymrer forældrene	48



Forside:

GOG Håndbolds nye arena i Svendborg har et godt indeklima for atleter og publikum med minimalt energiforbrug til opvarmning. En enkel løsning fra Flowair med et "mini-CTS" sikrer optimalt samspil mellem loftmonterede varmeventilatorer og opblandingsventilatorer. Foto: Lau Nielsen.

Velkommen til TechMedias Indeklimatillæg

Tillægget udgives hvert år med fokus på, hvad der rører sig inden for området indeklima.

Tillægget udsendes sammen med fem af TechMedias fagblade og kan findes i samtlige digitale versioner af TechMedias fagblade henover efteråret 2025.



Læs
Indeklimatillægget
online her



Se TechMedias
øvrige online
fagmedier her

Redaktion: Allan Malmberg, redaktør (ansvarsh.), e-mail: am@techmedia.dk, tlf.: 43 24 26 81
Bladsekretær: Heidi Thode, e-mail: ht@techmedia.dk, tlf.: 43 24 26 62
Annoncer: Morten Weihrauch, e-mail: mw@techmedia.dk, tlf.: 43 24 26 33
Annoncekoordinering: Helle Hansen, e-mail: hh@techmedia.dk, tlf.: 43 24 26 71
Layout: Trine Plass, e-mail: tp@techmedia.dk, tlf.: 43 24 26 12



TEKSTILBASERET VENTILATION

Ensartet ventilation sikrer høj komfort



Loftdiffusor til effektiv og trækfri luftfordeling

Godt indeklima kræver effektivt luftskifte i rummet. FBS loftpaneler er vores bud på loftdiffusorer til trækfri og ensartet fordeling af frisk luft i skoler, på kontorer og andre miljøer, hvor mennesker er samlet og komfort er vigtigt. Løsningen er vævet i tekstilmateriale på vores eget væveri i Danmark og kan leveres i flere flotte Cradle to Cradle-godkendte farver, så designet passer til rummets indretning. I rum med lav loftshøjde eller lav frihøjde over loftet kan det være svært at skabe godt indeklima, men de fleksible FBS loftpaneler er specielt udviklet til nedhængte lofter, hvilket gør dem til et godt alternativ til traditionelle loftsarmaturer.

Læs mere om, hvordan du sikrer et godt indeklima på www.ke-fibertec.dk

Brug mulighederne – men overgør det ikke



Af Lars Gunnarsen,
indemiljørådgiver.dk, civilingeniør,
ph.d., professor emeritus

Byggeriet er i rivende udvikling, og vores forventninger til et komfortabelt, sundt og produktivt indemiljø er store. Det giver udfordringer, og i byggebranchen gør vi vores bedste for at understøtte en positiv udvikling med bedre brug af de muligheder, der byder sig til. Det gælder naturligvis særligt større udbredelse af godt indemiljø, mindre klimabelastninger fra opførelse og drift af bygningerne og billige og robuste løsninger. Her kommer der dog nogle eksempler på nye faldgruber.

Det er fantastisk, at vi nu kan få gode vinduer med meget bedre isolering mod varmetab. Energiruder har betydet en masse godt for adgangen til dagslys og mindsket energiforbrug. Men nye problemer er kommet til: Store sydvendte vinduesflader giver problemer med overopvarmning, når solen skinner. Akvariearkitekturen med vinduer fra gulv til loft giver således ofte termiske gener. Solen kan opvarme gulv og indeklima gennem hele vinduesarealet, men vi skal huske, at udsyn og dagslysadgang hovedsageligt sker gennem vinduesarealer, der

starter et godt stykke over gulvet. Selvom vi ikke har brug for vinduesbrystninger i forhold til radiatorer, når der er gulvvarme, så skal vi huske, at vinduerne giver gener, hvis de ikke vælges under hensyntagen til generne fra stort solindfald. Den nederste del af de høje vinduer kan ofte undværes, uden det begrænser glæden ved dem.

Etageboliger skal have balanceret mekanisk ventilation svarende til $0,3 \text{ l/s m}^2$, og så skal der kunne udsuges 15 l/s fra badeværelser og 20 l/s fra køkkener, når de rum er i brug. Det bliver med baggrund i mulighederne for god varmegenvinding i ventilationssystemerne ofte oversat til en konstant udsugning fra køkken og bad på samlet 35 l/s eller en ventilering af en mindre bolig på 50 kvadratmeter med $0,7 \text{ l/s m}^2$. Med så kraftig ventilering kan der komme trækgener, støj og måske utilfredshed med tør indeluft om vinteren. Behovs- eller brugstilpasset ventilation må bestemt være relevant i mange flere mindre etageboliger.

Vi skal øge brugen af træ i husbygningen i en mere bæredygtig fremtid. Men når man så kigger på nye huse af træ, kan man se, at vi er ved at genopfinde muligheder og begrænsninger, mens vi bygger træhusene. Der sker fejl. Vi kan ikke bare kopiere det murede byggeri eller betonbyggeriet. Træet skal holdes tørt hele vejen gennem byggeprocessen, gerne med overdækning af byggepladserne, husene skal have passende tagudhæng, og under vinduerne skal sålbænkene være supergode til at vise vand væk. Her skal der være fuld opmærksomhed på træets muligheder og begrænsninger. Kubistisk træbyggeri er ofte en misforståelse.

Gode pålidelige sensorer for temperatur, luftfugtighed og CO_2 som proxy for luftkvalitet giver nye muligheder for styring af indeklimaet. Det er fristende at for-

binde dem trådløst til bygningsautomatikken. Men når sensorernes batterier løber tør for strøm, så løber automatikken løbsk, og indeklimaet bliver utilfredsstillende, uden at bygningsbrugere umiddelbart forstår hvorfor. Det er ofte blevet langt billigere at installere sensorer uden ledninger, men der skal så være gode faste rutiner for opladning eller udskiftning af batterierne.

Vi bygger huse for at opfylde menneskers behov for et komfortabelt, sundt og produktivt miljø. Der er dog forskelle mellem mennesker, og for den enkelte varierer behovene også. Brugere vil gerne have nogen kontrol over deres indeklima. Udluftning gennem vinduer og justering af rumtermostater er gode gamle virkemidler til opfyldelse af de individuelle behov. Der er dog flere eksempler på nye huse, der klimatiseres til konstante temperaturer i brugstiden uden hensyntagen til årstid og de skiftende behov for temperaturer, som brugere har. Det er derfor også relevant at lade indetemperaturen være højere på varme dage end på kolde, så brugernes beklædning til udendørs ophold på vej til bygningen i nogen grad afspejles i en komfortabel og tilpasset inde temperatur. Det er at overgøre klimastyringen, hvis bygningsbrugere skal have ekstra tøj med om sommeren for at være komfortable i bygningens indemiljø ■



BEHAGELIGT INDEKLIMA MED

LUFTTÆPPER
STRÅLEVARME
VARMEVENTILATORER
KONVEKTORER
STYRINGER

Ekspertene til dit næste projekt:



+45 20 85 81 81
ronnie.rasmussen
@frico.dk



+45 20 85 95 99
thomas.jorgensen
@frico.dk



+45 20 85 50 33
emil.olsen
@frico.dk



+45 20 85 97 97
allan.jorgensen
@frico.dk

www.frico.dk

FRICO

Indeklimaets dynamik

– overvågning i realtid og intelligent respons

Indeklima er ikke en statisk tilstand. Det er i konstant forandring og påvirkes af både eksterne forhold som vejr og solindstråling og interne faktorer som menneskers aktivitet, apparater og ventilationens funktion. Derfor er et øjebliksbillede sjældent nok til at give en retvisende vurdering af indeklimaet. Der kræves kontinuerlig overvågning og evne til at handle på data i realtid. Et veldokumenteret indeklima er ikke blot et spørgsmål om komfort, men også om sundhed, trivsel og energieffektivitet i bygninger

Af Charlotte Larsen,
Elma Instruments A/S

Historisk set har indeklimate måling haft fokus på dokumentation – typisk i forbindelse med indregulering og idriftsættelse af ventilationsanlæg. Men i takt med stigende krav til energioptimering, arbejdsmiljø og bæredygtighed er beho-



Modeller som Blocks CO₂ og Blocks IAQ Comfort giver præcis måling af centrale parametre som CO₂, temperatur, relativ fugt og atmosfærisk tryk, og kan udvides med yderligere sensorer efter behov.



Der kræves kontinuerlig overvågning og evne til at handle på data i realtid. Et veldokumenteret indeklima er ikke blot et spørgsmål om komfort, men også om sundhed, trivsel og energieffektivitet i bygninger.

vet vokset: moderne bygninger kræver ikke blot måling, men aktiv respons på forandringer i luftkvalitet, temperatur, fugtighed, lys og støj. Flere studier peger på, at høje CO₂-niveauer og utilstrækkelig ventilation reducerer koncentration og kognitiv ydeevne. Ligeledes kan luftfugtighed over 60 procent øge risikoen for skimmelvækst og allergener i indeklimaet. Ved at kombinere dataopsamling med automatisk styring kan man sikre konstant komfort, sundhed og samtidig minimere energiforbruget.

Loggerflex og Blocks-moduler – realtime og IoT-ready

Moderne bygninger og installationer

stiller krav om systemer, der kan dokumentere og reagere løbende. Loggerflex-konceptet kombinerer fleksibel sensortechnologi med modulopbygget logning, og her udmærker Blocks-serien sig som en alsidig platform til både midlertidige og permanente indeklimaløsninger. Modeller som Blocks CO₂ og Blocks IAQ Comfort giver præcis måling af centrale parametre som CO₂, temperatur, relativ fugt og atmosfærisk tryk, og kan udvides med yderligere sensorer efter behov. Blocks-serien tilbyder både lokal visning og cloud-integration, hvilket gør dem særligt egnede til kontinuerlig monitoring i undervisningslokaler, kontormiljøer og kulturinstitutioner.

Ved at benytte Loggerflex' egen cloud-

GOLD aggregat med
indbygget
kommunikationsenhed

Kølebuffel

WISE
indblæsningsarmatur

Indblæsningsarmatur
KITE

WISE spjæld og
rumregulator på væg

GOLD og indeklimaprodukter

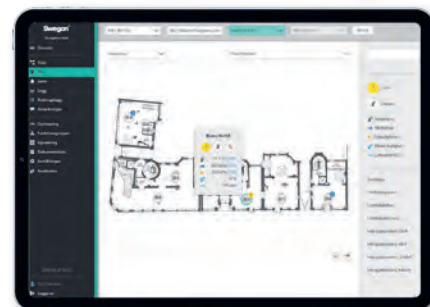
- Optimeret systemløsning med intelligente produkter

En komplet, energieffektiv og fleksibel løsning til det optimale indeklima

- GOLD aggregat, armaturer og styring fra en og samme leverandør
- Energioptimeret løsning med bæredygtigt fokus
- Let og enkel installation
- Fuldt kompatibel med CTS/BMS. Alternativt kan der arbejdes videre alene med Swegons intelligente CTS løsning for ventilationssystemer
- WISE den smarteste løsning på markedet for behovstyret indeklima – trådløst og driftssikkert DCV/VAV system
- Fuld fleksibilitet i forbindelse med renovering og nyindretning

Swegon er med hele vejen fra projektering til aflevering.

www.swegon.dk



Swegon



Ved hjælp af
energimålere som
PEL104 kan
energiforbruget
overvåges og
dokumenteres i
realtid.

platform eller standardiserede API'er kan data integreres direkte i eksisterende systemer. Det åbner op for ny praksis i alt fra skoler og kontorer til museer.

Fra kontoret til klimaanlægget i den anden ende af landet

Digital overvågning gør det muligt at diagnosticere problemer og optimere driften uden fysisk tilstedeværelse. Ved

hjælp af energimålere som PEL104 kan energiforbruget overvåges og dokumenteres i realtid. Det kan bidrage til både driftsoptimering og energirenovering – og være et redskab i arbejdet med at leve op til klimamål og lovgivningskrav.

Intelligente transmittere og åbne systemer

For at kunne agere på målingerne kræ-

ver det systemer, som kan tale sammen. Derfor vinder åbne bygningsstyringssystemer og IoT-integrerede transmittere frem. Elmas samarbejde med Kimo/Sauermann understøtter dette med et bredt sortiment af transmittere, der kan integreres i BMS (Building Management Systems). Fra simple on/off-enheder til multifunktionelle transmittere, der samtidig kan måle temperatur, fugt, CO_2 , lys og tryk. Når overvågning og styring kobles, opnår man et system, der både kan varsle og handle. Det kan være forskellen på et stabilt og et svingende indeklima – og i sidste ende mellem en velfungerende og en ineffektiv bygning.

Fremtidens indeklima er responsivt

Vi bevæger os fra klassisk måling og periodisk eftersyn til proaktiv overvågning og intelligent indeklimastyring. Uanset om det handler om at sikre optimale forhold i et klasseværelse, beskytte kulturgenstande på et museum eller reducere energiforbruget i en kontorbygning, er nøglen data – og evnen til at reagere på dem.

Indeklimaets kompleksitet fordrer ikke bare måling, men åbenhed, dataflow og respons. Med den rette tilgang kan vi opnå både komfort, sundhed og effektivitet ■



Elmas samarbejde med Kimo/Sauermann understøtter dette med et bredt sortiment af transmittere, der kan integreres i BMS (Building Management Systems).

SAMSUNG



Få den bedste partner til Samsung varmepumpe- og klimaløsninger

Hos Ahlsell får du:

- ✓ Komplet Samsung produktsortiment til bolig og erhverv - på lager
- ✓ Stærk logistik og netværk, så du altid kan få din vare, dér hvor du ønsker
- ✓ Køleteknisk specialistteam til din vejledning og support
- ✓ Branchens bredeste produktsortiment, så du kun behøver at handle ét sted

Se mere
her



Hiv fat i os!
+45 43 24 17 17

ahlsell



Fotos: Lau Nielsen

Intelligent luftstyring

skærer 18 procent af håndboldarenas varmekonsum

GOG Håndbolds nye arena i Svendborg har et godt indeklima for atleter og publikum med minimalt energiforbrug til opvarmning. En enkel løsning fra Flowair med et "mini-CTS" sikrer optimalt samspil mellem loftmonterede varmeventilatorer og opblandingsventilatorer

Af Bjarke Hansen

Moderne sportsfaciliteter, som den spritnye GOG-arena i Svendborg, skal fungere både til store sportsarrangementer og events som koncerter og konferencer. De dermed meget varierende størrelser publikum og varmetilskud fra publikum, kombineret med at varmen stiger op under loftet i den 13 meter høje hal, giver et varmeteknisk paradoks. På de kolde dage betyder det, at der er varmt under taget, samtidig med at publikumsområdet er køligt og skal opvarmes. Det udfordrer bygningens varmeinstallationer, når de ikke bare skal give optimale betingelser for atleter og tilskuere, men også levere med høj energieffektivitet.

Projektet med installation af et moderne varmesystem i Arena Svendborg, hjemmearena for GOG's tophåndboldhold, blev afsluttet og taget i brug i januar 2025, og hele arenaen blev indviet i februar. Arenaen skal kunne rumme et publikum på op til 4000 personer.

Lave driftsomkostninger

I GOG-projektet tog eksperter fra teknik-

grossisten Ahlsell, varmelieferandøren Anteco og producenten Flowair udgangspunkt i hovedudfordringen; at reducere anlæggets driftsomkostninger ved at øge energieffektiviteten samt sikre maksimal brugerkomfort. Derfor blev varmesystemet baseret på et Flowair-system med kaloriferer og automatisk opblanding af varme og kolde luftlag (destratificering). Det er et system til opblanding af luften, der udnytter muligheden for at udligne temperaturforskellen fra lagdelingen af luften

under loftet og ved gulvet i opholdszonen.

- Ved at kombinere varmeventilatorer (kaloriferer) med opblandingsventilatorer (destratifikatorer) og et avanceret styringssystem, har vi skabt en optimal skræddersyet løsning til GOG håndboldsportshal, fortæller Michał Jedynasty, ekspert fra Flowairs projektsupportafdeling.

Energieffektivitet og komfort

Med en traditionel tilgang til varme-

Varmetab	Ingen destratificering	Destratificering + System Flowair	Besparelse
Statisk varmetab* (maksimalt)	83 kW	76 kW	7 kW
Sæsonbaseret varmetab og afledt energiforbrug	311.606 kWh	254.627 kWh	57 MWh 18%
Omkostninger til fjernvarme v. 571 DKK per MWh	312 MWh	255 MWh	32.500 DKK ekskl. moms

* Statisk varmetab i tabellen er varmetabet fra bygningens klimaskærm, dvs. vægge, gulve, tag, vinduer og døre.

Estimeret varmetabsberegning for Arena Svendborg (kilde: Flowair, Calculator OZC).



Scan koden og lær mere om betydningen af ventilation i dit renoveringsprojekt.

Vi er din partner i effektiv opgradering af

Ventilationsløsninger til dit renoveringsprojekt

Systemairs energieffektive, pladsbesparende HVAC-løsninger forvandler dine renoveringsprojekter. Med årtiers ekspertise og et globalt team af ingeniører forenkler vi komplekse systemer til smarte, mere bæredygtige løsninger, der er skræddersyet til dine behov og dine bygninger.

“Uanset om du er entreprenør, konsulent, rådgiver, arkitekt, bygningsejer eller -forvalter, er der fordele for dig ved at vælge Systemair som ventilationspartner i dit projekt. Vi har løsningerne og erfaringen til at understøtte dig, og vi hjælper dig fra koncept til færdiggørelse.”



Bo Sterner
Sales Director
Systemair



- Energieffektive og pladsbesparende løsninger
- Teknisk support fra erfarne eksperter
- Højere indeklimakvalitet og komfort
- Forhøjet ejendomsværdi

Lad Systemair guide dig til en bedre fremtid.
Første skridt på rejsen mod en nem renoveringsproces!

www.systemair.com/da-dk

Foto: Lau Nielsen.



Perfekte temperaturer er med til at holde spillerne skarpe og give publikum en god oplevelse, når GOG's håndboldhold spiller på hjemmebanen.

Foto: Anteco.



Flowairs export manager Bart Kinaszewski i gang med programmering og kontrol af varmeanlæg via betjeningspanelet til mini-CTS-systemet T-Boks.

anlægget med varmeventilatorer kommer man hurtigt til at aktivere varmeanlægget trods et stort varmeoverskud under loftet 13 meter oppe. Det problem kan undgås med en god opblanding af luftlagene, hvor de varmeste øvre luftlag blandes med de koldere lavere luftlag. Det er præcis det, som Antecos løsning fra Flowair med kombinationen af intelligent styrede ventilatorer og kaloriferer fra Flowair gør. Og det så effektivt, at beregningerne under projekteringen af varmeanlægget viser, at det sæsonbaserede energiforbrug til opvarmning er 18 procent lavere, end det ville have været med et traditionelt system.

” Ved at kombinere varmeventilatorer med opblandingsventilatorer og et avanceret styringssystem, har vi skabt en optimal skræddersyet løsning til GOG håndboldssportshal

Dermed opnås både optimale temperaturer for publikum og spillere og mindst muligt energiforbrug.

Fjernvarme

En udfordring til denne type varmeanlæg er kravet fra teknikgrossisten Ahlsell og bygherre om, at varmesystemet skal overholde specifikationerne fra den lokale fjernvarmeforsyning. Helt essentielt skal opvarmningsenhederne kunne drives ved det lokale fjernvarmeverks driftspunkter, dvs. standardtemperatursættet på 60/30°C. Den store forskel mellem forsynings- og returtemperatur på 30 grader udfordrer traditionelle varmeventilatorer. Derfor har Flowair for nogle år siden udviklet en særlig effektiv udgave af producentens varmeventilator LEO, LEO NP til fjernvarmebaserede varmeanlæg. LEO NP er ►

Partnere i projektet

Bygherre: GOG/Arena Svendborg

Installatør: Dewa VVS & Energi A/S, Andi Andersen

Grossist og medprojekterende: Ahlsell A/S, Niels Mukund Bager

Importør og medprojekterende: Anteco A/S, Nis Pedersen

Producent og projekterende: Flowair Sp. z o.o, Michał Jedynasty og Bart Kinaszewski



Lindab Aggregater

Fra 2.000 m³/h til 200.000 m³/h



Skab det perfekte indeklima i svømmehallen eller spaen

I svømmehaller og wellnessområder er inde-klimaet altafgørende. Et fugtigt og klorholdigt miljø stiller høje krav til både komfort og holdbarhed. Lindab tilbyder nu løsninger inden for dette område - ventilationsaggregater fra tyske WOLF.

Fordelene er mange:

- Sikrer konstant behagelig luftfugtighed, der forhindrer dug og dårlig luft
- Robust konstruktion, der er skabt til at modstå selv de mest krævende forhold
- Energibesparende løsninger, der både skåner miljøet og sænker driftsomkostningerne

Uanset om det handler om et stort svømme-anlæg eller et eksklusivt spaområde, leverer vi den nødvendige teknologi - pakket ind i bruger-venlige, driftssikre systemer, der bare fungerer.

tilpasset danske fjernvarmeforsynings krav til afkøling og er derfor valgt til GOG-arenaen.

Stor temperaturforskel i højden

- En anden udfordring af klimateknisk art i en hal som Arena Svendborg og andre højloftede haller er den store og varierende temperaturforskel i højden mellem varmeventilatorens udblæsningsluft og temperaturen ned gennem luftlagene, forklarer Nis Pedersen, direktør for Anteco A/S.

- Med en udblæsningstemperatur fra varmeventilatoren på for eksempel 32°C og en rumtemperatur i opholdszonen på 20°C , har vi 12 graders temperaturforskel. Det er en ret stor temperaturforskel, som kan gøre det svært at presse den varme luft ned til opholdszonen.

- Vi har sikret, at de seks varmeventilatorer, der sender luftstrømmen ned gennem området af luft med varierende temperatur, kan klare opgaven ved at udstyre dem med Flowairs Turbo-dyser. Dermed kan de presse den opvarmede luft hele vejen ned i publikumszonen.

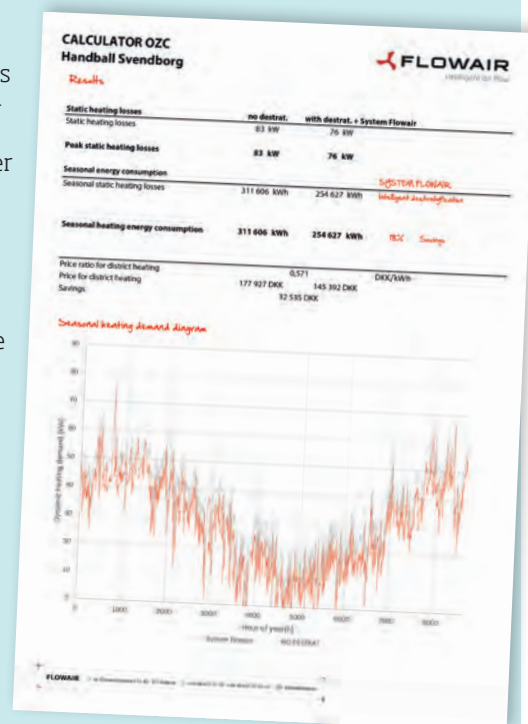
Varmesystemet indeholder yderligere fire LEO DXL opblandingsventilatorer, som sikrer en ensartet varmefordeling, ►

Koldere i toppen og varmere i bunden sparer 18 procent

Flowairs R&D-laboratorium har beregnet varmetabet fra Arena Svendborg ved hjælp af bygningens geometri og klimaskærm, geografiske placering og med gennemsnitligt vejr. Beregningen viser, at der er besparelser at hente ved at bruge "System Flowair" med destratificering, sammenlignet med et standardssystem uden.

Rød kurve på grafen viser varmetabet med opblanding af luftlagene (destratificering) og brug af System Flowair-styring. Grå kurve er uden. Det ses, at kombinationen med destratificering og Flowair-styring konsekvent giver lavere eller samme varmetab sammenlignet med et standardssystem uden.

Besparelserne skyldes en kombination af, at opblandingen giver lavere temperatur under taget og dermed lavere varmetab gennem taget, og at den bedre fordeling af varmen med den intelligente varmestyring giver mindre opvarmning i opholdszonen.



Statiske varmetab og dermed behov for opvarmning i forhold til årets gang (med 8760 timer på et år).



Flowairs system med automatisk opblandingsventilation sikrer effektiv udnyttelse af varmepuden oppe under loftet.

Kære VVS'er Her er løsningen, der helt sikkert får dig ind hos dine kunder.


VØLUND VARMETEKNIK



3 i 1
KOMPAKTLØSNING

5 ÅRS
GARANTI

Varme, varmt vand og ventilation i samme komplette løsning – helt uden udedel.

S735 er Vølunds nye boligventilationsvarmepumpe – en komplet "3 i 1"-løsning til nybyggeri af parcel-, række- og kædehuse. Den leverer varme, varmt vand og ventilation uden støj- eller afstandskrav fra en udedel.

Med Smart Price Adaption og brugervenlig styring får dine kunder en energieffektiv løsning med sundt indeklima – og du får et produkt, der er let at sælge ind, med online adgang til drift og service uden unødige besøg.

Vil du høre, hvorfor vi oplever stor efterspørgsel på S735?

Ring og lav en aftale med Lars Ole på **24 79 66 98**.



Salgschef Lars Ole Andersson

Når du vælger S735 til dine projekter, hjælper vi dig med

- > Rådgivning og beregninger til nybyggeri
- > Fuld support under hele installationen
- > Opfølgning og service

Volundvt.dk



LEO-varmeventilatorerne med sorte turbobodyser og LEO-opblandingsventilatorerne falder godt ind med loftkonstruktionen i den højloftede GOG-arena.

minimale lodrette temperaturforskelle og en øget energieffektivitet på grund af det mindre varmebehov, som temperaturudligningen sikrer.

Automatik

En tredje udfordring var automatisk styring af anlægget. GOG-arenaens

varmeanlæg skal være enkelt at betjene i hverdagen, og installationen skulle også være så enkel som mulig. CTS-systemer er normalt komplekse og omkostningstunge, men med Flowair T-box er det muligt fra et enkelt betjeningspanel at indstille den ønskede temperatur i opholdsområdet og automatisk udnytte varmeguden under loftet. Dertil kan mere specifikke krav til temperaturforskellen mellem opholdsområde og loftzone indstilles. Det kan for eksempel være, hvis driftspersonalet selv vil ændre på temperatursættet, hvor opblandingsventilatorerne eller varmeventilatorerne sætter i gang.

” Med en udblæsnings-temperatur fra varmeventilatoren på for eksempel 32°C og en rumtemperatur i opholdszonen på 20°C, har vi 12 graders temperaturforskel. Det er en ret stor temperaturforskel, som kan gøre det svært at presse den varme luft ned til opholdszonen

Nis Petersen forklarer om styringen af systemet:

- Når temperaturforskellen mellem top og bund overstiger det valgte niveau, i GOG-arenaen 5°C, så starter opblandingsventilatorerne, så den varme luft flyttes ned i bunden. Og når det bliver koldere under loftet end den valgte temperatur, og luften ovenfra ikke er nok til at varme, så åbner en ventil og kaloriferne begynder at varme.

For at give optimal styring er der fire målepunkter ved gulvet og otte i loftet med temperatursensorer, som giver data til T-Box-styringen, der laver beregningerne af behovet for at flytte varme og luft.

Nis Petersen er selvsagt stærkt begejstret for at levere til projektet, og han håber, at opvarmningssystemet kan bidrage til at give publikum og spillere en god oplevelse i GOG's håndboldarena mange år frem i tiden ■

Flowair – design og teknik

Flowair er en producent af varme- og ventilationsprodukter fra Gdynia tæt ved Gdansk i Polen. Virksomhedens strategi er at udvikle produkter, som på hvert deres område har særlige unikke egenskaber, men med et vidt spænd. Inden for området varmeventilatorer har Flowair for eksempel en serie modeller dedikeret til fjernvarme med stor afkøling, modeller der er særdeles velegnede til varmepumper, og en serie til kedler og andre højtemperaturprodukter.

Flere af Flowairs produkter har modtaget eller været nomineret til den tyske iF designpris, samt Red Dot Design Award, og Flowair deltager aktivt i den europæiske brancheorganisation Eurovent, hvor de bestrider en af formandsposterne.



Dokumentation

Scan koden og se systemet i funktion.

Fancoils som alternativ til radiatorer i luft-til-vand anlæg

Med den stigende implementering af luft-til-vand-varmepumper i både private og erhvervs bygninger er det relevant at vurdere forskellige metoder til varmefordeling.

Fancoils

Eksempler

- A: Clivet Mood
- B: Aermec Omnia
- C: Clivet ELFORoom²
- D: Clivet ELFOSpace Box3



Læs uddybende artikel om fancoils



Udedele, PFAS-frie og lav GWP

Eksempler

- E: Clivet Thunder
- F: SMART heat pump
- G: Aermec PRG
- H: Clivet Edge Pro
- I: Clivet Big Edge Pro
- J: Clivet Edge F
- K: Mitsubishi Heavy Industries Q-ton



Vi hjælper dig til de rette løsninger

Vejledning før, under og efter installation.



Tlf.: +45 70 27 06 07 • info@hjj.dk • www.hjj.dk

Ballerup: Tempovej 18-22, DK-2750

Kolding: Niels Bohrs Vej 1, DK-6000

Aarhus: Johann Gutenbergs Vej 11-13, DK-8200



H. JESSEN JØRGENSEN AIS

Ventilation i svømmehaller og spa

– tekniske krav og løsninger

Svømmehaller og wellnessområder stiller særlige krav til ventilationssystemer. Det høje fugtniveau kombineret med klorholdig luft kan medføre kondens, korrosion og dårlig luftkvalitet, hvis anlægget ikke er korrekt dimensioneret og udført

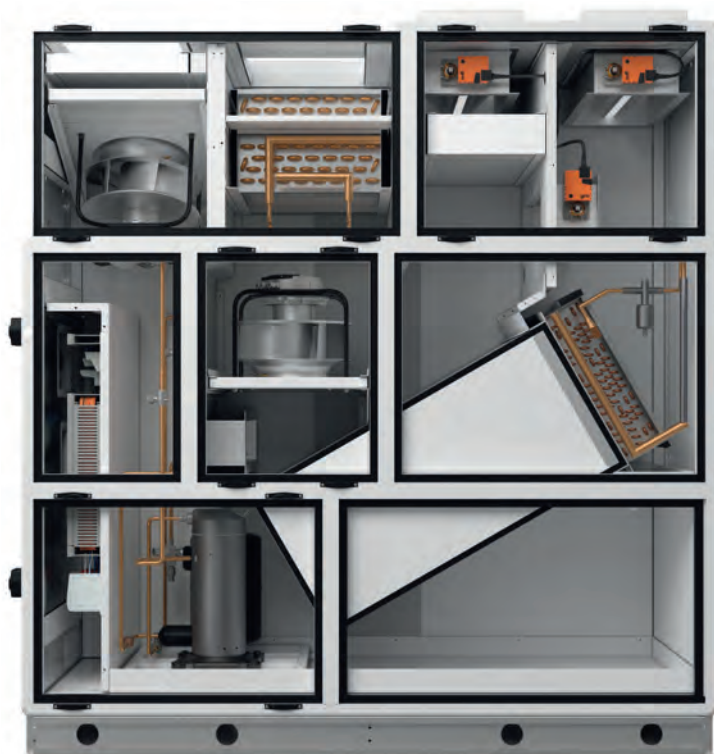
Af Lindab

Komponenter i ventilationsaggregater til svømmehaller skal være modstandsdygtige over for aggressive miljøer. Derfor anvendes fuldt coatede kabinetter og varmevekslere, som beskytter mod klor og fugt. Dette forlænger levetiden og reducerer vedligeholdelsesbehovet.

Affugtning og varmegenvinding

En central funktion er affugtning. Wolfs poolaggregater, som CKL Pool og KG Flex Pool, kombinerer kontinuerlig ventilation med integreret varmepumpe og varmegenvinding. Det sikrer stabil luftfugtighed og reducerer energiforbruget markant.

Foto: Colourbox





kondensafledning er nødvendigt for at undgå bakterievækst og sikre et sundt indeklima.

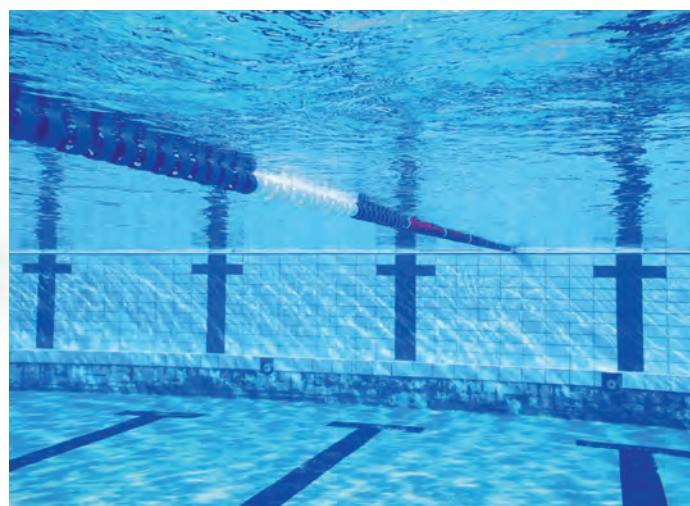
Kapaciteter og fleksibilitet

Afhængigt af anlæggets størrelse kan luftmængder variere fra 2000 til over 350.000 m³/h. Kompakte enheder som CKL Pool er velegnede til mindre spaområder, mens modulopbyggede systemer som KG Flex Pool kan tilpasses store svømmeanlæg med individuelle krav til varme, køling og styring.

Integration og styring

Moderne styringssystemer muliggør præcis regulering af temperatur, fugt og luftkvalitet samt integration med bygningsautomatik via BACnet eller Modbus. Dette giver både energieffektiv drift og høj komfort ■

Foto: Colourbox.



Varmegenvinding kan opnå virkningsgrader over 90 procent, hvilket er afgørende for driftsøkonomien.

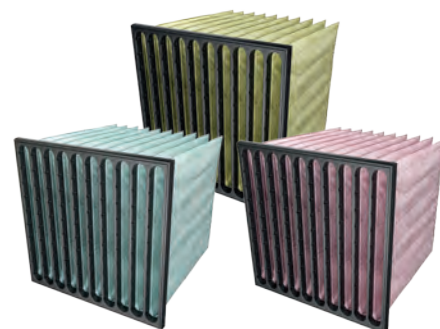
Hygiejne og standarder

Alle enheder er designet i henhold til VDI 6022 for at sikre hygiejnisk drift. Glatte overflader, let adgang til filtre og korrekt

HI-FLO NEXT GENERATION – FLERE FILTRERINGSKLASSER

Hi-Flo Next Generation giver dig optimal effektivitet og lavt energiforbrug – uanset bygningstype. Nu fås serien i hele fem filtreringsklasser: ePM10 60%, ePM2,5 50%, ePM1 60%, ePM1 70% og ePM1 85%.

Med Hi-Flo får du de laveste totalomkostninger (TCO) takket være længere levetid, stabil filtreringseffektivitet og et lavt energiforbrug.



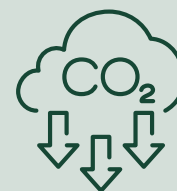
Omkostningseffektiv løsning

Ved at kombinere lav luftmodstand med høj støvakkumuleringskapacitet giver Hi-Flo energibesparelser fra dag ét.



EN 16798-3

Hi-Flos komplette udvalg af filterklasser er en energibesparende løsning, der opfylder filtreringsanbefalingerne i EN 16798-3 og Eurovent 4/23.



Reduceret CO₂-udledning

Takket være de nyeste forbedringer har vi opnået en reduktion på over 97.300 ton CO₂ i Hi-Flo-seriens samlede klimaaftryk.



Se mere om vores løsninger til ren luft. Scan QR-koden eller gå til camfil.dk/hi-flo

Derfor kan det betale sig at investere i ventilation, når du renoverer

Når en bygning bliver ældre og slidt, er det naturligt at overveje en renovering. De fleste forbinder ofte en klassisk renovering med nyt tag, udskiftning af vinduer eller døre, isolering af vægge eller nye gulve

Foto: Systemair



Ifølge Anders Rosenlund, Q-HSE (kvalitet, sikkerhed og miljø) manager hos Systemair, er ventilation et nedprioriteret område:

- Ventilation, det er jo en usynlig ting. Det er noget, der bare er der, og sådan skal det også være.

Af Systemair

Alle ved, at en renovering koster, og det kan ofte være svært at vælge eller prioritere, hvilken type renovering der bedst kan betale sig for bygningen.

Det, som mange overser, er, at der findes en renovering, som både skaber mere værdi i bygningen og forbedrer livskvaliteten for dem, der bruger den: renoveringen af bygningens ventilation. Et nyt og opdateret ventilationsanlæg er en langsigtet investering, der både forbedrer bygningens tilstand og sikrer et sundere indeklima.

Forældet ventilation

Når ventilationen i en bygning bliver forældet, falder effektiviteten af indblæsningen og udsugningen, hvorved luftkvaliteten i bygningen forringes. Med korrekt vedligeholdelse kan et ventilationsaggregat have en levetid på over 20 år, men i løbet af levetiden, opstår et naturligt slid på aggregatet og de interne komponenter, som kræver korrekt vedligehold for at sikre effektiv og optimal drift.

Derudover er ældre aggregater ofte udstyret med motorer, der bruger meget strøm og har ringe virkningsgrad. Resultatet af dette er høje driftsomkostninger og et dårligt energimærke.

I nye anlæg er isoleringen markant bedre, der er højere virkningsgrad, bedre energieffektivitet, og det kan reducere strømforbruget. Derfor er det oplagt at renovere eller udskifte et gammelt anlæg. Alligevel er ventilation et område, der ofte bliver overset.

Ifølge Anders Rosenlund, Q-HSE (kvalitet, sikkerhed og miljø) manager hos Systemair, er ventilation et nedprioriteret område:

- Ventilation, det er jo en usynlig ting. Det er noget, der bare er der, og sådan skal det også være.

Netop usynligheden gør, at ventilation ikke altid prioriteres, hvilket også kan resultere i dårligt indeklima.

Dårlig ventilation giver dårligt indeklima

Et dårligt indeklima kan påvirke menneskers sundhed og trivsel. Mange oplever symptomer som hovedpine, træthed, koncentrationsbesvær og irritation i øjne og slimhinder, når luftkvaliteten er for lav.

I 2021 lavede DTU en undersøgelse med fokus på CO₂-niveauet i danske klasselokaler. Resultatet viste, at 53 procent af klasserne overskred den anbefalede øvre grænse på 1000 ppm. Når eleverne forlod klasseværelset og luftede godt ud i frikvarteret, faldt andelen af klasselokaler, der målte mere end 1000 ppm CO₂, fra 53 procent til 36 procent.

Eleverne deltog i koncentrationstests under forskellige forhold, og forskellen var tydelig:

- Dårlig ventilation gav flere fejl, mere træthed, irritation og dårligere indlæring.

VI LEVERER KOMFORT I DIN BYGNING



Optimal opvarmning med LEO varmeventilator

- Bredt produktsortiment
- Indbygget 3-trinsregulering
- Mange monteringsmuligheder

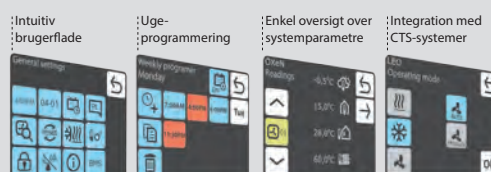
Begræns varmetabet med Slim lufttæppe

- Markedets tyndeste lufttæppe
- Integreret bevægelsessensor
- Prisvindende design



SE OGSÅ FLOWAIR-SYSTEMET

Smart integration af op til 31 enheder!



• Bedre ventilation reducerede symptomer og forbedrede koncentrationen. Faktisk lavede eleverne seks procent færre fejl, når eleverne havde været ude i frisk luft i pauserne, og der var luftet ud i klasselokalet i samme pause. Undersøgelsen viser, at et moderne ventilationsanlæg i større bygninger kan have stor betydning for både sundhed, indeklima og koncentrationsevne. Derfor kan man i lyset af resultaterne fra undersøgelsen argumentere for, at en investering i et nyt ventilationsanlæg i en bygning er værdifuldt.

Hvorfor åbner vi ikke bare flere vinduer?

Man kunne tro, at det er nok at åbne et vindue. Men i praksis er manuel udluftning langt fra tilstrækkeligt. Ifølge Anders Rosenlund er der flere ting, som spiller ind, når man lufter ud. For det første kræver det, at nogen husker at gøre det, og det skal helst gøres, inden luften bliver dårlig. Der sker ofte det, at vi lufter ud, når luftkvaliteten er blevet dårlig, for eksempel når vi har fået hovedpine, er blevet træt eller i øvrigt trænger til frisk luft. For det andet kan vinduesudluftning bringe støj, forurening eller pollen ind, hvilket kan være et problem i både byområder og naturområder. En af de ting, som spiller en væsentlig rolle i vores udluftning, er naturen, ifølge Rosenlund. Den kan ændre sig og kan ikke kontrolleres af os mennesker. Vi er også styret af den, da vi ofte lufter ud efter temperaturen, og hvilket slags vej der er udenfor:

- Vi har fire årstider her i Norden. Og de fleste af dem egner sig ikke supergodt til ophold udenfor kontra lidt mere sydpå. Der er man meget mere udenfor, ude i den fri luft. Så der har man ligesom ikke det samme behov, som vi har her i Norden. De senere år er klimaet blevet varmere, og hvor fokus tidligere primært lå på opvarmning, ser vi nu et stigende behov for effektiv nedkøling af bygninger. Ifølge Rosenlund er det vigtigt at tænke langsigtet og betragte et godt indeklima som en lige så væsentlig del af vores infrastruktur som veje og bygninger:

- Det er jo det samme som infrastruktur. Vi skal i tide sørge for, at vi har det godt, når vi er indendørs.

Et moderne ventilationsanlæg giver en stabil og holdbar løsning, der sikrer kontinuerlig frisk luft - uanset vejret udenfor.

Ventilation giver økonomiske gevinster - og hjælper med at nå klimamålene

Siden 1997 har alle danske bygninger fået energimærke. Det gør det blandt andet muligt at beregne, hvor meget

Foto: Systemair



Udskifter man et gammelt aggregat uden varmegenvinding med et nyt med roterende varmeveksler, kan man genanvende over 80 procent af varmen, og herved spare penge på varmeregningen. Det gælder både boliger og større bygninger som skoler, hospitaler og plejehjem.

man kan spare ved at opgradere ventilationen.

Udskifter man et gammelt aggregat uden varmegenvinding med et nyt med roterende varmeveksler, kan man genanvende over 80 procent af varmen, og herved spare penge på varmeregningen. Det gælder både boliger og større bygninger som skoler, hospitaler og plejehjem.

Renovering af ventilationsanlægget giver desuden et bedre indeklima, hvilket betyder sundere og mere tilfredse brugere, færre fugtskader og højere bygningsværdi. Samtidig filtrerer moderne anlæg støv og pollen, hvilket især gavner allergikere.

På EU-plan stiller Energy Performance of Buildings Directive skrappe krav til renovering af bygninger. Allerede i 2030 skal 16 procent af de dårligst præsterende bygninger forbedres, og i 2033 skal 26 procent af ikke-boligbygninger være renoveret. Ventilation spiller en nøglerolle i at nå disse mål, fordi et moderne anlæg både reducerer energiforbrug og varmetab markant.

Faktisk viser beregninger, at Danmark frem mod 2050 kan reducere varmetabet med op til 28 procent, hvis bygninger renoveres til de standarder, der allerede er fastlagt i bygningsreglementet (BR10).

Man kan derfor sige, at en investering i ventilation også er en investering i klimaet på et større plan.

Fremtidens krav til et ventilationsanlæg

I ældre bygninger kan pladsen være en

udfordring, når man skal renovere. Ofte er det kun et gammelt loftsrum eller en smal kælder, der er til rådighed. Derfor kan det være nødvendigt at vælge aggregater, der leveres i sektioner og kan bæres gennem døråbninger eller installeres i halv højde. Sådan kan moderne løsninger tilpasses selv trange forhold. Fremadrettet stilles der stadig større krav til ventilation. Varmepumper bliver en naturlig del af energiløsningen, og nye regler og kundekrav øger fokus på energieffektivitet og støjniveau. Så kort fortalt skal fremtidens ventilationsanlæg kunne integreres bedre i bygninger og levere høj komfort, uden at man lægger mærke til, at de er der ■

Ventilation

- en investering, der betaler sig

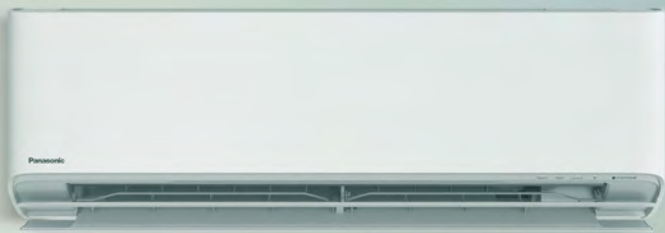
Ventilation er måske usynligt, men det er afgørende.

Et moderne aggregat giver et sundt indeklima, reducerer risikoen for fugt- og skimmelskader, øger komforten og sænker energiforbruget markant.

I en tid med klimaforandringer, stigende energipriser og skærpede lovkrav er ventilation en af de mest værdiskabende investeringer, man kan foretage.

Når du investerer i ventilation, investerer du i sundhed, trivsel og en bygning, der holder sin værdi mange år frem.

Derfor kan det betale sig.



nanoe™ X: internationalt testet teknologi

Bringer naturens balance indenfor

nanoe™ X-teknologien kan bringe utrolige fordele indendørs, så hårde overflader, bløde møbler og indendørsmiljøet kan være et renere og mere behageligt sted at være, uanset om du er hjemme, på arbejdet eller besøger hoteller, butikker, restauranter osv.

nanoe™ X, teknologi med fordelene ved naturens hydroxylradikaler

Hydroxylradikaler (OH-radikaler) har kapacitet til at hæmme forurenende stoffer, visse vira og bakterier i at rense og deodorisere.

nanoe™ X
technology
verificeret mod
SARS-CoV2

Virus SARS-CoV-2: 99,9 % hæmmet. Test udført af TEXCELL (Frankrig), ved hjælp af en gaze mættet med SARS-CoV-2 virusopløsning udsat for en generator af nanoe™ X i en 45L kasse i 2 timer. Ydeevnen for nanoe™ X kan variere i virkelige omgivelser

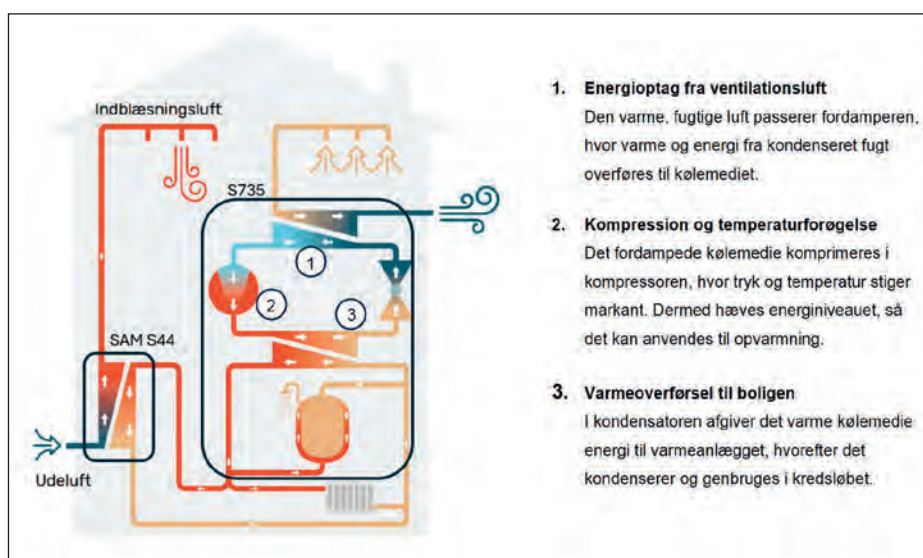


Den komplette løsning til varme, varmt vand og ventilation

Vølund's nye boligventilationsvarmepumpe S735 har tiltrukket betydelig interesse siden sin lancering takket være dens innovative teknologi. Denne interesse har ført til mange forespørgsler om, hvordan den adskiller sig fra traditionelle systemer

Af Vølund

Vølund's boligventilationsvarmepumpe S735 installeres i kombination med indblæsningsmodulet SAM S44, hvor frisk luft tilføres boligen som opvarmet tilluft via en vandbåren varmeplade. Der er med andre ord tale om en kompakt ventilationsvarmepumpe, som kombinerer udsugning, varmeproduktion og varmt brugsvand i én enhed. Udsugningsluften føres via en energieffektiv ventilator gennem fordamperen, hvor både temperatur og fugt udnyttes som varmekilde. Selve løsningen placeres indendørs uden behov for udedel. Dette resulterer i en miljøvenlig, energieffektiv og pladsbesparende løsning, der samtidig sikrer et sundere indeklima i boligen.



Virkningsmåde af S735.

Aktiv varmepumpeteknologi

I traditionelle løsninger håndteres ventilation og varme separat. Ventilationsanlægget anvender passiv varmegenvinding til at forvarme den friske udeluft og dermed reducere behovet for opvarmning. Opvarmning af rum og brugsvand kræver dog et separat varmesystem – for eksempel en varmepumpe med inde- og udedel.

Varmepumpe i kombination med ventilation

I S735 føres den varme "brugte" luft derimod direkte til varmepumpens fordampere, hvilket gør det muligt at udnytte en langt større del af energien i luften. Denne energi hæves – via varmepumpens velkendte principper – til et højere temperaturniveau. Resultatet er en høj varmeydelse, som dækker både rumopvarmning og varmt brugsvand – helt uden brug af udedel.

Den inverterstyrede kompressor tilpasser løbende ydelsen til det aktuelle behov og sikrer både høj komfort og lavt energiforbrug. Når varmebehovet er i balance, slukker kompressoren, og den

Boligventilations-
varmepumpen er velegnet til parcel-, kæde- og rækkehuse på 60-170 kvadratmeter, og med en SCOP-værdi på op til 4,5 er den et energieffektivt valg, der sikrer lavere drifts- omkostninger og høj komfort

opvarmede indblæsningsluft opretholdes stabilt via det integrerede buffersystem.

Energigenvinding – fuld udnyttelse af ventilationsluften

Når den opvarmede luft fra boligen føres til varmepumpens fordampere, overføres både den følbare varme (temperaturforskellen i luften) og den latente varme (energien bundet i luftens fugtindhold). Processen er så effektiv, at den 18-22 grader varme luft fra boligen udnyttes

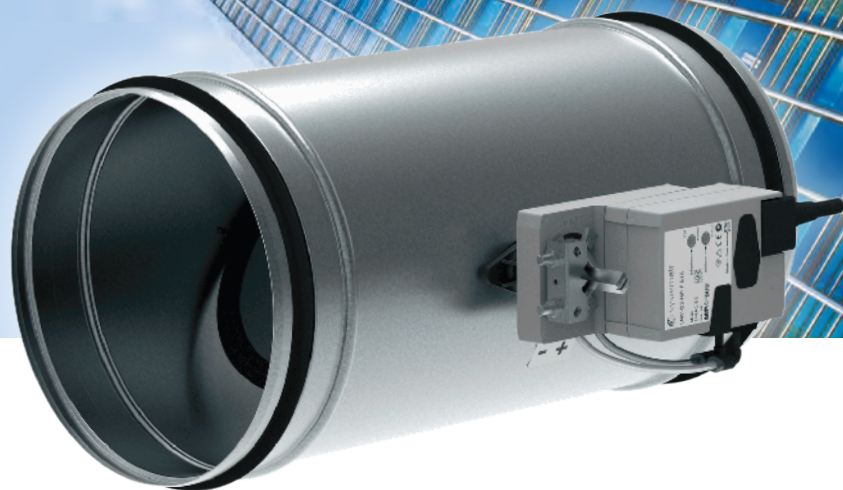


- Løsningen fungerer rigtig godt, og det er superpraktisk med vand, varme og ventilation samlet i én installation, fortæller bygmester og direktør Allan Laursen fra DinBOLI.



Scan koden og hop direkte til produktsiden, hvor du kan finde yderligere information.

Optimerede priser →



OPTIMA-R-LV

Præcis flowkontrol ved lave lufthastigheder.

Til kontorer, hotelværelser, mødelokaler og større byggerier, hvor den nødvendige køle- og varmebelastning varierer efter behovet for anvendelse.

- Udvider rækkevidden for VAV-regulatorer ved lav luftstrømhastighed
- Der kræves ingen lige kanal foran eller bag VAV-regulatoren
- Mulighed for installation umiddelbart bag eller foran et knæled eller T-stykke
- Komplet sæt drifts- og overstyringsfunktioner (åben, lukket, $V_{\max}/V_{\min}$)
- Hidtil usete reguleringsforhold $V_{\max}/V_{\min} = 30/1$ (0,2 m/s ... 6 m/s)
- Del – ned til 0,2 m/s / Kan betjenes i Δp området 2 Pa ... 600 Pa
- Nøjagtighed: ca. 5% afvigelse fra målt værdi
- Lavt tryktab, lav støj / Lækageklasse 4C

og afkøles helt ned til -15°C i afkasttemperatur.

Alt samlet ét sted – nem installation og mindre vedligehold

Hele installationen er placeret indendørs, hvilket giver en række praktiske og tekniske fordele:

- Ingen udedel = færre udfordringer med lyd, placering og afstandskrav.
- Kompakte mål og fabriksmonteret el = nem istandsættelse.
- Forprogrammeret betjeningspanel = hurtig idriftsættelse.
- Ved tilkobling af SAM S44-indblæsningsmodul opnås frisk, opvarmet luftindblæsning, mens S735 håndterer udsugning fra køkken, bad, bryggers og toilet – alt sammen i én samlet løsning.

Udviklet til professionelle – og tilpasset danske forhold

Boligventilationsvarmepumpen er velegnet til parcel-, kæde- og rækkehuse på 60-170 kvadratmeter, og med en SCOP-værdi på op til 4,5 er den et energieffektivt valg, der sikrer lavere driftsomkostninger og høj komfort.

Den bidrager således også til et sundere indeklima ved at ventilere og affugte boligen automatisk. Systemet kan behovsstyres via fugt- og CO₂-sensorer, som sikrer optimal luftkvalitet og forebygger problemer som skimmelsvamp, allergier og træthed.

Brugervenlig styring – også for bygherrer og boligselskaber

Den betjenes via et intuitivt touch-display eller via smartphone/tablet med myUplink. Her kan man tilgå informationer, opdatere systemet, aktivere vejrstyring og bruge Smart Price Adaption, der tilpasser driften efter elpriserne. Med myUplink PRO får bygherrer og boligselskaber online-adgang til anlægget – uden fysisk besøg. Det gør både drift og service mere effektivt og mindre ressourcekrævende.

Miljøvenligt kølemiddel – R290

Kølemidler er det naturlige R290, som har en meget lav GWP (Global Warming Potential) og dermed et markant mindre klimaaftryk end traditionelle kølemidler. R290 er et energieffektivt og fremtids-sikret valg, der lever op til både nuværende og kommende miljøkrav – og understøtter den grønne omstilling i byggeriet.

Klar til BE18

Den 24. juni 2025 offentliggjorde Build en FAQ med en revideret metode til indtastning af udsugningsvarmepumper i

” Løsningen fungerer rigtig godt, og det er superpraktisk med vand, varme og ventilation samlet i én installation. Det bedste er nok, at vi undgår at have en udedel, som ved denne type byggerier både optager plads og kan give udfordringer med afstandskrav til naboer i forhold til lyd



I Låsby nær Aarhus har byggefirmaet DinBOLI opført syv rækkehuse på 85-88 kvadratmeter. Byggefirmaet sætter i denne sammenhæng pris på, at der ikke er en udedel, som ved disse typer af byggerier både optager plads og kan give udfordringer med afstandskrav til naboer i forhold til lyd.

BE18. På baggrund af denne vejledning er både data og indtastningsmetode for S735 blevet opdateret efterfølgende. Grundet varmepumpens systemopbygning og BE18's beregningsmodel skal indtastningsværdierne tilpasses den enkelte sag. Vølund opfordrer vvs-installatører til at kontakte dem direkte for projektspecifikke data og teknisk support ved indtastning af energirammeberegninger.

DinBOLI vælger S735 til nybyggeri

I Låsby nær Aarhus har byggefirmaet DinBOLI opført syv rækkehuse på 85-88 kvadratmeter, hvor alle har den nye

varmepumpe installeret. Arbejdet er udført af den mangeårige samarbejdspartner VVS & EL Experten fra Brædstrup.

- Løsningen fungerer rigtig godt, og det er superpraktisk med vand, varme og ventilation samlet i én installation, fortæller bygmester og direktør Allan Laursen fra DinBOLI. Han fortsætter:

- Det bedste er nok, at vi undgår at have en udedel, som ved denne type byggerier både optager plads og kan give udfordringer med afstandskrav til naboer i forhold til lyd ■

Panasonic lancerer **ny smart varmepumpe-app**

Smart teknologi har for alvor fundet vej ind i de danske hjem, og med Panasonic's nye Aquarea Home-app bliver det endnu lettere at sikre både komfort og energi-effektivitet i hverdagen.

Aquarea Home er udviklet til at give brugeren fuld fleksibilitet og kontrol – uanset om du er hjemme eller på farten. Appen, der kan hentes gratis i både App Store og Google Play, gør det muligt at styre alt fra temperatur og tidsplaner til individuelle rumscenarier direkte fra mobil eller tablet.

Med Aquarea Home kan brugeren nemt tilpasse indeklimaet efter behov – fra zoneopdeling og personlige temperaturindstillinger til ugeskemaer, der følger familiens rytme. Den brugervenlige app er designet med fokus på overskuelighed og enkel betjening, hvilket gør det let at styre flere enheder samtidigt.

Appen er kompatibel med en række af Panasonic's varmepumpeløsninger, herunder Aquarea Air Smart fan coils, Aquarea Loop, Aquarea Vent og RAC Solo



– Panasonic's nye kompakte luft-til-luft varmepumpe uden udendørs enhed. RAC Solo er udviklet til nem integration i hjemmet – helt uden udendørs enhed.

Med sit slanke design og lydsvage drift kan enheden diskret indbygges via små luftkanaler i ydervæggen ■

TESTO 860I TERMOGRAFIKAMERA TIL SMARTPHONES



- ✓ Trådløst termisk kamera
- ✓ Betjenes via Testo Smart App
- ✓ Ultraskarpe termiske billeder med høj IR-opløsning (256 x 192 pixels)
- ✓ Hurtig og nem bestemmelse af Delta T
- ✓ IP54-klassificeret og stødsikker ved fald op til 1,5 m
- ✓ Nem oprettelse af målerapporter som PDF via testo Smart App

BUHL BONSØE
MÅLBAR VIDEN

HASELLUNDEN 11A · DK-2765 SMØRUM · TLF. 45 95 04 10 · WWW.BUHL-BONSØE.DK

Kan gulvvarme hjælpe på indeklimaet og hvordan udnytter vi energien bedre?

Teknologien til en bedre udnyttelse af energi ved gulvvarmeinstallationer ligger allerede på hylderne ved enhver grossist. Sammen med den nye teknologi kan vi skabe et bedre indeklima

Af Michael Niemann Mortensen,
sales manager, product specialist,
Pettinaroli A/S

I Danmark oplever mange boligejere- og lejere med gulvvarme en vekslende komfort med store temperaturudsving især i foråret, efteråret og vintermånederne, hvilket giver et dårligt indeklima. Det skyldes ofte, at boligernes gulvvarmeinstallation ikke er dimensioneret og/eller indreguleret korrekt til boligens energitab. Ofte aftager gulvvarmeinstallationen en større vandmængde, end hvad der reelt er behov for. Det resulterer i en forhøjet indetemperatur i boligen, når man når eftermiddagstimerne. Dette giver en dårligere afkøling, et unødvendigt energiforbrug og en dårlig komfort i boligen.

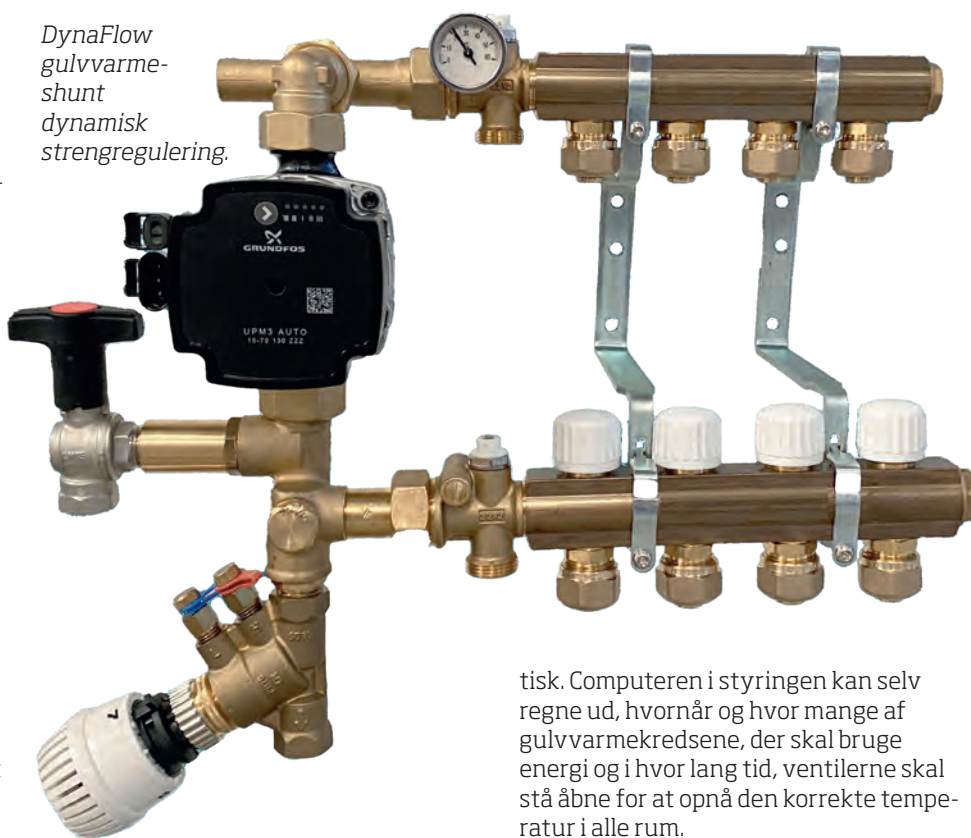
Gulvvarmeteknologi

Med Pettinarolis nye gulvvarmesystem DynaFlow med en energioptimeret dynamisk reguleringsventil, har vi taget det næste skridt mod at sikre det absolut lavest mulige energiforbrug til et vandbåret gulvvarmesystem.

I de nyeste boliger bygget i 2025 har vi set, at ingeniører beskriver et indreguleret flow til gulvvarme på helt ned til 36 l/h. Med de traditionelle løsninger, som tidligere er blevet installeret, hvor en reguleringsventil sammen med en differenstrykregulator skal styre vandmængden, kan vi konstatere, at det lave flow på 36 l/h ikke kan garanteres. Oftest har vi set installationerne ligge på et flow med fuldt åben reguleringsventil på mellem 100-400 l/h ved en korrekt indregulering. Det giver et stort spild af energi - op imod 1000 procent i forhøjet flow.

Gulvvarmesystemet kan indreguleres helt ned til 19 l/h. Løsningen er en dynamisk strengreguleringsventil. Det er en flowstyret ventil med temperaturregu-

DynaFlow
gulvvarme-
shunt
dynamisk
strengregulering.



lator og indbygget flowmængderegulering. Ventilen kan indstilles til nøjagtig den vandmængde, det enkelte hus har behov for. På den måde sikrer vi, at gulvvarmen kan omsætte energien/vandmængden korrekt i forhold til det dimensionerede varmetab i den enkelte bolig. Derved opnås der en bedre komfort med væsentligt mindre temperaturudsving i boligen og en mere konstant temperatur. Pettinarolis gulvvarmestyringer er konstant under udvikling. Der stilles hele tiden nye krav til udseende, app-funktioner, indstillingsfunktioner og større brugervenlighed. Alt sammen noget vi har stor fokus på. Den elektroniske styring er den eneste i Danmark, som hydraulisk kan indregulere automa-

tisk. Computeren i styringen kan selv regne ud, hvornår og hvor mange af gulvvarmekredsene, der skal bruge energi og i hvor lang tid, ventilerne skal stå åbne for at opnå den korrekte temperatur i alle rum.

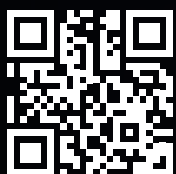
Overholder bygningsreglementet

Gulvvarmesystemerne lever fuldt op til bygningsreglementets krav. Systemerne arbejder efter behovsstyring. Det vil sige, at hvert enkelt rum i boligerne har en rumtermostat installeret, som kommunikerer med computeren i styreboksen. Styreboksen er monteret tæt på fordelerrørene i teknikrummet. På fordelerrørene er monteret en telestat på alle kredse, som også er tilsluttet styreboksen.

Ved hjælp af styreboksens computer åbnes og lukkes kredse efter hvilket behov, der er i de enkelte rum. Det vil sige, at hvert enkelt rum kan have individuelle temperaturindstillinger, uden at det påvirker de andre rum i boligen. Be-

FIELDPIECE TILBYDER ET KOMPLET HVACR-KIT

FOR AT HJÆLPE DIG - NEMMERE, HURTIGERE OG BEDRE



Gør dit job nemmere, hurtigere og bedre med Fieldpiece-værktøjer

Er du begyndt at arbejde i HVACR-sektoren i år? Eller har du ansat nye kolleger til at hjælpe dig? Vi tilbyder et komplet sæt til at komme i gang. Værktøjerne i dette kit indeholder alt, du skal bruge for at komme i gang.

www.fieldpiece-europe.com

Fieldpiece



PICV dynamiske strengreguleringsventiler.

høvsstyringen åbner derfor kun for de kredse, hvor rumtermostaten måler en lavere temperatur end ønsket. Så vil styreboksen aktivere telestaten, så den åbner op for at levere mere energi til det enkelte rum, indtil den ønskede temperatur er opnået. Dette uden at lave en manuel indregulering først – det klarer styreboksen selv.

Begrænse CO₂-udslip

Med DynaFlow gulvvarmesystemer sikrer vi en god afkøling på det vandbårne varmemedium, uanset om det er fjernvarme, gaskedel, varmepumpe eller fastbrændselskedel, der konverterer energien til gulvvarmesystemerne. Gulvvarmesystemerne er ideelle til opvarmning af boliger, kontorlokaler, værksteder eller hoteller osv. Med den nye teknologi kan vi udnytte energien så godt, at vi begrænser CO₂-udledningen til et absolut minimum. Vi begrænser den aftaget mængde af energi med en næsten perfekt indregulering målt i l/h, sammen med vores præcise elektroniske styring af rumtemperaturerne. Herved opnår vi en så høj udnyttelse af energien som muligt og dette kan direkte konverteres til en lavere CO₂-udledning. Der er ingen tvivl om, at når man laver energi på den ene eller den anden måde, så koster det på CO₂-regnskabet, men hvorfor ikke begrænse CO₂-spildet ved at bruge de helt rigtige teknologier og produkter?

Undgå dårligt indeklima og mug i badeværelserne

Selvom det er sommer og vejret er varmt,

oplever flere og flere danskere, at silikonefugerne og shampoo-/balsamdunke får sorte plamager på badeværelset, hvilket peger i retningen af skimmelsvamp. Det erfares også, at det kan være svært at få sine håndklæder til at tørre på traditionel vis ved blot at hænge dem op.

Hvorfor sker dette, når vores nye boliger er så topmoderne og energirigtigt skruet sammen?

Alle huse i dag har mekanisk ventilation med ekstra sug i badeværelset, men på trods af dette opstår der stadig en del



Michael Niemann Mortensen,
sales manager, product specialist,
Pettinaroli A/S.

kondens i badeværelset, som kan ses på for eksempel spejle og stenbordsplader. I vores boliger er ventilationsanlæggene så pressede på ydelse, at de kun lige opfylder byggereglementets krav og derfor ikke kan håndtere den mængde fugt, der opstår i et badeværelse efter et bad.

I henhold til byggereglementet bør et varmeanlæg ikke levere varme til huset, hvis den udvendige temperatur er over 20°C. I gulvvarmesystemerne er der indbygget en såkaldt pejsefunktion i elektronikken, hvor man kan sætte for eksempel badeværelsernes gulvvarmekredse til at holde en komforttemperatur på gulvet, selvom temperaturen er over 20°C udenfor.

Dette skaber et komfortabelt varmt gulv og er med til at få kondensvand eller overskydende vand fra et bad til at fordampe hurtigere og mere effektivt. Ydermere vil man opleve, at effekten af en lille smule varme i vådrum gør, at man har mindre risiko for at få skimmelsvamp på badeværelset.

Skimmelsvamp er et almindeligt problem i mange hjem. Det fugtige miljø og manglende ventilation skaber ideelle betingelser for, at skimmelsvamp kan trives. Med rumtermostat kan man direkte aflæse og overvåge fugtniveauet i alle rum, hvor de er monteret.

Termostaterne indikerer uden videre berøring luftfugtigheden i rummet. Derved får man en god indikation på, hvor meget fugt man har i sin bolig. En for høj eller for lav luftfugtighed kan have negative effekter på dit helbred. På badeværelset er det især den høje luft-

*Rumtermostat til
gulvvarmesystem til
visning af luftfugtighed.*

fugtighed, som kan skabe problemer. Den generelle anbefaling er at opnå en luftfugtighed på mellem 30-60 procent.

Komfort, energibesparelse og bedre indeklima i én løsning.

Med DynaFlow gulvvarmesystem er vi kommet et vigtigt skridt videre mod et mere behageligt indeklima og en markant bedre energianvendelse. Den dynamiske strengreguleringsventil sikrer et præcist flow, som matcher boligens reelle varmebehov – helt ned til 19 l/h – og eliminerer unødvendige temperaturudsving. Samtidig skaber den intelligente, elektroniske styring en komfort, der kan mærkes i hverdagen, fra stabil rumtemperatur til den ekstra funktionalitet, som reducerer fugt og risiko for skimmel-svamp i for eksempel badeværelser. Resultatet er et gulvvarmesystem, der ikke blot lever op til byggereglementets krav, men også bidrager til lavere energiforbrug og mindre CO₂-udledning – uden at gå på kompromis med komforten ■



Omvendt Osmose energioptimeret stabil drift

Med Condairs RO-E får du:

- Længere levetid på dyser og komponenter
- Ensartet, stabil og pålidelig befugtning
- Mindre vedligehold og færre driftsstop
- Problemfri integration i ventilationsanlæg
- Passer til alle HVAC befugtningssystem
- Mærkbare vandbesparelser på befugtningen



Kontakt os

Telefon 8788 2100
www.condair.dk

RO-E leverer kalkfrit vand til befugtningssystemet – enkelt og effektivt

Med Condairs nye RO-E vandbehandlings-system får du et kompakt, energieffektivt og brugervenligt omvendt osmoseanlæg, der sikrer kalkfrit vand direkte til dit befugtningssystem.

Vores ingeniører arbejder løbende på at optimere vores produkter ved hjælp af de nyeste teknologier.

Condair RO-E er udviklet til HVAC-installationer, hvor vandkvalitet og driftssikkerhed er afgørende for et stabilt indeklima.



 **condair**

Ring og hør
hvordan vi kan
hjælpe dig

Digital kølemanifold til præcise og effektive målinger

Testo lancerer Testo 558s – digital kølemanifold til præcise og effektive målinger i køle- og varmepumpesystemer

Med den nye Testo 558s introducerer Testo en avanceret digital kølemanifold, udviklet til nøjagtige og pålidelige målinger i køle- og varmepumpesystemer. Den er ideel for fagfolk inden for vvs og køleteknik, der ønsker en enkel og effektiv måde at kontrollere tryk og temperatur på.

Takket være intuitiv betjening, stor digital touch-skærm og Bluetooth-integration med Testo Smart App, leverer Testo 558s høj effektivitet og fleksibilitet ved måling og dokumentation.

Med Testo 558s kan teknikere hurtigt og pålideligt overvåge kritiske parametre i køle- og varmepumpesystemer. Enheden måler samtidig både fremløbs- og returtemperaturer samt høj- og lavtryk, hvilket gør det nemt at beregne superheat og subcooling.

Nøglefunktioner:

- Automatisk beregning af superheat og subcooling for optimal drift.
- Fleksibel trykmåling: Måler både høj- og lavtryk.
- Trådløs dataoverførsel til Testo Smart App for nem rapportering.
- Kompatibel med klasse A3 og A2L brændbare kølemidler.
- Integration med Testo 770-3 tangamperemeter via Testo Smart App Pro for fejlfinding.

Disse funktioner hjælper med at identificere fejl og optimere køle- og varmepumpesystemer hurtigt og effektivt.

Nem håndtering

Med en robust konstruktion, ergonomisk design og stor, letlæselig skærm er Testo 558s skabt til daglig brug, hvor holdbarhed og driftssikkerhed er afgørende. Bluetooth-forbindelsen gør integrationen med smartphone eller tablet enkel – og sikrer, at målinger kan dokumenteres hurtigt og effektivt.

Med lang batterilevetid og pålidelig performance er Testo 558s et uundværligt instrument for teknikere, der ønsker hurtige, præcise og dokumenterbare målinger.

Testo 558s kan købes direkte hos Buhl & Bønsøe ■





**Når der skal
varmes op.**



**Når der skal
varmes *rigtig
meget* op.**



Fra parcelhuset til sportshallen!

Hos os finder du varmepumper til både privatboliger og de helt store kvadratmeter. Altech dækker alle behov i enfamiliehuse, og Beetle fra GSI løfter opgaven i bygninger som sportshaller, institutioner og produktionsfaciliteter.

Læs mere
på [BD.dk](https://bd.dk)



Ny Cradle to Cradle loftdiffusor

FBS-panel fra KE Fibertec er blevet Cradle to Cradle-godkendt og lever op til de nye skærper, som træder i kraft i BR25



FBS-loftpanelet fra KE Fibertec er blevet Cradle-to-Cradle godkendt. Løsningen kan leveres i flere standardmål og er ideel til rum med lav frihøjde over loft og i rum med lav lofthøjde.

Af KE Fibertec

Gennem en årrække har et globalt klimafokus medført, at byggebranchen har været omfattet af stigende lovkrav og strammere regler både ved projekter inden for nybyggeri og renovering af eksisterende bygninger. Det har resulteret i et marked, der har været præget af et øget fokus på optimering af løsninger på parametre som miljøpåvirkning og ressourceforbrug, hvor aktører og leverandører i branchen i langt højere grad skal indtænke optimering og cirkulær økonomi i forretningsmodellen. Det øgede fokus er ikke noget nyt, men i takt med at der løbende kommer nye lovkrav, som byggeriet skal efterleve, kan det blive en udfordring for branchen at kunne følge med. Her bliver det afgørende, at vi i langt højere grad har fokus på og indtænker de forskellige optime-

ringsprocesser som for eksempel genanvendelse af materialer, valg af løsninger med lavere emission, mindre råvareforbrug og højere grad af styring og monitorering på energidelen, som blot er nogle ud af mange udviklingsområder. Senest er det nye Bygningsreglement, kaldet BR25, trådt i kraft pr. 1. juli 2025. Hvor virksomheder før kunne tilbyde livscyklusberegninger (LCA) på forskellige byggeprojekter, er lovkravet nu udvidet til at omfatte flere bygningstyper, som samlet presser branchen mod lavere udledninger på en større del af byggeriet. Samtidig er reglementet skærpet med højere krav om

niveau for CO₂-udledninger fra materialer, ligesom selve byggeprocessen skal overholde konkrete grænseværdier via LCA-beregninger for flere bygningstyper, der skal kunne dokumenteres. En udvidelse af de nye regler bliver også, at man fremover skal kunne inkludere CO₂-udledninger fra byggepladsen, herunder transport af materialer, energiforbrug på pladsen og bortskaffelse af affald. Grænseværdierne for selve byggeprocessen skærpes, og flere typer af byggeprojekter bliver omfattet, herunder også mindre renovering og nybyggeri.

Videreudviklingen af FBS-loftpanel

Hos KE Fibertec har vi løbende haft fokus på netop optimering og videreudvikling af vores produkter og løsninger, ikke kun for at imødekomme efterspørgslen fra vores kunder om, at vi kan leve op til branchens regler, men i høj grad også for, at vi kan dokumentere de miljømæssige påvirkninger.

Et godt eksempel på en proces, som vi har arbejdet på i nogen tid, er videreudviklingen af produktet FBS-loftpanel. Det er vores bud på en loftdiffusor velegnet til komfortventilation i miljøer, hvor trækfri og ensartet ventilation er afgørende. Her er et stærkt fokus på at skabe et sundt indeklima, især i skoler, kontorer og andre offentlige bygninger, hvor et godt indeklima har stor indflydelse på trivsel og indlæring. Dette omfatter også at reducere smitekilder



Tidligere var plasten blot affald, men i dag bliver en del af den anvendt til hjørneprofiler. ►



Belimo bidrager til fremtidens bæredygtige byggeri



50
ÅR

Med god energi

Banebrydende byggeri kræver banebrydende løsninger

I WoodHub i Odense – Danmarks største kontorbyggeri i træ – er der tænkt på både mennesker, miljø og energieffektivitet. Her spiller Belimos Energiventil en afgørende rolle i bygningens energistyring ved at sikre præcis regulering af varme og køling. Resultatet er et behageligt indeklima med minimalt energiforbrug, hvor data giver fuld transparens i driften. Sådan bidrager Belimos teknologi til byggerier, der sætter nye standarder for bæredygtighed, innovation og funktionalitet.

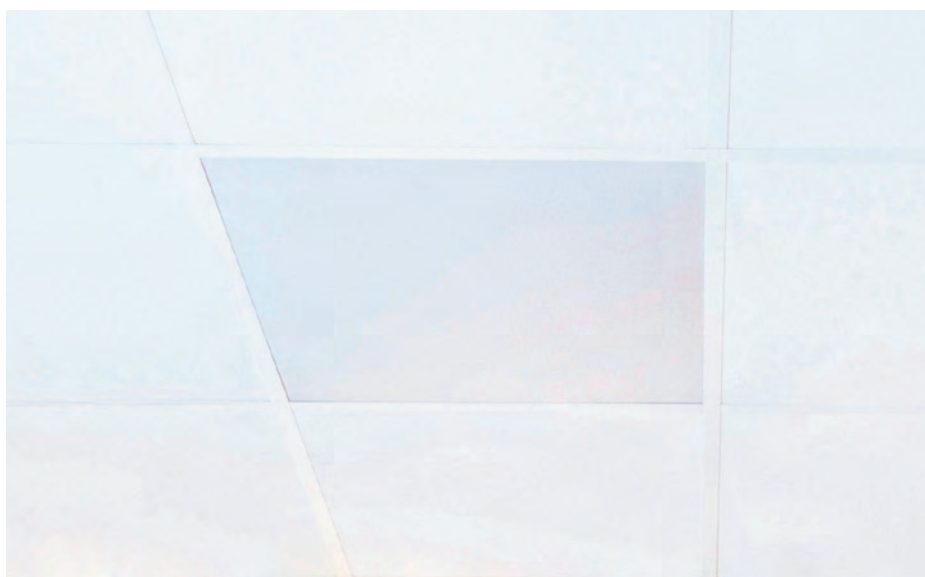
Se hele casen her: belimo.dk/referencer



Hør mere og spørg vores support
Ring på tlf. 86 52 44 00



Fordi FBS-panelet har en meget lav vægt, er det ikke nødvendigt at montere ekstra opstropning til loftet, og det kan placeres på samme måde som en traditionel loftplade.



Netop fordi FBS-panelet er bygget op som delkomponenter, er det let at udskifte de enkelte dele. Derudover kan man nemt afmontere tekstilmaterialet, specielt i bunddelen, hvis der er behov for vask, eller hvis man ønsker denne del i en anden farve.

ved at tilføre frisk luft og fjerne forurenet luft.

Processen har omfattet flere initiativer, som tilsammen gør, at vi kan tilbyde en komplet optimeret løsning. Hidtil har vi hos en ekstern leverandør fået svejset skinner sammen til den ramme, som samler hele panelet. Men fordi vi ønsker at holde fokus på de materialer og processer, som vores produkter bliver fremstillet af, påbegyndte vi for nogen tid siden et projekt om videreudvikling af vores loftpanel.

På vores væveri har vi årligt op imod fire tons affald i form af plastspoler (cones), som vores garn leveres på fra producenten. Tidligere blev de tomme cones sorteret som plastaffald, men i dag er vi i stand til at genanvende 100 procent af dem.

I dag har vi udviklet en løsning, hvor vi anvender en del af plasten til vores FBS-loftpanel. Her omdannes plastaffaldet til

” Vi vil fortsat have en strategisk målsætning om løbende at udvikle vores processer og optimere produktprogrammet med fokus på bæredygtig udvikling

granulat og genbruges af en af vores underleverandører til at producere nye hjørneprofiler til vores loftpanel. Resten genanvendes i samarbejde med vores supply chain, så hele mængden af cones får et nyt liv i forskellige produkter. I stedet for at anvende svejseteknik og smide vores plast-cones ud har vi på denne måde fundet fuld genanvendelse af affaldet til et nyt produkt. Med det nye hjørneprofil kan vi tilbyde en højere grad af fleksibilitet, da hjørneprofilen modsat en svejset løsning kan afmonteres og sammensættes med rammeskiner efter kundens behov.

Tænker rundt om produktet

FBS-loftpanelet består af tre enkeltkomponenter - top, bund og ramme. Top og bund er udført i tekstilmateriale vævet på vores eget væveri i Danmark. Vi har i længere tid kunnet levere bunden af panelet i Cradle to Cradle-godkendt tekstilmateriale i vores permeable kvalitet GreenWeave.

Nu kan vi ydermere tilbyde topdelen i MultiWeave, som også er et Cradle to Cradle-godkendt materiale. Samtidig har vi udskiftet den oprindelige gummi-vulstsnor i topdelen, så vi fremover anvender vulstsnor, som er fremstillet på

vores snoremaskiner på væveriet. Her anvender vi restgarner fra produktionen, som før blev håndteret som affald, til at "strikke" vulstsnore til topdelen i loftpanelet.

For KE Fibertec handler den cirkulære tankegang ikke kun om at gentænke vores løsninger ved at optimere produkterne, men i høj grad også om at se på det, som "ligger rundt om" produktet, herunder materialer, emballage og op-hæng. Vi er glade for nu at kunne tilbyde én samlet løsning af vores FBS-loftpanel, der efter den gennemgribende optimering er godkendt efter Cradle to Cradle-standarden. Det betyder, at vores kunder har et stærkt alternativ til et loftpanel til fremtidens byggeri, som skal efterleve krav om diverse certificeringer og fokus på bæredygtighed.

Skal fastholde bæredygtig udvikling

Ud over at vi nu kan tilbyde et loftpanel, som er Cradle to Cradle-godkendt, vil vi også gerne fremhæve nogle af de mange andre fordele ved at vælge netop FBS-loftpanelet. Løsningen kan leveres i flere standardmål og er ideel til rum med lav frihøjde over loft og i rum med lav lofthøjde. Samtidig er det fuldt integreret med



På virksomhedens væveri har man årligt op imod fire tons affald i form af plastspoler (cones), som garnet leveres på fra producenten. Tidligere blev de tomme cones sorteret som plastaffald, men i dag er man i stand til at genanvende 100 procent af dem.

loftet. Fordi panelet har en meget lav vægt, er det ikke nødvendigt at montere ekstra opstropning til loftet, og det kan placeres på samme måde som en traditionel loftplade. Netop fordi løsningen er bygget op som delkomponenter, er det let at udskifte de enkelte dele. Derudover kan man nemt afmontere tekstilmaterialet, specielt i bunddelen, hvis der er behov for vask, eller hvis man ønsker den del i en anden farve.

Vi vil fortsat have en strategisk målsætning om løbende at udvikle vores processer og optimere produktprogrammet med fokus på bæredygtig udvikling. I tæt samarbejde med vores samarbejdspartnere og eksterne rådgivere vil det bidrage til, at vi kan imødekomme kundernes efterspørgsel på miljøvenlige løsninger med komplet og gennem-sigtig dokumentation til certificering af byggeriet.

Der er ingen tvivl om, at branchen skal fastholde en bæredygtig udvikling ud i fremtiden. Optimering af indeklimaet og bæredygtighed hænger tæt sammen. Blot ved at vælge de rette materialer og systemer kan bæredygtigt byggeri og renovering med miljørigtige løsninger bidrage til at forbedre indeklimaet ■

AquaSnap® 61AQ installeret i Østjylland

- Opvarmning og køling fra 40 til 560 kW
- Naturligt kølemiddel R290
- Produceret i Europa med danske komponenter

► carrier.dk



Et effektivt produktionsindeklima kræver mere end ventilation

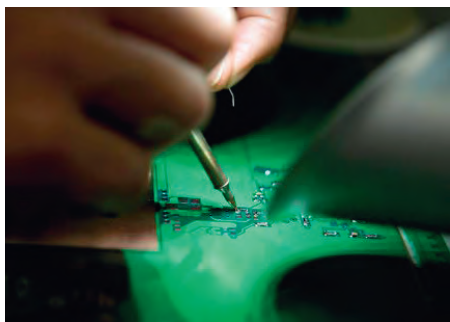
Når produktionsschefer investerer i ventilation, handler det ofte om luftskifte og temperatur. Men en afgørende parameter bliver stadig overset: luftfugtighed. Korrekt fugtstyring er ikke blot et spørgsmål om komfort. Det har direkte indflydelse på energioptimering, produktkvalitet og driftsstabilitet

Af Condair

Et for tørt produktionsmiljø kan give alvorlige problemer: statisk elektricitet, driftsstop, kvalitetsudsving i produkter og øget spild. I elektronikproduktion er en relativ luftfugtighed på 30-60 procent nødvendig for at undgå ESD (statisk elektricitet) og sikre processtabilitet. I øvrige produktionsmiljøer vurderes 40-70 procent som ideelt. Små variationer i fugtniveauet kan derfor få store konsekvenser for både drift og bundlinje.

Ventilation alene er sjældent nok

En af de mest udbredte fejl er at vælge et overdimensioneret ventilationsanlæg uden at medtænke fugtstyring. Resultatet er ofte et unødigt højt energiforbrug og et tørt indeklima, som skaber flere problemer, end det løser. Uden befugtning må ventilationssystemet ofte kompensere med store luftmængder for at opretholde komfort og proceskrav, hvilket øger både ventilatorbelastning og elforbrug. Når ventilation derimod kombineres med korrekt dimensioneret befugtning, kan luftskiftet reduceres betydeligt, fordi den højere



Hos Terma sikrer præcis styring af luftfugtighed både kvalitet og stabilitet i elektronikproduktionen.



Modelfoto: Freepik.com

relative luftfugtighed forbedrer luftens køle- og komfortegenskaber. Det betyder lavere energiforbrug til ventilation og samtidig mulighed for at udnytte adiabatiske køling som supplement til mekanisk køling. På den måde skabes en mere energieffektiv løsning,



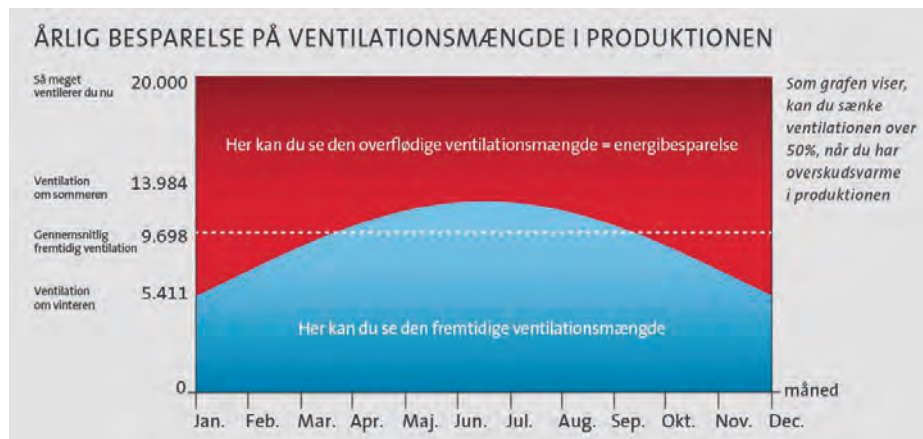
Beregn din
driftsbesparelse

hvor ventilationsanlægget kan dimensioneres mindre og drives med lavere driftsomkostninger.

Køling og fugt i effektivt samspil

Befugtning er ikke kun et spørgsmål om fugt, men også om køling. Når vand forstøves i luften, optager dråberne varme, som fordamper. Det er det, der kaldes adiabatisk køling. Det giver en naturlig sænkning af temperaturen, samtidig med at luftfugtigheden stabiliseres. Dermed kan behovet for energikrævende mekanisk køling reduceres eller i perioder helt undgås.

Hos Terma, der producerer elektronik til forsvar og rumfart, har man implemen-



Grafen viser, hvordan ventilationen kan halveres - og energien spares - ved at kombinere ventilation og befugtning.

Fordele ved at medtænke luftbefugtning

- Stabil produktion uden driftsstop.
- Bedre kvalitet og færre fejl i produktionen.
- Reduceret risiko for statisk elektricitet.
- Lavere energiforbrug gennem mindre ventilationsbehov.
- Adiabatisk køling via befugtning.

teret direkte befugtning med adiabatisk køleffekter. Resultatet har været tydeligt:

- En årlig energibesparelse på over 150.000 kWh.
 - Eliminering af problemer med statisk elektricitet.
 - Forbedret processtabilitet og kvalitet.
- Casen viser, hvordan fugtstyring og køling i samspil ikke bare forbedrer indeklimaet, men også giver dokumenterbare gevinster på energiforbrug og produktion.

Rådgivning giver de bedste løsninger

Der findes ikke én løsning, der passer til alle. I nogle tilfælde er kanalmonterede befugtere integreret i ventilationssystemet det rigtige valg. I andre er direkte ruminstallationer mere effektive. Uanset løsning er det afgørende, at projekteringen sker i samarbejde med specialiserede leverandører og rådgivere, som kan sikre, at anlægget tilpasses produktionens specifikke krav - teknisk, energimæssigt og økonomisk ■

Gulvvarmeshunt incl. PICV

NYHED

Det nye **DynaFlow gulvvarmesystem med PICV** har mange fordele i forhold til eksisterende systemer.

Fx sparer du:

- En afspærringsventil
- En differenstrykregulator
- En reguleringsventil
- En returkobling
- Samlinger
- Indreguleringstid
- 20 min. montagetid

... og så er PICV modstandsdygtig for snavs op til 900 ppm



Se mere om det banebrydende system.
Scan QR koden
eller se på pettinaroli.dk/dynaflow



PETTINAROLI

Trådløst termisk kamera til smartphones

Med lanceringen af det nye Testo 860i præsenterer Testo et trådløst termisk kamera til smartphones - udviklet til hurtige og præcise stikprøvemålinger. Kameraet er en optimal løsning for fagfolk inden for varme-, ventilations- og køleteknik, vedligeholdelse, bygningsservice og en bred vifte af andre anvendelsesområder.

Takket være intuitiv betjening, skarpe termiske billeder og fuld integration med Testo Smart App leverer Testo 860i høj effektivitet og fleksibilitet ved termiske inspektioner af tekniske systemer, komponenter samt bygningsdele som vinduer, døre og vægge.

Præcise målinger til en lang række applikationer

Med Testo 860i kan temperaturforskelle (Delta T), varmekilder (hotspots) og fugtproblemer hurtigt og pålideligt identificeres direkte i det termiske billede. Sammen med Testo Smart App får brugeren adgang til en række praktiske målefunktioner, der gør det daglige arbejde nemmere.

- **DeltaHeat:** Gør det nemt at måle temperaturforskellen mellem fremløbs- og returtemperaturer på radiatorer og giver optimeringstips.
- **DeltaCool:** Måler differenstemperaturen på køle- og klimaanlæg trin for trin.
- **Termografi:** Identificerer hurtigt hotspots og varmeudvikling - ideel til forebyggende vedligeholdelse af elektriske og mekaniske systemer, samt til at lokalisere skjulte defekter såsom utætheder i gulvvarmesystemer.
- **Fugttilstand:** Visualiserer fugtpletter på vægge, lofter og hjørner og gør det nemt at vurdere risikoen for skimmelsvamp ved hjælp af en lyskrydsskala (i forbindelse med Testo 605i termohygrometer).



Foto: Freejak.com

Disse funktioner sikrer hurtig identificering af skjulte problemer, der ellers kan føre til alvorlige og dyre skader.

Nem håndtering og fleksibel anvendelse

Testo 860i imponerer ikke kun med sin høje funktionalitet, men også med sin exceptionelle brugervenlighed. Den smarte klemme gør det muligt at fastgøre det termiske kamera direkte på en smartphone eller tablet, hvilket sikrer nem betjening med én hånd. Den trådløse forbindelse til Testo Smart App muliggør betjening med begge hænder. Appen byder på en intuitiv brugerflade, guidede måleprogrammer, nem eksport af ultraskarpe termiske billeder (256 x 192 pixels) samt hurtig dokumentation - herunder afsendelse af rapporter via e-mail.

Robust, holdbar og designet til daglig brug

Testo 860i imponerer med sin holdbarhed: Med en beskyttelsesklasse på IP54, faldmodstand fra op til 1,5 meters højde og et genopladeligt lithium-ion-batteri med USB-C-tilslutning, sikrer kameraet lang levetid og er ideelt til daglig brug.

Testo 860i kan købes direkte hos Buhl & Bønsøe ■



Nyt kølemiddel med 78% lavere GWP-værdi – driftsikkert og energieffektivt

Vores innovative EcoCooler og ThermoCooler HP
kan nu leveres med kølemiddel **R454B**.



Scan QR-koden
at læse mere



Air handling with focus on LCC

Høje temperaturer i hjemmet

kan øge risikoen for kognitiv tilbagegang

Udover komforten har temperaturen i hjemmet også en anden og meget vigtig betydning, viser et forskningsresultat fra Hinda and Arthur Marcus Institute for Aging Research, en del af Hebrew SeniorLife og tilknyttet Harvard Medical School. Er temperaturen under 20 grader eller 24 grader, vil især ældre mennesker få påvirket deres kognitive evner. Det kan have stor betydning i en verden, der bliver generel varmere, og behovet for køling dermed stiger

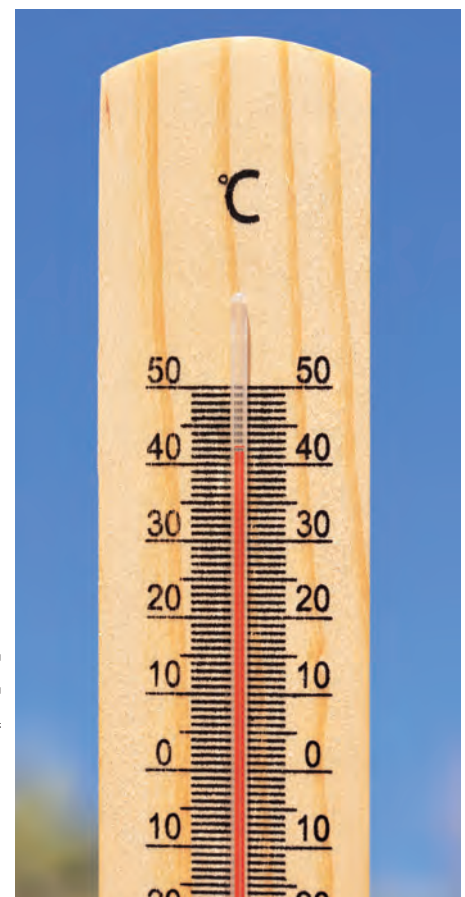
*Af Hinda og Arthur Marcus,
Institute for Aging/Allan Malmberg*

Temperaturen i hjemmet har måske større betydning, end vi tidligere har troet. Et forskningsresultat fra et institut tilknyttet Harvard Medical School

har påvist, at temperaturen hos ældre mennesker helst skal holde sig mellem 20 og 24 grader. Ligger det uden for dette interval - både over eller under - vil det påvirke de ældres kognitive evner. Det er ikke så meget en temperatur under 20 grader, der har bekymret forskerne, men derimod at man ser den samme påvirk-



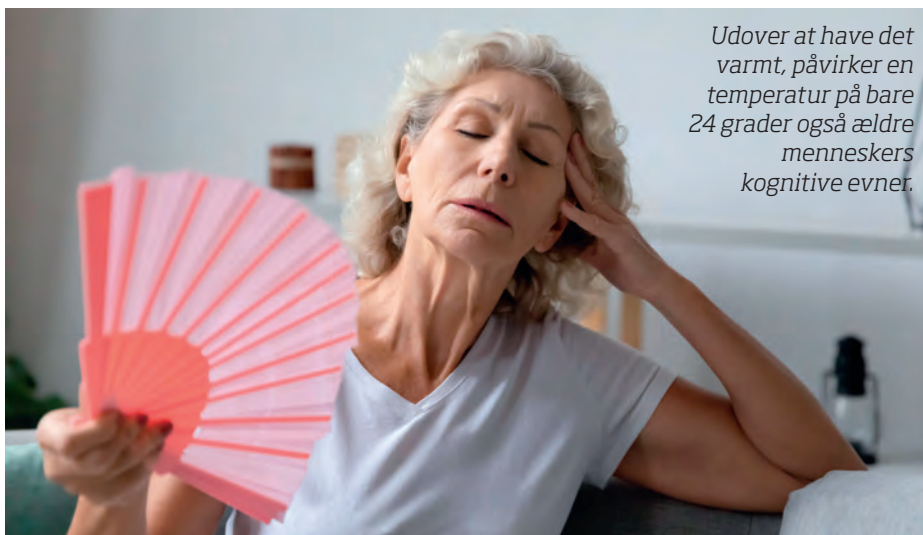
*Vi bliver stadig flere
ældre i verden, og det er
især den gruppe, som bliver
påvirket negativt af de
stigende temperaturer.*



Verden bliver varmere, og dermed stiger behovet for nedkøling. Men det er langt fra de økonomiske muligheder for at sænke temperaturen i deres hjem.

ning, når temperaturen ligger over 24 grader. Og det kan den snildt komme til i mange lande i løbet af sommerperioden. Undersøgelser har afsløret en stærk sammenhæng mellem indetemperaturen og kognitiv præstation hos ældre voksne, hvilket fremhæver, hvordan klimaforandringer kan øge risikoen for kognitiv sundhed.

Når temperaturerne bevægede sig blot 4 grader over eller under dette interval,



Udover at have det varmt, påvirker en temperatur på bare 24 grader også ældre menneskers kognitive evner.

Foto: Freepik.com.

som for eksempel indetemperatur, påvirker kognitiv sundhed i aldrende befolkninger, siger Amir Baniassadi, ph.d., hovedforfatter til studiet og en førende ekspert i studiet af klimaændrings virkninger på seniorer til Scitechdaily. - Denne forskning fremhæver behovet for folkesundhedsinterventioner og boligpolitikker, der prioriterer klimamodstandsdygtighed for ældre voksne. Efterhånden som de globale temperaturer stiger, vil det være afgørende at sikre adgang til temperaturkontrollerede miljøer for at beskytte deres kognitive velbefindende.

Bredere kontekst og foreslåede løsninger

Efter et studie fra 2023, der målte, hvordan temperaturen påvirkede ældre voksnes søvn og deres kognitive evner, bidrager studiet nu til den voksende evidens for, at virkningerne af klimaændringer rækker ud over fysisk sundhed til at omfatte kognitiv funktion. Potentielle løsninger omfatter integration af smart home-teknologier for at optimere indetemperaturer, forbedre energieffektiviteten i boliger og udvide adgangen til køleressourcer ■

fordobledes risikoen for opmærksomhedsproblemer.

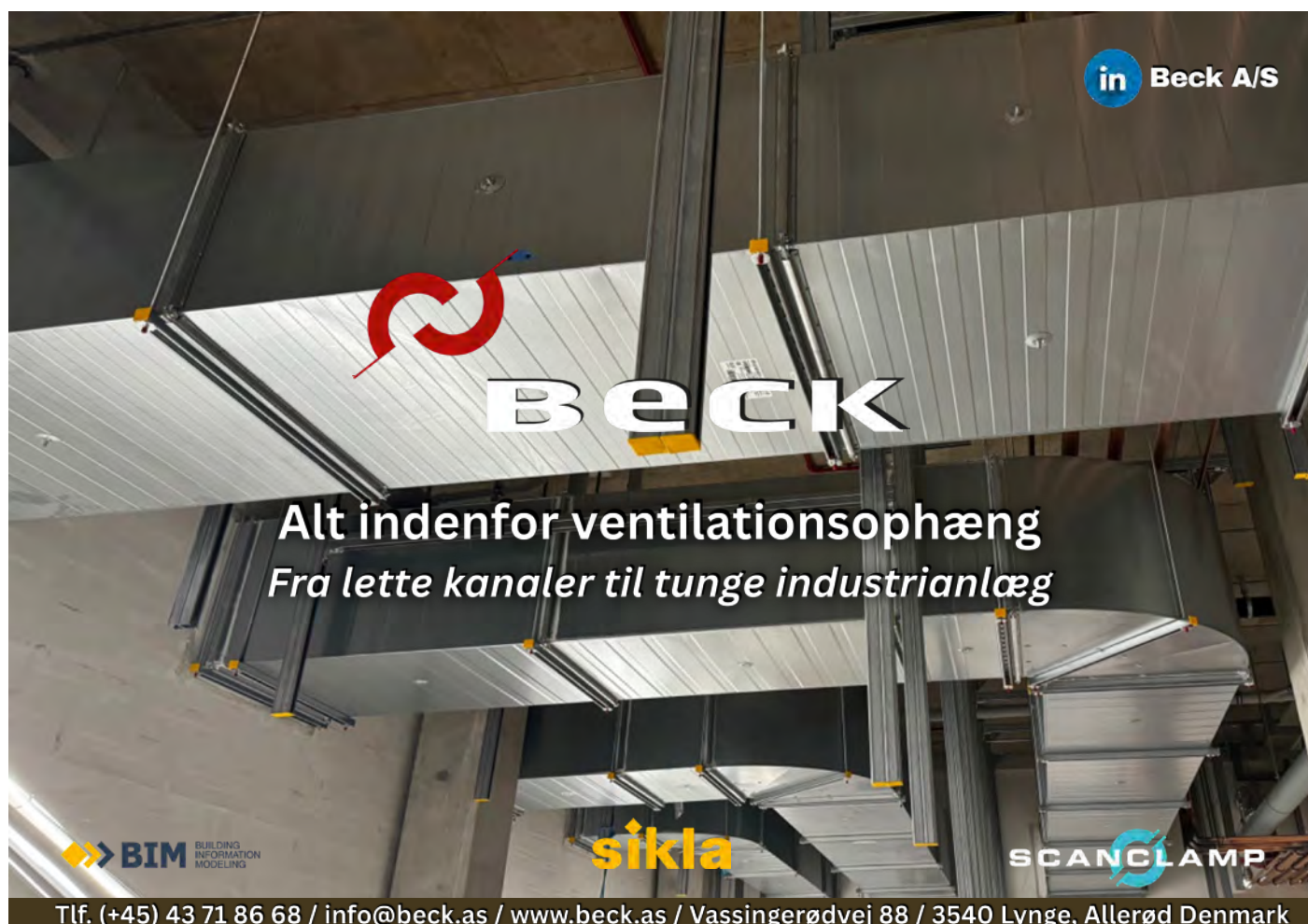
Undersøgelsesdetaljer og resultater

Observationsstudiet overvågede hjemmetemperaturer, og de 47 deltagere, alle 65 år eller ældre, selvrapporterede om eventuelle opmærksomhedsvanskeligheder i løbet af et år.

Resultaterne, der er offentliggjort i Journal of Gerontology: Medical Sciences,

tyder på, at selv de nuværende klimaforhold sætter ældre voksne i risiko, hvor mange oplever indetemperaturer, der kan forringe deres kognitive evner. Implikationerne er især bekymrende for lavindkomst- og underforsynede befolkningsgrupper, som kan have færre ressourcer til at regulere deres hjemmemiljø.

- Vores resultater understreger vigtigheden af at forstå, hvordan miljøfaktorer,



in Beck A/S

Beck

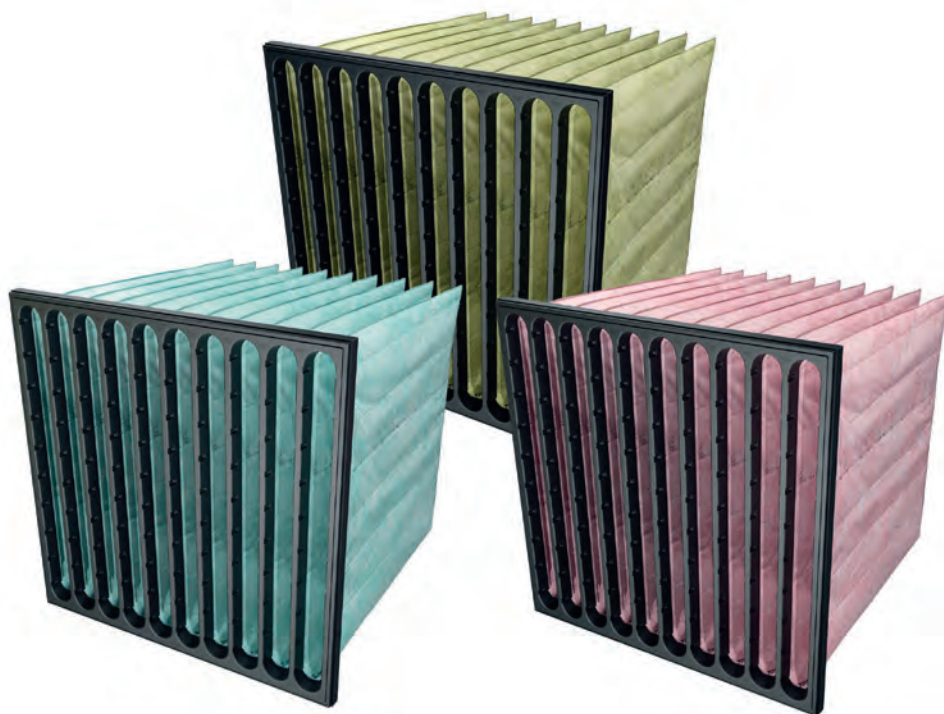
Alt indenfor ventilationsophæng
Fra lette kanaler til tunge industrianlæg

BIM BUILDING INFORMATION MODELING

sikla

SCANCLAMP

Tlf. (+45) 43 71 86 68 / info@beck.as / www.beck.as / Vassingerødvej 88 / 3540 Lyngby, Allerød Denmark



Hi-Flo tager endnu et grønt skridt fremad

Camfil lancerer nu endnu en opgraderet version af sit velkendte Hi-Flo posefilter. Filteret med en filtreringseffektivitet på ePM1 70 procent er mere energieffektivt, har længere levetid og leveres med en EPD (miljøvaredeklaration) – hvilket gør det til et særligt attraktivt valg for både miljøbevidste projekter og udbudsprocesser

Af Brian Olander Hjort,
salgschef, Camfil A/S

Den største nyhed ved den opgraderede version er, at det nye filter bruger op til 13 procent mindre energi sammenlignet med tidligere modeller. Det betyder lavere elregninger for bygninger og ejendomme – og et vigtigt bidrag til både miljø og budgetter. Et lavere energiforbrug giver ganske enkelt bedre økonomi. To af de mest anvendte filterklasser – ePM1 60 procent og ePM10 60 procent – opnår energiklasse A+, hvilket er det højeste niveau på Eurovent-skalaen.

Lang levetid, minimalt vedligehold og mærkbare besparelser

Hi-Flo-filteret er designet til at holde længe. I de fleste installationer har det en levetid på mindst ét år uden behov for udskiftning – noget, som både driftspersonale og ejendomssejere sætter stor pris på. Hi-Flo-serien er et pålideligt valg. Filterne har dokumenteret god filtrerings-

effektivitet og fås i fem filtreringsklasser: ePM10 60 procent, ePM2,5 60 procent, ePM1 60 procent, ePM1 70 procent og ePM1 85 procent. Denne komplette portefølje af effektivitetsklasser dækker behovene i alt fra standardbyggeri til kritiske installationer – og lever op til filtreringsanbefalingerne i EN 16798-3 og Eurovent 4/23. Hi-Flo kombinerer lav luftmodstand med høj støvakkumuleringskapacitet, hvilket giver energibesparelser fra dag ét.

Et smartere og mere bæredygtigt valg

Virksomheden har også dokumenteret, at det nye filter bidrager til at reducere CO₂-udledningen yderligere. Beregninger viser, at brugen af det nye Hi-Flo-filter kan mindske vores kunders udledning i Europa med over 97.000 tons CO₂ årligt – og samtidig spare bygningsejere og driftsansvarlige for mere end 63 millioner euro i energiomkostninger. Filteret er desuden forsynet med en EPD (miljøvaredeklaration) – en uafhængig

miljødeklaration, som gør det lettere at dokumentere bæredygtighed i både nybyggeri, renoveringsprojekter og den daglige drift.

Et trygt valg for fremtidens byggeri

Uanset om du arbejder med ventilation i kontorbygninger, skoler, hospitaler eller erhvervsejendomme, er det nye Hi-Flo et sikkert og fremtidssikkert valg. Du får høj effektivitet, lavere driftsomkostninger – og en løsning, der gør det lettere at nå dine bæredygtigheds mål ■

Hvad er en EPD, og hvorfor er den vigtig?

En EPD (miljøvaredeklaration) beskriver et produkts livscyklus i en enkelt, omfattende rapport. Rapporten giver information om produktets miljøpåvirkning og bruges til at forstå CO₂-aftrykket for de produkter, der anvendes i dit anlæg.

Tilbyd dine kunder kvalitet



Varmepumper af høj kvalitet!

Vores varmepumper gennemgår over 300 tests og simuleringer i udviklingsfasen for at sikre, at varmepumpen fungerer i mange år med høj effektivitet og kvalitet. Luft til vand varmepumpen aroTHERM plus er perfekt til både nybyg og modernisering og så er den testet til det nordiske klima.

- + aroTHERM plus fås i 6 størrelser fra 3 til 12 kW A-7 W35
- + Naturligt og energivenligt kølemiddel - R290 med en GWP på kun 3
- + Nærmest lydløs drift
- + Effektiv drift ned til -25° C
- + Høj fremløbstemperatur op til 75° C
- + Højeste varmtvandskomfort
- + Brugervenlig styring - også via App
- + Energimærke op til A+++

Læs mere på vaillant.dk



3D-printede vægge

bekæmper fugtighed og klimaændringer

ETH Zürich-forskere har skabt miljøvenlige, 3D-printede vægpaneler af marmoraffald, der passivt styrer fugtigheden, reducerer emissioner og forbedrer komforten i travle indendørs områder

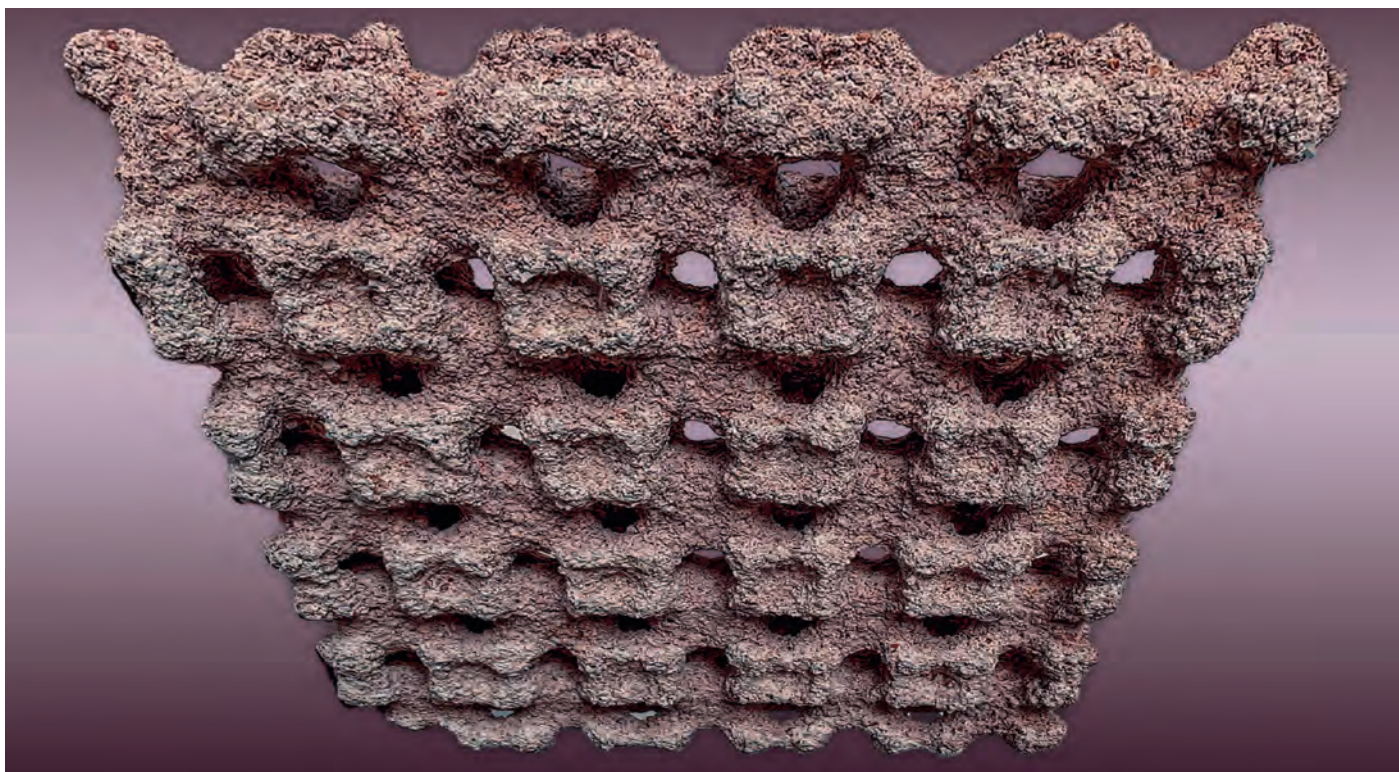


Foto: Pietro Odaglie/José Kuster/ETH Zürich

Et team af forskere ved ETH Zürich har udviklet et nyt, fugtbindende materiale. Hvis denne komponent anvendes i vægge og lofter, reducerer det luftfugtigheden indendørs.

Af ETH Zürich

Uanset om det er i et kontormødelokale, en museumsudstillingshal eller venteområdet på et regeringskontor, opleves ofte et mærkbart fald i luftkvaliteten. Denne effekt skyldes til dels øget luftfugtighed. Ventilationssystemer i kontor- og administrationsbygninger bruges almindeligvis til at affugte disse rum og opretholde en behagelig atmosfære. Mens mekanisk affugtning er effektiv, forbruger den betydelig energi og kan afhængigt af, hvordan elektriciteten er produceret, påvirke miljøet negativt.

I lyset af disse udfordringer har forskere på ETH Zürich udforsket en ny tilgang til passiv indendørs affugtning. I denne metode absorberes høj luftfugtighed og opbevares midlertidigt i vægge og lofter lavet af hygroskopiske, fugtbindende materialer. I stedet for at stole på meka-

niske systemer til at fjerne fugt, absorberer disse materialer naturligt fugt og frigiver det senere under ventilation, hvilket giver et energieffektivt og miljøvenligt alternativ.

Guillaume Habert, professor i bæredygtigt byggeri, som overvågede ETH-forskningsprojektet, forklarer, at løsningen er velegnet til rum med høj trafik. Ikke mindst, hvis det etablerede ventilationssystem har svært ved at følge med i spidsbelastningerne.

Affaldsmateriale fra marmorbrud

Habert og hans forskerhold fulgte princippet om den cirkulære økonomi i deres søgen efter et passende hygroskopisk materiale. Udgangspunktet er fintmalet affald fra marmorbrud. For at omdanne pulveret til fugtbindende væg- og loftkomponenter, måtte man have et binde-middel. Her faldt valget på en geopolym-mer, en klasse af materialer bestående af

metakaolin (kendt fra porcelænsproduktion) og en alkalisk opløsning (kaliumsilikat og vand).

Den alkaliske opløsning aktiverer metakaolinen og giver et geopolymerbindermiddel, der binder marmorpulveret til et solidt byggemateriale. Geopolymerbindermidlet kan sammenlignes med cement, men udleder mindre CO₂ under sin produktion.

I ETH-projektet lykkedes det forskerne at producere en prototype af en væg- og loftkomponent, der måler 20 × 20 cm og er 4 centimeter tyk. Produktionen blev udført ved hjælp af 3D-print i en gruppe ledet af Benjamin Dillenburger, professor i digitale byggeteknologier. I denne proces påføres marmorpulveret i lag og limes af geopolymerbindermidlet.

- Denne proces muliggør effektiv produktion af komponenter i en lang række forskellige former, siger Benjamin Dillenburger.

Fugtkontrollerende komponenter øger komforten

Kombination af geopolymer og 3D-print for at producere et fugtreservoir er en innovativ tilgang til bæredygtigt byggeri. Bygningsfysiker Magda Posani ledede studiet af materialets hygroskopiske egenskaber ved ETH Zürich, før han for nylig påtog sig et professorat ved Aalto Universitet i Espoo, Finland. Projektet er baseret på doktorafhandlinger af Vera Voney, overvåget af senior research associate Coralie Brumaud og arkitekt Pietro Odaglia, der udviklede materialet og 3D-print-maskinen på ETH.

Til simuleringen blev det antaget, at væggene og loftet på en læsesal, blev brugt af 15 personer på et offentligt bibliotek i Porto, Portugal. Her var rummet blevet fuldstændig beklædt med hygroskopiske komponenter. Magda Posani beregnede, hvor ofte og i hvilket omfang luftfugtigheden oversteg kom-

” De hygroskopiske væg- og loftkomponenter er klimavenlige. I simuleringsberegningerne blev væg- og loftkomponenterne sammenlignet med en lergips, der har været brugt i umindelige tider og som passivt regulerer luftfugtigheden i indendørs rum

fortzonen, dvs. 40 til 60 procent relativ luftfugtighed i denne virtuelle læsesal i løbet af et år.

Ud fra dette beregnede hun et ubehagsindeks; et tal, der udtrykker tabet af komfort forårsaget af for høj eller lav luftfugtighed. Hvis læsesalen var udstyret med de fugtbindende komponenter, kunne ubehagsindekset reduceres med 75 procent sammenlignet med en konventionel malet væg. Hvis der blev brugt komponenter, der var 5 centimeter tykke i stedet for kun 4 centimeter, faldt ubehagsindekset med hele 85 procent.

Klar til at blive videreudviklet

De hygroskopiske væg- og loftkomponenter er klimavenlige. I simuleringsberegningerne blev væg- og loftkomponenterne sammenlignet med en lergips, der har været brugt i umindelige tider og som passivt regulerer luftfugtigheden i indendørs rum. Denne gamle teknik viste sig at være endnu mere klimavenlig end de hygroskopiske komponenter. Pudset har dog en lavere lagerkapacitet for vanddamp.

Forskningen på ETH har vist, at kombinationen af geopolymer og 3D-print kan bruges til at producere væg- og loftkomponenter til effektiv fugtbuffer. Efter dette proof of concept er teknologien i princippet klar til at blive videreudviklet og skaleret til industriel fremstilling.

Samtidig fortsætter forskningen. I et projekt med Turin Polytechnic og Aalto University arbejder ETH Zürich på at producere væg- og loftkomponenter med endnu lavere drivhusgasemissioner ■

Alt i test- & måleudstyr

– også til indeklima



Hvis du har brug for at måle:

- Materialefugt
- Luftfugtighed
- Luftmængde
- CO₂ & luftkvalitet
- Temperatur
- Træk & trækrisiko
- Energiforbrug
- Lys, lyd og støj

Se vores store udvalg på: www.elma.dk



elma
instruments

Elma Instruments A/S | Ryttermarken 2 | 3520 Farum
T: +45 7022 1000 | E: info@elma.dk

Dårligt indeklima i skoler og daginstitutioner bekymrer forældrene

En ny undersøgelse viser, at tre ud af fem forældre oplever problemer med dårligt indeklima i deres barns skole eller daginstitution. Synergi og Skole og Forældre opfordrer kommunalpolitikere til at tage forældrenes bekymringer alvorligt og prioritere indeklimaet højere i den kommende valgperiode

Af Synergi

Et nyt institutionsår er begyndt for knap en million børn i skoler og daginstitutioner landet over. Desværre møder mange ind til bygninger med dårligt indeklima i form af for eksempel usund luft, for høje temperaturer eller dårligt lys. Indeklimaundersøgelser i landets institutioner har været kendt længe. Men en ny landsdækkende undersøgelse, foretaget af analyseinstituttet Voxmeter for Synergi, viser nu, at danske forældre også er opmærksomme på problemet. Således svarer 61 procent af de adspurgte forældre til børn i folkeskoler og daginstitutioner, at de oplever udfordringer med dårligt indeklima. Mindre end hver tredje oplever ingen problemer. Særligt i Region Hovedstaden er bekymringen udtalt. Kun 23 procent af forældrene oplever her et problemfrit indeklima.

- Utallige undersøgelser har gang på gang dokumenteret det dårlige indeklima i landets skoler og daginstitutioner. Med vores nye undersøgelse ved vi nu også, at det er et problem, som et stort flertal af forældrene selv oplever og kræver handling på. Det forstår jeg godt. For et sundt indeklima er afgørende for børns trivsel, læring og helbred. Vi opfordrer derfor politikere - både lokalt og i Folketinget - til at tage bekymringerne alvorligt og prioritere investeringer i et bedre indeklima, siger Katrine Bjerre, direktør i Synergi.

Støtter op om budskabet

Samme budskab lyder fra foreningen Skole og Forældre, der er landsorganisation for skolebestyrelser og forældre til børn i folkeskolen.

- Det dårlige indeklima på skolerne er, desværre, ikke et nyt problem. Det er noget, vi har kendt til længe, men som vi



Foto: Synergi

- Utallige undersøgelser har gang på gang dokumenteret det dårlige indeklima i landets skoler og daginstitutioner. Med vores nye undersøgelse ved vi nu også, at det er et problem, som et stort flertal af forældrene selv oplever og kræver handling på, siger Katrine Bjerre, direktør i Synergi.

stadig savner, at der handles på. Beslutningen om at handle ligger ikke kun på den enkelte skole, men også hos både kommunalpolitikere og Folketinget. Folkeskolen er børnenes arbejdsplads, og de har behov for, at deres arbejdsmiljø bliver prioriteret meget højere, end det er i dag, siger Regitze Spenner Ishøj, landsformand i Skole og Forældre.

Forslagene

Synergi og Skole og Forældre foreslår, at:

- Der indføres minimumskrav til indeklimakvaliteten i blandt andet skoler og daginstitutioner. Kravene skal tage

udgangspunkt i en ny national standard for indeklima.

- Kommunerne udarbejder handlingsplaner for forbedring af indeklimaet.
- Der tilføjes et særskilt grønt anlægsloft til økonomiaftalen mellem kommuner og stat, som giver kommunerne en øremærket ramme til investeringer i indeklima og energieffektivitet, der ofte overlapper hinanden.

- Vi står over for et kommunalvalg og en ny valgperiode i kommunerne. Det er en oplagt mulighed for at sætte indeklimaet på dagsordenen og sikre, at vores børn får de bedste betingelser for at trives og

Ny standard for nøjagtighed $\pm 0,3^{\circ}\text{C}$



En ny generation af rumtransmittere ser helheden i rummet. Ny teknologi måler temperatur og luftkvalitet i hele rummet og påvirkes ikke af punktvis ændringer fra f.eks. døre der åbner og lukker.

Som et resultat af vores produktudvikling er transmitternes nøjagtighed også banebrydende: $\pm 0,3^{\circ}\text{C}$. Normalt er nøjagtighed angivet i ét temperatur punkt, men RTX nøjagtigheden gælder helt unikt et større temperaturområde.

Det sparer kroner til varmeudgifter og optimerer indendørs luftkvalitet.



LÆR DE NYE
RUMTRANSMITTERE
AT KENDE HER

P.S. Der er flere muligheder og tilvalg med RTX/RT: temperatur, CO₂, fugt, VOC, PIR, indgang, udgange, Modbus, relæ, LED multi-signalindikering, 2 indbyggede controllere mm.



PRODUAL

produal.dk



Et nyt institutionsår er begyndt for knap en million børn i skoler og daginstitutioner landet over. Desværre møder mange ind til bygninger med dårligt indeklima i form af for eksempel usund luft, for høje temperaturer eller dårligt lys.

lære. Nu ved vi i hvert fald, at det i den grad er noget, vælgerne er opmærksomme på, siger Katrine Bjerre.

En undersøgelse fra 2022 viser, at det kun er en tredjedel af kommunerne, der har mål for at forbedre indeklimaet i deres bygningsmasse. Ifølge samme undersøgelse kan der hentes samfunds-mæssige gevinster på 15 milliarder kroner gennem den øgede indlæring og de færre sygedage, der følger med et bedre

indeklima i folkeskoler og daginstitutioner.

Kort om undersøgelsen

Undersøgelsen er gennemført af Voxmeter for Synergi i maj-juni 2025. Den omfatter svar fra 1000 forældre til børn i alderen 0-17 år fordelt over hele landet. Undersøgelsen fokuserer på forældrenes oplevelse af indeklimaet i deres børns skole eller daginstitution ■

Undersøgelsen

Tre ud af fem forældre oplever problemer med dårligt indeklima i deres barn eller børns institution(er). Kun 29 procent af forældrene mener ikke, der er udfordringer med indeklimaet i deres institution. I Region Hovedstaden er det kun 23 procent. Ni ud af ti forældre svarer, at det i "høj" eller "meget høj" grad er vigtigt, at deres barn eller børns institution har et sundt indeklima.

Mere end 450 forskellige kemiske stoffer hvirvler rundt i luften i danske klasselokaler:

196 procent af klasselokalerne i en undersøgelse fra 2022 målt der koncentrationer over den maksimale anbefaling.

En sund CO_2 -koncentration i klasselokalerne kan øge elevernes indlæring med et ekstra læringsår og reducere personalefraværet med 4 procent. De elever, der går på de skoler, hvor indeklimaet er ringest, præsterer godt 10 procent dårligere, end de elever, der går på de skoler, hvor indeklimaet er bedst.

Hvert år misser danskerne 465.000 arbejdsdage på grund af dårligt indeklima. Samme problem koster 30.000 mistede skoledage.



Det dårlige indeklima kan i værste fald følge børnene lige fra de unge år og hele vejen op gennem deres skolegang.

LSCONTROL



Sensorer fra LSCONTROL

Indbygningssensorer,
kanal- eller vægmontage
Temperatur, Tryk/Flow,
CO₂, Relativ fugt



 Modbus



 Modbus



Akustik og isolering har stor betydning for et godt indeklima

Fordelene er mange, når du vælger en **Isover CLIMAVER ventilationskanal** fremfor en traditionel kanal af stål. Udover at systemet er væsentligt lettere at installere end en traditionel stålskanal, så har det dokumenteret gode akustiske egenskaber, hvilket bidrager til et langt mere behageligt lydmiljø, som virkelig har stor betydning på kontorer, skoler og institutioner.

Isover CLIMAVER er et system med integreret isolering, som sikrer minimalt varmetab, hvilket understøtter et sundt og stabilt indeklima. Derudover er CLIMAVER-kanalen energieffektiv, og har et væsentligt lavere CO₂-aftryk end en stålskanal.



*Scan og få mere
viden, hør lydtesten og
se korte vidøeguides*

