ATMOSFÆRISK DRIKKEVAND

Roskilde Universitet - Hold: HumTek B - Dato: 01/06-2022

Denne rapport arbejder hen mod løsning af det stigende problem vi har i verden, nemlig manglen på rent drikkevand. Mange har prøvet at arbejde med en løsning, men teknologien udvikler sig og det samme gør vi. Læs med og find ud af hvordan atmosfærisk vandgenerering kan hjælpe med at gøre verden til et bedre sted.

Berken Ilkin – berken@ruc.dk (74178), Bülent Mahmoud Sari-Kahia – bulent@ruc.dk (74170), Danyal Muhammad Pasha - danyal@ruc.dk (74215), Darim Irfan Anwar - darim@ruc.dk (74184), Furkan Kadir Yavuz – fky@ruc.dk (74236)
Vejleder: Andreas Dyreborg Martin
Eksamensgruppenr.: S2224791216

Indholdsfortegnelse

Indholdsfortegnelse **1**

Abstract **3**

Begrebsliste **4**

Indledning **6**

Vandmangel – hvor stort er problemet? *6*

Gruppens motivation for emnet **9**

Afgrænsninger **10**

Problemformulering **11**

Arbejdsspørgsmål *11*

Metodisk afsnit **12**

Design & konstruktion *12*

Teknologiske systemer og artefakter *12*

Forsøg *14*

Hvordan kom vi på vores løsning? **14**

Baggrundsviden **16**

Vandets rolle i et samfund *16*

Landbruget – menneskets bedste ven *17*

Nilens fordele for Egypten, Sudan og Etiopien *17*

Tana-søen - Etiopiens geostrategiske perle *18*

GERD-dæmningens utilsigtede effekter *20*

Træet, hvis gren rækker ud over naboens have *21*

Bioøkonomi *22*

Cirkulær økonomi *24*

Cirkulær bio økonomi *26*

Biokul *26*

Water uptake 29

Hvad kan biokul bruges til, når det ikke længere kan optage vand? *31*

Kondensering *31*

Atmospheric Water Generator *33*

Analyse **38**

Interview *38*

Vandoptag i biokul/aktivt kul *41*

Usikkerheden i forsøget *41*

Resultater **42**

Diskussion **43**

Konklusion **43**

Perspektivering **44**

Bibliografi **45**

Abstract

In this group project, our primary focus has been on the lack of clean drinking water around the world and especially in those countries that are in need of it, and how it is possible that more water can be generated using various technologies. We have made a short list of concepts of what methods and topics that we have used to complete the project. The following is an introduction to whether there is a lack of clean drinking water and how big this problem really is in reality. Then we get into the group's motivation for the process and how we have come up with different solutions to solve the problem. As big as the problem is it has caught the attention EU and several countries around the world, we have chosen to keep our head point in the northeastern part of Africa as this is where GERD will be implemented. That we have for the following reasons, because countries like Egypt and Sudan depend on electricity and water from the Nile, this is because GERD must make use of the Nile to improve the conditions in Ethiopia. To solve this problem, we have, among other things, focused on MOF's and AWG's, which are made for projects like these. However, we have chosen to specifically work with biochar because it is more sustainable for the environment and has the same abilities as AWG's and MOF's, but without the use of energy from outside, which makes the substance more climate and environmentally friendly. During our problem formulation, we have prepared some questions that we believe are relevant to the topic. In the method section, we describe how we have included the subjects from our semesters. In addition, we have also included social science knowledge such as Bioeconomics, Circular Economics and Circular Bioeconomics. We have done this to find out about the sustainability of biochar and its impact on society. In the analysis, we have included our interview of Jan Søe Dybdal who is an expert within AWG's as he is currently dealing with the problematics of finding new ways towards a more sustainable future, such as we do.

Begrebsliste

Atmosfærisk luft: Det er luft som er indenfor jordens atmosfære, som faktisk består af flere forskellige gasser. Bestanddelene af den atmosfæriske luft er delt op ved at ca. 78,1% er kvælstof (kemisk betegnelse: N), 20,9% er ilt (kemisk betegnelse: O^2) hvor den sidste procent står for argon (kemisk betegnelse: Ar) og vanddamp (kemisk betegnelse H_2O). For at være konkret, så består jordens atmosfære af fire forskellige sfærer, termosfæren, mesosfæren, stratosfæren og troposfæren. (Wium, 2021) Den sidstnævnte sfære er dog den som vi vil gå dybere ind i, da det er den som vi lever i. Vanddampen udgør ikke en stor del af den samlede atmosfæriske luft, men da vi lever i troposfæren, så er dette en betydelig faktor. (Miljøagentur, 2022)

Biomasse: Begrebet dækker over de organiske materialer der bliver produceret igennem planterne/træernes fotosyntese. Biomassen bliver brugt til at skabe vedvarende energi, ved at man brænder det af på et kraftværk, hvor fidusen ved det er, at man kun udgiver den CO^2 som træet selv har opfanget gennem sin levetid. Hovedparten af biomassen i Danmark består af halm, træ og bionedbrydeligt affald. (U.S. Energy Information Adminstration, 2021)

Bioøkonomi: Denne betegnelse beskriver en tankegang hvor, at al råmateriale der bruges til at producere materiale, energi eller kemikalier, bliver udvundet af biologiske ressourcer. (Dette vil blive beskrevet dybere i et senere afsnit)

Cirkulær økonomi: Denne form for økonomi er betegnet ved, at der skal genbruge så meget som muligt. Det vil sige, at man designer produkter med tanken om, at det meste at det skal kunne repareres eller genanvendes til andre produkter. Dette vil producere mindre affald og i sidste ende have en positiv indvirkning på klimaet ved at der er mindre affald, som i sidste ende fører til et mindre klimaaftryk. (Parlamentet, 2022)

Diffusion: Handler om hvordan molekyler bevæger sig, når miljøet omkring dem skifter fra et højt stofkoncentrat, til en lav. (AIP, 1960)

Bioraffinering: Bioraffinering er en måde hvorpå man udnytter biomassen så bæredygtigt som muligt. Dette foregår oftest på et bio-raffinaderi, som er et produktionsanlæg, hvor processen for bioraffinering bliver taget i brug, ved hjælp af forskellige teknologier, der kan skille de forskellige næringsstoffer ad. (Hveiti, u.d.)

Destillation: Dette er en metode der bliver brugt til at adskille stoffer/væsker fra hinanden. Måden det bliver gjort på er ved brug af høje temperaturer, for at udnytte de forskellige stoffers/væskers kogepunkt, for at de kan fordampe fra en beholder over til en anden, for derefter at kondensere det igen. (The Univercity of Toledo , 2020)

Grand Ethiopian Rennaisance Dam (GERD): Tidligere kendt som *The Millenium Dam*, er en dæmning som er bygget af Etiopien, ved den østlige grænse til Sudan i Bameza området. Dæmningen er bygget på Nilen, hvis formål er at genere strøm til hele Etiopien og muligvis også omkringliggende lande. Denne dæmning er det største vandkraftværk som er bygget i Afrika. (Abdelhadi, 2020) (Se nærmere under afsnittet "GERD-dæmningen)

Hydrologi: Betegnelsen dækker over studiet omkring vand og hvordan fordelingen, kredsløbet, vandbeholdningerne samt bevægelsen af vand forholder sig i hele verden. (Water Science School, 2019)

Kondensering: At noget kondenserer, er en betegnelse for, at stofferne i deres gasform bliver omdannet til flydende form, altså en væske. (DIYdata, 2022) (Dette vil blive beskrevet dybere i et senere afsnit)

Lineær økonomi: Denne form for økonomi er betegnet ved, at der udvindes råstoffer, der bliver skabt materialer og produceret nye varer, de ender hos forbrugerne og bliver til sidst smidt ud. (CradlePeople, 2021)

MOF (Metal Organic Framework): Er en blanding af metal molekyler og organiske molekyler som er bundet sammen ved hjælp af en kemisk sammensmeltning. Målet med en MOF i denne rapport er at sammenligne denne sorbent med biokul, da en MOF er god til at holde på gasser som hydrogen. (Berger, u.d.) (Dette vil blive beskrevet dybere i et senere afsnit)

Osmose: Dette er en proces hvor vand flytter sig gennem en beholder, igennem en membran (grænseflade), til en anden beholder. Dette sker hvor høje koncentrationer bevæger sig hen imod de lave, så man teoretisk set, har samme indhold og koncentrationer i hver sin beholder, på hver sin side af membranen. (Osmosis, 2021)

Omvendt osmose: Denne proces der gør det modsatte end sin forgænger. Her handler det nemlig om at filtrere, så man til sidst ender med to forskellige væsker. Dette er den mest foretrukne måde at skabe rent drikkevand på i verden. Her kommer saltvand ind i en beholder med højt tryk, som bliver presset igennem en membran der vil filtrere vandet, så man som slutresultat får ferskvand der kan anvendes som drikkevand. (Lund, 2021)

Pyrolyse: Er en metode hvorpå man ved hjælp af høje temperaturer kan lave en kemisk spaltning af organisk materiale. Dette gøres ved at bringe det organiske materiale ind i et vakuum, et lufttomt rum som f.eks. en ovn hvor der ikke bliver tilført ilt, for at kunne forkulle det organiske materiale. (USDA, 2021)

Resiliens: Er et psykologisk begreb der ofte bliver brugt i sammenhæng med børn og deres evne til at håndtere utilsigtede konsekvenser, der normalt ville føre til stressede situationer, på en positiv og adaptiv måde. I denne rapport bliver det dog brugt med henblik på et lands evne, til at modstå disse stressede situationer som ville ellers ville føre til en krise. Dette kan med andre ord også kaldes klima resiliens, men vi vil i denne opgave holde os til resiliens. (Mayo Clinic, 2020)

Sorbent: Materialer der bliver brugt til at absorbere eller adsorbere væske. I dette tilfælde vil det brugte materiale være biokul. (EPA , 2016)

Troposfæren: Denne sfære er den der omkranser alle levende organismer og er det nederste lag i Jordens atmosfære. Denne sfære strækker sig, ved ækvator, helt op til omkring 18 kilometers højde og ved polerne, ca. 7 kilometer. I troposfæren aftager temperaturen, jo længere oppe man kommer. Det utrolige ved denne sfære er, at den holder på 99% af alt den vanddamp som er i hele Jordens atmosfære. (Britannica, u.d.)

Tørkeindeks: Et lands eller områdes tørkeniveau måles på det vi kalder tørkeindekset. Her måler man vandbalancen i jorden og beregner et indekstal mellem 1 til 10, hvor sidstnævnte er en kritisk tørke. Tørkeindeksen bliver beregnet på tre forhold: nedbør, fordampning og nedsivningen af vand til de underliggende jordlag. (EDO, u.d.)

Vandstress/Water stress: Dette kan med andre ord skrives som vandmangel. Det er et begreb der bliver brugt for at understrege, at et område eller et land mangler vand. Vandstress bruges når mængden af anvendt vand overstiger mængden af det vand man har til rådighed. (Fluence News Team, 2017)

Patogen: Patogen er en betegnelse for sygdomsfremkaldende organismer. Eksempelvis vil det sige, at hvis der bliver fundet patogene organismer i havet, vil det sige at der er sygdomsfremkaldende bakterier i det, og at man ikke skal bade i det. (Engelbrecht, 2014)

Indledning

Vandmangel – hvor stort er problemet?

Vand er fundament for al liv der hersker på Jorden, og siden tidernes morgen har vandet været en afgørende faktor, som definerer hvorvidt det har været muligt for organismer at bosætte sig forskellige geografiske placeringer. Stedet, vi vælger at bosætte os, er kun det oplagte valg, såfremt det er muligt at fremskaffe rent drikkevand. Landbruget afhænger også af vand, og manglen på rent ferskvand i landbruget er derfor et lige så stort problem, som tørst er. Omfanget af vandmangel tydeliggøres særligt i en rapport fra WHO, hvor det anslås, at omkring 2,2 mia. mennesker har begrænset adgang til rent drikkevand. Derudover vil halvdelen af den globale befolkning være i

bosat i områder defineret som "water-stressed areas" inden udgangen af 2025 (World Health Organization, 2022). Water-stressed areas dækker over de områder, hvor der efterspørges mere vand, end der er adgang til (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2021) og af den årsag er det relevant at fokusere på disse områder.

Mange lande har øget stress på vand. Derfor er det nødvendigt at udvikle systemer der kan sikre mod manglen på vand. Egypten er et land som i høj grad er afhængig af at der strømmer vand gennem Nilen. Nilens vandstand trues i dag af udefra kommende påvirkninger. En af disse er Etiopien, som vil bygge en dæmning kaldet *The Grand Ethiopian Renaissance Dam (GERD)* ved grænsen til Sudan, som påvirker vandføringen og dermed nedstrømsoplandenes adgang til vand. Egypterne og Sudanerne frygter at opførelsen af GERD-dæmningen vil resultere i vandmangel. Egypterne og sudanerne frygter at opførelsen af GERD-dæmningen vil resultere i vandmangel. (ResearchGate, 2015)

Egypten er meget afhængige af vand fra Nilen – 95% af landbruget i Egypten afhænger af, at der strømmer vand i en rigelig mængde i Nilen, og med GERD-dæmningen frygter man, at det vil have fatale konsekvenser for landbruget. (ScienceDirect, u.d.)

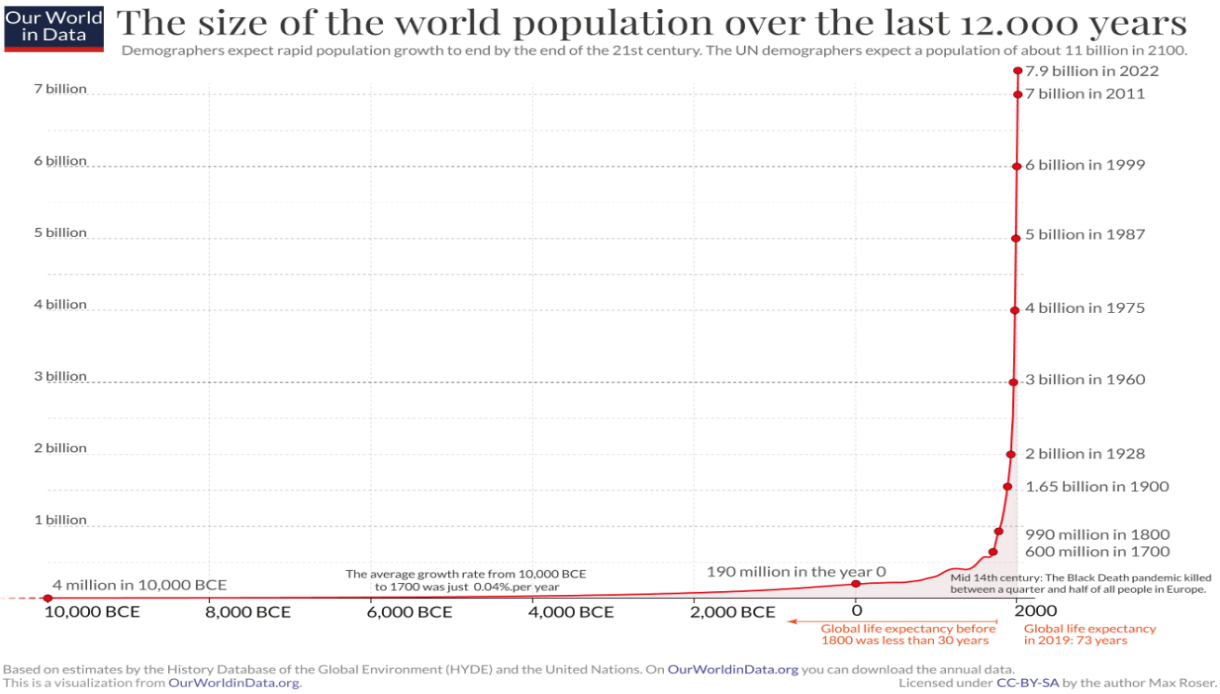
Problemet kan muligvis ikke kun løses teknologisk, teknologien kan hjælpe langt hen ad vejen, men svaret skal derimod findes politisk – men det vi kan gøre, det er at afbøde konsekvenserne, som vi muligvis kommer til at se, når projektet står klart.

Udover GERD-projektet, så findes en anden fare også, som omfatter langt større områder – nemlig klimakrisen. UNICEF pointerer en række konsekvenser, som kan resultere af klimakrisen, eksempelvis vil stigende temperaturer i vandet lede til dannelse af dødelige patogener, som vil udgøre en risiko forbundet med at drikke. Vandstandens stigning vil desuden resultere i, at ferskvandsdepoterne vil blive saltede, hvilket gør vandet ubrugeligt. (UNICEF, 2022)
I forlængelse af klimakrisen, så truer et andet problem også som er en stor medfølger. Den globale opvarmning er med til at dehydrere de områder, som allerede oplever en enorm varme. Tørken er noget vi også er blevet ramt af i Danmark da vi tilbage i 2018, fik forbud mod at tænde grillen hjemme i haverne, da dette kunne forårsage store brænde. (Østebø, 2018) Temperaturen i Danmark er dog ikke betegnet som tropelignende og tørken rammer derfor ikke så hårdt, selvom vi har fået at vide før, at vi skal spare på vandet vi bruger i haven, da diverse vandkræfter arbejdede på højtryk i sommerperioden 2020. (Madsen, 2020) Som sagt, så er vi ”heldigvis” ikke så hårdt ramte i forhold til det afrikanske og Asiatiske kontinent. Tørkeperioderne som vi oplever verden over, er siden 2000, steget hele 29%. For at gøre tingene lidt værre, så er det estimeret at 700 millioner (700.000.000) vil opleve at blive ramt af tørke. Går vi 10 år længere frem til 2030, så er det estimeret at ca. 1 ud af 4

børn vil leve i områder som er hårdt ramt af tørke. (Reliefweb, 2022) Verden har oplevet flere og flere naturkatastrofer, som bliver kædet sammen med disse forandringer der sker i det globale klima. Disse to er kædet så tæt sammen, at der siden 1970 er sket en femdobling af naturkatastrofer om året. Men tørken er helt klart den største synder i dette problem. Så stor en synder at 95% af dødsfaldene i Afrika fra de klimarelaterede katastrofer sker på baggrund af den enorme tørke som de oplever på den side af kloden. (Jazrawi, 2021) En rapport fra UN (United Nations Foundation) fastslår de, at intet kontinent er i sikkerhed, men at det helt klart er Afrika, som er hårdest ramt af denne tørke. (United Nations, 2022)

Befolkningstallet i verden er som bekendt stigende, og med det faktum in mente, er der risiko for, at efterspørgslen efter ferskvand vil stige. Antallet af mennesker, vi deler planet med, er i skrivende stund 7.946.367.691, og indtil jeg er færdig med at skrive sætningen, så er befolkningsantallet oppe på 7.946.367.775.

Siden den industrielle revolution er antallet af mennesker steget eksplosivt – tallet nåede den første milliard omkring år 1800, og den næste milliard kom på 128 år, da befolkningstallet i verden steg til 2 mia. i 1928. I 2011 nåede vi på den 7. milliard, og vi når muligvis den 8. milliard i 2022. (WorldOMeter, u.d.)



Grafen foroven viser os hvordan udviklingen af antallet af mennesker har forløbet sig de sidste mange 12.000 år. (Max Roster, 2019)

United Nations World Water Development Report anslog i deres 2018-udgave, at op mod 6 mia. mennesker vil mangle adgang til rent vand inden 2050, og i en artikel bliver FN udfordret i deres estimat, hvor det foreslås at tallet muligvis bliver meget højere. (NPJ, 2019)

Gruppens motivation for emnet

Alle gruppens medlemmer synes at den nuværende og voksende problemstilling der er i verden omkring rent drikkevand, er et spændende men også udfordrende emne at begive sig ud i. Det kan være svært for mange at sætte sig i et sted, hvor man mangler alle disse ting og har flere seriøse helbredsproblemer der truer hver dag, hvilket er grunden til at vi i gruppen selv har søgt en masse viden indenfor området for at udvide vores videns horisonter. Det gav os hurtigt en indblik i, hvor stor en krise at det egentlig er i verden, og hvor lidt at det egentlig bliver dækket i nyhederne, netop fordi at det er så langt fra os, som det kan være. Dette er en problematik som vi ikke er ramt af her i Danmark, men på verdensplan er der mange mennesker som er ramt. Vi er alle af blandede nationaliteter og kan alle nikke genkendende til denne problemstilling, da det er noget som berører vores forældres hjemland, hvilket er grundet til at vi fra barnsben altid har hørt lidt om problemstillinger som disse. Dette har været med til at gøre det til en stor motivationsfaktor for os, da vi gennem barndommen tit har fået at vide, at vi skal værdsætte alt det vi har omkring os, da det ikke er sådan i de lande som vores forældre stammer fra.

På verdensplan er der et absurd antal af mennesker som ikke har adgang til rent drikkevand. Som der er nævnt i problemfeltet, så estimerer WHO (World Health Organisation) at der er over 2 milliarder (2.000.000.000) mennesker som lever i områder, hvor de oplever vandstress. (UNICEF, 2022) Dette tal forventes kun at stige i takt med den globale opvarmning samt den stigende verdenspopulation. Med det i mente samt den globale opvarmning, så vil dette problem betyde meget mere på verdensplan. At læse hvor stort et omfang dette problem råder over, gav os lysten til at arbejde mod en løsning der kan bekæmpe vandstressen i udsatte områder i verden.

Motivationen for os ligger i at kunne realisere en fremgangsmåde, der vil kunne hjælpe Egypten med deres vandstress. Løsningen er ambitiøs, men hvis gjort rigtigt, vil den kunne hjælpe en masse mennesker og forhåbentlig reducere den stigende vandstress som Egypten mærker. Alt dette vil vi gøre med den rette viden, de rigtige materialer og den rigtige teknologi. Vi står med et problem som vil koste flere og flere menneskeliv i fremtiden hvilket er grunden til at sådan et problem skal belyses, så vi som samfund kan arbejde sammen mod fælles løsninger. Der er et behov for at verdenssamfundet ser udover egen næsetip, så vi kan facilitere projekter og skabe løsninger som støtter befolkningerne som lider hårdest.

Teknologien er fremme i førersædet og der kommer hele tiden nye innovative opfindelser som chokerer verden gang på gang. Vi ved, at der er en masse vand i atmosfæren og at man kan kondensere vandet derfra. Vi synes det er en utrolig videnskab og hele arbejdsprocessen er noget, som vi har nydt at arbejde med. Forsøg med diverse materialer, visionen om at kunne danne vores eget teknologiske system som kan kondensere vandmolekyler og sidst men ikke mindst, tanken om en bedre verden for os alle sammen, hvilket igen, er den største drivkraft for os og vores motivation.

Afgrænsninger

Problemet, som vi ønsker at løse, er meget omfattende, og derfor har vi valgt at rette blikket mod bestemte afrikanske lande, herunder Egypten, Etiopien og Sudan, da de har det tilfælles at de alle er afhængige af Nilen, samtidig med at de alle har massiv vandstress som fællesnævner. For at forstå problemet helt rigtigt, så skal man have et udgangspunkt som anerkender problemets størrelse, og den eneste løsning på problemet er nytænkning, når man snakker om ferskvand og ferskvandskilder. Opfattelsen af hvordan vi tackler problemet bør grundlæggende ændres - vi kan ikke stoppe Etiopien fra at bygge GERD-dæmningen, befolkningsantallet stiger, vandstresset stiger og udsigter til disse strukturelle ændringer i klimaet og befolkningsantallet er uden for vores magthorisont.

Vi vil udarbejde et projekt, hvor vi hjælper borgere i de berørte områder med at fremskaffe vand fra atmosfæren på en energiefficient måde. Hyundo Kim et al. (2017) har undersøgt, hvordan vand kan optages fra atmosfæren ved lave relative luftfugtigheder. Ved hjælp af såkaldte porøse materialer, som f.eks. *Metal Organic Frameworks (MOF),* så er det muligt at benytte de små ændringer i temperaturforskellene, hvor man så er i stand til at indkapsle vandmolekylerne således, at den kan omdannes til væskeform. (Science.org, 2017) De såkaldte MOF'er har et stort potentiale, hvorfor vi også har valgt at arbejde med denne form for videnskab, hvor man udnytter stoffernes specifikke overfladeareal til at udvinde vand fra atmosfæren. Problemet er bare, at det muligvis er vanskeligt for de berørte borgere i Afrika at skaffe de her MOF'er - da de består af kemisk modificerede metal-ioner og organiske molekyler - som der skal til for at udvinde vand fra atmosfæren. Der er en løsning som er ret simpel – afsaltning af saltvandet i havet er også en mulighed, men det kræver enorme mængder af energi, og da vi ønsker at finde løsninger i lande, som i forvejen er ressourcesvage, så er det ikke en holdbar løsning. Derfor har vi valgt at drage vores blik mod et andet materiale, nemlig aktiveret kul.

Vi vil undersøge, om biokul kan erstatte MOF'er, og dermed sikre produktion af bæredygtigt ferskvand, hvor områder kan sikre sine egne ressourcer, samtidig med at dette ikke har lokale eller globale skadevirkninger. Aktiveret kul bliver fremstillet af trækul, som bliver behandlet til de har den tilsigtede form og effekt – af den årsag har vi besluttet at fokusere på aktiveret kul som den primære

drivkraft for vandgenereringen. Denne form for *AWG* kaldes for en passiv AWG, da der ikke skal leveres energi udefra, som f.eks. strøm til at udvinde vandet fra atmosfæren. En aktiv AWG ville være vanskeligt at implementere i de områder vi har valgt at arbejde med, da de kræver strøm til nedkøling af luften. Hvis vi tager et kig på Sudan og kigger på statistikkerne over hvor mange der har adgang til elektricitet, så kan vi se at det ikke ville være effektivt at tale om en strømbaseret løsning. Data fra Verdensbanken anslår, at ca. 55% af befolkningen har adgang til strøm i Sudan, hvilket er med til at styrke argumentet for, hvorfor vi skal kigge på passive AWG'er. (The World Bank, u.d.)

Problemformulering

Hvordan kan Nilens recipienter i Etiopien sikre fremtidig resiliens og bæredygtig udvikling, i de lokale hydrologiske forhold på baggrund af den stigende vandstress i områderne omkring?

For at besvare vores overordnede problemstilling, så har vi udarbejdet disse arbejdsspørgsmål, der skal være med til at komme dybere ind på de forskellige problemstillinger, der ligger til grund for at bekæmpe den stigende vandstress i Etiopien.

Arbejdsspørgsmål

- *Hvordan ser processen for at anskaffelse af rent drikkevand fra atmosfæren ud?*

Processen vil, kort fortalt, foregå ved, at man med et teknologisk system kaldet en Atmospheric Water Generator (AWG), hvis formål er at kunne kondensere vandmolekyler ud af den atmosfæriske luft, som efterfølgende vil kunne blive brugt som rent drikkevand. Her vil vi komme ind på hvilke materialer der er blevet brugt, samt hvilke processer der gør sig gældende for at dette kan ske.

- *Hvilke materialer kræver det at udføre arbejdet/projektet?*

Med alle de materialer det kræver at bygge en AWG, så kan det gå hen og blive en dyr teknologi. Vi vil komme ind på de materialer der skal bruges for at kunne lave vores version af AWG. Alle AWG'er har samme formål, men kan fungere ved brugen af flere forskellige materialer. I vores opgave vil der blive redegjort for vores valg af diverse materialer og hvorfor vi har valgt netop disse.

- *Hvilke utilsigtede effekter vil der kunne forekomme ved at kondensere vandmolekyler fra den atmosfærisk luft?*

Bekæmpelse af vandmangel vil i de flestes øjne ses som en god ting, men der vil altid opstå utilsigtede effekter af brugen af en "ny" teknologi i et samfund. Det kan være alt fra det sociale miljø omkring teknologien, politisk eller økonomisk. Dette vil blive tilrettelagt i opgaven for at kunne danne et overblik over fordele og ulemper ved brugen af en AWG.

- *Hvordan vurderes den fremtidige resiliens og den bæredygtig udvikling i det teknologiske system (AWG)?*

Med et verdensmål om at vi alle skal begynde at tænke grønnere og sikre vores fremtid for de næste generationer, så bliver vi nødt til at tænke over hvordan vi gør tingene nu, og hvordan vi sikre grøn omstilling. Opgaven vil derfor redegøre for den cirkulære økonomi samt bioøkonomien i AWG-systemet, og hvordan at det vil gavne den grønne omstilling. Dette afsnit vil være en bærende faktor for vores opgave, da det vigtigste som i sidste ende vil give os et svar på, om vi kan løse vores problemstilling.

Metodisk afsnit

Design & konstruktion

Aktør/netværk teori

Fra dette fag vil vi tage fat i aktør/netværks teorien som skal være med til at belyse de problemer, der er/eller kan forekomme i hele processen omkring anskaffelse af rent drikkevand med en AWG (omkring GERD-dæmningen). Denne teori vil være med til at danne et overblik over associationen mellem alle de humane og non-humane aktører i AWG-systemet.

Problemkort/CCM

Vi har i opgaven valgt at inddrage et problemkort over hele situationen med GERD. Et problemkort bliver brugt til at identificere alle de konsekvenser samt årsager til konsekvenserne, som ligger til grund for GERD. Problemkortet bliver brugt til at skabe overblik og give et helhedsbillede af situationen og hvad der kunne arbejdes med for at finde en løsning.

Produktdesign

Vores måde at komme frem til et produkt på startede med designtænkning. Her starter processen ved at man anskaffer viden omkring et givent emne, som i vores tilfælde er GERD. Her vil vi komme frem til de forskellige muligheder og problemer som der er associeret med GERD. Disse problemer og muligheder vil vi sortere og danne et overblik over i vores problemkort. Herudover vil vi til sidst evaluere og diskutere vores design i forhold til andre ved en komparativ analyse.

Ud fra problemkortet vil vi komme ind på fordele og ulemper omkring mangel på rent drikkevand.

Teknologiske systemer og artefakter

Trin-model (Jørgensen, 2018)**:**

Trin-modellen bruges til at beskrive et teknologisk system og alle dets mekanismer. Trin-modellen vil tage udgangspunkt de nedenstående punkter, når vi fortæller omkring AWG og alt det

omkringliggende som er forbundet eller har effekt på netværket omkring det teknologiske system. Selvom der er flere trin i modellen, så har vi valgt at fokusere på de trin, som er vigtige for rapporten.

- **Indre mekanismer**

I vores projekt vil man kunne læse en masse om AWG'er og hvordan de virker, da det er vores primære fokus i denne opgave. Der findes flere versioner af AWG'er som er blevet lavet på forskellige materialer og har forskellige grader af effektivitet afhængigt af flere faktorer, som f.eks. placering og temperatur. Vi vil derfor komme helt tæt ind på, hvordan vores AWG'er virker, samt hvilke materialer der er blevet brugt i den og hvorfor de er blevet brugt. Opgaven vil også komme ind på alle de processer og reaktioner der foregår i AWG-systemet, for at der i sidste ende kan dannes vand fra atmosfærisk luft.

- **Teknologiske artefakter**

Med de indre mekanismer så vil der i opgaven også tilrettelægges, hvilke materialer der vil blive brugt og hvordan at en AWG er opbygget. Tankerne bag vores valg af de forskellige ting vil også blive fortalt under "Afgrænsninger".

- **Teknologiers utilsigtede effekter**

De fleste opfindelser og teknologier har nogle utilsigtede effekter, som vi vil komme nærmere ind på. Vi vil undersøge hvilken betydning at en teknologi/produkt som en AWG, har af betydning for at samfund i Etiopien. Dertil vil vi også komme ind på om det har nogen effekt på klimaet på både godt og ondt.

- **Modeller af teknologier**

I dette punkt vil vi komme ind på den effektivitet som vores teknologiske system i AWG'en har. Vi vil komme med beregninger på kullet som bliver brugt til kondensering af vandmolekylerne i form af hvor meget det kan optage samt hvor meget det kan frigive. Dette vil blive gjort med henblik på klimaet i vores pågældende område (Etiopien), hvor temperatur og fugtigheden vil blive taget i betragtning i både forsøget samt vores beregninger.

- **Teknologier som innovation**

Opgaven vil tage udgangspunkt i Rogers fem karakteristika der er en betegnelse for, om en teknologi kan spredes hurtigt og let i et socialt omfang. (Rogers fem karakteristika, u.d.) Her vil opgaven komme ind på fordele for den enkelte borger, kompatibiliteten med miljøet omkring, kompleksiteten i teknologien samt afprøvningen af teknologien. Herefter vil resultaterne blive

analyseret og diskuteret, for at finde ud af om denne løsning ville være den rigtige for opgavens problemstilling.

Forsøg

Udover semesterbindingen, så har vi også valgt at lave et forsøg i form af at teste vores sorbent materiale, for at danne kunne lave udregninger og danne et overblik over, hvor godt det egentlig fungere til det miljø som vi vil operere i. Forsøget omkring vandoptag i biokul vil vi komme nærmere ind på under "Analyse" afsnittet.

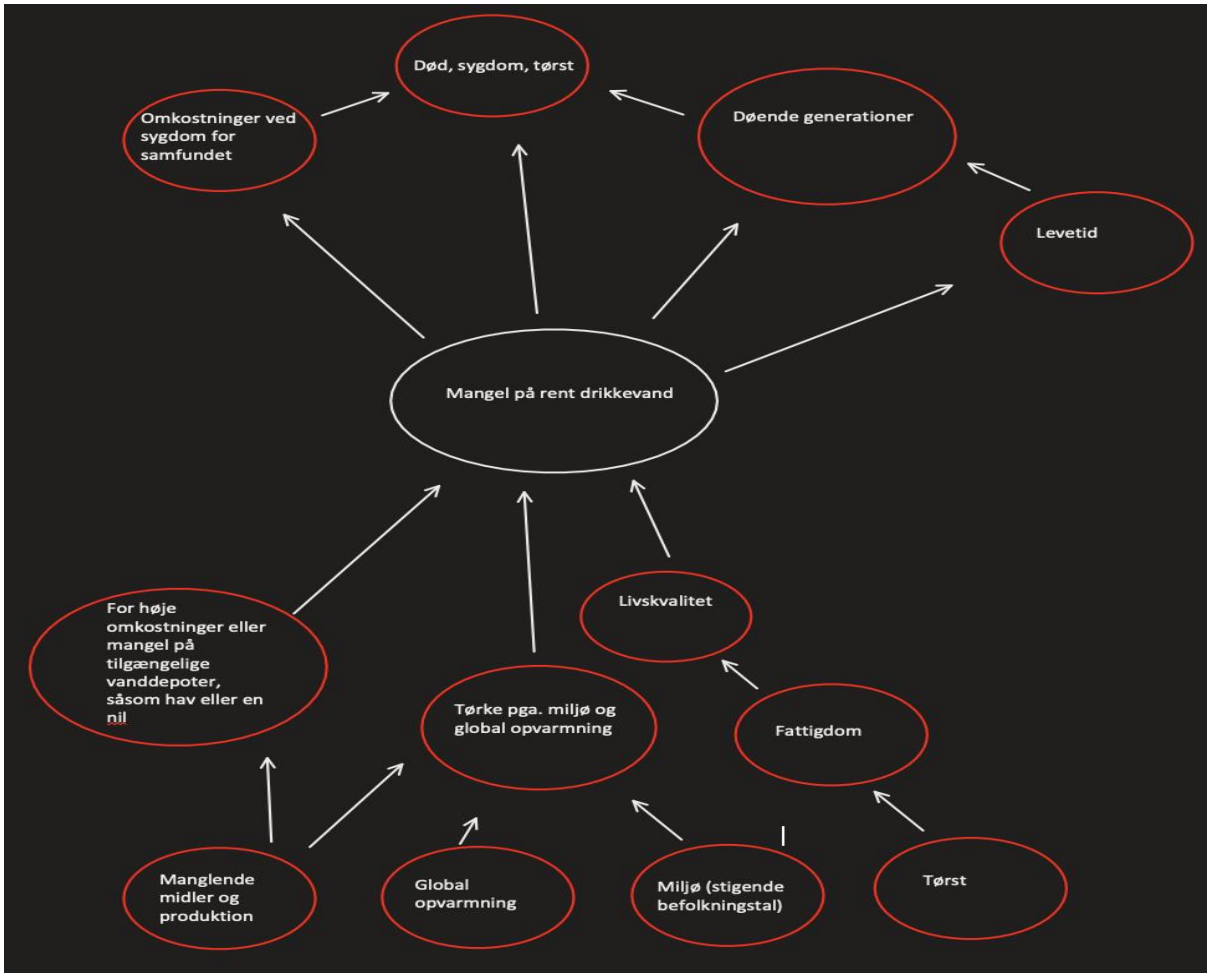
Hvordan kom vi på vores løsning?

Drikkevandsmangel er et problem som har en stor indflydelse på flere dele af verdenen. Som tidligere beskrevet har 2,2 milliarder mennesker begrænset adgang til rent drikkevand, hvilket har en masse konsekvenser til følge. Dette er både fysiske, økonomiske og samfundsmæssige konsekvenser, som sammen, har en stor påvirkning på udviklingen af verdenen.

Der er en hel del forskellige grundlag for, hvorfor mangel på drikkevand eksisterer. Nogle områder i verden, har let tilgængelighed til vanddepoter eller lignende. Andre har økonomisk frihed og et moderniseret samfund, hvor teknologien også er i top.

Dertil er der dog en del områder med en masse udfordringer, hvor de ovennævnte årsager, kunne være et eksempel på den begrænsede adgang til rent drikkevand. Vi har som beskrevet tidligere taget udgangspunkt i Sudan og Egypten, som på baggrund af GERD, vil opleve vanskeligheder, da dæmningens formål er at producere en større mængde af elektricitet for Etiopien.

Det har konsekvenser for Sudan og Egypten, som påvirker både deres samfund og økonomi. Som det ses ud fra problemkortet nedenunder, er det beskrevet i de røde cirkler hvilke bemærkelsesværdige årsager der forårsager mangel på rent drikkevand. Den globale opvarmning og det stigende befolkningstal har også en stor betydning for manglen, da produktionsniveauet kræver forøgelse under mere komplicerede forhold.



Vi vil ved hjælp af vores designløsning og produkt prøve at bearbejde de forskellige problemer som er præsenteret ud fra det røde problemkort. Det ses ud fra billedet herunder, hvor det omvendte problemkort er opstillet ved hjælp af løsninger på de forskellige konsekvenser.

Målet er at kunne implementere en bæredygtig teknologi der kan producere rent drikkevand, uden elektricitet og større produktionsomkostninger, da vi ønsker at det skal være muligt for alle at implementere og vedligeholde systemet.

Baggrundsviden

Vandets rolle i et samfund

Vand er som bekendt essentielt for alle levende væsener - vi drikker vand og bruger det til at dyrke afgrøder, som vi så spiser, således at vi kan få energi til dagligdagen. Siden menneskehedens oprindelse har vand været noget, som kan findes et bestemt sted, som f.eks. en sø eller en flod, men i dag er vi nået så langt i udviklingen, at vi kan få rent drikkevand fra vores vandhaner – i hvert fald i Danmark. Mange andre steder i verden er det ikke muligt at drikke vandet fra vandhanen, og nogle steder i verden er der slet ikke en vandhane, og i stedet må man hente vand fra en brønd. I Danmark består omkring 99,9 procent af vores drikkevand, fra grundvandet. Vandet bliver filtreret i undergrunden, hvorefter den bliver iltet, og sendt videre ud til hanerne, hos forbrugerne. (Miljøministeriet Naturstyrelsen, u.d.)

Landbruget – menneskets bedste ven

Som tidligere nævnt, så har landbruget haft en stor betydning for, hvordan vi mennesker får adgang til mad, og her er vand essentielt for, at landbruget kan trives. Landbrug har været noget, som mennesket har haft benyttet sig af i 12.000 år, og overgangen fra udelukkende at være et jæger-samfund til også at være et samfund, som benytter sig af landbrug kaldes for "*den Neolitiske Revolution".* Landbrug har givet menneskene mulighed for at overgå fra at være et nomadisk folk til at kunne indrette sig i lokalsamfund, hvor det har været muligt at bo i landsbyer, som senere udvikler sig til byer. Landbrug har ligeledes haft en kæmpe påvirkning på befolkningsantallet - for 10.000 år siden boede der omkring 5 mio. mennesker på verdensplan, og i dag nærmer vi os den 8. milliard, hvilket i høj grad skyldes menneskets bedre og mere effektive adgang og produktion af madvarer. (National Geographic, u.d.)

Selvom landbrugets udbredelse i høj grad fandt sted under den neolitiske revolution, så er det faktisk ikke her mennesket for første gang dyrkede afgrøder - Ainit Snir et al har gjort arkæologiske fund fra området Ohalo II i det nordlige Israel, hvor der i udgivelsen *"The Origin of Cultivation and Proto-Weeds, Long Before Neolithic Farming"* fra juli 2015 bliver rapporteret om et fund af proto-afgrøder, som menes at være blevet dyrket for 23.000 år siden. (Plos One, 2015)

Landbrug har altså været en central del af idéen om samfund, hvor det har givet menneskene muligheder for at indrette deres hverdag på nogle helt anderledes vilkår, end hvad der hidtil har været standarten for menneskearten.

Nilens fordele for Egypten, Sudan og Etiopien

For at en civilisation kan trives, så er adgang til vand og mad en vigtig forudsætning. Egypten er et transkontinentalt land i den nordøstlige del af Afrika, hvor en halvø kaldet Sinai ligger i Asien.

Hvis vi kigger tilbage til det gamle Egypten og det præhistoriske Egypten, så har området omkring Nilen under disse tidsaldre været beboet. Nilen er helt centralt og afgørende for den egyptiske civilisations storhed, og det er den af flere årsager. Nilen har givet egypterne mulighed for at levere den fornødne mængde fødevarer, og endvidere har det givet Egypten en klar fordel økonomisk, da det har givet mulighed for at handle med nabocivilisationerne. Der blev i det gamle Egypten dyrket hvede, hør, papyrus og andre afgrøder, som var efterspurgt på det daværende "internationale marked". Muligheden for at handle med nabolandene har ikke kun givet egypterne en økonomisk fordel, men har også styrket den diplomatiske forhandlingsevne, da der i nabocivilisationen Mesopotamien har været en efterspørgsel efter afgrøder, som giver egypterne en stærk position, når der skal ledes diplomatiske forhandlinger. (ArcJohn, 2010)

Sudan har ligeledes været et historisk interessant område - arkæologiske udgravninger peger på, at landet har været beboet siden den palæolitiske tidsalder. Lokalsamfund omkring Nilen i Sudan har

eksisteret siden den neolitiske revolution, og ligeledes i Sudan har den udbytterige flod været til stor gavn for samfundets udvikling og succes. Ikke mindst har lokalsamfundene fået mulighed til at brødføde en større befolkning, men det har også været et centralt bindeled mellem egypterne og sudanerne. Sudanernes første møde med en civilisation fra den skrevne tid er med egypterne, hvor landet bliver kaldt Cush, og egypterne har haft en mærkbar politisk indflydelse på folket i Cush, lige såvel som de har haft en stærk kulturel indflydelse. (Country Studies, u.d.)

Etiopien er forbundet via den Blå Nil, hvor floden går til Sudan og videre til Egypten. Den Blå Nil har sin rod i Tana-søen, som ligger i Etiopien, og selvom Etiopiens folkefærd har en historie som minder om sine nabolande, hvor man har indordnet sig i flere lokalsamfund omkring den Blå Nil, så står Etiopien et stærkere sted i dag – Tana-søen giver nemlig etiopierne en stor fordel, som kan påvirke Sudan og Egyptens vandforsyning.

Tana-søen - Etiopiens geostrategiske perle

Amhara-regionen i det nordvestlige Etiopien rummer landets største sø, der med sit overfladeareal på mellem 3673 km^2 og sin overfladehøjde på 1800 meter over havoverfladen sørger for, at der kan strømme vand gennem den Blå Nil og videre til Nilen. (Britannica, u.d.) Udover at forsyne Etiopien og resten af den Blå Nil med vand, så er Tana-søen ligeledes kendt for at huse 67 forskellige fiskearter, hvoraf 70% af disse er endemiske, hvilket vil sige at de er unikke til deres geografiske beliggenhed – Tana-søen er ligeledes på UNESCO's liste over biosfærereservater, hvor der tilskyndes at bevare en stabil og bæredygtig balancegang mellem mennesket og naturen. (Unesco, 2018)

Tana-søen står for omkring 50% af vandforsyningen, og selvom Tana-søen på mange måder gavner Etiopierne kulturelt, økonomisk, social mm., så er der stadig en masse udfordringer, som der bør løses. Der er bl.a. problemer med hygiejnen i vandet, hvor der er registreret betydelige mængder cyanobakterier, som ifølge WHO er et af de farligere substanser. (World Health Organization, 2021)

Området omkring søen er tæt befolket – dette skyldes ikke mindst en hastig befolkningsudvikling, og foruden den generelle befolkningstilvækst nær søens kystområder, så sker der også en del immigration fra andre steder af landet.

En stor del af landskabet, herunder større mængder skovareal er ligeledes truet af befolkningstilvæksten. Der estimeres, at fra år 1986 til 2013 er 52% af vådområderne omdannet til andre typer af anvendelse – 19,6% er omdannet til landsbyer, 23,4% til intensivt landbrug og det resterende areal er omdannet til f.eks. naturlige plantager og skovområder.

Udover de problemer som befolkningstilvæksten medfører, så er klimakrisen også en trussel for søen, og der er især en stigende bekymring for vandstanden i søen, hvilket vil have en mærkbar effekt indenfor landbrugs, industri og byudvikling. (Apir, u.d.)

Alle problemerne vedrørende Tana-søen kendetegnes ved, at der er tale om menneskeskabte

problemstillinger, og selvom vandstanden og kvalitetsniveauet er truet, så afholder det ikke etiopierne fra at udvikle endnu flere menneskeskabte løsninger, som potentielt kan påvirke økosystemet yderligere.

Selvom det umiddelbart godt kunne virke til, at Etiopiens Tana-sø er en problematisk byrde at bære på, så er det i dag gået hen og blevet etiopiernes redning fra fattigdom og en ny mulighed for at booste den nationale udvikling – *The Grand Ethiopian Renaissance Dam,* blot kaldet *"GERD",* er en ny dam som er udviklet på den Blå Nil nær grænsen til Sudan. Dammens første turbine igangsatte d. 20. februar 2022 for første gang reel strømproduktion vha. GERD-dæmningen, og på det politiske niveau er der blevet rejst bekymringer af nabolandene Sudan og Egypten, som begge er afhængige af Nilens vand (Al Jazeera, 2022)

Tana-søen er i dag blevet en gave, som, kombineret med moderne teknologi, giver Etiopien helt nye muligheder for at generere strøm til sin befolkning. Men med teknologisk udvikling følger en række utilsigtede effekter, som vi skal kigge nærmere på.

Amhara-regionen i det nordvestlige Etiopien rummer landets største sø, der med sit overfladeareal på mellem 3673 km^2 og sin overfladehøjde på 1800 meter over havoverfladen sørger for, at der kan strømme vand gennem den Blå Nil og videre til Nilen. (Britannica, u.d.) Udover at forsyne Etiopien og resten af den Blå Nil med vand, så er Tana-søen ligeledes kendt for at huse 67 forskellige fiskearter, hvoraf 70% af disse er endemiske, hvilket vil sige at de er unikke til deres geografiske beliggenhed – Tana-søen er ligeledes på UNESCO's liste over biosfærereservater, hvor der tilskyndes at bevare en stabil og bæredygtig balancegang mellem mennesket og naturen. (Unesco, 2018)

Tana-søen står for omkring 50% af vandforsyningen, og selvom Tana-søen på mange måder gavner Etiopierne kulturelt, økonomisk, social mm., så er der stadig en masse udfordringer, som der bør løses. Der er bl.a. problemer med hygiejnen i vandet, hvor der er registreret betydelige mængder cyanobakterier, som ifølge WHO er et af de farligere substanser. (World Health Organization, 2021)

Området omkring søen er tæt befolket – dette skyldes ikke mindst en hastig befolkningsudvikling, og foruden den generelle befolkningstilvækst nær søens kystområder, så sker der også en del immigration fra andre steder af landet.

En stor del af landskabet, herunder større mængder skovareal er ligeledes truet af befolkningstilvæksten. Der estimeres, at fra år 1986 til 2013 er 52% af vådområderne omdannet til andre typer af anvendelse – 19,6% er omdannet til landsbyer, 23,4% til intensivt landbrug og det resterende areal er omdannet til f.eks. naturlige plantager og skovområder.

Udover de problemer som befolkningstilvæksten medfører, så er klimakrisen også en trussel for søen, og der er især en stigende bekymring for vandstanden i søen, hvilket vil have en mærkbar effekt indenfor landbrugs, industri og byudvikling. (Apir, u.d.)

Alle problemerne vedrørende Tana-søen kendetegnes ved, at der er tale om menneskeskabte problemstillinger, og selvom vandstanden og kvalitetsniveauet er truet, så afholder det ikke etiopierne fra at udvikle endnu flere menneskeskabte løsninger, som potentielt kan påvirke økosystemet yderligere.

Selvom det umiddelbart godt kunne virke til, at Etiopiens Tana-sø er en problematisk byrde at bære på, så er det i dag gået hen og blevet etiopiernes redning fra fattigdom og en ny mulighed for at booste den nationale udvikling – *The Grand Ethiopian Renaissance Dam,* blot kaldet *"GERD",* er en ny dam som er udviklet på den Blå Nil nær grænsen til Sudan. Dammens første turbine igangsatte d. 20. februar 2022 for første gang reel strømproduktion vha. GERD-dæmningen, og på det politiske niveau er der blevet rejst bekymringer af nabolandene Sudan og Egypten, som begge er afhængige af Nilens vand (Al Jazeera, 2022)

Tana-søen er i dag blevet en gave, som, kombineret med moderne teknologi, giver Etiopien helt nye muligheder for at generere strøm til sin befolkning. Men med teknologisk udvikling følger en række utilsigtede effekter, som vi skal kigge nærmere på.

GERD-dæmningens utilsigtede effekter

Opførelsen af GERD-dæmningen har nemlig været katalysatoren for en debat om, hvordan rettighederne til Nilen bør tildeles. GERD-dæmningen er et projekt som har været på tegnebrættet siden 2009, hvor den etiopiske regering for første gang har analyseret forholdene og undersøgt om det reelt har den nødvendige gennemførlighed. Konstruktionen af dæmningen begyndte i 2011 af det italienske byggefirma *Salini Impregilo,* som bl.a. har stået for udvidelsen af Panama-kanalen, som stod klar i 2016 (WeBuild, 2016) og Cityringen, som stod klar i 2019 og som er en del af Københavns metrosystem. (WeBuild, u.d.) Salini Impregilo skiftede i 2020 navn til *Webuild,* da man i virksomheden mente at det er nødvendigt med et engelsk-klingende navn for at understøttede virksomhedens vækst og for bedre at kunne konkurrere på det internationale marked. (WeBuild, 2020) Dammen er beliggende i Benishangul-Gumuz-regionen, som i 2018 havde et befolkningstal på 1,1 mio., og projektet løber op på 4,7 mia. amerikanske dollars, hvor finansieringen af dammen blev realiseret af staten samt indsamlinger hos den etiopiske befolkning. (Grand Ethiopian Renaissance Dam Project, Benishangul-Gumuz, 2017)

Den konfliktfyldte dæmning har dog fremprovokeret reaktioner hos nabolandene Sudan og Egypten, da den Blå Nil står for 80% af hele Nilens vandforsyning, og med GERD-dæmningen færdigbygget er det nu muligt for etiopierne at kontrollere vandstanden i Nilen. GERD ventes at producere mindst 6000 megawatts, og da der i dag produceres i omegnen af 4000 megawatt, så regnes der med, at den etiopiske befolkning vil få stor gavn af dæmning. Der bliver i dag produceret 4000 megawatt strøm i Etiopien, og når GERD når sin fulde kapacitet, så regner man med, at der vil være strøm til

omkring 65 mio. mennesker. Etiopiens samlede befolkning består af omkring 110 mio. mennesker, og befolkningstallet er i hastig udvikling. Produktionsindustrien er ligeledes i hastig udvikling, og med GERD vil det være muligt at understøtte en stigende produktion i landet, som ultimativt vil øge velstanden i landet. (Initiatives Pour L'avenir Des Grands Flevves , u.d.)

Egypten udtrykker alvorlige bekymringer, da de ifølge det qatarske medie Al-Jazeera frygter, at fyldningen af GERDs reservoir vil medvirke til vandmangel i Egypten. Egypten afhænger i høj grad af Nilen, da 90% af ferskvandsforsyningen i landet bliver dækket af Nilen. (Al Jazeera , 2020)

Etiopiens regering kritiseres imidlertid for at handle udenfor de juridiske rammer – egypterne havde indkaldt til møde i FN's sikkerhedsråd, som etiopierne ikke havde ønske om at deltage i. Ydermere har den etiopiske regering *"afvist at underskrive en køreplan for færdiggørelsen og forvaltningen af dæmningen",* som er et forslag som USA og Verdensbanken har udarbejdet. Etiopierne retfærdiggør konstruktionen af GERD ved at hæfte sig ved en række gamle aftaler fra kolonitiden, som egypterne og briterne stod bag, og som gav egypterne rettighederne af langt størstedelen af Nilens vand. (Rich, 2020)

Træet, hvis gren rækker ud over naboens have

Vi har nok hørt om dilemmaet omkring et træ på den enes grund, hvor grenen rækker ud over naboens grund, efterfulgt af spørgsmålet om hvem der har ejerskab over frugten. Etiopierne mener, at de er i sin fulde ret til at bygge dæmninger på deres eget territorie – det er jo trods af alt deres territorie. Egypterne og sudanerne mener ikke, at opførelsen af GERD er retfærdig overfor dem, da der frygtes at det i høj grad vil påvirke deres vandforsyning, hvilket i sig selv er en fair bekymring at have, da vand er essentielt for et godt liv og et sundt og fungerende landbrug. Etiopierne mener at opførelsen af dæmningen er retfærdiggjort, ikke mindst fordi det foregår på deres egen grund, men også fordi der vil blive produceret så meget strøm, at det også vil gøre gavn for nabolandene. Imidlertid opfordrer FN's sikkerhedsråd alle parter, Egypten, Sudan og Etiopien, til at gå i dialog og finde en løsning på de tekniske og juridiske problemstillinger, som vil gavne alle parter, men som tidligere nævnt har Etiopien gået enegang og fortsat med opførelsen af dæmningen.

Kort over Nilens strøm. GERD er placeret tæt ved grænsen til Sudan. (Ethiopiaforums, 2011)

Det er en meget kompleks problemstilling – på den ene side har vi to lande, som i høj grad er afhængig af vand fra Nilen, og på den anden side har vi et land, hvor strøm er en mangelvare, hvor man regner med at GERD vil forsyne landet samt nabolandene med strøm, som potentielt kan løfte regionen fra fattigdom, da strøm vil give mulighed for, at landene kan udbygge deres industri og booste eksporten af diverse varer. (UnitedNations, 2021).

Bioøkonomi

Bioøkonomi er en samfundsøkonomi, hvor de brugte byggesten til produktionen af energi, kemikalier og materialer, stammer fra genanvendelige biologiske ressourcer såsom planter og animalske restprodukter. Bioøkonomien i Danmark, er et af de helt store fokuspunkter af omstillingen fra et fossilbaseret samfund til et mere biobaseret samt bæredygtigt samfund.

Bioøkonomipanelet har foreslået ni punkter, hvorpå bioøkonomien kan have sine fordele.

1. Mindske vores afhængighed af fossile brændsler og råstoffer
2. Nedsætte vores miljø- og klimabelastning
3. Skabe økonomisk udvikling i nye arbejdspladser, herunder også i landdistrikterne
4. Øge ressourceeffektiviteten (bedre udnyttelse af råvaren)
5. Øge værdiskabelsen ved at få flere eller mere værdifulde produkter ud af råvaren
6. Fremme recirkuleringen af næringsstoffer (herunder fx fosfor)
7. Komplementere fødevareproduktionen og fremme et bæredygtigt jordbrug
8. Medvirke til naturpleje, fx ved høst af biomasse i ådale

(Bioøkonomipanel, 2014) **side 4**

Danmark er et af de lande, som bioøkonomipanelet har vurderet til at have store udviklingspotentialer, indenfor stort set alle grene af bioøkonomiske værdikæder. Vi har nemlig mængden af biomasser (råvaregrundlaget), teknologierne (bioraffinering, biologisk produktion m.m.) til både at udvikle samt at optimere de eksistentielle bioøkonomiske værdikæder indenfor bl.a fødevarer, foder, energi og skovsektoren. Derudover er vi også gode til at arbejde på tværs af andre lande, samt at integrere nye systemer og aktører til at indgå i samarbejdet.
Med disse potentialer som vi har i Danmark, kunne man måske undre sig over, hvorfor de nye bioøkonomiske værdikæder ikke er under en hastende udvikling i landet, men det er der nogle grunde til, ifølge bioøkonomipanelet. Vi står nemlig overfor nogle barrierer i erhvervslivet, som står i vejen for overgangen til et mere bæredygtigt samfund. Følgende af de nævnte barrierer som bioøkonomipanelet beskriver, vil blive præsenteret herunder:

1. Manglende Markedstræk

Biobaserede produkter kan på nuværende tidspunkt ikke konkurrere med tilsvarende eksisterende produkter på markedet, der er fremstillet af fossilt materiale, eller olie. De produkter der bliver

produceret på fossilt materiale, er blevet udviklet samt effektiviseret igennem mange år, hvorimod at de bioøkonomiske værdikæder stadig befinder sig på udviklingsstadiet.

2. Manglende politiske målsætninger

Det er en nødvendighed for dele af bioøkonomien, at få politisk opbakning, således at den kan udvikles. Bioøkonomipanelet ser gerne, at der fastsættes mål i EU, som skal være med til at skabe stabile og forudsigelige rammevilkår for at fremme udviklingen af bioøkonomien.

3. Begrænsende regulering

Denne barriere er i overensstemmelse med ovenstående barriere, i forhold til at der ikke er nok opbakning. I dette tilfælde gældes det for statens side af, idet at der ikke bliver stillet klare, operationelle bæredygtighedskriterier.

4. Utilstrækkelige bæredygtighedskriterier

Det er et problem for bioøkonomien, at de produkter der skal konkurreres imod, ikke nødvendigvis har et krav om at skulle være bæredygtige, og at der ikke er lavet reguleringer endnu, der indebærer bæredygtighedskriterier inden for dette område.

5. Svært at komme fra forskning til pilotprojekter og fra pilot- til fulskalaprojekter

Det er svært at gøre pilotprojekter realiserbart nok, til at kunne komme i en flydende overgang som fuldskalaprojekter. Der er ikke nok fokus på området, og dette er et problem da teknologien skal kunne konkurrere med de fossile produkter der er på markedet i dag. Der er ikke nok iværksættere der sætter fokus på emnet, og derved er der ikke så mange der investerer i området.

Bioøkonomipanelet har på baggrund af disse barrierer, foreslået nogle konkrete ”her-og-nu” anbefalinger, som kunne medvirke til at fremme bioøkonomien i Danmark på kort sigt, for at sætte et skub i gang, til overgangen.

1. Regeringen bliver opfordret til at arbejde intensivt imod at etablere et bioraffineringsanlæg i Danmark, der kan integreres i en avanceret samt industriel skala. Derudover er der i dag, mangel på efterspørgsel af biobaserede alternativer til de produkter der er baseret på fossile råstoffer. For at imødekomme denne mangel på efterspørgsel, kan man skabe den ved hjælp af politiske tiltag, og markedsmæssigt.
2. Alle de involverede ministerier bliver opfordret til at samarbejde tæt, og snakke sammen vedrørende udviklingen af bioøkonomien i Danmark, samt at de løbende holder bioøkonomipanelet opdateret omkring dette samarbejde.
3. Alle brancheorganisationer, videns institutioner og NGO’er bliver opfordret af bioøkonomipanelet til at støtte med deres viden og ideer til opstillingen af kriterier, der kan

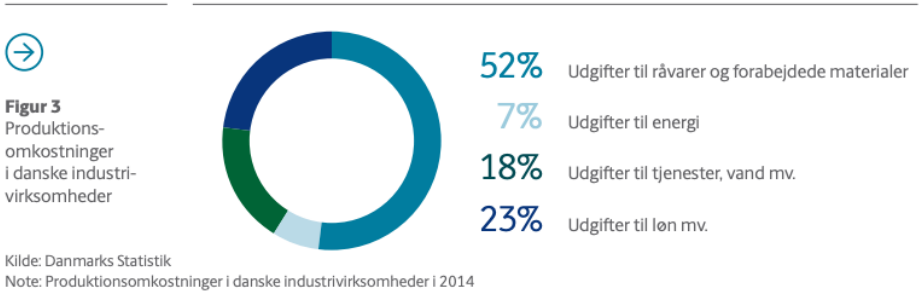
fremme et offentligt indkøb af danske bæredygtige bioøkonomiske produkter, til de relevante offentlige myndigheder.

4. Det anbefales af bioøkonomipanelet, at der oprettes flere partnerskaber på tværs af EU, således at der kan hentes kapital til udvikling af teknologier, som skal hjælpe med at fremme den bioøkonomiske overgang.
5. Bioøkonomipanelet anerkender, at der er nogle særlige barrierer som står i vejen for udviklingen af nye industrielle bioøkonomiske værdikæder. Af den årsag, vil bioøkonomipanelet løbende identificere disse barrierer for udviklingen af bioøkonomien, og informere regeringen om dem, således at regeringen kan analysere disse barrierer nærmere, og arbejde imod dem. Derudover bliver regeringen opfordret til at undersøge om udviklingen af de nye industrielle bioøkonomiske værdikæder, bliver underbygget

Disse opfordringer fra bioøkonomipanelet skal ikke forstås på sådan en måde, at de fjerner barriererne som vi står overfor. Disse opfordringer er med til at sætte et stort fokus på emnet, fra regeringen, virksomhedernes samt de involverede parters side af. Eftersom at bioøkonomiske produkter ikke kan konkurrere med de tilsvarende eksisterende produkter, der er fremstillet af fossilt materiale, i forhold til prisen, vil det være nødvendigt for regeringen at sætte mere fokus på emnet.

Cirkulær økonomi

Der er i dag stor fokus på omstillingen af den cirkulære økonomi, som skal være med til at understøtte FN's verdensmål for 2030. Den cirkulære økonomi indebærer blandt andet, at vi bevæger os væk fra den lineære økonomi, som vi har i dag, med en 'køb og smid væk' kultur. Hensigten er, at der bliver genanvendt så mange genanvendelige materialer som muligt, da man har fundet ud af, at langt de fleste produkter rent faktisk kan oparbejdes, for derefter at blive genanvendt, således at de holder sig inden for en vis kvalitetsgrænse. Ressourceproduktiviteten i det danske erhvervsliv, er i forvejen god, men der er stadig masser af plads til forbedringer.



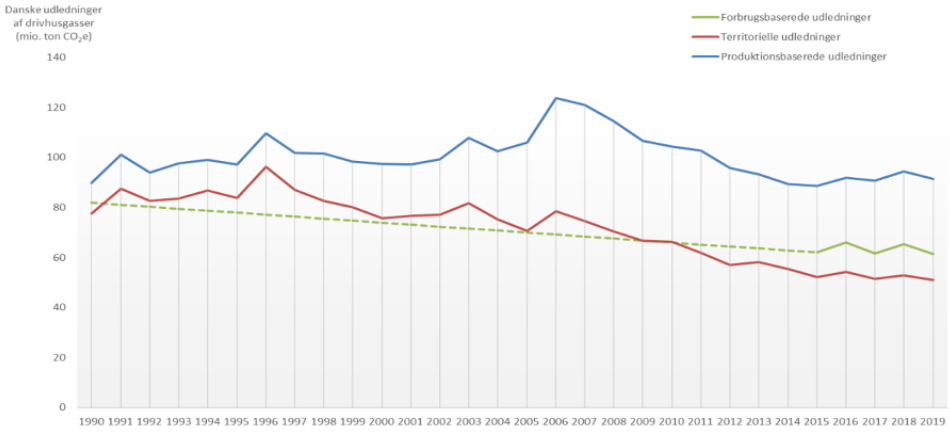
Figur 3
Produktions-omkostninger i danske industri-virksomheder

Kilde: Danmarks Statistik
Note: Produktionsomkostninger i danske industrivirksomheder i 2014

(Regering, 2018)

Figuren nedenfor illustrerer Danmarks samlede udledninger af drivhusgasser siden 1990, udregnet ud fra de tre forskellige opgørelsesmetoder. Forbrugsbaserede udledninger, Territorielle udledninger og Produktionsbaserede udledninger.

Som det kan ses i figuren nedenfor, kommer en stor del af CO_2 forbruget i Danmark, fra produktionsbaserede udledninger. Det forbrugsbaserede CO_2 forbrug har været rimelig konstant, fra 1990 og helt frem til 2019.



Figur 1.2: Sammenhængen mellem den territorielle opgørelsesmetode (øverst til venstre), den produktionsbaserede opgørelsesmetode (i midten) og den forbrugsbaserede opgørelsesmetode (øverst til højre). De angivne tal er emissioner i mio. ton. (Niras, 2021)

En omstilling til den cirkulære økonomi, vil betyde besparelser for både virksomhederne samt forbrugerne, da virksomhederne ikke skal bruge flere penge på nye materialer, men det er ikke ensbetydende med, at produktet i sig selv bliver billigere for forbrugerne. Dette kan både være en fordel og en ulempe for forbrugerne, da bæredygtighed ikke altid er lig med billigere produkter på markedet. Tværtimod, er det faktisk dyrere at fremstille genbrugt plastik, frem for at producere noget nyt, da det genbrugte plastik skal sorteres hos genbrugspladserne, og derefter oparbejdes. Denne proces koster flere penge for virksomhederne, da genbrugspladserne kræver en løn for deres arbejde, som i sidste ende vil gå ud over forbrugerne. (Topsøe-Jensen, 2021)

Derudover vil udfaldet af en cirkulær økonomi også være, at virksomhedernes CO_2 forbrug også vil falde markant, idet at der ikke skal produceres nye produkter. Dette vil sige, at værdien af produkterne, produceret af virksomhederne opretholdes, så længe som overhovedet muligt, frem for at gå til spilde. Ifølge EU er den cirkulære økonomi defineret som et økologisk system, hvori "værdien af produkter, materialer og ressourcer opretholdes i økonomien så længe som muligt, og generering af affald minimeres". (Thellersen, 2019)

Formålet med den cirkulære økonomi er, at den skal være med til at sikre en bedre håndtering af jordens ressourcer, samtidig med at virksomhederne som har det største CO_2 forbrug, får udviklet nye forretningsmodeller, som åbner op for en masse nye økonomiske muligheder, som både vil være til gavn for virksomhederne, forbrugerne samt miljøet.

Cirkulær bio økonomi

Der er begrænsede ressourcer i verden, og af den grund er vi nødt til at tænke i nye baner, hvis vi vil have en jordisk chance, for at kunne følge med den stigende udvikling i samfundet.

Cirkulær bio økonomi, er en sammensætning af den cirkulære økonomi, samt bioøkonomien, hvor fokus ligger på genanvendelsen af biobaserede ressourcer. De produkter der normalt ville blive betragtet som restaffald, bliver nu betragtet som ”sidestrømme”. Disse sidestrømme kan bruges på tværs af primær-producenter og forarbejdningsvirksomheder, til relevante produkter samt energiproduktion.

Cirkulær bioøkonomi skal være med til at bane en vej imod større bæredygtighed som blandt andet er afhængige af nye innovationer eller gøre brug af de nuværende teknologier mere effektivt. Her tænker vi blandt andet biokul er interessant da det også kan bruges i landbrug industrien uden at det har en forurenende indflydelse. Produktion af biokul kan også laves ud af svinegylle, gør man brug af denne metode og indarbejder det i jorden vil det være med til at reducere udledning af klimaskadelige stoffer hvor det samtidig kan holde på kulstof over en længere periode.

Den cirkulære bioøkonomi bliver anvendt i vores projekt, ved at vi tager det biokul, efter at have taget det i brug i vores AWG’er af flere omgange, ville det kunne sendes videre til landbrugsproduktionen. Derved kan biokul anvendes som gødning i landbrugsproduktionen, som der også er stor efterspørgsel på, i de lande vi vil anvende vores AWG’er. Biokul indeholder et højt antal af kulstof, som kan gavne landbrugsproduktionen.
Biokul er i forvejen et produkt der er lavet af restmaterialer, så det vil sige at den allerede indgår i den cirkulære bioøkonomi-kæde. Derved ville det være en kæmpe gevinst, for både landbrugsproduktionen og samfundet, at lave en overgang til disse produkter, frem for produkter der ikke er omfattet af bæredygtighedskriterier.

Biokul

Biokul opstår således når biomasse fra gødning kommer igennem en pyrolyseproces, så omdannes det til biokul. Biokul er et forkullet restmateriale som består af biologiske affaldskilder. Det produceres ved pyrolyse, som foregår på omkring 500 grader. Måden biokul arbejder på er således,

at det binder kulstoffet hvor det fungerer som en form for opbevaring og bevarer kulstoffet helt op til 500-1000 år. Dette er blandt andet en af de grunde til, at vi vælger at arbejde med biokul, da det ikke har en forurenende indflydelse på fremtiden og derudover kan det være med til at producere mere drikkevand. Biokul er også meget mere miljøvenligt end biomasse og plastmateriale når det kommer til klimaet, netop fordi det ikke omsættes til CO2. Biokul kan også bruges på markerne, hvor det kan være med til at fungere som gødning og sørge for et mere miljøvenligt landbrug. (fødevarer, u.d.)

Tabellen forneden fortæller om diverse krystaller der kan gøres brug af angående absorbering, det vil sige vi får en viden omkring hvordan og hvor meget diverse krystaller hver især kan suge vand til sig. Hvert stof har dets forskelligheder hvilket har hver deres fordele og ulemper. Som det kan ses i skemaet nedenfor, er de forskellige stoffer inddelt i grupper, hvoraf diversiteten af de forskellige stoffer bliver defineret ud fra deres funktioner. Surface area fortæller om hvor store de enkelte krystaller kan udfolde sig hvis de foldes helt ud i alle huller, derefter får man en overflades areal.

I stedet for surface area, er det gram vand, der bliver brugt i tabellen. Afhængig af hvordan de enkelte stoffer ser ud, ville de kunne trække så og så meget vand til sig. Ændrer det sig, skal man putte mere vand i systemet, for at bibeholde at det er en 10% luftfugtighed. Hvis man kun har en vis mængde vand i systemet, og ændrer i trykket, vil der ikke komme mere eller mindre vand ind. Hvis man tilføjer noget mere vand, man kan måle hvor meget vand der er blevet suget ind, ved 10% luftfugtighed. Og så kan man se på diagrammet, hvornår den begynder at suge til sig, i forhold til luftfugtigheden.

Da vi ikke har de rette værktøjer, har vi i stedet for luftfugtighed, brugt vand til forsøget, idet at vi ikke har de specielle maskiner som de gør sig brug af på Berkeley, men da udgangspunktet stort set er det samme, da udfaldet af forsøgene ikke har de store afvigelser, kan vi gøre os brug af dette.

“Vp, cm3 g−1” er en enhed for hvor meget vand der kan være i det enkelte stof pr. kvadratcentimeter. Her ses det så af BPL-carbon (biokul) kan have op til 0,53 gram vand, hvorimod sammenlignes der med MOF’er har det en svingende effekt alt efter hvilken præcis krystal der tages udgangspunkt i da der er flere forskellige former.

“D-crystal, g cm−3a” er enheden for hvor meget de enkelte krystaller vejer i forhold til hvor stort det er. Her refereres der kun til vægten af det enkelte produkt.

		Surface area, $m^2 g^{-1}$					water uptake, $cm^3 g^{-1}$		
	Material	BET	Langmui	V_p, $cm^3 g^{-1}$	$d_{crystal}$, g cm^{-3}[a]	pore diameter, Å[b]	P/P_0 = 0.1	P/P_0 = 0.3	P/P_0 = 0.9
Group 1	MOF-801-P	970	170	0.45	N/A	7.4, 5.6, 4.8	280	380	450
	MOPF-801-SC	690	770	0.27	1.68	5.6	170	270	350
	MOF-802	<20	<20	<0.01	1.47	8.4, 7.4	35	70	110
	UiO-66	1290	1390	0.49	1.23	18.4	20	125	535
	MOF-808	2060	2390	0.84	0.86	9.2	55	160	735
	MOF-841	1390	1540	0.53	1.05	16.6, 8.8	10	550	640
	DUT-47	1560	1720	0.60	1.04	17.6	100	390	625
	PIZOF-2	2080	2490	0.88	0.67	7.2, 6.8	4	7	850
	MOF-804	1145	1260	0.46	1.31	9.5, 8.6	160	235	290
	MOF-805	1230	1370	0.48	1.06	12.6, 10.1	25	160	415
	MOF-806	2220	2390	0.85	0.78	11.1	30	60	425
	Mg-MOF-74	1250	1510	0.53	0.91	11.1	550	605	750
	Co-MOF-74	1130	1420	0.49	1.17	11.1	505	565	630
	Ni-MOF-74	1040	1320	0.46	1.19	9.1	490	545	615
	CAU-6	760	950	0.34	1.03	5.6	260	335	380
	CAU-10	600	770	0.26	1.60	6.9	110	275	365
	Basolite A100	870	1080	0.36	0.95	24.6, 31.0	30	60	250
	Basolite A300	1660	2570	0.82	0.62	11.1, 6.3, 5.6	130	260	815
	Basolite C300	1470	1520	0.56	0.95	10	282	520	690
	zeolite 13x	650	710	0.24	N/A	250-300	355	385	415
	MCM-41	1340	3160	1.12	N/A	10-20	25	60	960
	BPL CARBON	1210	1500	0.53	N/A		0.4	1.3	4.8

(Furukawa, Water Adsorption in Porous Metal–Organic Frameworks and Related Materials, 2014)

Den måde vi tænker at gøre brug af designet på, fungerer ligesom MOF'er. MOF'er kan bruges til en masse ting heriblandt opbevaring af gas. Omar Yaghi har blandt andet beskæftiget sig med disse MOF'er, hvor han ved hjælp af materialet ville finde frem til en endelig løsning, der ville kunne sørge for rent drikkevand, i de områder der allermest har brug for det i verden. I stedet for at benytte os af MOF'er, har vi tænkt os at arbejde med biokul da det, som tidligere nævnt, ikke vil have nogen forurenende indflydelse på miljøet, men tværtimod kan være til gavn samtidig med det fokuspunkt om at generere rent drikkevand. (Nikita Hanikel, Nature nanotechnology, u.d.)

Ligesom MOF'er, har biokul også små atmosfæriske huller gemt i sig, hvilket gør det muligt for biokul at absorbere vand i mindre mængder ad gangen. Det kræver at der skal gøres brug af de rette elementer, som fx skal graderne tilpasses for at biokullet kan frigive sig det vand der er blevet absorberet. Biokul fungere således at det enten fyldes med nitrogen eller vand, dette fyldes både ud i store og små huller alt efter hvor stort pres der er på kullet.

Tanken bag idéen med at producerer rent drikkevand har også stort fokus på lokalitet om omstændighederne. Her har vi tænkt os at implementere projektet i områder med tør luftfugtighed. På nuværende tidspunkt foregår det ved hjælp af MOF'er som suger så meget vand til sig som muligt i løbet af dagtimerne hvor graderne er på det højeste, og om aften hvor der så er mere fugtighed frigiver det sig vandet og på den måde køre det i ring. Selvsamme metode tænkes der at gøre brug af, men i stedet for MOF'er så gøre brug af biokul, da det også er mere miljøvenligt.

Water uptake

Vandoptagelsen i biokul er afgørende for hele processen. Vandoptagelse foregår således at det i porøse medier afhænger af kapillærkræfter. Kapillærkræfter træder særligt i kraft under vedhæftning af forurenede stoffer til overflader. De kapillærkræfter er en proces der danner menisk væske mellem fotoresist strukturer og tørring. Fotoresist struktur er et materiale der er

Dette bruges blandt andet til planter hvor der, i jorden er sat en vandbeholder ned til at planten skal kunne suge vandt til sig ved hjælp af kapillærkræfter. På samme måde foregår processen fore biokul, her bruges biokul dog bare til at trækkevand ud fra atmosfæren for senere hen at frigive sig det.

(Christine, 2022) (ScienceDirect, 2001)

Billedet forneden viser en oversigt over vandoptagelsen med udgangspunkt i 2 forskellige former for biokul, DF-biokul og HZ-biokul. Forskellen på disse 2 kularter er, at DF-biokul er lavet på fyr træ, hvorimod HZ-biokul er lavet på hasselnøddeskaller. Disse 2 er taget i betragtning for at finde ud af hvilket produkt der mest effektivt ifølge processen og kan levere det største udbytte. Selve

undersøgelsen handler om muligheden for at holde på vand hvilket der kan være følgende 2 årsager til.

- Porøsitet: at der huller i kullet, hvor vand kan suges i – dette giver ikke særlig meget vandtilbageholdelse
- Hydrofil/Hydrofob: at biokullet tiltrækker og frastøder vand. Det er denne parameter som kan have en stor betydning.

Selve forsøget har fokus på både vand og ethanol. Ethanol optages kun på grund af porøsitet, hvor vand optages på grund af porøsitet og hydrofob. I nedenstående tabel vises der hvor stigningen ag temperatur og valg af biomasse øger optaget af vand.

Derudover vises det at DF-biokul viser en større mængde vandoptagelse end HZ-biokul. Forsøget er blevet lavet under sammenligning af højere og lavere temperatur hen over 21 dage. En variansanalyse bekræfter, at vandoptagelsen er relativt forskellige hvad der angår de 2 forskellige kularter. Overordnet beskriver artiklen hvordan vandoptagelsen for biokullene faldt inden for kort tid.

Råmateriale	Produktionstemperatur	Dampoptagelse	5 min vandoptagelse	Gennemsnitligvandoptagelse	Gennemsnitligethanoptagelse
	°C	Volumenbrøk (%)	Volumenbrøk (%)	Volumenbrøk(%)	Volumenbrøk (%)
Douglas gran	370	2,32±0.005	28,3±6,4	71,5d	86,3b
	500	2,55±0,16	33,8±10,5	76,9e	88,2b
	620	2,94±023	51,5±1,6	78,8e	86,7b
Hasselnøddeskal	370	3,90±0,03	28,2±2,6	53,8a	66,6a
	500	5,33±0,15	34,1±1,4	59,4b	65,4a
	620	6,26±0,09	39,0±1,6	64,1c	68,0a

(Myles Gray, 2014)

Fordelene ved biokul:

- Sundere jord
- Lavere sundhedsgrad
- Bedre vandretention
- Stærkere planter
- Rigere jord liv
- Mindre forurening

- Højere frugtbarhed
- Fremme frøspring

(Worldwide, u.d.)

Hvad kan biokul bruges til, når det ikke længere kan optage vand?

Klimaet står overfor store forandringer, hvor der blandt andet er højere temperaturer, mere nedbør og en del mere tørke – dette er en udfordring for landskaberne, hvor der er sandet jord. Et essentielt problem er blandet at nedbøren på nuværende tidspunkt trænger hurtigt igennem sandet, hvorfor det altså ikke bliver udnyttet på bedste vis af planterne. Det betyder også, at landmændene på markene er nødsaget til at vande områderne, for at opretholde en sund vækst hos planterne. Dog er der risikoer forbundet ved brug af disse metoder, da næringsstofferne i planterne kan risikere at blive udvasket.

Når biokullet har været igennem processen og fungeret som hovedkilde af den implementerede AWG i miljøet, vil det på sigt miste sin kvalitet og ikke længere kunne bruges som sorbent materiale til AWG'en. Det er her det miljøvenlige perspektiv og funktionaliteten bag biokullet kommer i spil, da det kan bruges til at forbedre sandede marker. Det kan nemlig bruges til at forbedre de sandede markers evne til at holde på vand, hvilket vil resultere i at planterødder kan trænge længere ned. Dette er godt for miljøet, da det vil fungere som et CO2 lager i jorden.

Biokullet vil altså kunne hjælpe på de nuværende problemer ved dyrkning af planter og binde mere kulstof i jorden. Det sørger for at mindre CO2 fra atmosfæren. Det vil sige, at hvis 200.000 hektar bliver tilføjet biokul, vil det altså være i stand til at slippe af med 46 millioner tons CO2 ækvivalenter fra atmosfæren. Biokullets levetid er på flere hundreder år, hvilket betyder at det ikke er noget som skal serviceres, vedligeholdes eller udskiftes lige foreløbigt, derfor er det altså også vigtigt at man er sikker på det ikke indeholder nogle miljøskadelige stoffer. (Miljøministeret, 2022).

Brugen af biokul på landbruget kan være med til at booste den grønne omstilling, da det mindsker det klimaaftryk, som CO2'en påfører klimaet. CO2 udslippet pr. Indbygger i Egypten er på henholdsvis 2,5 ton, dertil Sudan på 0,48 ton. (forbundet, u.d.)

Dette tal kan ændre sig markant, hvis brugen af biokul bliver introduceret til landbrugsarealerne i de to lande, da det kan mindske landbrugets klimaaftryk med op til 50%. (Nielsen, 2021)

Kondensering

Luften iblandt os er fuld af vand, selvom at det måske ikke er til at se for det menneskelige øje. Luften kan nemlig omdannes til vand, og denne proces kaldes for kondensering. Et af de bedste eksempler på kondensering, er skyerne i luften. Skyerne omdanner luften til

flydende vand i skyen, og når vandet til sidst bliver tungt nok, vil det i form af vanddråber falde ned mod land, som regn. Kondensering er nemlig processen for, hvordan vanddamp bliver omdannet til flydende vand. Selvom at der ikke er skyer til stede, og vejret er himmelblåt, vil det stadig være muligt at omdanne luften til vand, da vandet stadig er til stede, i form af vanddamp som er mikroskopiske. Dog er kondensen også tættere på os, end hvad vi måske går og tror. Kondensering kan også opstå på briller, hvis man træder ud ad døren, på en varm og fugtig dag, efter at have begivet sig i et koldere rum, hvor lufttemperaturen er lavere end udenfor. (School, 2019)

Luften iblandt os er fuld af vand, selvom at det måske ikke er til at se for det menneskelige øje. Luften kan nemlig omdannes til vand, og denne proces kaldes for kondensering. Et af de bedste eksempler på kondensering, er skyerne i luften. Skyerne omdanner luften til flydende vand i skyen, og når vandet til sidst bliver tungt nok, vil det i form af vanddråber falde ned mod land, som regn. Kondensering er nemlig processen for, hvordan vanddamp bliver omdannet til flydende vand. Selvom at der ikke er skyer til stede, og vejret er himmelblåt, vil det stadig være muligt at omdanne luften til vand, da vandet stadig er til stede, i form af vanddamp som er mikroskopiske. Dog er kondensen også tættere på os, end hvad vi måske går og tror. Kondensering kan også opstå på briller, hvis man træder ud ad døren, på en varm og fugtig dag, efter at have begivet sig i et koldere rum, hvor lufttemperaturen er lavere end udenfor. (School, 2019)

Måden hvorpå kondenseringen kommer til at blive brugt i vores design, er ved at vanddampen fra det varme og fugtige klima i Egypten, sætter sig på glasset af vores produkt, således at biokullet kan optage det og holde på det. (Olsen, 2016)

Høj temperatur i et miljø, er lig med højere niveau af vanddamp i luften. Dette skyldes damptrykket, som er en proces, hvor vandmolekyler i luften sidder sammen. Når temperaturen i et givent miljø er høj, vil det maksimale damptryk være en del højere end ved lav temperatur, hvilket betyder at mængden af vand i luften i temperaturhøje miljøer er høj. På denne måde kan der absorberes et meget højere antal vandmolekyler, da højere temperatur er lig med flere fordampende vandmolekyler. Når den relative luftfugtighed er på 100%, hvilket vil sige at luften indeholder det højeste mængde af vanddamp, så vil enhver temperatur som overstiger dette, resultere i at vanddampen omdannes til kondens. Processen hvor dette opstår kaldes også for dugpunktstemperaturen, som hænder ved "mættet" luft, som er enhver temperatur over den relative luftfugtighed på 100%. (Foamglass, u.d.) Denne proces vil foregå ved brug af vores produkt, da temperaturen inde i AWG'en vil overstige den relative luftfugtighed, hvilket vil danne kondens, som efterfølgende optages i biokullene.

For at det skal give mening at implementere vores produkt i et givent miljø, er det essentielt at temperaturen når en bestemt højde for at det skal kunne give mening, da niveauet af vanddamp i luften ellers ikke er tilstrækkelig nok.

Temperatur	Lagringskapacitet af vanddamp i luften
0 °C	4,48 g/m³
10 °C	9,4 g/m³
20 °C	17,1 g/m³
30 °C	>30,4 g/m³
45 °C	65 g/m³

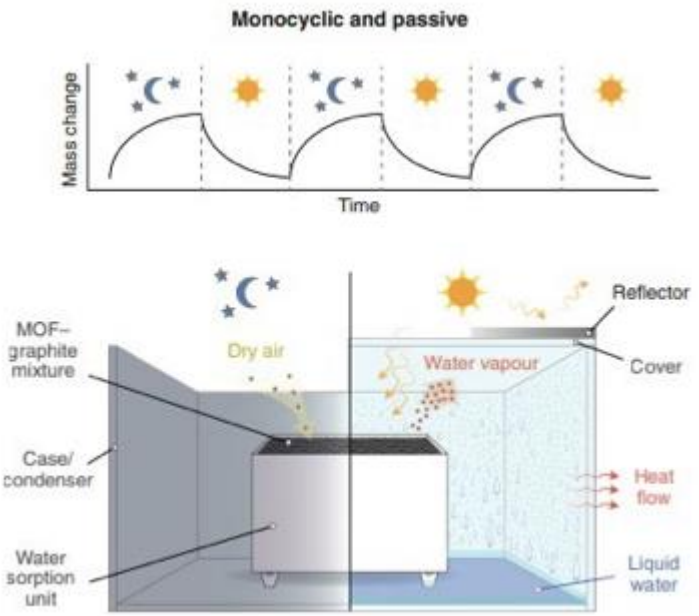
Som det ses ud fra ovenstående tabel, så lagres der en del mere vanddamp i de varmere områder, hvilket af byggestenene for at vores produkt skal kunne yde 100% og producere så stor en mængde vand, som muligt. Dertil betyder det også, at områder med 45 °C, har mulighed for at kunne implementere AWG'er som indeholder en større mængde biokul, da lagringen af vanddamp i luften er højere, hvilket kan udnyttes på denne måde. (BWT, u.d.)

Atmospheric Water Generator

En AWG er designet for at kunne genere vand, som også ligger i navnet. Dette vand høstes fra atmosfæren, hvor der altid vil være en mængde vand til stede som man kan gøre godt med. Mængden af vand i atmosfæren differentierer sig fra de forskellige miljøer. Jo fugtigere et miljø, desto mere vand i atmosfæren på grund af de høje temperaturforhold. Den mest velkendte metode, når der tales om vandhøstning, minder meget om air condition systemet, som man finder i mange hjem i dag. Den varme luft vil passere igennem nogle kølige blokke på denne type AWG. Herefter vil dampen blive kondenseret, da kold luft ikke kan holde på samme mængde af damp, som varm luft. Det kondenserede vand bliver derefter filteret og resulterer altså i rent drikkevand. (Elliott, u.d.)

Principperne bag de forskellige AWG'er som eksisterer, er ret identiske med hinanden. Vi valgte at designe en AWG, der er bygget med et sorbent materiale. Den AWG som vi har designet indeholder biokul, som i dette tilfælde er vores sorbent materiale. Derudover fungerer vores design i sammenspil med solenergi og det omkringliggende miljø, hvilket altså betyder at der ingen elektricitet er til stede – dette kendetegnes også som et passivt fungerende system.

For at høste vand fra atmosfæren, kræver det at vandet/dampen fra den atmosfæriske luft optages i biokullet. Dette sker ved en høj relativ luftfugtighed i miljøet omkring AWG'en. Når atmosfæren har fyldt biokullene op med damp, skal det herefter ekstraheres for at kunne udvindes til drikkevand.

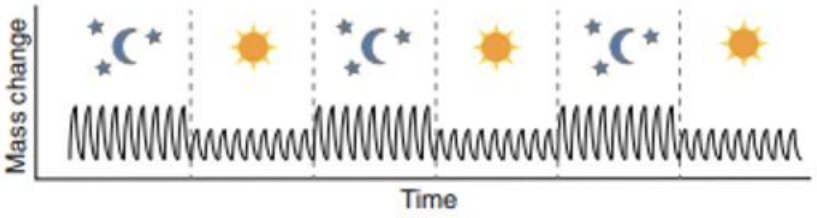


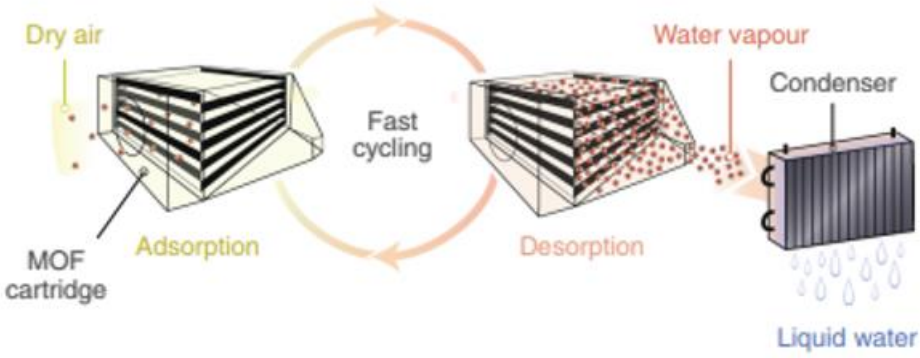
Dette sker ved at det relative damptryk i miljøet omkring biokullet falder, hvilket hænder sig om dagen hvor solen er oppe. Dette medfører en tørringsproces af sorbent materialet, hvor den optagede mængde af vand i biokullene vil blive adsorberet på grund af temperaturskiftet om dagen. Ved temperaturfald vil AWG'en have indsamlet en stor mængde af damp i løbet af dagen, som ved hjælp af en kondensator kan ekstrahere det til vand.

Da denne form for AWG gør brug af et materiale som er kemisk funktionelt, grundet dets molekyleform og egenskaber kræver det at AWG'en opererer i et miljø med høj fugtighed om natten. Processen foregår ved at den relative luftfugtighed er høj om natten på baggrund af det store temperaturfald i løbet af dagen. Vandet bliver herefter i løbet af dagen frigivet fra kullene, når biokullet er udsat for direkte sollys, hvilket også vil sige at det relative dampniveau i miljøet omkring kullet falder.

Denne type af AWG kræver at biokullet kan håndtere flere cyklusser og stadig præstere på et højt niveau. Det vil altså sige, at den mængde af damp som biokullet suger til sig og herefter kan frigive skal være af høj kapacitet over en masse cyklusser, hvis det skal kunne anvendes ude i verden – produktiviteten af biokullet er derfor essentiel. (Yaghi, 2020)

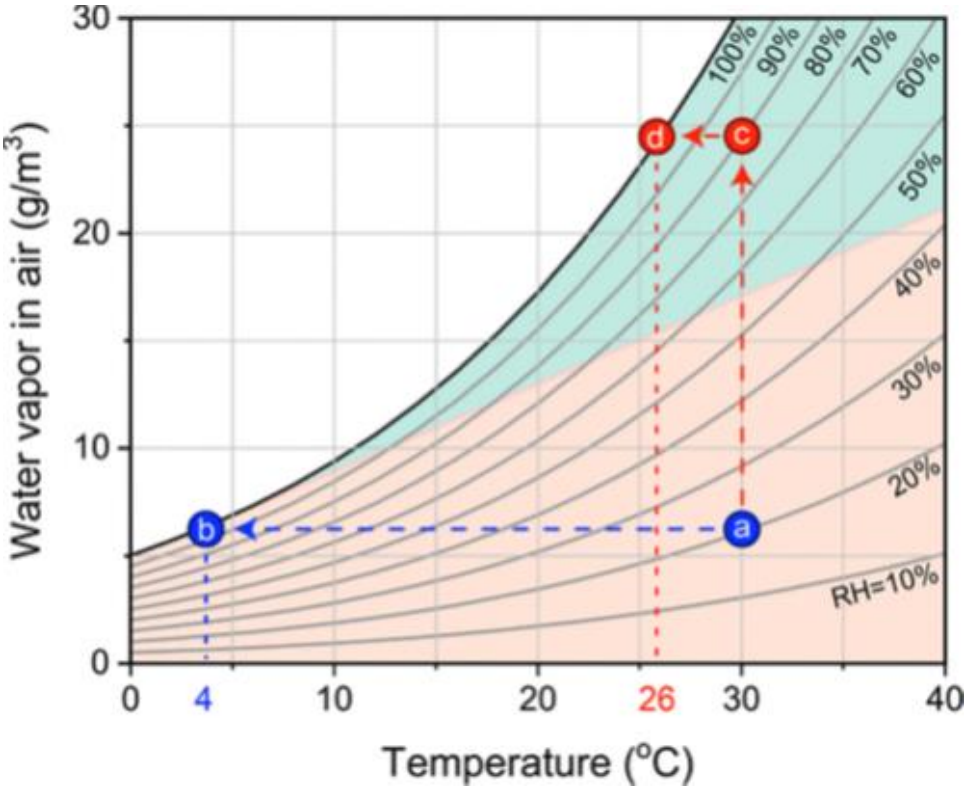
Den ovenstående illustration viser hvordan Omar M. Yaghis water-harvester virker i praksis, og i vores projekt lavet et produkt, som minder meget om Yaghis – som vi tidligere nævnte, så vil vi anvende biokul i stedet for hans brugte materiale, MOF, og det skal placeres i den kasse, som er i midten af illustrationen. Som illustrationen viser, så skal produktet have et luftindtag, som sikrer gennemstrømning igennem biokullet. Årsagen til dette er, at hvis der ikke er et låg, så ville den indsamlede vand fordampe og ryge tilbage til atmosfæren - meningen med produktet er at vandet skal fordampe ud af biokullet, og så kondenseres og opsamles i bunden af konstruktionen. Grafen øverst viser cyklussen over biokullets masse, og vi kan se at når det er nat, så er det her hvor biokullet absorbere vandet fra atmosfæren, og når det bliver varmt igen, så bliver vandet i biokullet frigivet.





Biokullet er placeret i bakker i forskellige lag, hvor der er to kanaler – en luftkanal til biokullet og en kanal hvor den absorberede mængde af damp sendes ned til kondensoren. På denne måde kan biokullet varmes hurtigt op og skifte bredt mellem temperaturniveauerne, hvilket endeligt vil resultere i en større mængde af vand. Et aktivt system, der er kørende ved hjælp af en celle og er drevet af et modul der både sørger for vandoptagelsen og frigivelsen øger cyklusserne ved brug af denne metode, på grund af mængderne af lag i opsætningen af biokullet.

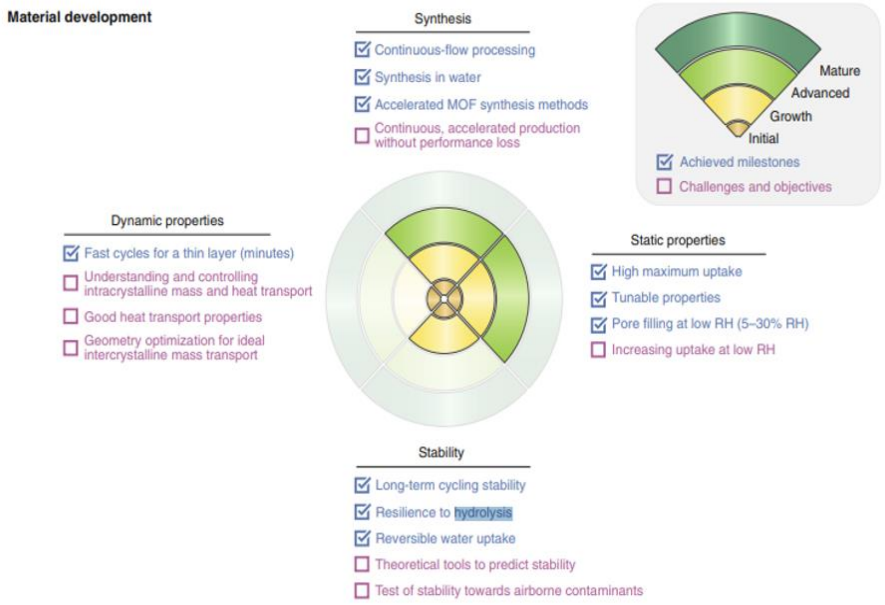
- ***Under hvilke forhold ville den virke mest effektivt?***



I ovenstående figur får vi vist hvordan luftens relative luftfugtighed (RH, relative humidity) påvirker vandet i atmosfæren. Vi kan se, at når vandet i luften har en temperatur på 30 grader celsius og luftfugtigheden er på 20%, så skal luften køles ned til 4 grader for at kondensere, og når den relative luftfugtighed ligger på 80%, så kan luften nøjes med at blive kølet ned 26 grader, før at det kondenseres.

Denne graf giver altså et tydeligt indblik i hvordan det er muligt at integrere en AWG i forskellige miljøer.

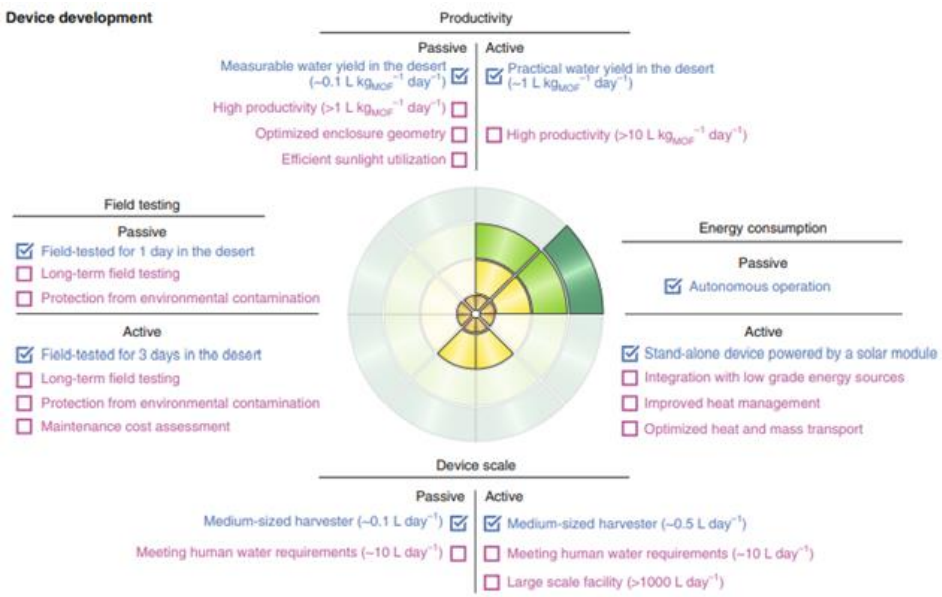
Ud fra nedenstående billede ses eksempler på nogle af de mest essentielle krav til sorbent materialet/biokullet. Biokullet skal være i stand til at kunne udføre cyklusserne hurtigt og effektivt. Dertil kræver det dog stadig at materialet er stabilt over længere sigt og opretholder evnerne mest muligt, for at automatisere processen mest muligt uden service og miljøvenligt. (Yaghi, 2020)



Et andet væsentligt mere kemisk krav til materialet er, at det skal besside egenskaben resiliens overfor hydrolyse, hvilket vil sige, at når biokullet kommer i kontakt med vand så skal molekyleformen forholde sig stabil og ikke splitte sig op i flere mindre molekyler.

Biokullet skal altså være i stand til at fungere konstant i samme flow og arbejde i et område præget af meget vand, for at skabe AWG'en. (Yaghi, 2020)

Ud fra billedet herunder beskrives forskellen mellem en passiv og aktiv AWG. Øverst ses differencen mellem produktiviteten af de to forskellige modeller. Den aktive model producerer 10 gange mere end den passive, dog kræver den elektricitet fra solceller og vedligeholdelse, hvorimod den passive er en automatiseret proces. Begge modeller blev testet af Yaghi i ørkenen med succes. (Yaghi, 2020)



Analyse

Interview

Vi har valgt at en del af vores opgave skal uddybes vha. af folk som er eksperter enten indenfor at arbejde med AWG'er eller igennem arbejdet med rent drikkevand. Måden vi har valgt at gøre det på, er ved at udforme et semi-konstrueret interview, hvor vi snakker omkring fordele/ulemper i sådan et projekt, problemerne omkring anskaffelsen af rent drikkevand eller om mulige indtrængningsbarrierne der kunne være, når man skal ind og arbejde med anskaffelsen af rent drikkevand i et land i Afrika. I denne anledning har vi været i kontakt med Jan Søe Dybdal, der har siddet i bestyrelsen hos virksomheden Alpha-E, siden starten af året 2017. Jan Søe Dybdal var villig til at indgå i et dybdegående interview, omkring virksomhedens produkt samt deres visioner for denne.

Alpha-E er en virksomhed, der ligesom os, gerne vil arbejde mod en bæredygtig fremtid, hvor at vi alle gerne skulle gøre hvad vi kan for at imødekomme FN's klimamål om et CO_2 neutralt klimaaftryk. Derfor er alle materialer der bliver brugt i Alpha-E's solcelleanlæg også nøje gennemtænkt ved at udvælge materialer der ikke belaster miljøet, samtidig med at de har en overkommelig pris. Men selvom at materialerne er til en overkommelig pris, så er effektiviteten altid i førersædet. Alpha-E arbejder med et patenteret produkt i form af et solpanel der har to overordnede funktioner. Den første funktion er et termisk system, som skal kunne genere varme for industrielle processer eller landbrug. Her kan systemet både genere en høj varme, men også skabe en kølende effekt på steder hvor høj varme er et problem. Den anden funktion der er udtænkt i dette produkt, er et vanddestillerings system. Det fungerer ved at der ved en høj varme, kan dræbe bakterier og derved rense vandet. Enheden kan genere helt op til 8000 liter/timen ved optimale forhold, hvilket selvfølgelig også kommer an på antallet af produkter som Alpha-E har stillet til rådighed, samt antallet af soltimer, da hele systemet er drevet på energi fra solens stråler.

Jan Søe Dybdal har beskæftiget sig med miljø, energi og samfund i mange år og besluttede sig for at slå sig sammen med virksomheden Alpha-E, i 2017, der har en vision om at vi alle skal tænke mod løsninger der betyder en bedre og sundere verden for os alle. Interessen for projektet opstod, da EU-projektet i Vejle "Smart Energy2Market" satte fokusset på rent drikkevand, og derved fandt man ud af, at den svenske virksomhed, Alfa Laval, der leverer deres egne patenterede vandforsyninger til blandt andet skibe, kunne samarbejde med Alpha-E som leverer disse solcelleanlæg.

Der er mange grunde til at arbejde med bæredygtigt, hvor den største og vigtigste nok er, at vi skal tænke på, hvilken verden vi giver videre til de næste mange generationer. Vi er desværre bare en stor bestanddel i verden, som ikke går og tænker over hvad vi bruger, da vi er ramt af de samme problemstillinger som andre lande, som f.eks. i Afrika. Jan mener også selv, at det er noget som vi skal begynde at tænke mere over.

" Ja, nu bor i selv i Danmark, her har vi haft meget fokus på vandforbrug. Hvis vi sammenligner med Canada, forbruger vi cirka 80 liter per borger om dagen i Danmark, hvorimod at Canada bruger de 400 liter per borger om dagen, og der tænker man bare, hvad bruger de al den vand til? Når vi snakker drikkevand, så handler det om at vi skal bruge vores vand mere intelligent i dag. Hvis man har begrænset drikkevand, er det selvfølgelig dumt at bruge vandet på sådan noget som toiletskyl. "

Dette svar fra Jan er med til at understrege, hvor lidt vi egentlig tænker over vores måde at bruge vores ressourcer på, samtidig er det også med til at understrege hele vores problemfelt og fortæller os at det er på tide at tage action. I Danmark er vi dog ikke de værste, da vi er med i EU som har haft denne snak omkring reducering af klimaaftrykket i flere år. For at udvide horisonten for, hvor stort et problem dette er, så er Canada faktisk 7. plads, når vi snakker om lande og deres brug af vand. (Hydrotech, u.d.). Hertil spurgte vi Jan, hvor i verden man lægger sit fokus når man skal arbejde med rent drikkevand.

" Man kan sige at for vores vedkommende er det mere eller mindre worldwide, fordi der er mange steder i verden, hvor der er mangel på rent drikkevand. I dag er der mange der benytter sig af teknologien omvendt osmose, og det er en problematisk løsning, fordi deres drikkevandsbrønde bliver mere og mere saltholdige, og problemet opstår i at man skal presse vandmolekylerne igennem en membran, og der skal der bruges mere og mere energi til. Plus at driftsomkostningerne er dyre. "

Her fortæller Jan, hvor svær en problemstilling det egentlig er for områder med drikkevandsbrønde, som i sidste ende skal producere flere brønde for at overkomme dette saltholdige problem eller

komme på andre løsninger. Dette er især gældende for udviklingslande, som ikke har den samme teknologi og/eller ressourcer, hvilket betyder at de får svært ved at tilpasse sig omstændighederne. Udviklingslande har tilsammen en stor befolkningsmængde, som til dagligt drikker forurenet drikkevand for at overleve. Deres vandressourcer finder de i f.eks. regnvand og grundvand (Media, 2021). Sammenlignet med Danmark hvor størstedelen af vores drikkevand kommer fra grundvand, så har de ikke de samme kloaksystemer som vi har her. Vi spurgte Jan, om han kendte til andre der arbejder med projekt rent drikkevand, hvortil han svarer:

" Jeg ved at der er projekter på flygtningelejre og forskellige indsatser specielt i Afrika, som er det sted vi har beskæftiget os meget med, da det er interessant, da de mangler vand, men de bygger på omvendt osmose anlæg. "

Asien og Afrika er nok de to kontinenter hvor dette problem er størst, målt i antal mennesker som dette problem råder over. Dette er med til, igen, at understøtte vores problemfelt og fortæller, at Afrika er et af de primære områder man tænker på, når man snakker om at arbejde med rent drikkevand. Her har "Statista" lavet en statistik over, hvor de lande hvor der er størst sandsynlighed for at tørken rammer. Her er størstedelen af landende nemlig i Asien og Afrika, med sidstnævnte som desværre topper listen med flest lande (cans, u.d.). Selvom at Alpha-E's solcelleanlæg og vores AWG ikke ligefrem er de samme løsninger med forskellige produkter, så er de bagvedliggende tanker omkring hele problemet, de samme. Vi begge kæmper for at komme disse problemer til livs, ved at hjælpe andre der har de hårdere end os. De kan tit på folk til at prøve at opfinde den dybe tallerken, men til det havde Jan det her at sige:

" I bund og grund er vi ikke ude og opfinde en ny teknologi, men det handler om at sætte eksisterende teknologier sammen og få dem til at spille sammen."

Hvilket er netop det som Jan og Alpha-E har gjort, som vi også sigter efter med vores AWG. Selve løsningerne er derude, det handler bare om at samle dem rigtig for at de kan gavne der hvor vi vil have det.

Vores interview med Jan, har hjulpet os med at forstå hvor lidt at omverden egentlig tager stilling til de problemer der er internationalt. Vi tænker meget på os selv og vores egne behov, hvilket kan være forståeligt i en præstationskultur, som de fleste veludviklede lande har. Det handler om at fremme sig selv om dem omkring sig, at man glemmer helt at give lidt igen til dem som ikke har de samme privilegier. Samtidig hjalp interviewet os med at finde andre projekter og fonde som også arbejdet med projekt rent drikkevand som gav os en masse inspiration samt motivation, til at arbejde hen imod vores egen løsning.

Vandoptag i biokul/aktivt kul

Hvis vi kigger på vores resultater fra forsøgene, så fandt vi frem til at det aktive kul var meget effektivt ved absorbering og adsorbering af vandet. Kullet blev testet over flere cyklusser, for at teste effektiviteten af det og hvorvidt det blev mindre over tid. Vægten af kullet blev målt før og efter absorbering af vandet, hvorefter det blev sat i en ovn hvor kullet kunne tørre det absorberede vand fra sig. Ovnen var sat til 45 grader cirka, for at imitere de gennemsnitlige vejrforhold ved GERD. På denne måde kunne vi altså se, at kullet næsten adsorberede alt vandet fra sig uden bemærkelsesværdig øgning i startvægten.

Forsøgene viste altså at det aktive kul havde en stor effektivitet i forhold til det ønskede formål. Vi er dog selvfølgelig også opmærksomme på, at forsøgene er lavet i et meget lille omfang, hvorfor længerevarende brug ikke er til at spå 100 % om.

Usikkerheden i forsøget

Da vi udførte vores forsøg, gjorde vi brug af postevand frem for destilleret vand. Dette er en fejlkilde, da postevand indeholder forskellige bakterier, hvilket vil påvirke vægten på kullet. Da kullet blev placeret i vandbadet, ændrede det klare vand efterfølgende farve, hvilket også indikerer at noget af materialet fra kullet blev tabt under vandoptagelsesprocessen. Dette er en usikkerhed ved forsøget, da slutvægten af kullet burde være mindre for hver gang.

Ud fra Furukawa artiklen ses det nederst på tabellen at samme forsøg med biokul blev udført. Her var kullet dog i stand til at optage 4,8 gram væske pr gram, hvorimod vores resultater lå på 0,4 gram væske pr gram. Antallet af minutter som kullet var nede i vandbadet, kan også have indflydelse på mængden af vand som optages i kullene. Vi valgte kontinuerligt at lade kullene være i vandbadet i 11 minutter, da det her stoppede med at boble. (Furukawa, ACS-Publications, 2014).

Vores forsøg er en antagelse af en simulering i det samfund, hvor vi ønsker at implementere denne form for maskine. Det betyder også, at vi er opmærksomme på at vi ikke har konkrete svar på hvor høj temperaturen i sådan en maskine kan blive, ude i det valgte miljø.

- *Vil den kunne virke i vores pågældende område? (teoretisk set)*

Det er tidligere blevet testet med flere forskellige AWG'er, som også har været installeret ved hjælp af et sorbent materiale flere steder rundt om i verdenen, blandt andet ørkenen – med succes. (Nikita Hanikel, MOF water harvesters).

Tørre vejrfold og landområder er velegnet til netop denne form for vand høstning, da det ikke kræver elektricitet eller et stort bygningsanlæg. Dertil kan det biokullet fremstillet af biologiske

restprodukter fra husdyrgødning og plantedele, hvilket gør fremstillingsprocessen af biokullet muligt for mange.

- *Andre ting der kan være relevante for hvordan vores AWG skal virke*

AWG'ens funktionalitet er meget afhængig af hvordan det sorbente materiale forholder sig ved de forskellige temperaturer i et givent miljø. En succesfuld cyklus kræver, at biokullet om natten får optaget en stor mængde af vand fra atmosfæren og herefter frigiver det i løbet af dagen, ved modtagelse af kraftigt sollys. Dette betyder, at temperaturerne i det givne miljø skal aktivere biokullets funktionalitet, for at få det bedste udbytte af materialet.

Komparativ analyse med andre AWG'er (ikke for dybt med de andre AWG, det er ikke vores fokus)

- *Generelle fordele og ulemper*

Der er også blevet udviklet en kondensator på et teknisk universitet i Schweiz som minder meget om det vi har designet. Principperne bag vandhøstningen er ret identiske. Kondensatorens glasrude er dækket af en strålingsskærm, som beskytter mod varmen og holder det køligt. Det resulterer i at når den varme luft støder ind i den kølige glasrude, opstår der herefter kondensvand, som ryger ned i et reservoir. (Josefsen, 2021)

- *Hvordan virker de andre materialer i forhold til vores?*

Som det blev beskrevet ud fra afsnittet angående biokul så eksisterer der en del forskellige sorbent materialer. De har hver især deres egen struktur og opbygning på molekyle niveau. Forskere har endnu ikke testet alle de nævnte sorbent materialer fra tabellen i biokul afsnittet, hvilket gør det svært at sammenligne den reelle funktionalitet mellem materialerne. Vi har dog valgt at gøre brug af netop biokul grundet materialets bæredygtighed og tilgængelighed for landskaber.

(Yaghi, 2020)

Resultater

Cyklus 1	**Cyklus 2**	**Cyklus 3**
Aktivt kul startvægt: 4,994g	Aktivt kul startvægt: 5,038g	Aktivt kul startvægt: 5,039g
11 min i vandbad – ny vægt: 7,061g	11 min i vandbad – ny vægt: 7,211g	11 min i vandbad – ny vægt: 7,465g
Slutvægt efter tørring: 5,038g	Slutvægt efter tørring: 5,039g	Slutvægt efter tørring: 5,041g

Diskussion

Hvor meget vand er *realistisk at producere pr. enhed*

Hvis vi tager udgangspunkt i den maskine, som Omar Yaghi producerede, så producerede den passive AWG 0.1 liter vand om dagen. Dette ved brug af 100 gram MOF tilføjet til AWG'en. Hvis dette skaleres, vil 10 kg altså kunne producere 10 liter vand om dagen til det pågældende område, hvor AWG'en er installeret.

Hvis vi så erstatter de 10 kg MOF med biokul, regner vi med at vores AWG også vil kunne høste store mængder af vand fra atmosfæren. Derudover vil det også være forholdsvis simpelt og efficient for landbrugsmarkerne at gøre brug af en maskine, som indeholder biokul, da det er let tilgængeligt at producere og kan bruges på markerne efter en lang række cyklusser. Vi ønsker også at det skal være muligt at udvide AWG'ens produktivitet, hvor det altså skal være muligt at tilføje større mængder af biokul, så der kan optages større af vand fra atmosfæren, eftersom vi fandt frem til at mængden af vand i atmosfæren er så høj, at der cirka er 25 kilo damp i atmosfæren pr meter på jorden. (Phelan, 2022) Tilføjelsen af biokul i landsbrugsmarkerne vil sænke CO2-niveauet markant, som er en af de største forureningssyndere i miljøet, og det er også en af grundene til, at vi vælger at arbejde med biokul - fordi det indgår i den cirkulære økonomi.

Konklusion

Efter at have arbejdet med den her problemstilling i en periode på over fire måneder, så har vi opnået et dybdegående kendskab til den geopolitiske situation, som er affødt af GERD-dæmningen. GERD-dæmningen er problematisk, da man endnu ikke er bekendt med de konsekvenser, som det vil have for nedstrøms-landene Sudan og Egypten. Alligevel har man i Egypten og Sudan en konkret frygt for, at GERD-dæmningen vil have en stor indflydelse i en negativ retning på vandstanden i Nilen, og derfor har vi arbejdet på den løsning, vi i rapporten har fremlagt.
Helt overordnet kan vi ud fra vores forsøgsresultater og vores research konkludere, at det er muligt at fremstille en atmosfærisk vandgenerator, hvilket stemmer overens med vores forventninger. Ulempen ved vores løsningsforslag er dog, at det ikke altid er muligt at udtrække vand fra atmosfæren, da der helst skal være en relativ luftfugtighed, som i tilstrækkelig grad er kompatibel med biokul, som er det, der optager vandet i atmosfæren.
For at finde en løsning til den øgede vandstress i de ramte regioner har vi kigget på forskellige løsningsforslag, bl.a. har vi kigget på mesh-net, som i bund og grund er et stort net med et afløb, som vil indsamle vand fra atmosfæren, hvorefter vandet vil transporteres til en beholder, men vi kom senere hen til at det ikke er en bæredygtig løsning, da der, for det første, ikke kan optages så meget vand i nettene, men også fordi der skal produceres store mængder af net. Senere kiggede vi

på metal-organic frameworks, forkortet MOF, som er en række stoffer som med sine kemiske egenskaber er i stand til at optage store mængder af vand - det var heller ikke en god løsning, da de her MOF'er er dyre i produktion, og da de områder, som er ramt af problemet, ikke har de største økonomiske ressourcer, så kom vi i gruppen frem til, at denne løsning heller ikke er holdbar. Vi kom til sidst frem til en løsning, som er inspireret af MOF'er, men er nemmere at anskaffe i ressourcesvage områder - nemlig biokul.

Biokul er, for det første, noget som er nemt at anskaffe, og for det andet er biokul kompatibel med målsætningen om, at vores løsning skal indgå i en cirkulær økonomi, da vi har bæredygtighed som en vigtig målsætning og en forudsætning for, hvordan vi kan arbejde hen mod en mere klimavenlig løsning.

De politiske spændinger er desværre noget, som er uden for vores magthorisont, og selvom den mest oplagte løsning på problemet ville være, hvis etiopierne gad indgå i dialog og fandt frem til en fornuftig løsning på det politiske problem, så er det desværre ikke muligt. Til gengæld er vores løsning, hvor vi anvender biokul som en atmosfærisk vandgenerator, en god løsning, da den ikke er geografisk bestemt, og derfor kan implementeres alle steder, hvor der er mangel på rent vand.

Perspektivering

Vi lever i en tid, hvor vi ikke kan undgå at tage højde for landegrænserne, og hvor vi bliver nødt til at samarbejde med nabolandene, således at velstanden kan udvikles og samarbejdet på tværs af landene forøges. For at leve i en globaliseret verden forudsætter det, at der samarbejdes på kryds og tværs af landegrænser, og med de problemer mellem Etiopien på den ene side og Sudan og Egypten på den anden, så kan man intet andet end at undre sig over, hvorfor de enkelte parter ikke bare kan sætte sig ved et bord og drøfte eventuelle løsningsforslag. Vi har kastet lys over problemstillingen som omhandler opførelsen af GERD-dæmningen i Etiopien, og som potentielt ville kunne skade Sudan og Egyptens vandforsyning, og da alle tre lande i forvejen er lande med lavt BNP pr. indbygger, så er det ikke helt uforståeligt, at der bliver kæmpet med næb og klør om vandrettighederne i området.

Som der blev stadfæstet i konklusionen, så er vores løsningsforslag til den manglende vandforsyning i regionen i udgangspunktet en god løsning, men under alle omstændigheder ville en politisk løsning på problemet omkring Nilens vandforsyning være en bedre løsning, da man derved i højere grad ville kunne sikre vandforsyningen. Derudover er det værd at nævne, at vores løsning, som jo som bekendt omhandlede brugen af atmosfærisk vandgenerering, ville fungere bedre i områder, hvor den relative luftfugtighed er højere.

Biokul giver uanede muligheder for at fremstille et apparat, som kan anvendes til atmosfærisk

vandgenerering, og det er kun fantasien som sætter grænser for, hvordan man ville kunne fremstille et konkret produkt - man kunne f.eks. gøre det til en udsmykning, et havemøbel eller noget helt tredje.

Bibliografi

Abdelhadi, M. (2020, 7 30). *Nile dam row: Egypt fumes as Ethiopia celebrates*. Retrieved from BBC: https://www.bbc.com/news/world-africa-53573154

AIP. (1960, 13 5). *Flow Equations and Frames of Reference for Isothermal Diffusion in Liquids*. Retrieved from AIP: https://aip.scitation.org/doi/abs/10.1063/1.1731433

Al Jazeera . (2020, July 22). *Youtube.com*. Retrieved from The politics behind the Grand Ethiopian Renaissance Dam: https://www.youtube.com/watch?v=Wwy9Q4Z9JLU

Al Jazeera. (2022, Februar 20). *Ethiopia starts electricity production at Blue Nile mega-dam*. Retrieved from Al Jazeera: https://www.aljazeera.com/news/2022/2/20/ethiopia-electricity-production-gerd-blue-nile-mega-dam

Apir. (n.d.). *Problem Overview of the Lake Tana Basin*. Retrieved from Apir: https://apirs.plants.ifas.ufl.edu/site/assets/files/381033/381033.pdf

ArcJohn. (2010, Marts 23). *Hymn to the Nile*. Retrieved from ArcJohn: https://arcjohn.wordpress.com/89-2/

Berger, M. (n.d.). *What is MOF? (metalic organic framwork)* . Retrieved from Nano Werk: https://www.nanowerk.com/mof-metal-organic-framework.php

Bioøkonomipanel, D. N. (2014, 9). *Det Nationale Bioøkonomipanel.* Retrieved from Danmark som vækstcenter for en bæredygtig bioøkonomi : https://mst.dk/media/91747/udtalelse_sept2014_danmark-som-vaekstcenter.pdf

Britannica. (n.d.). *Lake Tana*. Retrieved from Britannica: https://www.britannica.com/place/Lake-Tana

Britannica. (n.d.). *Troposphere*. Retrieved from Britannica: https://www.britannica.com/science/atmosphere/Troposphere

BWT. (n.d.). *VANDETS VEJ*. Retrieved from BWT: https://www.bwt.com/da-dk/viden-om-vand/vandets-vej/?fbclid=IwAR323qim9wH2F2Ah_x5zwmJqtCU3zpXwvSsKS-igVDXqJ21ytjugcQ8wLtE

cans, J. (n.d.). *WorldAtlas*. Retrieved from The Most Drought Prone Countries In The World: https://www.worldatlas.com/articles/the-most-drought-prone-countries-in-the-world.html

Christine, G. (2022, 5 10). *Spirekassen*. Retrieved from Klog på kapillærer kræfter: https://spirekassen.nu/blog/239-klog-paa-kapillaerer-kraefter/

Country Studies. (n.d.). *Early History of Sudan*. Retrieved from Country Studies: http://countrystudies.us/sudan/3.htm

CradlePeople. (2021, 16 3). *Hvad er cirkulær økonomi?* . Retrieved from CradlePeople: http://www.cradlepeople.dk/hvad-er-cirkulaer-okonomi/#.YpYPwy0Yk1J

DIYdata. (2022). *Condensation*. Retrieved from DIYdata: http://www.diydata.com/problem/condensation/condensation.php

EDO. (n.d.). *Drought Indicators*. Retrieved from EDO: https://edo.jrc.ec.europa.eu/edov2/php/index.php?id=1010

Elliott, S. (n.d.). *What are atmospheric water generators?* Retrieved from HowStuffWorks: https://home.howstuffworks.com/atmospheric-water-generators.htm

Engelbrecht, N. (2014, April 11). *Patogen*. Retrieved from Den Store Danske: https://denstoredanske.lex.dk/patogen

EPA . (2016, 2 20). *Sorbents* . Retrieved from United States Enviromental Protection Agency: https://archive.epa.gov/emergencies/content/learning/web/html/sorbents.html

Ethiopiaforums. (2011, 10 26). *Ethiopiaforums*. Retrieved from Sudan agrees to tripartite committee over Ethiopia's Nile dam: https://ethiopiaforums.com/sudan-agrees-to-tripartite-committee-over-ethiopia's-nile-dam/

Fluence News Team. (2017, October 6). *What is Water Scarcity?* Retrieved from Fluence: https://www.fluencecorp.com/what-is-water-scarcity/

Foamglass. (n.d.). *Kondensation i bygninger*. Retrieved from Foamglass: https://www.foamglas.com/da-dk/radgivningscenter/general-advice/what-causes-condensation-and-humidification-in-the-building-envelope,-and-when,-q-,-

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2021). *Progress on level of water stress*. Retrieved from Food and Agriculture Organization of the United Nations: https://www.unwater.org/app/uploads/2021/08/SDG6_Indicator_Report_642_Progress-on-Level-of-Water-Stress_2021_ENGLISH_pages-1.pdf

forbundet, F. (n.d.). *GLOBALIS*. Retrieved from CO2-udslip per indbygger: https://www.globalis.dk/Statistik/co2-udslip-per-indb

Furukawa, H. (2014, 3 3). *ACS-Publications*. Retrieved from Water Adsorption in Porous Metal–Organic Frameworks and Related Materials: https://pubs.acs.org/doi/10.1021/ja500330a

Furukawa, H. (2014, 3 14). *Water Adsorption in Porous Metal–Organic Frameworks and Related Materials*. Retrieved from ACSPublications: https://pubs.acs.org/doi/10.1021/ja500330a

Grand Ethiopian Renaissance Dam Project, Benishangul-Gumuz. (2017, Juli). Retrieved from Water Technology: https://www.water-technology.net/projects/grand-ethiopian-renaissance-dam-africa/

Hveiti. (n.d.). *Bioraffinering er grundlæggende en udnyttelse af biomasse så fuldstændigt og bæredygtigt som muligt.* Retrieved from Hveiti: http://hveiti.dk/da/hvad-er-bioraffinering

Hydrotech. (n.d.). *Hydrotech*. Retrieved from 9 countries that consume the biggest amount of water: https://www.hydrotech-group.com/blog/9-countries-that-consume-the-biggest-amount-of-water

Initiatives Pour L'avenir Des Grands Flevves . (n.d.). *The Blue Nile*. Retrieved from Initiatives Pour L'avenir Des Grands Flevves : https://www.initiativesrivers.org/rivers/nile/

Jazrawi, T. (2021, September 7). *I Afrika rammer tørke hårdest, i Asien er det orkaner*. Retrieved from GlobalNyt: https://globalnyt.dk/i-afrika-rammer-toerke-haardest-i-asien-er-det-orkaner/

Jørgensen, N. (2018, December 17). *Trin-model*. Retrieved from Ruc.dk: http://webhotel4.ruc.dk/~nielsj/research/publications/indre-mekanismer.pdf?fbclid=IwAR2rgp1dopTBtiSb_iL1oIXsE9jz_7C7rNSvbkfKj_19kTPcz_3Va_u7JJo

Lund, T. R. (2021, 4 14). *Omvendt osmose*. Retrieved from Hoved i Havet: https://projekter.au.dk/havet/forloeb/forloebsoversigt/de-dyrebare-draaber/ferskvand/omvendt-osmose

Madsen, A. H. (2020, Juni 18). *Her må du ikke vande græsset: Kommune minder borgerne om vigtigt forbud*. Retrieved from TV2 Lorry: https://www.tv2lorry.dk/roskilde/her-maa-du-ikke-vande-graesset-kommune-minder-borgerne-om-vigtigt-forbud

Max Roster, H. R.-O. (2019, Maj). *World Population Growth*. Retrieved from Our World in Data: https://ourworldindata.org/world-population-growth

Mayo Clinic. (2020, 10 27). *Resilience: Build skills to endure hardship*. Retrieved from Mayo Clinic : https://www.mayoclinic.org/tests-procedures/resilience-training/in-depth/resilience/art-20046311

Media, H. W. (2021, 5 18). *Healing waters International*. Retrieved from How Do Developing Countries Get Clean Water?: https://healingwaters.org/how-do-developing-countries-get-clean-water/

Miljøagentur, D. E. (2022, 01 17). *Hvert åndedrag vi tager* . Retrieved from Det Europæiske Miljøagentur: https://www.eea.europa.eu/da/miljosignaler/signaler-2013/artikler/hvert-andedrag-vi-tager

Miljøministeret, m. (2022, 12 2). *Miljøministeret, miljøstyrelsen*. Retrieved from Biokul skal gøre sandjord klar til fremtidens klima: https://mst.dk/service/nyheder/nyhedsarkiv/2020/dec/nedmuldet-biokul-skal-goere-sandet-jord-mere-robust-over-for-fremtidens-klima/

Miljøministeriet Naturstyrelsen. (n.d.). *Rent Drikkevand*. Retrieved from Miljøministeriet Naturstyrelsen: https://mst.dk/media/118803/rent-drikkevand.pdf

Myles Gray, M. G. (2014, 2). *ScienceDirect* . Retrieved from Water uptake in biochars: The roles of porosity and hydrophobicity: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0961953413005230

National Geographic. (n.d.). *The Development Of Agriculture*. Retrieved from National Geographic: https://education.nationalgeographic.org/resource/development-agriculture

Nielsen, N. A. (2021, 1 25). *Videnskab.dk*. Retrieved from Biokul har potentiale: Det kan blive en grøn speeder i omstillingen af landbruget: https://videnskab.dk/naturvidenskab/biokul-har-potentiale-det-kan-blive-en-groen-speeder-i-omstillingen-af-landbruget

Nikita Hanikel, M. S. (n.d.). *MOF water harvesters.* Retrieved from Nature nanotechnology: http://yaghi.berkeley.edu/pdfPublications/20MOFWaterHarvester.pdf

Nikita Hanikel, M. S. (n.d.). *Nature nanotechnology*. Retrieved from MOF water harvesters: http://yaghi.berkeley.edu/pdfPublications/20MOFWaterHarvester.pdf

Niras. (2021, 4 23). *Niras*. Retrieved from Danmarks samlede forbrugsbaserede klimaaftryk: https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Basisfremskrivning/delrapport_2_-_beregning_af_danmarks_samlede_forbrugsbaserede_klimaaftryk.pdf

NPJ. (2019, July 31). *Reassessing the projections of the World Water Development Report*. Retrieved from NPJ: https://www.nature.com/articles/s41545-019-0039-9

Olsen, M. (2016, Oktober 2). *Vanddamp og luftfugtighed* . Retrieved from Niels Bohr Institutet : https://nbi.ku.dk/spoerg_om_fysik/fysik/vanddamp-og-luftfugtighed/

Osmosis. (2021, 3 3). Retrieved from Biology Online: https://www.biologyonline.com/dictionary/osmosis

Parlamentet, E. (2022, 04 20). *Den cirkulære økonomi: Definition, betydning, og fordele*. Retrieved from Europa Parlamentet: https://www.europarl.europa.eu/news/da/headlines/economy/20151201STO05603/den-cirkulaere-okonomi-definition-betydning-og-fordele

Phelan, J. (2022, 1 10). *How much water is in Earth's atmosphere?* Retrieved from livescience: https://www.livescience.com/how-much-water-earth-atmosphere

Plos One. (2015, July 22). *The Origin of Cultivation and Proto-Weeds, Long Before Neolithic Farming*. Retrieved from Plos One: https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0131422#sec006

Regering. (2018, September). *Regering*. Retrieved from Strategi for cirkulær økonomi: https://www.regeringen.dk/media/5626/strategi-for-cirkulaer-oekonomi_web.pdf

Reliefweb. (2022, Maj 12). *Drought in numbers 2022 - Restoration for readiness and resilience*. Retrieved from Reliefweb: https://reliefweb.int/report/world/drought-numbers-2022-restoration-readiness-and-resilience

ResearchGate. (2015, April). *Impacts of Grand Ethiopian Renaissance Dam on Different Water Usages in Upper Egypt*. Retrieved from ResearchGate: https://www.researchgate.net/publication/274961204_Impacts_of_Grand_Ethiopian_Renaissance_Dam_on_Different_Water_Usages_in_Upper_Egypt

Rich, D. (2020, September 17). *Global Nyt*. Retrieved from Derfor bygger Etiopien en konfliktfyldt dæmning: https://globalnyt.dk/derfor-bygger-etiopien-en-konfliktfyldt-daemning/

Rogers fem karakteristika. (n.d.). Retrieved from Forlaget Columbus: https://lvo.ibog.forlagetcolumbus.dk/?id=139&loopRedirect=1

School, W. S. (2019, 6 8). *USGS*. Retrieved from Condensation and the Water Cycle : https://www.usgs.gov/special-topics/water-science-school/science/condensation-and-water-cycle#overview

Science.org. (2017, April 13). *Water harvesting from air with metal-organic frameworks powered by natural sunlight*. Retrieved from Science.org: https://www.science.org/doi/10.1126/science.aam8743

ScienceDirect. (2001). *ScienceDirect* . Retrieved from Nanolithographic Polymer Structures: Mechanical Properties: https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/capillary-force

ScienceDirect. (n.d.). *Managing risks of the Grand Ethiopian Renaissance Dam on Egypt*. Retrieved from ScienceDirect: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2090447917300837

The Univercity of Toledo . (2020). *Distillation*. Retrieved from The Univercity of Toledo : https://www.utoledo.edu/engineering/chemical-engineering/distillation.html

The World Bank. (n.d.). *Access to electricity (% of the population)* . Retrieved from The World Bank: https://data.worldbank.org/indicator/EG.ELC.ACCS.ZS?locations=SD

Thellersen, M. (2019, 6). *DTU Sektorudviklingsrapport.* Retrieved from Bioøkonomiens maskinrum: https://rucforsk.ruc.dk/ws/portalfiles/portal/66911780/108657_sektorudviklingsrapport_bio_net.pdf

Topsøe-Jensen, J. W. (2021, 4 23). *ING*. Retrieved from Forskere: Genanvendelig plast er fremtiden – men alt for dyrt: https://ing.dk/artikel/forskere-genanvendelig-plast-fremtiden-alt-dyrt-246025

U.S. Energy Information Adminstration. (2021, 6 8). *Biomass explained*. Retrieved from U.S. Energy Information Adminstration: https://www.eia.gov/energyexplained/biomass/

Unesco. (2018, Oktober). *Lake Tana Biosphere Reserve, Ethiopia*. Retrieved from Unesco: https://en.unesco.org/biosphere/africa/lake-tana

UNICEF. (2022, Marts 21). *Drinking-water*. Retrieved from UNICEF: https://www.who.int/en/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water

UNICEF. (2022, Marts 18). *Water and the global climate crisis: 10 things you should know*. Retrieved from UNICEF: https://www.unicef.org/stories/water-and-climate-change-10-things-you-should-know

United Nations. (2022, Maj 12). *World 'at a crossroads' as droughts increase nearly a third in a generation*. Retrieved from United Nations: https://news.un.org/en/story/2022/05/1118142

UnitedNations. (2021, 9 15). *UnitedNations*. Retrieved from Security Council Presidential Statement Encourages Egypt, Ethiopia, Sudan to Resume Talks on Grand Renaissance Dam Project: https://www.un.org/press/en/2021/sc14637.doc.htm

USDA. (2021, 10 9). *What is Pyrolosis?* Retrieved from U.S. Department of Agriculture : https://www.ars.usda.gov/northeast-area/wyndmoor-pa/eastern-regional-research-center/docs/biomass-pyrolysis-research-1/what-is-pyrolysis/

Water Science School. (2019, 5 23). *What is hydrology and what do hydrologists do?* Retrieved from USGS - Science for changing the world : https://www.usgs.gov/special-topics/water-science-school/science/what-hydrology

WeBuild. (2016, Juni 26). *Panama Canal: the new route for world trade*. Retrieved from WeBuild: https://www.webuildgroup.com/en/projects/panama-canal

WeBuild. (2020, Maj 4). *Salini Impregilo becomes Webuild: bigger, stronger and ready to serve the nation*. Retrieved from WeBuild: https://www.webuildgroup.com/en/media/press-releases/salini-impregilo-becomes-webuild-bigger-stronger-and-ready-to-serve-the-nation

WeBuild. (n.d.). *Cityringen: The new metro ring in the centre of Copenhagen*. Retrieved from WeBuild: https://www.webuildgroup.com/en/projects/cityringen

Wium, M. (2021, 06 22). *Hvordan fik Jorden sin atmosfære?* Retrieved from Illustreret Videnskab: https://illvid.dk/universet/solsystemet/jorden/hvordan-fik-jorden-sin-atmosfaere

World Health Organization. (2021, Februar 28). *Toxic cyanobacteria in water - Second edition*. Retrieved from World Health Organization: https://www.who.int/publications/m/item/toxic-cyanobacteria-in-water---second-edition

World Health Organization. (2022, Marts 22). *World Water Day 2022: Groundwater, invisible but vital to health*. Retrieved from World Health Organization: https://www.who.int/news-room/feature-stories/detail/world-water-day-2022-groundwater-invisible-but-vital-to-health

WorldOMeter. (n.d.). Retrieved from WorldOMeter: https://www.worldometers.info

Worldwide, W. (n.d.). *WarmHeart Worldwide*. Retrieved from Biochar: https://warmheartworldwide.org/biochar/?gclid=CjwKCAjw4ayUBhA4EiwATWyBrt-MIL5py_vbPK2mY3Nw-vjwyyU7kgmTGZ6JTB0l0GN5xcXR00STkRoCTIkQAvD_BwE

Yaghi, O. M. (2020, Januar 16). *Nature Nanotechnology*. Retrieved from Yaghi Berkeley: http://yaghi.berkeley.edu/pdfPublications/20MOFWaterHarvester.pdf

Østebø, S. U. (2018, July 3). *Så farlig kan grillen være i den danske tørke*. Retrieved from TV2: https://nyheder.tv2.dk/samfund/2018-07-03-saa-farlig-kan-grillen-vaere-i-den-danske-toerke