

**Basisprojekt**

2. semester - forår 2021



Billede 1.1 - <https://www.shutterstock.com/da/image-photo/vertical-farmindoor-farm-researcher-takes-care-1598572981>

<b>Eksamensgruppenr.:</b> S2124791600
<b>Projekttitlel:</b> Fremtidens Landbrug - Vertical Farming
<b>Gruppens medlemmer:</b> Rasmus Dall Egelund Hansen Peter Wiibroe Lund Frederik Winge Andersen Hans Kristian Helmgaard Hagge Oliver Holm
<b>Vejleder:</b> Alfred Birkegaard Hansted
<b>Hold:</b> Humtek B
<b>Dato:</b> 09/06 - 2021

**Abstract**

This project examines the concept of vertical farming and its future possibilities in Danish agriculture. It investigates political, social and historical aspects of agriculture and is based on a case study on one of the leading vertical farm companies in Europe, Nordic Harvest. These aspects will be examined and analyzed with use of Dickson Despommier's (2010) theories on vertical farming and will be put into perspective by looking at the United Nations Sustainable Development Goals. Furthermore, the project contains an in depth analysis of the most important technological features in vertical farming and the socio technical regimes in Danish agriculture. The project is also based on semi structured interviews with both Nabofarm and professor at Roskilde University, Henrik Haugaard-Nielsen.

Based on this analysis it can be concluded that vertical farming has several environmental benefits compared to conventional agriculture, although vertical farming at its current state lacks economic profitability, financial and political support, and diversity in crops. The project furthermore concludes that it is likely to see vertical farming being a part of the future agriculture in order to comply with the United Nations Sustainable Development Goals.

## Indholdsfortegnelse

<b>1.1 Begrebsafklaring</b> .....	<b>5</b>
<b>1.2 Indledning:</b> .....	<b>7</b>
<b>1.3 Problemfelt og problemformulering:</b> .....	<b>8</b>
Problemformulering: .....	9
<b>1.4 Arbejdsspørgsmål:</b> .....	<b>9</b>
<b>1.5 Læsevejledning:</b> .....	<b>10</b>
<b>1.6 Semesterbinding:</b> .....	<b>10</b>
<b>1.7 Motivation:</b> .....	<b>11</b>
<b>1.8 Afgrænsning:</b> .....	<b>12</b>
<b>2.1 Teori og metode:</b> .....	<b>13</b>
TRIN-Modellen: .....	13
Kvalitativ undersøgelse (Kvale og Brinkmann):.....	15
Interviews: .....	16
Research Interview med Nabo Farm: .....	16
Ekspertinterview med Henrik Haugaard-Nielsen:.....	18
Validering af empiri:.....	18
Bearbejdning af empiri: .....	20
Case studie: .....	20
Komparativ metode:.....	21
Litteraturstudie: .....	21
<b>3.1 Præsentation af FN's verdensmål og EU's målsætninger for en bæredygtig udvikling:</b> .....	<b>22</b>
De forenede nationers 17 verdensmål:.....	23
Den Europæiske Union's målsætning om et CO2 neutralt EU i 2050: .....	24
<b>4.1 The Vertical Farm – Dickson Despommier:</b> .....	<b>24</b>
<b>4.2 Præsentation af et udarbejdet casestudie omkring Vertical Farming:</b> .....	<b>30</b>
<b>4.3 Casestudie af Vertical Farming:</b> .....	<b>34</b>
<b>5.1 Socio-tekniske systemer og regimer:</b> .....	<b>38</b>
<b>6.1 TRIN-Analyse:</b> .....	<b>40</b>
6.1.1 Hydroponiske Systemer: .....	41
6.1.2 Wicking Systems: .....	43

<b>6.1.3 Deep Water Culture (DWC):</b> .....	<b>44</b>
<b>6.1.4 Nutrient Film Technique (NFT):</b> .....	<b>45</b>
<b>6.1.5 Ebb and Flow:</b> .....	<b>47</b>
<b>6.1.6 Drip Systemet:</b> .....	<b>48</b>
<b>6.2 Aeroponiske systemer:</b> .....	<b>49</b>
<b>6.3 Vækstmedier:</b> .....	<b>51</b>
<b>6.4 Næringsstoffer:</b> .....	<b>53</b>
<b>6.5 Fremstillingen af kunstgødning:</b> .....	<b>55</b>
<b>6.6 Pladsoptimering:</b> .....	<b>57</b>
<b>7.1 Ressource / Komparativ analyse:</b> .....	<b>58</b>
Lyskilder .....	58
Vand .....	59
Næring .....	60
<b>8.1 Diskussion:</b> .....	<b>61</b>
<b>9.1 Konklusion:</b> .....	<b>63</b>
<b>10.1 Litteraturliste:</b> .....	<b>65</b>

## 1.1 Begrebsafklaring

### - *Agerjord*

Agerjord er landbrugsjord, som med jævne mellemrum behandles med jordbrugsredskaber og derefter tilsås. Det er jord, der bruges til dyrkning af afgrøder, og adskiller sig på den måde fra naturligt uopdyrket jord (Den Danske Ordbog).

### - *Biodiversitet*

Biodiversitet (biologisk diversitet) omhandler forskelligheden af levende organismer i naturen, mangfoldigheden af arter. Jo flere arter jo større biodiversitet (Faktalink 2018).

### - *Bæredygtighed*

Bæredygtighed er et bredt begreb og bruges i flere forskellige sammenhænge. Overordnet kan det siges, at begrebet bæredygtighed handler om, hvordan vi mennesker bruger ressourcer på en måde hvorpå, der bliver skabt en balance mellem udnyttelse og beskyttelse. I konteksten af denne opgave er der fokus på miljømæssig bæredygtighed, hvilket omhandler hvordan vi passer på jorden, og hvordan vi udnytter de ressourcer vi har til rådighed, uden at skabe en overbelastning af forbrug (Miljømærkning Danmark 2019).

### - *Hydroponik*

Hydroponisk dyrkning handler om at dyrke planter uden jord. Her er det i stedet vandet, ilt og næringsstofferne der stimulerer plantens vækst. Hydroponiske planter plantes i gromedier og leveres med gødning, ilt og vand, hvilket effektiviserer plantens vækst og skaber betydeligt bedre kvalitet (Planta.dk).

### - *Industrialisering*

Begrebet industrialisering kan forstås som en udviklingsproces, hvorved der sker en udbredelse af industrielle processer, og en overgang fra håndværksprægede produktionsformer til maskinkraft og mekaniske kraftkilder til produktion (Den Store Danske).

### - *Klorofyl*

Klorofyl er et stof der findes i plantens grønkorn, og som er et vigtigt led i fotosyntesen. Klorofyl absorberer rødt og blå lys, derimod bliver grønt lys ikke absorberet, hvilket giver planterne deres grønne farve. Klorofyl er et vigtigt element i plantens evne til at optage og udnytte lysets energi gennem fotosyntesen (Den Store Danske).

### - *CO<sub>2</sub>*

Denne luftart også kaldet kuldioxid, kan hverken lugtes eller ses. Det findes naturligt i atmosfæren og udledes bl.a. når mennesker trækker vejret. CO<sub>2</sub> er essentielt for livet på jorden, da det er en vigtig del af jordens økosystem. Træer og planter optager CO<sub>2</sub> for at vokse, og ved hjælp af fotosyntesen omdanner de derefter CO<sub>2</sub> til ilt. Dog er det problematisk hvis der kommer for meget CO<sub>2</sub> på jordkloden. (Landbrug & Fødevarer, 2021)

- *Urbanisering*

Begrebet 'urbanisering' beskriver udviklingen hvorved et stigende antal af befolkningen bosætter sig i større byer. Udtrykket stammer tilbage fra 1800-tallet, og urbanisering sker stadig i stigende grad i dag, hvilket skaber problemer som bl.a. pladsmangel (Faktalink).

- *Incitamentsstruktur*

Dette begreb omhandler måden at individer i et samfund bliver motiveret til at handle på en bestemt måde. Der bliver appelleret til individernes moral, kropsånd og kultur, med tanke om et bedre samspil mellem alle parter i et samfund (Den Store Danske, 2013)

- *LED*

Forkortelsen LED står for *light-emitting diode*. En lysdiode er et halvlederkomponent, som omsætter elektrisk energi til lys. Alt afhængigt af de materialer der anvendes, kan lysdioderne udsende lys i flere forskellige farver, som f.eks. rødt, blåt og grønt (Videncentret Bolius).

## 1.2 Indledning:

Landbruget er blandt de ældste, samt vigtigste erhverv i Danmark. Det var og er til dels stadig bygget omkring kultur og traditioner. Dette erhverv har haft stor betydning for både økonomi, politik og kultur i Danmark. Op til den industrielle revolution var landbruget det erhverv i Danmark, der leverede den primære økonomiske vækst (Kærgård, 2017). Dog ser situationen anderledes ud i det 21. århundrede. Landbruget er stadig et vigtigt erhverv i Danmark, men efter tal fra Statistisk Årbog 2017 ses det, hvordan landbruget ikke længere er den dominerende faktor i Danmarks økonomi. Landbrugets del af BNP ligger omtrent på 2,1 procent, hvilket betyder at den samlede værdi i dansk landbrug ligger lavt. Det skal dog siges, at vores landbrug står for omkring 13 % af Danmarks samlede vareeksport og dertil består landbruget af en masse arbejdspladser, som er varetaget af forskellige landsforeninger. (Danmarks Statistik, 2017)

Dansk landbrug er en af de mest intensivt dyrkede landbrug i EU. Danmarks areal består omtrent af 61 % landbrug, hvoraf 93 % af dette er under plov. Hvis vi sammenligner med andre EU-lande, så har vi cirka dobbelt så meget landbrugsjord under plov i forhold til arealet. Dette medvirker til en række negative konsekvenser for drivhuseffekten, samt biodiversiteten i Danmark. Landbruget står for omtrent 21 % af den samlede udledning af drivhusgas emissioner i Danmark. (Danmarks Naturfredningsforening, 2017)

Derfor har vi valgt at undersøge fremtidens initiativer inden for måden at drive landbrug i Danmark. Fremtidens initiativer med bæredygtige teknologier og andre miljøtiltag kan være først i kampen om en reduktion af CO<sub>2</sub> udledning i Danmark.

Den Europæiske Union (EU) og De Forenede Nationer (FN) har begge opsat en række målsætninger for fremtiden, som skal bane vej for en reduktion af drivhusgasemissioner. Dertil er pålagt et krav og ansvar i hvert medlemsland om at tage handling nu.

Derfor har det været en nødvendighed at udtænke nye måder at dyrke landbrug på. Både for at bekæmpe de klimamæssige problemstillinger, der opstår i sammenhæng med konventionelt landbrug, men også for at møde de fremlagte målsætninger fra EU og FN. (Folketinget, 2020)

En af de mest fremtrædende koncepter inden for alternativt landbrug er vertical farming, på dansk betegnet som vertikalt landbrug. I dagens verden står vi overfor udfordringer som f.eks. hvordan vi fodrer den stadigt voksende verdensbefolkning, og hvordan vi tackler problemet om de stadig formindskende områder med agerjord. Kan vertical farming være løsningen, eller en del af løsningen, på disse problemer?

Konceptet vertical farming består af, at dyrke afgrøder i indendørs lukkede systemer i for eksempel en lagerbygning eller i et højhus. I stedet for at dyrke afgrøder på et enkelt plan,

som f.eks. på marker og i drivhuse, dyrker vertical farming afgrøderne på flere 'etager'. Da afgrøderne dyrkes indendørs i hermetisk lukkede systemer bliver planterne ikke stimuleret af sollys, men i stedet bruges der kunstigt lys i form af LED-belysning i farverne rød, hvid og blå (Videnskab.dk, 2020). Et hermetisk lukket system kan forstås som et kunstigt kontrolleret miljø, hvor der systematisk overvåger alt f.eks. temperatur, fugtighed og lys. Det kunstige miljø gør det muligt at dyrke afgrøder indendørs. Sammenligninger kan drages mellem konceptet vertical farming og et konventionelt drivhus, men det overordnede princip ved vertical farming er, at maksimere produktionen af afgrøder samtidig med, at der optages mindst mulig plads.

### **1.3 Problemfelt og problemformulering:**

Nuværende konventionelt landbrug forårsager i stigende grad betydelige negative effekter for jordens klima og miljø, som en konsekvens af de krav, der bliver stillet globalt set af en stigende verdensbefolkning. Ifølge FN's seneste beregninger vil der i 2050 være langt over 9 mia. mennesker på jorden, hvilket presser den globale landbrugssektor ud i en uholdbar cyklus af effektivisering kombineret med en reducere af dyrkbar landbrugsjord grundet urbanisering (Madsen & Christiansen, 2017). Disse problemstillinger resulterer i en række alvorlige konsekvenser som skovrydning og stigende udledning af drivhusgasser, samt et massivt vandforbrug og forurening af grundvand ved brug af kunstgødning (Walz, 2019).

På baggrund af disse kritiske problematikker, kaldes der på forandring og handling. Med FN's verdensmål (Sustainable Development Goals) stilles der krav til en bæredygtig omstilling af landbrugssektoren inden år 2030 (United Nations, 2018). Det har med henblik på bæredygtighed, skabt et større fokus på hvordan, at fremtidens landbrug kunne se ud. Det har givet anledning til en opblomstring inden for udviklingen af bæredygtige teknologier, hvor i blandt vertical farming konceptet har fået betydelig interesse, som en af de mest lovende innovationer.

I flere undersøgelser om effektiviteten af vertical farming, fremvises der opsigtsvækkende resultater af dets produktivitet og bæredygtige formidling af ressourcer (AEM, 2020). Der fremvises markante miljøfordele ved dyrkningen af afgrøder i et vertical farming system, i forhold til et konventionelt landbrugssystem. Et vertical farming system bruger en brøkdel af vandforbruget sammenlignet med et konventionelt landbrug. Desuden kræver det hverken gylle eller pesticider. Derimod optager afgrøderne næring gennem kunst- og naturlig gødning. Det kan producere en langt større mængde af afgrøder på det samme areal som et konventionelt landbrug, da højden tages i betragtning og afgrøderne bliver sat på hylder. Desuden har systemet mulighed for at høste langt flere gange end et konventionelt landbrug (Hebsgaard, 2020).



Formålet med denne rapport er, at undersøge hvorvidt vertical farming som teknologisk system, kan bidrage til en mere bæredygtig landbrugskultur. Rapporten vil dykke ned i de teknologiske systemer og dets artefakter, med henblik på at undersøge dets fordele og ulemper. Projektet har en intention om at undersøge de problematikker, der gør sig gældende i driften af det nuværende konventionelle landbrug. Med henblik på bæredygtighed vil rapporten udforske det potentiale som vertical farming besidder, og visionært kigge på den mulige indflydelse, det kunne have på fremtidens landbrug.

I rapporten undersøges relevante aktører som Nordic Harvest og Nabofarm, for at give et indblik i udfordringerne og fordelene, der gør sig gældende i forhold til vertical farming. Dertil undersøges vertical farming som en del af den bæredygtige omstilling inden for fremtidens landbrugssystemer. Der undersøges diskussions områder i forhold til de visioner og det potentiale vertical farming indebærer, med fokus på verdensmål (SDG) og dets målsætning (Agritecture, 2020). Rapporten går i dybden med de socio-tekniske regimer i dansk landbrug og det nuværende landskab, samt hvordan fremtidige innovationer påvirker dette.

Med fokus på EU & FN's krav om et mere bæredygtigt landbrug, vil der i rapporten undersøges, om landbrugssystemet vertical farming kan danne ramme for at landbrugssektoren opfylder FN's verdensmål i fremtiden.

Eksempel på en dårlig cyklus af dyrkningen af afgrøder ved konventionelt landbrug:

**Årsager:** Stigende efterspørgsel og behov for mad ved stigning af det globale befolkningstal.

**Konsekvenser:** Stigende udledning af CO<sub>2</sub> ved dyrkning og transport af afgrøder → rydning af skove til mere landbrugsjord → mindre skov og naturområder til at absorbere udledningen af CO<sub>2</sub> → Eskalerende ophobning af CO<sub>2</sub> og drivhusgasser i atmosfæren → Større fremprovokering af global opvarmning.

### **Problemformulering:**

*Hvordan kan teknologisystemet, vertical farming, bidrage til en bæredygtig udvikling i dansk landbrug?*

#### **1.4 Arbejdsspørgsmål:**

- Hvad består teknologisystemet vertical farming af, og hvordan adskiller det sig fra konventionelt landbrug?

- Hvordan vil fremtidens landbrug se ud i Danmark, og vil det afdække de opsatte målsætninger og verdensmål inden for bæredygtig udvikling i EU og FN?
- Hvad vil et landbrugssystem som vertical farming have af betydning for det konventionelle landbrug?
- Hvorfor er Vertical Farming konceptet ikke mere udbredt, og hvilke forhindringer står i vejen?

### 1.5 Læsevejledning:

Rapporten er opbygget i kronologisk ud fra hvordan arbejdsprocessen er forløbet. Til at starte med redegøres der i indledningen kort for vertical farming som koncept, samt problemstillingerne, som er indlejret i det nuværende landbrug. Projektets overordnede problemstillinger udfoldes i problemfeltet, hvilket leder til præsentationen af vores problemformulering samt arbejdsopgaver, hvilket er de centrale punkter som opgaven vil følge. Herefter følger en beskrivelse af, hvordan de faglige dimensioner *Teknologiske Systemer og Artefakter (TSA)* samt *Subjektivitet, Teknologi og Samfund (STS)* er forankret i projektet. Fra dette forklarer vi vores motivation bag udarbejdelsen af projektet, samt en afgrænsning, hvor projektet bliver vinklet og rapportens fokuspunkter bliver fremført. I teori og metodeafsnittet gennemgås de metodiske overvejelser, gruppen har gjort sig igennem projektførelsen, med fokus på bl.a. TRIN-modellen. Dernæst følger en redegørelse for de centrale punkter i Dickson D. Despommiers bog "*The Vertical Farm*", som er sammenkoblet med præsentationen af et udvalgt case studie omkring vertical farming, samt en mere dybdegående analyse af vores eget casestudie, der omhandler landbrugsvirksomheden Nordic Harvest. Der vil i analyseafsnittet gås mere i dybden med TRIN-modellen, samt en undersøgelse af de socio-tekniske systemer og regimer, som er gældende for emnet. Rapporten afrundes med en diskussion med udgangspunkt i vertical farmings muligheder, og en konklusion herpå, hvor problemformuleringen bliver besvaret. Som sidste punkt i rapporten kommer perspektivering, hvor opgaven bliver sat i en bredere samfundsmæssig kontekst.

### 1.6 Semesterbinding:

Dette projekt er forankret i de to faglige dimensioner, Teknologiske systemer og artefakter (TSA) og Subjektivitet, teknologi og samfund (STS).

TSA er vores primære semesterbinding og omslutter vores projekt i forståelsen af de indre mekanismer og processer, der gør sig gældende for funktionaliteten af vores projekts teknologiske fokusområde. Dette kommer til udtryk gennem benyttelse af de centrale faglige metoder og teorier, der indgår i TSA dimensionen. Vi har primært fokus på benyttelsen af analyseværktøjet "TRIN-modellen" (Jørgensen, N. Kursusgang 1, TSA, 2020), som en central del af vores projekt, danner rammerne for vores projekts opbygning. Denne metode har til formål at formidle de fordybende aspekter af vores projekts centrale teknologiske fokusområde, og har til formål at danne et overblik over de essentielle mekanismer, der indgår i dets teknologiske system. Vores TSA dimensions teoretiske fokusområde består desuden af inddragelsen og anvendelsen af De Vries teorier om Teknologiske systemer og artefakter, der er en central del af vores projekts ramme. (De Vries, 2016)

STS er vores sekundære semesterbinding og har i projektet primært fokus på de relationer og indvirkninger, der er mellem mennesker og teknologier, med henblik på kulturelle og samfundsmæssige aspekter. Den faglige dimension er forankret gennem vores anvendelse og brug af metoder og teori til at indsamle og formidle empiri. Det kommer til udtryk gennem vores anvendelse af kvalitative undersøgelsesmetoder, der er teoretisk udarbejdet af (Kvale & Brinkmann), primært i form af interviews. Dimensionen kommer også til udtryk gennem vores formidling af vores problemfelt og problemformulering, til at uddybe en forståelse af dets årsager og effekter.

### **1.7 Motivation:**

Motivation for afviklingen af rapporten kommer fra en nysgerrighed og undren over, hvordan den fremtidige og mere bæredygtige verden kommer til at se ud. Specielt interesserer vi os for initiativer og teknologier, som skal være med til at gavne denne bæredygtige udvikling i fremtiden, samt hvilke faktorer og omstrukturering af samfundet, der skal til for, at vi kan skabe en mere holdbar måde at omgås klimaet.

Alle disse tanker har været vores motivation for at dykke ned i teknologien vertical farming. En teknologi mange spår til at være løsningen på nogle af de mange problemstillinger vi står over for. Men hvad er det der gør, at en teknologi som vertical farming ikke for alvor har gjort sit indtog? Hvilke bagvedliggende faktorer gør, at denne teknologi ikke er en del af løsningen på de klimamæssige problemer lige nu og hvad er skalerbarheden i vertical farming? Alle disse spørgsmål synes vi i projektgruppen er enormt interessante at stille og dykke ned i og de er i sig selv, meget oplagte at diskutere ud fra.

Historien om Nordic Harvest og deres vej til at etablere deres vertikale farm i Danmark, har i den grad været en øjenåbner på mange punkter. Historien om deres startup, samt den manglende politiske støtte og forældede landbrugsregler har været en stor motivation for at kigge nærmere på de ydre faktorer ved vertical farming.

Det tekniske aspekt af vertical farming er ydermere enormt interessant og alle de indre komponenter er i sig selv en motivationsfaktor, for at dykke ned i alle disse teknologiske attributter. Derfor har det været motivation for os at kunne danne en dybere forståelse for denne teknologi. Selve teknologien er relativt simpel ved første øjekast, men dykkes der dybere ned og kigges på de mange komponenter og forbehold, der skal tages, er den måske ikke så simpel. Derfor synes vi det er enormt interessant at kunne dykke ned i teknologien og på den måde skabe en ny viden, både for os og for læseren.

### **1.8 Afgrænsning:**

Vertical farming er et vidtspændende teknologisk fænomen, som har grene i mange segmenter i samfund, miljø og landbrug. Derfor er det naturligt, at dette projekt, har foretaget en masse afgrænsninger i forhold til at gøre projektet så ensrettet og hensigtsmæssig som muligt. Det har derfor været et stort fokus fra projektgruppens side at afgrænse så mange vinkler på emnet som muligt, og dermed gå mere i dybden med de mest relevante ting.

Først og fremmest fremkom der en helt naturlig afgrænsning i det, at det ikke lykkedes os at etablere kontakt til Nordic Harvest, som vi havde udset os til at være en primær del af projektet. Følgende tvang os til at sadle om i rapportens struktur og vi skulle nu overveje, hvordan projektet skulle tage form. Dette gav mulighed for at snakke med andre aktører og interessenter og på den måde, give os andre synspunkter og veje at gå. Interview med Nabo Farm og professor Henrik Haugaard-Nielsen gav os et grundlag for forståelsen af vertical farming og bidrog til relevante pointer og nedslagsmærker i rapporten. Nordic Harvest er stadig en del af projektet, men ikke i det omfang vi havde ønsket os.

Udover det, har det teknologiske fokus i semesterbindingen gjort, at vi har tilladt os at dykke ned i de teknologiske aspekter vedrørende vertical farming. Dette er med til at give os og læseren en dybere forståelse for de mest relevante og udslagsgivende faktorer ved teknologien. Derudover giver det en bedre forståelse for selve teknologien og dermed en bedre baggrund hvorpå, den fremtidige udsigt for teknologien kan vurderes. Hele denne vurdering af teknologien, skal i sidste ende være med til at kunne besvare problemstillingen på behørig vis.

Ud fra semesterbindingen, har vi i STS måtte foretage akademiske afgrænsninger for at indsnævre vores fokus i opgaven. Subjektivitet, teknologi og samfund omhandler hvordan mennesker, samfund og teknologi spiller sammen. Det medfører, at der er mange aspekter af vertical farming, som kan være relevante at kigge på i den sammenhæng. Landbrugskultur og historie i ind- og udland, miljømæssige påvirkninger, FN-verdensmål, socio-tekniske regimer og vertikalt landbrugs rolle i et konventionel landbrugs domineret samfund. Alle disse vinkler har været diskuteret grundigt og vi har i sidste ende måtte afgrænse for at skabe fokus og sikre os, at vi når i dybden med de ting vi sætter os for.

## **2.1 Teori og metode:**

Dette afsnit vil være en gennemgang af de metodiske overvejelser, som gruppen har gjort sig gennem forløbet og under udarbejdelsen af rapporten. Her vil metoderne, der blevet gjort brug af blive præsenteret, samt undersøge teorien bag og kommentere på metodens udbytte. Da Projektet tager udgangspunkt i Teknologiske Systemer og Artefakter, vil især trinmodellen blive inddraget til arbejdsprocessen med begrebet Vertical Farming.

### **TRIN-Modellen:**

TRIN-Modellen har til formål at muliggøre en konkretiseret dybdegående analyse af de teknologiske systemer, der er indlejret i vertical farming som det overordnede teknologiske system. TRIN-Modellen er udarbejdet og udviklet af tre TSA-undervisere: Erling Jelsøe, Niels Jørgensen og Thomas Budde Christensen. Betegnelsen TRIN står for Teknologi, Radikalt og Inkrementelt design i Netværk (Jørgensen, N. Kursusgang 1, TSA, 2020).

Den er konstrueret således at den består af 6 trin:

- 1) Teknologiers indre mekanismer og processer
- 2) Teknologiers artefakter
- 3) Teknologiers utilsigtede effekter
- 4) Teknologiske systemer
- 5) Modeller af teknologier
- 6) Drivkræfter og barrierer for udbredelse af teknologier

Formålet med TRIN-modellen er at inspirere til at kunne analysere teknologier og deres artefakter, med henblik på at få en dybere indsigt i hvordan teknologier er designet og konstrueret. TRIN-modellen er rettet imod at få en dybere forståelse af de interne (indre komponenter) og eksterne (ydre komponenter) for at kunne konkretisere, hvordan teknologiers strukturer og systemer er bygget op. Vi har valgt at benytte os af TRIN-modellen til at analysere teknologisystemet vertical farming for bedre at kunne konceptualisere dens design og innovation.

**Trin 1** tager udgangspunkt i de centrale mekanismer og processer, der gør sig gældende i en teknologi og bidrager til at opfylde de krav, der er stillet af teknologiens formål.

Dette trin har til formål at undersøge de indre mekanismer og processer, der er indlejret i vertical farmings teknologiske system.

**Trin 2** omhandler de artefakter (komponenter) teknologier er sammensat og består af for at opfylde dets formål. Dette beskriver hvorledes et artefakt er et menneskeskabt objekt, der fordelagtigt er skabt til et formål f.eks. en hammer. Der perspektiveres til hvordan at artefakter adskiller sig fra objekter og genstande, der stadigvæk kan have praktiske egenskaber, men er frembragt og skabt gennem naturlige processer (Jørgensen, N. Kursusgang 1, TSA, 2020). Andet trin har til formål at undersøge de centrale teknologiske artefakter, der er indlejret i vertical farming, som det primære teknologiske system.

**Trin 3** ser på de utilsigtede og uønskede effekter, der kan opstå ved et teknologisk design. Effekterne vurderes til at være negative og kan f.eks. være støj fra en vindmølle eller CO<sub>2</sub> udledning fra et kraftværk.

Tredje trin går i dybden med teknologiens negative sider, hvilket skal bruges til at undersøge eventuelle udfordringer eller problematikker for teknologien.

Følgende trin undersøger de mulige utilsigtede effekter som vertical farming forårsager. Dette med særligt fokus på de klimamæssige effekter.

**Trin 4** teknologiske systemer, beskriver helheden af teknologiske artefakters systemer og orienterer sig i de sammenhænge, der befinder sig imellem de artefakter, der udgør teknologiske systemer. Systemet beskriver hvordan at de arbejder sammen for at opfylde et teknologisk formål. Teknologiske systemer kan i en analogi ses som et avanceret puslespil af artefakter, i form af brikker, der med nøje præcision skal placeres i et bestemt mønster eller rækkefølge for at fuldføre et kredsløb, i et funktionelt teknologisk system. Et godt eksempel kunne være en moderne PC (Personal Computer).

Fjerde trin skal indgå, som analyseværktøj til at sammenkoble teknologi og system, hvilket skal give et helhedsindtryk af teknologien.

Dette trin har til formål at analysere vertical farmings teknologiske systems overordnede helhed.

**Trin 5** handler om modeller, der beskriver teknologier i form af alt fra deres opbygning til egenskaber og resultater. De teknologiske modeller kan både være visuelle eller fysiske, men også numeriske og statistiske. Modellerne kan tjene forskellige formål, men har det tilfælles at de er en repræsentation eller gengivelse af en teknologisk egenskab. Det kan være i form af hvordan den er konstrueret, hvilke egenskaber den har eller hvilke krav den skal opfylde.

Femte trin skal bruges til angive teknologiens egenskaber og være med til at vise styrker og svagheder for systemet. Femte trin har til formål at visualisere teknologien vertical farming ud fra modeller.

**Trin 6** tager udgangspunkt i innovationsprocesser, der beskriver hvordan innovationer (teknologier) skabes og forbedres hen over tid og udkonkurrerer eksisterende teknologier i et kapløb drevet af innovation. Det beskriver også, hvordan en innovation udbredes hen over tid og hvilke forudsætninger og barriere, der er for at en teknologi bliver udbredt. Et eksempel kunne være Roger's S – kurve, der beskriver udbredelsen af en innovation over tid (Jørgensen, N. Kursusgang 1, TSA, 2020).

Sjette trin vil blive brugt til diskussion af teknologisystemet vertical farming, hvordan innovationen udvikles og forbedres, samt dens drivkraft overfor forudsætninger for udbredelse.

I sjette trin analysere de pågældende drivkræfter og barrierer, der befinder sig i udbredelsen af vertical farming.

### **Kvalitativ undersøgelse (Kvale og Brinkmann):**

En metode gruppen har inddraget er interviews, hvilket vi har opstillet med nogle af de eksisterende vertikale farme som Nabo Farm og en professor i agronomi Henrik Haugaard Nielsen. Til opstilling af gode interviews, bruges Kvale og Brinkmanns ekspertise indenfor kvalitative metoder, særligt med fokus på interviews. Kvale og Brinkmann kommer med nogle teknikker og værktøjer, som kan hjælpe med at opstille et velfungerende interview. Formålet med et godt interview er, at opnå viden mellem interviewer og interviewpersonens holdninger eller viden, hvilket skal opnås gennem en række tilgange til opstillingen.

Kvale og Brinkmann understreger, at der ikke er konkrete regler inden for interview, men kommer dog med en række teknikker, som kan styrke interview håndværket. Når interviewer behersker disse teknikker, kan der koncentreres om interviewperson og emnet. Iscenesættelse af et interview er et essentielt element, da der opnås bedre viden når interviewpersonen føler sig tryk og åbner sig op. Derfor er det vigtigt at interviewer kommer med en tilgang, hvor han/hun er nærværende, interesseret, nysgerrig, opmærksom, forstående og respekterende, hvilket skaber en god kontakt. Til understøttelse af den gode opsætning, skal der også tilknyttes en briefing. Det er interviewerens opgave at sikre sig at interviewpersonen har kendskab til formål og brug af interview og får lejlighed til at stille spørgsmål for at få klarhed.

Efter et udført interview tilknyttes gerne en debriefing. Interviewpersonen får her mulighed for, at kunne komme ud med holdninger, de har tænkt over gennem interviewet. Ofte kan debriefing resultere i en fortsat dialog efter mikrofonen er slukket, da den interviewede føler sig tryk til at åbne sig op om ting uden mikrofon. En debriefing kunne for eksempel være "Jeg har ikke flere spørgsmål. Har du mere du vil sige eller spørge om før vi afslutter interviewet?" (Brinkmann, 2009, s. 149). Dette giver mulighed for at for at interviewpersonen frit kan komme med holdninger eller viden, som kunne være opstået mellem de stillede spørgsmål eller efter omtanke.

Kvale og Brinkmann kommer i deres bog "interview" ind på hvordan interviewpersonen ofte forbereder sig med en "interviewguide", hvilket er et script over interview struktur og forløb. Det kan være vigtigt med overvejelser om interviewets form, derfor skal overvejelserne gå på om der ønskes et løst interview med mulighed for spontane uddybelser, eller struktureret interview, hvor der ønskes emner eller spørgsmål dækket. Scriptet kan indeholde en mere eller mindre struktureret plan over interviewet, dette kan være med en række nøje udvalgte spørgsmål, som skal dækkes eller emner der ønskes kommentering på.

## **Interviews:**

### **Research Interview med Nabo Farm:**

Gruppen har udført et research interview med Jens Juul Krogshede fra Nabo Farm. Interviewet tager afsæt i Kvale og Brinkmanns bog "Interview" og blev foretaget som et semistruktureret interview, hvor en række spørgsmål med relevans i forhold til vores problemformulering og vores arbejdsspørgsmål var blevet forberedt. Samtidig var der mulighed for at stille yderligere uddybende spørgsmål.



Nabo Farm er en nyopstået virksomhed, der bygger på bæredygtige principper inden for dyrkning af landbrug. Nabo Farm opererer i et nedlagt autoværksted i København, og dyrker ved hjælp af hydroponik-metoden mikrogrønt i form af dild, koriander, fennikel og andet. Afgrøderne der bliver dyrket bliver leveret til kunder i form af restauranter og kantiner. Nabo Farm har flere faste kunder, og leverer blandt andet til Radisson Collection Royal Hotel, Alchemist og andre spisesteder, som viser interesse i denne alternative måde at dyrke afgrøder (Nabo Farm).

Vores forhåbning med interviewet med Nabo Farm var at få et overordnet indblik i hvordan en vertical farm fungerer, og hvilke elementer der indgår i processen bag dyrkningen af afgrøderne. I den indledende fase af projektarbejdet var vores forhåbning, at vi kunne komme ud og se en vertical farm med egne øjne, dog har det med den nuværende globale situation ikke været en mulighed.

Virksomheder som Nabo Farm er relevante for vores opgave, da vi som gruppe har en interesse i at møde dem der står bag koncepterne, og høre deres syn på vertical farming. Både hvad vertical farming kan lige nu, hvilke udfordringer de ser ved konceptet og hvad de mener potentialet for konceptet er i fremtiden.

Gruppen fik i maj måned muligheden for, gennem et Teams-møde, at interviewe en af Nabo Farms to grundlæggere, Jens Juul Krogshede. Interviewet omhandlede alt hvad Nabo Farm indebærer som virksomhed. Både det tekniske hydroponiske aspekt og hvordan afgrøder bliver dyrket, men også det praktiske og økonomiske som f.eks. hvad udfordringerne er ved at drive sådan en virksomhed, og hvilken finansiel opbakning det kræver.

Udover det snakkede vi med Jens om hvad hans fremtidige vision for Nabo Farm er, og hvad han mener fremtiden indebærer for vertical farming konceptet som helhed.

Snakken med Nabo Farm har været til nytte i rapportskrivningen, da det har givet os et bedre indblik i hvordan en rigtig vertical farm fungerer. At snakke med Jens Juul Krogshede var værdifuldt, da han er en person med førstehåndsviden omkring emnet. Han fik formidlet en masse viden, hvilket har været nyttigt for gruppen i forhold til at kunne svare på de arbejdsspørgsmål som vi har sat op for os selv.

Bearbejdelsen af den indsamlede empiri fra dette interview, har været essentielt i udarbejdelsen af rapporten. Den kvalitative data som er indsamlet, bliver i opgaven brugt til at videreformidle informationer samt som supplerende argumentation for implementeringen af vertical farming.

**Ekspertinterview med Henrik Haugaard-Nielsen:**

Udover research interviewet har gruppen også udført et ekspertinterview med Henrik Haugaard-Nielsen. Ligesom interviewet med Nabo Farm var dette et semistruktureret interview med spørgsmål, som var udarbejdet med det formål at få Henriks relevante faglige kompetencer om emnet, samt hans kommentarer om vores opgave.

Igennem vores vejleder Alfred blev vi sat i kontakt med Henrik Haugaard Nielsen, som er cand.agro. og ph.d. og professor ved Roskilde Universitet, blandt andet på den Humanistisk-Teknologiske Bacheloruddannelse. Henriks arbejde rummer blandt andet undersøgelser indenfor nødvendige omstillinger i arealanvendelse og derfor også fødevarerproduktion og forbrug, med særlig fokus på planternes ernæring og produktivitet, samt rumlig og tidsmæssig effektivitet ved øget afgrødediversitet. Henrik har kendskab til emner som planteproduktion, fødevarer og afgrødediversitet, hvilket er emner der i høj grad hænger sammen med konceptet vertical farming.

Med Henriks ekspertise indenfor området, var han i stand til at give os feedback og kommentarer på vores rapport og de tanker som vi havde gjort os i forhold til hvad rapporten skulle indeholde. Henriks kommentarer var i høj grad brugbare, og meget af hans feedback er taget med og har haft en indflydelse på opgavens retning. Henrik belyste blandt andet problematikken om, hvordan forbruget af alle de næringsstoffer, som er nødvendig for afgrødernes vækst i et vertikalt landbrug, kan ende med at opbruges på jorden.

Dette er et emne, der er relativt underbelyst når der tales om vertical farming, dog er det uden tvivl et interessant emne som er værd at undersøge nærmere.

Yderligere forklarede Henrik om de faldgruber og udfordringer som han ser ved konceptet vertical farming. Dette er relevant for os, da et vigtigt punkt er, at rapporten forholder sig objektivt til problemstillingen om, hvorvidt vertical farming er et koncept, der i fremtiden kan blive et levedygtigt alternativ til konventionelt landbrug.

**Validering af empiri:**

Vi har i projektet valgt at gøre brug af empiri i form af research interview og ekspertinterview, hvilket kan bidrage med gavnende viden indenfor det givne område, dog er det også vigtigt med validering af empirien, når viden er baseret på interviews. Valideringen handler overordnet om hvorvidt en metode undersøger det, den har til formål at undersøge eller i hvilket omfang observationerne afspejler det, som vi interesserer os for (Pervin, 1984, s.48)

Vi har på baggrund af dette, fundet det vigtigt at undersøge validiteten af den indsamlede viden fra interview, især med fokus på research interview.

Valideringen af empirien tager udgangspunkt i *validering i syv faser fra kvale og brinkmanns "interview" (2009)*, der er en håndbog til tilgangen med kvalitativ videns indsamling.

De syv faser forholder sig til tematisering, design, interview, transskription, analyse, validering og rapportering.

*Tematisering* skal foreligge som en validering af de overvejelser, som er gjort på forkant af interview og hvilke overvejelser vi har gjort os i forhold til indsamling af viden. Tankegangen med ekspertinterview og research interview var at få overordnet viden om området vertical farming og derefter praktisk viden indenfor teknik.

*Design* af interview er gjort for at supplere indsamlet empiri og tilegne ekstern viden fra virkelige praktiserende aktører. Der taget særligt hensyn til at opnå viden inden for konceptet vertical farming, samt undersøge teknik, styrker og svagheder. Men også et mål om at kunne opbygge viden indenfor et praktiserende eksempel. Interview strukturen var at afvikle ekspertinterviewet først, hvor viden om tilgang til undersøgelse, teknisk undersøgelse, fordele og udfordringer blev fokuseret. Efterfølgende udarbejdede vi interview til Nabo Farm for at opnå viden inden for en praktiserende vertical farm, hvor de kunne videregive ekspertise. *Interviewet* er udarbejdet med en semi løs struktur, hvilket giver mulighed for at dække nogle konkrete emner, men samtidig også få muligheden for uddybelse af områder, samt spontane informationer, som blev fundet relevant til det givne projekt. Vores interview foregik online over platformen Teams. Dette var en konsekvens af Covid-19, som begrænsede os til online videoopkald for at få rundvisning, indblik i farmens struktur og opbygning. Trods begrænsningerne var video med til at give en bedre forståelse, da den visuelt understøttede vores indsigte af farmens opbygning. Til stede under interviewet var hele gruppen, for at vise interesse for området, samt interviewpersonen, men også for at kunne understøtte interviewer, supplere og sikre rammer for afdækning af emner. *Transskriptionen* er handlingen hvor interviewet nedskrives, her er det vigtigt at tale bliver korrekt omskrevet til tekst. Det er vigtigt i transskriptionen at vigtige holdninger eller viden ikke mistes, og der skal være en klar forståelse på at den er forløbet ordentligt. Dette hjælper med at kunne slå ned og finde pointer eller viden. Interviews skal fungere som supplerende empiri til projektet, hvor på vi vil basere undersøgelse på andet empiri primært, men interviews skal gerne kunne inddrages og supplere til analyse, diskussion og perspektivering. Vi har valgt transskription, skulle nedprioriteres, da vi i stedet har lagt stor fokus på case og tekst empiri. Derfor er interviews blevet inddraget som filer på platformen Thirdroom.

Målet er at det kan bidrage med forståelse for teknik, opbygning, muligheder og begrænsninger. Research interviewet kan bruges til at illustrere aspekter af området vertical farming og henvise til de forskellige tilgange der kan være til teknologien. Her er muligheder for både masse producenter, samt mindre aktører som urbane landbrug. Research interviewet giver en ekstra vinkel til analysen, hvor de kan supplere og realisere yderligere informationer fra anden empiri. Alle faserne er gjort samlet i gruppen, for at opnå en enighed om hvilke ting, som var relevante, samt hvad gruppens ønskede mål var. Derfor har der været dialog gennem hele processen for at sikre enighed om *validiteten* og *rapporteringen*, med målsætningen om at få en relevant og givende viden ud gennem den kvalitative tilgang ved interview og inddrage den dybdegående i vores undersøgelse.

### **Bearbejdning af empiri:**

Vi har til denne rapport indsamlet og udvalgt empiri, som er fundet relevant for udarbejdelse af viden og undersøgelse. Empirien bliver efterfølgende holdt op imod vores ønskede retning og sat i forbindelse med, hvor det skal inddrages under analyse og diskussion. Vi har valgt at interviews skal bruges som supplerende empiri, hvilket skal give en sekundær vinkel til analyse og diskussion. Det skal kunne indgå i udvalgte punkter i analysen.

Målet med interviews er at kunne skabe forståelse for forskellige ting under begrebet vertical farming, det kan deles op til forskellige punkter og bidrage til analyseafsnittet.

For en bedst mulig tilgang, har vi i fællesskab brainstormet på hvilken retning, der skulle tages og hvad vi kunne tænke os inddraget. Derefter har vi samlet foretaget og studeret interviewene så vi kunne finde begreber, som skal bidrage til rapportens udarbejdelse.

### **Case studie:**

Et case studie er studiet i en konkret case med kompleksiteten og sagens natur i fokus (Bryman 2015). Vi ville i denne opgave gøre brug af det Bryman (2015) kalder "Exemplifying case", som hentyder til den type case-studie, hvor en case undersøges som værende repræsentativ for andre lignende situationer (Bryman 2015, s. 62). I vores opgave betyder dette, at vi undersøger Nordic Harvest som et startupfirma i vertikalt landbrug. Vi anser Nordic Harvest som værende repræsentativt for startups i vertical farming regi og på den måde, ønsker at undersøge de dertil liggende komplikationer ved skaleringen af et vertikalt landbrug.

Bryman(2015) mener, at "Exemplifying case" også kan blive brugt ved cases, hvor en ny teknologi indføres: "*For example, a researcher may seek access to an organization because*

*it is known to have implemented a new technology and he or she wants to know what the impact of that new technology has been"* (Bryman 2015, s. 62-63). Grundet at vertical farming ikke er en særlig udbredt teknologi, kan der endnu ikke drages konklusioner på teknologiens indvirkning, men vi kan undersøge, hvilke problemer de er stødt på indtil videre og sammenkoble det med anden teori om vertical farming.

### **Komparativ metode:**

Komparativ metode er en måde at undersøge forskelle og ligheder på ting, hvilket giver en styrket mulighed for at kunne beskrive dem. Her vil vi tage udgangspunkt i Thomas P. Bojes tanker om komparativ metode. Metoden er ofte forbundet med samfundsvidenskab, men kan også benyttes for andre fagområder, her inklusiv teknologiske påfund. Komparativ betyder sammenligning af to komponenter. Metoden kan bruges som analyseværktøj til at sammenligne to enheder inden for det givne område (Boje P. T. 2021). Gruppen vil gerne inddrage komparativ metode til analyseafsnittet, hvor vi gerne vil foretage en sammenligning af vertical farming i Danmark kontra konventionelt landbrug. Dette håber vi kan give en bedre forståelse på forskelle, ligheder og hvilken grad for muligheder.

### **Litteraturstudie:**

Litteratursøgningen til denne rapport har taget udgangspunkt i at finde informationer, der har kunne hjælpe os med at svare på de overordnede problemstillinger, der er bærende for projektet. Omdrejningspunktet for rapporten er selve konceptet vertical farming, og alle de teknologiske elementer, der indgår i processen bag driften af en vertical farm. Udover dette omhandler opgaven også de omkringliggende aspekter, som har indflydelse på vertical farming konceptet, herunder politiske interesser og andre samfundsmæssige udfordringer.

Med disse problemstillinger i tanke, har vi valgt at benytte bogen "*The Vertical Farm*" af Dickson Despommier, som en vigtig informationskilde til alt, der relaterer sig til vertical farming. Dickson Despommier anses som hjernen bag ideen om vertical farming, og i bogen "*The Vertical Farm*" fremlægger han de punkter som han mener, kan gøre vertical farming til et koncept, der kan levere løsninger på mange af de bæredygtigheds problemstillinger som vi står overfor på verdensplan i dag. Her nævnes adskillige lyspunkter som f.eks. den effektive afgrødeproduktion, levering af mad til områder, der mangler agerjord, immunitet overfor vejrelaterede afgrøde problemer og meget mere. Bogen benyttes til at give relevante

informationer og teorier til projektet, og derudover skal den anvendes til, at få bedre indsigt i vertical farming som koncept.

Igennem Dickson D. Despommiers bog har vi fået en dybere forståelse for de overordnede koncepter ved vertical farming, samt en forståelse for alle de positive aspekter som vertical farming medfører. Som tidligere nævnt har vi i rapporten fokus på at forholde os objektivt til sagen, og derfor har vi i litteratursøgningen haft fokus på tekster, der belyser både fordelene såvel som de potentielle faldgruber ved vertical farming teknologien. Teksten "*Opportunities and Challenges in Sustainability of Vertical Farming: a Review*" af Kalantari F., Mohd Tahir O., Akbari Joni R. og Fatemi E. giver et mere nuanceret og balanceret syn på vertical farming som teknologi. Som titlen antyder udforsker teksten både mulighederne såvel som udfordringerne ved vertical farming, hvilket er nyttigt for os med henblik på at kunne forholde os til arbejdsspørgsmålet om, hvorfor vertical farming ikke er mere udbredt.

I teori feltet lægges der vægt på, at redegøre for landbruget i et samfundsmæssigt perspektiv, for bedre at forstå dets grundlag og den landbrugskultur, som vertical farming står over for. For at skabe et samfundsmæssigt perspektiv, har vi valgt at inddrage teksten "*Designing and Sustainable Transition*" af Ole Erik Hansen og Bent Søndergaard. Teksten beskriver de socio-tekniske systemer og regimer samt praksisser, der hersker i designet af bæredygtige overgangsprocesser. Teksten hjælper med at sætte teknologien bag vertical farming i perspektiv i forhold til samfundet og den udvikling vi ser. Det er interessant at kigge på teknologien i et samfundsmæssigt perspektiv, da det giver os mulighed for at undersøge, hvilken rolle vertical farming kan spille i udviklingen af landbruget for fremtiden.

De grundlæggende idéer omkring vertical farming, samt det samfundsmæssige perspektiv, skal som teorier ligeledes danne grundlag for bedre at kunne vurdere fremtiden for vertical farming og dens udbredelse.

### **3.1 Præsentation af FN's verdensmål og EU's målsætninger for en bæredygtig udvikling:**

Dette afsnit dækker de verdensmål og målsætninger, der er blevet sat af FN og EU, i håbet om at kunne opfylde de klimamål, der er blevet sat. Formålet er at undersøge, om vertical farming som en del af fremtidens landbrug, kan være med til at afdække disse målsætninger. Vi har valgt at inddrage dette, for at give et perspektiv på hvorfor vi ser en intensivering af arbejdet med bæredygtigt landbrug.

**De forenede nationers 17 verdensmål:**

FN's verdensmål blev vedtaget af stats- og regeringsledere i hele verden til topmødet i New York d. 25. september 2015. De 17 konkrete mål og 169 delmål blev opsat, for at kunne skabe en udvikling for et mere bæredygtigt verdenssamfund, samt sikre at vi passer bedre på os selv og vores planet.

Ambitionen er, at målene skal sætte os på rette vej mod en bæredygtig fremtid i 2030. FN og dens 193 medlemslande skal arbejde for at mindske uligheder, afskaffe fattigdom og sult, fremme god uddannelse og bedre levevilkår til alle i verden, samt større vækst i den bæredygtige økonomi. (UNDP, 2021)

Denne udviklingsdagsorden forpligter alle medlemslande til at tage ansvar og ændre de miljøskadelige tilgange, som fremtræder i deres land. Går vi i dybden med de omtalte verdensmål, og sammenkobler konceptet vertical farming, så er verdensmål 9, 12, 13 & 15 relevante at kigge på. Mange af de underpunkter, som er fremlagt i disse verdensmål kan relateres til vertical farming. Konceptet bygger på, at teknologien kan øge produktionen af afgrøder ved hjælp af en bæredygtig infrastruktur, samt kunne bidrage til det konventionelle landbrug. Dertil vil det kunne resultere i at fremme bevaringen og genoprettelsen af essentielle skovområder og øge væksten af biodiversitet. Vertical farming ser vi som et koncept, der indfrier flere af underpunkterne for verdensmål 9, 12, 13 & 15:

*9.1: Der skal udvikles pålidelig, bæredygtig og robust infrastruktur af høj kvalitet, herunder regionale og grænseoverskridende infrastruktur, for at støtte den økonomiske udvikling og menneskelig trivsel, med fokus på lige adgang for alle til en overkommelig pris.*

*9.4: Inden 2030 skal infrastrukturen opgraderes og industrier retrofittes for at gøre dem bæredygtige, med mere effektiv udnyttelse af ressourcer og øget brug af rene og miljøvenlige teknologier og industrielle processer. Alle lande skal handle ud fra deres respektive kapacitet.*

*12.1: Gennemføre det 10-årige Rammeprogram for Bæredygtige Forbrug- og Produktionsmønstre, alle lande skal tage handling, med de udviklede lande i spidsen, under hensyntagen til udviklingen og mulighederne i udviklingslandene.*

*12.2: Inden 2030 skal der opnås en bæredygtig forvaltning og effektiv udnyttelse af naturressourcer.*

*12.3: Inden 2030 skal det globale madspild på detail- og forbrugerniveau pr. indbygger halveres og fødevareretab i produktions- og forsyningskæder, herunder tab af afgrøder efter høst, skal reduceres.*

12.6: *Opmuntre virksomheder, især store og transnationale virksomheder, til at arbejde bæredygtig og til at integrere oplysninger om bæredygtighed i deres rapportering cyklus.*

13.2: *Integrere tiltag mod klimaforandringer i nationale politikker, strategier og planlægning.*

15.1: *Inden 2020 skal der sikres bevarelse, genoprettelse og bæredygtig brug af økosystemer på land og i ferskvand og deres tjenesteydelser, specielt skove, vådområder, bjerge og tørrområder i henhold til forpligtelser under internationale aftaler.*

15.2: *Der skal tages omgående og væsentlig handling for at begrænse forringelse af naturlige levesteder, stoppe tab af biodiversitet og, inden 2020, beskytte og forhindre udryddelse af truede arter. (UNDP, 2021)*

### **Den Europæiske Union's målsætning om et CO2 neutralt EU i 2050:**

Den Europæiske Union har en målsætning om at reducere det samlede CO<sub>2</sub>-udslip med 55% inden vi når 2030, målt i forhold til hvad det lå på i 1990 (Folketinget 2020). På længere sigt, har EU dog planer om at blive helt klimaneutrale inden 2050 - en langsigtet strategi over reduktionen af drivhusgasser, hvor alle samfundets aktører, herunder landbrugssektoren, kommer til at spille en væsentlig rolle (Europa-kommissionen 2018).

Disse klimamål tager afsæt i FN's Paris-aftale, en klimaafale der i 2015 blev underskrevet af 196 lande i Paris, og indeholder nogle nøglemål hvoraf hovedprioriteten er at undgå, at klodens temperatur stiger med mere end 2 grader (Folketinget 2020).

Europa-kommissionen understreger selv, at drivhusgasemissionerne skal reduceres langt hurtigere end forventet, og herunder nævner de jord- og landbrugssektoren som et område, hvor fremtiden kan bringe omvæltende forandringer. I EU-kommissionens vision for et klimaneutralt EU i 2050 nævnes der blandt andet i snakken om strategiske prioriteter: *"These options will radically transform our energy system, land and agriculture sector (...)"* (EUR-Lex, 2018). Denne erklæring bliver understøttet flere gang i rapporten, f.eks. nævnes der også: *"The transition also requires further scaling-up of technological innovations in (...) agriculture sectors"* (EUR-Lex, 2018). Baseret på hvad EU stræber efter i denne sammenhæng er muligheden for, at koncepter som f.eks. vertical farming i fremtiden får øget støtte meget realistisk.

### **4.1 The Vertical Farm – Dickson Despommier:**

Dickson D. Despommier er ophavsmanden til vertical farming som koncept. Den tidligere professor på Columbia University, er blevet verdenskendt efter han fremlagde konceptet og i



2010 skrev han bogen: *"The vertical farm – feeding the world in the 21st century"*. I bogen udlægger Despommier (2010) hans tanker omkring konceptet, med særligt fokus på alle fordele der er, ved vertical farming. Bogen er skrevet i 2010, før at konceptet blev en realitet, og er derfor mere en visionær bog og en udlægning af alle de fordele som vertical farming bringer med sig. Bogen skal bruges til, bedre at kunne vurdere, hvad grundtanken bag konceptet vertical farming er, samt hjælpe med at besvare problemformuleringen.

Despommier (2010) påstår, at vi som mennesker, i alt den tid vi har levet på jorden, ikke har formået at skabe en bæredygtig måde at leve på. Vi lever i en verden, hvor teknologien på mange punkter, har taget et kvantespring set i et historisk perspektiv. Despommier (2010) påstår dog, at denne teknologiske udvikling, specielt hos landbruget og i storbyerne, ikke har taget de nødvendige skridt. Despommier(2010) retter derfor skarp kritik mod hele situationen:

*"We continue to urbanize without building cities that are equipped to handle their populations. Most evolutionary biologist agree that continued failure to live within our means will relegate the human species to the fossil record"* (Despommier 2010, s.10)

Således er tingene ridset op i bogen, hvor Despommier(2010) samtidigt udfolder vertical farming som koncept.

Despommier (2010) påpeger samtidigt, at vi har et problem med storbyerne i deres form.

*"Today, nearly 50 percent of us choose to live in cities and surrounding suburbs. These crowded urban centers rely heavily on importing food, ores, and other essential resources. If we continue to rely on harvesting resources from an environment we have created, whose production is solely dependent on using more and more fertilizers, herbicides, and pesticides, those forced ecological situations will soon fail and we will be left stranded"* (Despommier 2010, s. 21)

Despommier (2010) kritiserer ikke kun landbruget, men også byernes afhængighed af landbruget og byernes manglende evne til at være mere selvforsynende.



*(Billede 1.2 - Dickson Despommiers bud på, hvordan fremtidens vertikale farme skal se ud (Despommier 2010, s. 243))*

Despommier håber på, at fremtidens højhuse designs således, at de kan indeholde dyrkning af afgrøder i form af vertical farms. Despommier (2010) mener, at vertical farming, kan løse mange af de problemer, som menneskeheden står overfor. Han mener, at mange af de skadede økosystemer kan genoprettes, hvis landbruget flyttes ind i byerne.

*"If the world's population continues to increase and we need to place more and more land into agriculture, and if in doing so we are force to cut down more forest, how can we expect the environment to heal itself? In theory, the solution is straightforward: Grow most of our food crops within specially constructed building located inside the city limits using methods that do not require soil. This would allow for the conversion of an equivalent amount of farmland back into whatever ecosystem was there originally" (Despommier 2010, s. 22)*

På den måde, ser Despommier(2010) vertical farming som løsningen på problemerne, som den stigende befolkning og efterspørgsel på mad medbringer.

Despommier(2010) argumentere for mange positive effekter af vertical farming. Uagtet, at bogen er skrevet i en tid hvor vertical farming ikke var afprøvet, har han massere bud på

hvorledes vertical farming kan gavne kloden. I bogen giver han således 9 vigtige bud på, hvorfor vertical farming har sin berettigelse:

### **1. Year-round Crop Production**

Et landbrug hvor der kan høste flere gange om året og ikke er afhængig af vejrforhold og sæsoner. Despommier (2010) nævner:

*"The advantage of not having to be concerned with conditions outside is obvious to everyone. It means that a farmer can plan to grow any crop at any time, and anywhere. Not only is this a better, more reliable strategy for sustainable food production, but it also allows the farmer to take advantage of seasonal markets that may permit a crop to be sold at a much higher than normal price."* (Despommier 2010, 147)

Ligeledes påpeger Despommier (2010) fordelene ved indendørs landbrug, da der undgås uventede vejrkatastrofer. Dette er en af grundstenene i vertical farming og et af de punkter, hvor konceptet kan konkurrere med konventionelt landbrug.

### **2. No Weather-related Crop Failures**

I forlængelse af første punkt, nævner Despommier (2010) at vi utallige gange har set eksempler på vejrkatastrofer, som ødelægger høsten for landbruget i store områder. Ved at have landbruget i et kontrolleret miljø, er der således ikke mulighed for at disse vejrforhold får indflydelse:

*"Indoor farmers do not have to pray for rain, or sunshine, or moderate temperatures, or anything else related to the production of food crops, for that matter. That is because they get to control everything: The temperature and humidity, as well the amount of light and the density of the plants"* (Despommier 2010, 148).

### **3. No Agricultural Runoff**

Høsten kræver i perioder mere vand end hvad den får naturligt. Despommier (2010) påstår, at der ved vertical farming kan eliminere forureningen af grundvand, vandløb og andre vandøkosystemer i det lukkede system: *"Runoff in most advanced farming operations is laden with silt, fertilizer, and usually end up in some river on its way to the estuary. In both of the aquatic environments agrochemicals take their toll on wildlife"* (Despommier 2010, 151) Produktionen af disse afgrøder i konventionelt landbrug, har derfor vidtgående konsekvenser for dyrelivet og Despommier mener, at vertical farming, kan løse dette problem.

#### 4. Allowance for Ecosystem Restoration

Despommier (2010) påstår at landbruget i 2050, vil optage et areal svarende til Sydamerika og 2 gange Brasilien. Ved at flytte landbruget ind i storbyerne, kan der genoprettes biodiversiteten og de økosystemer, til det de var før vi dyrkede jorden: *"If a significant amount of farming were to take place inside the urban landscape, then the world's ecological footprint of agriculture would become smaller"* (Despommier 2010, s. 154) Denne pladsbesparelse vil give mulighed for, at der kan genoprettes biodiversitet og økosystemer i store områder. Denne tanke om genoprettelse af økosystemer er også en af de primære i konceptet vertical farming.

#### 5. No Use of Pesticides, Herbicides, or Fertilizers

I forlængelse af punkt 3, så advokerer Despommier(2010) at vertical farming bortskaffer brugen af forurenende elementer. Despommier(2010) medgiver, at disse sprøjtemidler bliver brugt for at optimere høsten, men påstår at vertical farming ikke er nødsaget til at bruge disse:

*"(...) the vertical farm will use pure water, into which a set of highly purified, carefully balanced nutrients will have been dissolved to satisfy the nutritional requirements of the plants. By adding additional nutrients that we also need, we will ensure that both the plants and the animals (us) will satisfy both parts of the equation."* (Despommier 2010, s. 161)

Despommier(2010) nævner også, at produktionen kan tilpasses alt efter hvilket land den vertikale farm befinder sig i, således at det sikres at befolkningen får de rette næringsstoffer.

#### 6. Use of 70-95 Percent Less Water

Despommier (2010) estimerer, at vi bruger 70 procent af alt tilgængeligt ferskvand på landbrug. Despommier(2010) vurderer, at konceptet vertical farming kan spare en enorm mængde af vand på verdensplan: *"(...) hydroponic, and more recently aeroponic agricultural technologies have revolutionized the way water is used to grow plants without the damaging side effects of agricultural runoff"* (Despommier 2010, s. 162). Det anses som et grundprincip, at afgrøder ikke har brug for jord til at gro, men derimod vand og lys. Ved at opsamle vandet igen, kan der genbruges meget vand og minimere spild procenterne. Vandforbruget er klart et af de steder, hvor vertical farming kan accelerere i forhold til konventionelt landbrug.

#### 7. Greatly Reduced Food Miles

Et andet argument som Despommier(2010) og andre fortalere for vertical farming hyppigt anvender, er idéen om den lokale produktion. Den urbane produktion af fødevarer mindsker

kilometertal fra høst til konsumering. Denne idé om lokal produktion beskriver Despommier(2010) således:

*"The vertical farm will reside inside city limits and doing so will create a local sustainable source of produce that will undoubtedly find its way into restaurants, school cafeterias, hospital bedside meals, prisons, and apartment complexes, as well as, of course, into the green markets"* (Despommier 2010, s. 167-168)

Ved denne lokale produktion undgås der meget af den transport og forurening, der sker ved udlevering af landbrugsafgrøder. Der kan dog påstås, at dette gør sig mest gældende i storbyer, hvor der er langt mellem by og land.

### **8. More Control of Food Safety and Security**

Despommier (2010) postulerer ydermere i dette punkt vigtigheden af, at planterne vokser i hermetisk lukket og sikret system. Ikke kun i forhold til den nøje overvågning af lys, vand og varme, men også i forhold til at skærme planterne fra destruktive insekter, svampe og menneskelige sygdomme. Despommier (2010) påpeger vigtigheden af selv at kontrollere disse forhold: *"Outside, we control nothing, while inside, we get to control everything. The choice is ours. I choose indoors every time"* (Despommier 2010, s. 170) Dertil påpeger han vigtigheden af, at medarbejderne i den vertikale farm jævnligt bliver screenet for parasitinfektioner og dermed godkendt til arbejde med afgrøderne.

### **9. New Employment Opportunities**

Til allersidst påpeger Despommier (2010) at udbredelsen af vertical farming, ville på længere sigt skabe en hel del arbejdspladser. Hertil nævner han, de mange funktioner og jobs, som vertical farming ville bringe med sig: *"(...) it will generate a new set of careers: managers, indoor controlled-agriculture specialist, waste-to-energy specialist, and farmworkers for the nursery, planting, monitoring, harvesting, sorting, and selling"* (Despommier 2010, s. 171) Despommier (2010) argumentere således for, at vertical farming, i modsætning til konventionelt landbrug, ville skabe flere jobs, specielt i monitoreringen og overvågning af høsten såvel som eksperter på området.

Der ingen tvivl om, at Despommier(2010) er en kæmpe fortaler for vertical farming. Men hvis vi skal forholde os kritisk til nogle af hans postulater vedrørende vertical farming, kunne vi sætte spørgsmålstejn omhandlende hans manglende inkorporering og ekskludering af overvejelser omkring teknologiens utilsigtede effekter. Despommier(2010) nævner kun, at disse vertikale farme ville blive et højt prioriteret terrormål for terrororganisationer, men

nævner ikke, hvilke konsekvenser denne omlægning af landbruget ville have for samfundet og det urbane miljø. I denne sammenhæng er det værd at nævne, at bogen er skrevet før vertikale farme havde fået deres udbredelse, og der mangler således også faktabaserede understøttelser til hans mange positive tilkendegivelser vedrørende vertical farming.

Når det så er sagt, så kommer Despommier(2010) med rigtig mange gode overvejelser om landbrug, dets historie og de fremtidige udsigter for landbrug i et urbant perspektiv. Disse overvejelser og drømmende tanker, har i den grad været grundlaget for mange af de vertikale farme vi ser i de 21. århundrede.

#### **4.2 Præsentation af et udarbejdet casestudie omkring Vertical Farming:**

I dette afsnit vil vores inddragelse af casestudiet *“Opportunities And Challenges in Sustainability of Vertical Farming: A review”* udarbejdet af Kalantari F., Mohd Tahir O., Akbari Joni R., Fatemi E blive præsenteret. Denne inddragelse er med til at skabe større sammenhæng, samt bredere perspektiv i vores arbejde med den bæredygtige teknologi vertical farming. Da vi i det tidligere afsnit blev præsenteret for konceptet og dens fordele igennem Dickson D. Despommier, er det vigtigt at kunne se begge sider af teknologien. Dette med henblik på at give bedre indsigt i problemstillingen om hvorfor teknologien ikke er mere udbredt.

Studiet beskriver både muligheder og udfordringer ved en implementering af et vertical farming system. Taget udgangspunkt i driften af de nuværende vertikale landbrug opsat rundt i verden. Ved et kritisk syn på den nuværende viden, der er tilgængelig omkring denne teknologi, er deres intention at give den bedst mulige bekræftelse på, hvad teknologien kan for fremtidens bæredygtige udvikling.

Nedenstående vil vi starte med at præsentere mulighederne, som et supplement til det tidligere afsnit omkring Despommier(2010) argumentation for hvorfor denne teknologi skal implementeres.

Derefter vil vi fremvise de vigtigste udfordringer, som bliver præsenteret i denne case. Dette gør vi med grundlag for at kunne besvare hvorfor vertical farming teknologien ikke ses i større skala, samt have fokus på hvad der er vigtigt for en bredere etablering i fremtiden. Efterfølgende afsluttes dette med en fælles opsummering, samt en introduktion til vores egen case, hvor hensigten er at skabe incitament for en bestemt vertical farm til at opnå større etablering.

**Muligheder:****- The opportunity of lighting**

Lysforholdene kan skabe udfordringerne, men samtidig er der også positive muligheder, som er vigtige at præsentere. Ved en opsætning af kunstigt lys vil lysforholdene kunne justeres til det mest optimale for afgrøden, samt spare på energien ved en simpel tænd/sluk funktion af LED lamperne. (Kalantari, Mohd Tahir, Akbari Joni & Fatemi, 2017)

**- Opportunities of Heating**

Der arbejdes innovativt på at skabe en løsning, til at kunne udnytte den varme, som lamperne genererer til at opvarme den pågældende bygning som vertical farming systemet befinder sig i. Dertil kan der også arbejdes på at udnytte planternes evapotranspiration ved indendørs afgrøder. Betydningen af dette omhandler en proces hvor afgrødernes væske fordamper fra overfladen og derved skaber kølende atmosfære i rummet. Ved hjælp af de allerede eksisterende funktioner i systemet, vil energien i fremtiden således udnyttes, at det flyder mere cirkulært og ny energi udefra til temperaturjustering ikke er nødvendigt. (Kalantari et al., 2017)

**- Opportunities of Water Demand by Recycling and Dehumidifying**

Genanvendelse af spildevand, er en mulig løsning til at optimere den nuværende vandtilførsel i et vertical farming system. Gennem et fokuseret arbejde på at kunne gøre byernes vandforsyninger mere cirkulært, vil der kunne skabes forhold, som vil være en kæmpe fremgang i den bæredygtige udvikling. Selvom spildevandet skulle være beskidt, vil der igennem en rensning og det tidligere påtalte evapotranspiration kunne skabe brugbart vand til afgrøderne. Casen beskriver allerede 2 eksisterende systemer i henholdsvis Indiana & New Jersey, hvori der benyttes denne rensningsmetode (Kalantari et al., 2017).

**- Opportunities of More Productivity Per Unit of Area**

Grundlaget for vertical farmings attraktive innovative løsning beror specielt på dens produktion af afgrøder. Gennem dette system kan der skabes forhold, så der produceres afgrøder på flere etager. Dette med forskel til traditionelt landbrug, hvori der kun kan produceres afgrøder på et lag. Et udarbejdet studie; "*Study of The Sustainability Issue of Food Production Using Vertical Farm Methods in An Urban Environment Within The State of Indiana*" beskriver forfatteren V. M. Perez at der kan produceres salathoveder 23 gange mere effektivt ved vertical farming, sammenlignet

med konventionelt landbrug (Perez, 2011, s. 14) Det giver en god indsigt i, hvor stor en produktionsgevinst der kan udnyttes ved vertical farming.

### Udfordringer:

#### - **Challenges of lighting**

En af de markante problemer ved en indførelse af et vertical farming system omhandler de nødvendige lysforhold, som det kræver at inkorporere i systemet. Størstedelen af vores afgrøder i dag vil modtage energi fra almindeligt sollys, hvilket giver både næringsstoffer, samt skaber mulighed for den vigtige kemiske proces, fotosyntese. Dette er noget et indelukket vertical farming system ikke kan opnå på samme måde, da der benyttes kunstigt lys som f.eks. LED lamper til at give planterne de nødvendige lysforhold. Omkostningerne ved et landbrug kun sammensat af kunstigt lys, vil være betydelige og denne case beskriver et eksempel i USA. Landets energibehov skulle være 8 gange større, for at kunne dække en vertical farming omstilling i landbruget. Så dette er en essentiel udfordring, som skal varetages ved en implementering af et vertical farming system i en større skala. (Kalantari et al., 2017)

#### - **Challenges of Food Nutrition**

Ved produktion af fødevarer er det vigtigt at sørge for at den indeholder diverse proteiner, vitaminer & mineraler. Dette opnås hovedsageligt ved tilførsel af de korrekte næringsstoffer til afgrøden. I det konventionelle landbrug er denne proces meget naturlig, da den dyrkede jord allerede indeholder mange af de vigtige næringsstoffer. Dertil at landmændene tilføjer gødning lavet af afføring til landbruget. Denne process er ikke så omstillingsparat i et vertical farming system, da chancen for at afgrøderne bliver udsat for diverse sygdomme er forholdsvis høj. Derfor benyttes der kunstgødning, hvilket på en lille skala er en god løsning. Det vil dog ikke kunne afdække flere større vertical farming systemer rundt i verden, ihvertfald ikke på nuværende tidspunkt. Især fordi det kræver store mængder kemikalier at producere det, samt chancen for udledning af nitrogen i spildevand vil være forhøjet. (Kalantari et al., 2017)

#### - **Challenges of Investment**

Økonomisk investering i det vertikale landbrug er stadigvæk ikke tilstrækkelig. For at kunne intensivere teknologien i en større skala, kræver det en større inddragelse finansielt fra diverse aktører. Da teknologien stadig er forholdsvis ny, er baglandet ikke særlig stort, hvilket betyder at det nødvendige udstyr og areal til at kunne skabe et



vertical farming system skal betales af private investorer. Dette har store omkostninger, især køb af større arealer tæt på storbyen. Derfor menes der, at specifikke områder tæt på storbyer skal forbeholdes disse projekter (Kalantari et al., 2017).

#### - **Challenge of Urban Heat Island**

Casen beskriver temperatur udviklingen i storbyer og hvilken indflydelse det har på kampen omkring klimaforandringer. Det konstante behov for at bygge et større industrimiljø, samt skabe flere muligheder for lejligheder og kontorbygninger, har desværre en klimamæssig konsekvens på dette område.

Disse bygninger skaber nemlig absorption og genstråling fra solens stråler, hvilket medfører kritisk temperaturstigning. Der bliver givet et eksempel på konsekvensen ved dette scenarie; *“For every 1 unit of temperature increase, 10 % of cultivated land is reduced due to the effect of climate change”* (Glaser, 2012 s. 19). I casestudiet bliver der fremvist *“Table 1: Details of some effective Vertical Farming around the world”* (Kalantari et al., 2017), hvori det fremgår at 7 ud af 10 bygninger til vertical farming er nyopsat.

Så derfor skal planlægning af nye vertikale farme i byrummet være med fokus på brug af allerede eksisterende bygninger, eller udvikling af nye løsninger så der undgås absorption og genstråling. (Kalantari et al., 2017) Her kunne der med fordel benyttes Despommiers (2010) tanker om, at implementere disse vertikale farme i fremtidens lejligheder og kontorbygninger, for at imødekomme dette problem og sammenkoble lejemål med etager, så vertikale farme kan udnytte pladsen.

#### - **Challenge of Minimization of Energy Cost**

Her bliver det beskrevet overordnet hvilke omkostninger et nyt system står overfor. I casen omtaler de det således: *“Products need land, lighting, CO2, and water, which are all provided by nature itself, however, in VF, in order to acquire these, they must be ‘purchased’”* (Banerjee & Adenauer, 2014, s. 24). Dette giver en god indsigt i, at forholdene og støtten fra relevante aktører ikke er optimeret nok. Et nyopstartet projekt må handle selvstændigt på alle parametre for at kunne blive en realitet. (Kalantari et al., 2017).

Den sidste udfordring opsummerer godt, hvorfor vi ikke ser en større udbredelse af vertikale farme i verden. Det er op til grundlæggeren selv at skabe de korrekte forhold for at bygge et vertikalt landbrug. Alt fra investering, til køb af materialer, samt at opnå rette forhold for afgrøderne, er grundlæggerens ansvar. Det skal bygges fra bunden uden nogen støtte fra

fonde, staten eller andre aktører. Dette er helt klart en af de mest markante udfordringer og begrænsningen for vertical farming. Teknologien er klar, men dog er de relevante aktører og omkringliggende omstændigheder ikke i ordentlig stand til at gøre brug af den. (Kalantari et al., 2017). Dette vil vi gerne prøve at skabe en løsning for med inddragelse af vores egen case. Ud fra viden fra de ovenstående afsnit vil vi komme med et kvalificeret bud på, hvordan virksomheden Nordic Harvest, bedst muligt kan optimere vertical farming teknologien i en større skala.

Dertil vil flere af de markante elementer i dette afsnit gennemgås på et mere dybdegående taksonomisk niveau senere.

#### **4.3 Casestudie af Vertical Farming:**

Vi har valgt at inddrage landbrugsvirksomheden Nordic Harvest som case. Dette med incitament for at kunne fremvise, hvordan denne vertical farm kan fremtræde som en forkæmper for større udbredelse. Nordic Harvest er tænkt som et eksempel for andre start-up virksomheder, til at kunne tilgængeliggøre konceptet på en bedre måde. Dertil er vores forventning at kunne skabe begrundelse for en større tilslutning fra statens side til projekter inden for vertical farming teknologien. Med en bedre finansiering, samt indsigt i hvilke områder der kræver optimering, vil vi give vores bedste løsning på hvordan vertical farming kan spille en større rolle i fremtidens landbrug.

Efter både telefon og mail korrespondancer har det desværre ikke været muligt at få fat i Nordic Harvest, og derfor heller ikke grundlæggeren Anders Riemann. Vi vil derfor tage udgangspunkt i mediebureauet Zetland, som har foretaget et mere dybdegående journalistisk arbejde om netop Nordic Harvest. En længerevarende podcast samt artikel, vil danne grundlag for den viden, vi vil inddrage i vores beskrivelse af casen. Dertil vil vi supplere med vores ekspertviden, vi har indhentet gennem interviews med Henrik Haugaard Nielsen & Nabo Farm. Derudover vil de ovenstående afsnit omkring mulighederne og udfordringerne ved konceptet også indgå. Dette med henblik på at skabe en bedre vinkel af konceptet og dets fremtidige udvikling.

Zetlands arbejde omfavner Nordic Harvest historie fra stiftelse tilbage i 2016 til virksomhedens standpunkt i 2020. De skaber overblik over de forskellige områder, som har haft betydning i oprettelsen af denne vertikale farm. Dette vil vi kigge nærmere på, samt inddrage vores perspektiver til en mulig indførsel af vertical farming i fremtidens landbrug. (Hebsgaard, 2020)

#### 4.3.1 Staten, finansiering & oprettelse:

*“Det er vores ansvar at fjerne det incitament igen og sørge for, at vi ikke skubber til udviklingen med at fælde skovene” (Hebsgaard, 2020)*

Virksomhedens grundlægger Anders Riemann, beskriver kort og præcist hvilken hovedsagelig ændring der skal ske, hvis vi skal kunne aktivere flere i vertical farming teknologien. Incitamentsstrukturen er fejlagtig hos os mennesker, hvilket betyder at vores adfærd ikke bliver påvirket nok til at tænke bæredygtigt. Vi fremmer derimod mere udviklingen mod at fælde skove, da vores købs principper ikke er bæredygtige nok. Størstedelen af ansvaret ved denne problematik falder tilbage på magthaverne bag produktionen af fødevarer samt staten. I vores interview med Henrik Haugaard-Nielsen (personlig kommunikation, 25. maj, 2021, tid: 16:30...18:00 min) bekræfter han hvordan, at vores fødevarer billede samt købs principper er fejlagtige. Vi betaler alt for lidt for vores fødevarer og markedet er slet ikke justeret til en bæredygtig omstilling. Vores nuværende økonomiske model resulterer i, at vi kun bruger omkring 10 % af vores privatøkonomi på fødevarer, hvilket besværliggør processen for sundere og dyrere løsninger indenfor denne sektor.

Vi ser også denne problematik særligt bekræftet ved den manglende statsstøtte til projekter som Nordic Harvest. Anders Riemann måtte selv stå for sin finansiering på omtrent 62 millioner, hvilket var en meget omstændig og langsommelig proces (Hebsgaard, 2020).

Som Dickson Despommier(2010) også skriver i sin førnævnte bog om teknologien, så er statsstøtte en af de markante faktorer for en bredere etablering. Specielt i projekter i en større skala. Dog lærer vi faktisk noget relativt løsningsorienteret i vores interview med den anden danske vertikale farm, Nabo Farm. Denne farm er mere nicheorienteret og sælger til restauranter og private virksomheder, men har stadig et forholdsvis stort produktionsmønster. Jens Juul Krogshede (personlig kommunikation, 25. maj, 2021, tid: 9:55...11:05 min) fortæller i interviewet om deres oprettelse af farmen og hans ønske om, at de skal agere som eksempel for fremtidige start up projekter indenfor dette område, med formål at vise, hvor simpelt det kan gøres. De har bygget deres farm af gamle vandrør, ting som kan købes billigt i diverse byggemarkeder og materialer og modeller som er let tilgængelige til diverse tekniske komponenter. Deres agenda har været at starte med en lav økonomisk kapital og hurtigt komme i gang med produktionen, og så leve på de første kunder virksomheden får.

Dette eksempel er en mulig løsning til en større udbredelse, når der kigges på det finansielle aspekt i oprettelsen af et vertikal landbrug. Tankegangen skal være mere cirkulær og virksomheden vil være langt mere attraktiv, hvis der lægges fokus på at genanvende materialer til opbygningen af sin farm, dertil kommer besparelsen ved det. Anders Riemanns

Nordic Harvest følger omtrent samme spor, da farmen er placeret i gamle industrihaller samt benytter solcellepaneler til at gøre strøm flowet mere cirkulært. (Hebsgaard, 2020)

Dertil nævner Jens Juul Krogshede (personlig kommunikation, 25. maj, 2021, tid: 45:30...46:30 min) også en spændende pointe omkring investering i teknologien. Han mener at de store investorer bliver for fascineret af teknologien og dens funktionalitet, i stedet for hvad den egentligt kan gøre for det danske landbrug og som et bæredygtigt aktiv i kampen mod klimaforandringerne.

Dertil er der også et mangelfuldt fokus på det resultatorienterede arbejde. Han mener at fokus er rettet mod hvor stort og effektivt vertical farming kan blive ved en bred implementering, samt at det skal kunne producere alle afgrøder hele året rundt. Men det er, ifølge ham, ikke behovet hos os mennesker. Investeringer skulle derimod gå til dem, som har et virkelighedsbillede af behovet, samt dem som kan levere resultater med det samme. Det eksisterende casestudie "*Opportunities And Challenges in Sustainability of Vertical Farming: A review*" og punktet *Challenge of Investments* omfavnes også denne problematik og beskriver det som et globalt problem (Kalantari et al., 2017).

Denne indsigt bekræfter hvorfor Anders Riemanns investeringsproces har været meget kompleks og besværlig. Manglen på tillid til start-up projekter inden for vertical farming, anses ved at projekterne ikke har et større bagland af aktører til at fremvise økonomisk styrke.

Det gør processen nærmest umulig for finansiering af større skala, og det bliver særligt præsenteret i teksten "*Opportunities And Challenges in Sustainability of Vertical Farming: A review*" og specifikt under punktet *Challenge of Minimization of Energy Cost*. Hvis det ønskes at skabe et produkt, koster alt i processen penge. Omkostningerne ved konstruktion af et vertikalt landbrug og dens teknologier er et fundamentalt problem, da de er betydeligt store (Kalantari et al., 2017). Derfor skal der en ændring i incitamentsstrukturen samt et fokusskift af investeringerne, så vi kan opnå bedre forhold for virksomheder som Nordic Harvest.

#### **4.3.2 Det tekniske aspekt og dens indflydelse på klimakampen:**

*Tilvirkningen af syntetisk kvælstof i kunstgødning har - udover det ikke er naturligt - også et stort miljømæssigt aftryk. Ved at efterligne naturens egen fermenteringsproces danner vi et biologisk alternativ, der er både billigere og bedre,"* (Nordic Harvest, 2020)

Anders Riemann fortæller hvordan de har skabt et nyt biologisk alternativ for kunstgødning, hvilket gør en betydelig forskel, da brugen af kunstgødning er en af de mest markante udfordringer ved vertical farming. Dette er selvom det har været en nødvendighed for at kunne

tilføre de essentielle næringsstoffer, så afgrøden har de rigtige vækstforhold. Dette er også noget som bliver nævnt i teksten *Opportunities And Challenges in Sustainability of Vertical Farming: A review*, her beskriver de det som "Challenge of Food Nutrition". Kunstgødning er som nævnt ikke naturligt, men derimod produceret af en række kemikalier. Særligt kemikaliet nitrogen har en chance for giftig udledning i spildevandet ved brug af kunstgødning, hvilket medfører et kritisk klimamæssigt aftryk. Denne problematik har Nordic Harvest løst ved at skabe biologisk alternativ for gødning som følger de bæredygtigheds principper som er udarbejdet af både FN og EU (Nordic Harvest, 2020).

Nordic Harvest tilgang til fremtiden, er hele tiden fokuseret på at kunne dygtiggøre sig selv og optimere den måde der dyrkes landbrug på, samt hvilket klimamæssigt aftryk det efterlader. I Zetlands interview præsenterer Anders Riemann en innovativ måde at kunne kompensere for et eventuelt negativt klimamæssigt aftryk. Ideen omhandler at kunne genskabe de skove, som konstant er blevet fældet i løbet af industrialiseringen frem til det 21 århundrede. Dette sker ved, at individer kan plante deres eget træ og derved kan følge med i hvor meget CO<sub>2</sub> ens eget træ suger ud af luften. Særligt det californiske Redwood træ som vokser meget hurtigt og kan optage flere tusind ton CO<sub>2</sub> fra luften. Han mener, at dette kan være en permanent løsning på at kunne kompensere de klimagasser dansk landbrug eller andre erhverv udleder (Hebsgaard, 2020). Hans tanker og løsningsorienteret mindset omkring landbrug og klimakrisen, kan bruges som forkæmper for andre innovative mennesker, som ønsker at gøre en forskel i det moderne landbrug.

#### **4.3.3 Kritik & Overproduktion:**

Vi har ovenstående prøvet at danne ramme for det perspektiv, som gør Nordic Harvest til en vigtig aktør for omstillingen i det moderne landbrug. Dertil virksomhedens koncept og videreudvikling på området, som gerne skulle danne front for en generaliserende måde at skabe et vertikalt landbrug for andre innovative mennesker indenfor denne sektor. Herunder følger et mere kritisk overblik over Nordic Harvest som koncept og hvilke specifikke nedslag som skal justeres, for at opnå større succes på området.

Nordic Harvest producerer til det store engros fødevarermarked og dermed spiller de en rolle i det klimamæssige problem ved overproduktion, da supermarkeder har en forventning om, at der hele tiden står nye produkter på hylderne. I vores interview med Jens Juul Krogshede fra Nabo Farm (personlig kommunikation, 25. maj, 2021, tid: 39:00...41:20 min) forklarer han denne problematik som del af noget større. Systemet er sat op til at skulle levere et umenneskeligt behov af fødevarerproduktion. Dertil mener Jens, at det vil gavne dette marked,

hvis der skabes større relation mellem leverandørerne i form af vertikale landbrug og køberne, hvilket er diverse supermarkeder, restauranter osv. Med henblik på at kunne justere fødevarebehovet, skal der dyrkes afgrøder til det nødvendige behov. Derudover mener han, at der skal skabes modeller som er med til at sikre faste leverings mønstre, så der eventuelt kan gøres brug af bæredygtig emballage, som kan leveres tilbage til leverandøren igen, samt at kunne undgå leverancer fra udlandet. Han mener, at hovedfokust er, at vi dækker alle de efterspørgsler som findes i Danmark. Dette er noget som Nordic Harvest og andre såkaldte 'mega farms' ikke tager højde for, og det kan skabe unødvendig overproduktion af fødevarer.

Et andet kritisk element i Nordic Harvest leverings mønstre er deres håndtering i forhold til emballage. De arbejder meget fokuseret på, at de gerne vil være bæredygtige i alle aspekter og processer i deres vertikale farm. Dog er deres indpakning af deres produkter lavet af engangs plastik, hvilket er et stort miljømæssigt problem. Det forurener betydeligt meget i naturlige miljøer, samt kræver flere kemiske processer ved brug af fossile brændsel såsom olie og gas når det produceres. Derfor er det essentielt, for Nordic Harvest at fokusere på at gøre deres emballage grøn, hvis de skal sikre en bredere etablering, samt være et forbillede for andre start-up virksomheder på området.

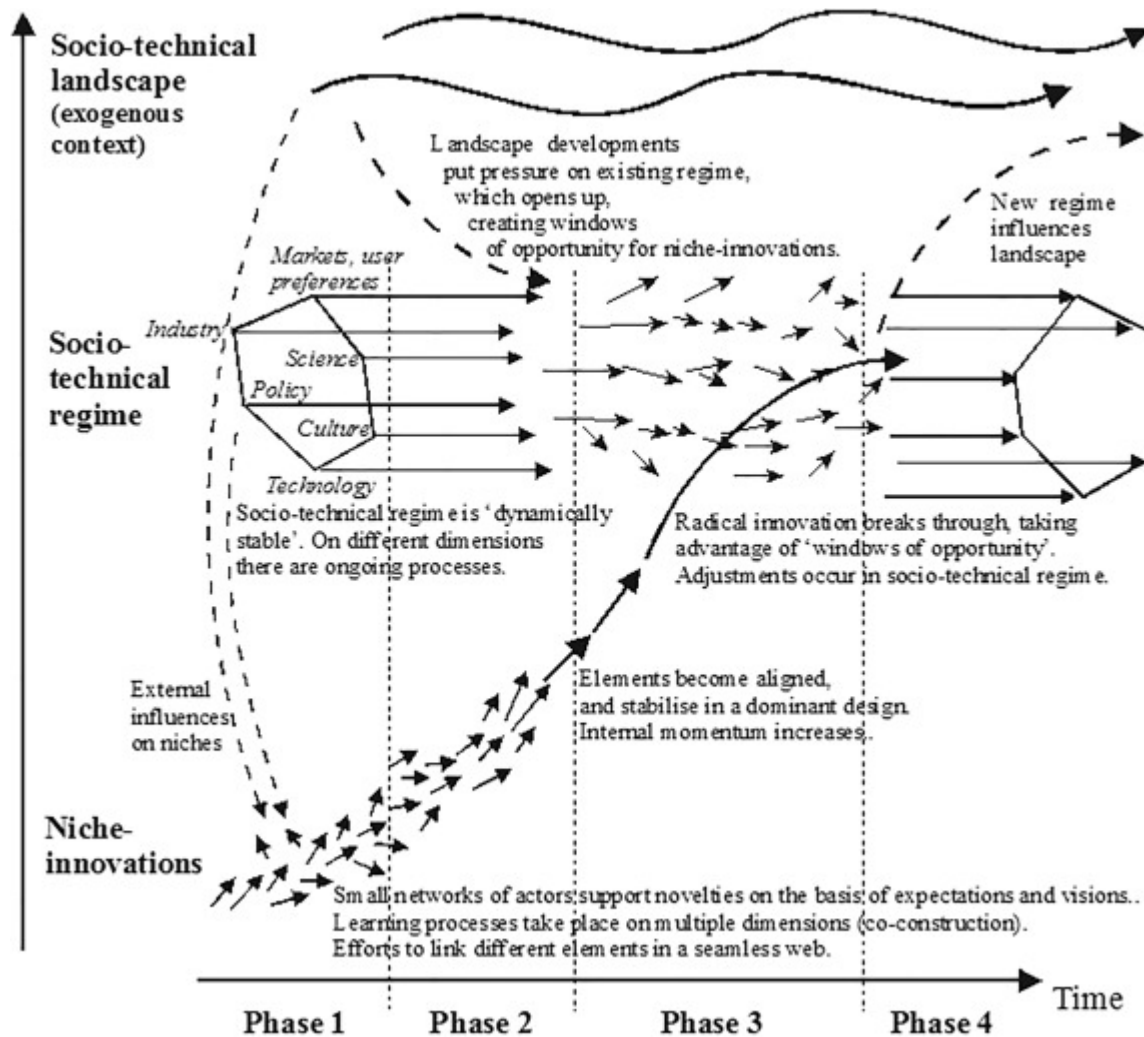


Billede 1.3 - Produkt af Nordic Harvest.  
<https://www.nordicharvest.com/nyt/nordic-harvest-og-salling-group-lancerer-vertikale-salater-og-krydderurter-i-fotex-og-bilka-over-hele-danmark>

### 5.1 Socio-tekniske systemer og regimer:

I dette afsnit undersøges de socio-tekniske landskaber, systemer og regimer, som er indlejret i konceptet vertical farming. Afsnittet tager udgangspunkt i teksten "Design and Sustainable Transition" af Ole Erik Hansen og Bent Søndergård, der introducerer og uddyber det socio-tekniske felt. Desuden er Geels multi level perspective tabel også inddraget som eksempel på sammenhængen mellem regimer, landskaber og nicher. Teorien omkring de socio-tekniske regimer er relevante i opgaven, da disse regimer i høj grad bestemmer mulighederne for nye innovationer og teknologier. Formålet er at skabe en forståelse for, hvilke begrænsninger de

socio-tekniske systemer og regimer skaber i forhold til udviklingen og implementeringen af vertical farming i det nuværende samfund.



Geels multilevel perspective (Kursus: Basiskursus 4: Design og Konstruktion II, Modul 2)

Socio-teknisk landskab: Stigende urbanisering, stigende fødevarebehov og stigende population

Socio-teknisk regime: Konventionelt landbrug, som dominerende og ene om støtte, samt anmærkninger

Niche innovationer: Urbane landbrug og vertikale farme

Det socio-tekniske landskab danner rammen for systemet, det bestemmer regler, normer, politikker og tendenser inden for samfundet. Det er også landskabet som lægger pres på ovenfra, på det regerende socio-tekniske regime. Overordnet ses en stigende urbanisering og derfor også et tab af agerjord. Samtidig presser en stigende population og fødevarebehov til, at udtænke alternativer til den nuværende landbrugskultur. Gennem de seneste årtier har populationen medført en række problemstillinger, hvilket resulterer i urbanisering, da

mennesker skal have beboelsesområder og disse områder bliver taget fra naturområder og landbrug. Andet er det pres, som kommer på den nuværende fødevareproduktion, som skal brødføde et stigende befolkningstal. Samtidig har der været en tendens til en grøn omstilling med fokus på bæredygtighed, hvilket skal sikre jordens tilværelse. Disse problemstillinger har skabt fokus på alternativer, som kan løse eller aflaste nuværende aktører/tendenser.

Det socio-tekniske regime er den regerende struktur i det nuværende system, hvilket bliver presset af faktorer for ændringer eller optimering på herskende udfordringer. Det herskende regime bygger på landbrugskulturen og dens traditioner, som har været i konstant udvikling, men møder nye udfordringer. De nye udfordringer presser på, hvilket skyldes ovenstående tendenser, men samtidig er der en politisk og en tvetydig tilgang til regimet. For eksempel i et landbrugsland som Danmark, har det politiske system målsætninger om grøn- og bæredygtig omstilling, men stadig hovedsagelig støtte til konventionelt landbrug, frem for moderne initiativer. Dertil er det ikke muligt for moderne tiltag som vertikale farme eller urbane landbrug at få anmærkningen 'ø-mærket', hvilket angiver økologiske produceret fødevarer uden sprøjtegift og kunstgødning. Dertil er landbrugskulturen gennem tiden opbygget af stærke traditioner, som ikke imødekommer de nye innovative løsninger. Disse traditioner indebærer mange grunde til, at en yderligere mekanisering af landbruget ikke vil være den optimale løsning for kulturen.

Niche innovationer er de radikale innovative løsningsidéer, som udtænkes på baggrund af regerende problemstillinger og nuværende systemer. Innovationer som urbane landbrug eller vertikale farme er udsprunget ud fra idéen om, at kunne producere mere pr kvadratmeter og kunne effektivisere produktionen. En anden fordel forbundet med de nye innovationer er lokaliseringen, hvor produktionen kommer tættere på de urbaniserede områder, mindsker transport, øger holdbarhed og friskhed. Det ses lokalt og globalt, at der er en stigende interesse for denne type innovationer, hvorfor alternativer til traditionelt landbrug vokser støt. På den baggrund kan det konkluderes, at vertical farming er indlejret i et socio-teknisk regime, der problematiserer udvidelsen af konceptet. Den stærke landbrugskultur og traditioner vanskeliggør etableringen af nye teknologier i et socio-teknisk regime, hvor nye problemstillinger presser på.

### **6.1 TRIN-Analyse:**

I dette afsnit inddrages TRIN-modellen, som et metodisk værktøj til at analysere og belyse de centrale teknologier der er indlejret i teknologisystemet vertical farming. TRIN modellen benyttes her, til at konkretisere de mest væsentlige operative aspekter der finder sted i



teknologisystemet. Den benyttes til at klargøre de mest essentielle ressourcer og teknologiske artefakter, der indgår i systemet. Den har til formål at give et overordnet indblik i teknologisystemet, og dets sammensætning. Punkterne vil ikke være en slavisk gennemgang af TRIN-modellen, men de mest relevante punkter vil blive gennemgået.

### 6.1.1 Hydroponiske Systemer:

Hydroponiske dyrkningssystemer er den mest udbredte form for dyrkningssystem benyttet til vertical farming. Der findes primært to forskellige slags hydroponiske systemer (Gupta & Ganapuram). Der findes de lukkede systemer, hvor vandet bliver recirkuleret i et kredsløb (**Figur 1**) og der findes de åbne systemer, hvor vandet ikke bliver recirkuleret, men fornyet (**Figur 2**). Centralt for begge typer af hydroponiske systemer er, at afgrøderne dyrkes uden jord, men i bakker tilsat vand blandet med flydende næringsholdig gødningsblanding. I bakken er der i de fleste systemer placeret et vækstmedie, som er en type af underlag, der giver plantens rødder stabilitet. Der findes en lang række af varianter indenfor vækstmedier, men de hyppigst benyttede forekommer at være kokosnød fibre, fenolisk skum og stenuld (Soto, 2020). Afgrøderne får tilsat denne gødningsblanding i daglige intervaller, beregnet på plantens tilstrækkelige behov. Ved hjælp af et tidsindstillet system regulerer det tilførslen fra pumperne, som er forbundet til et blandingsreservoir af vand og gødningsblanding (**Figur 1**). I det lukkede system er bakkerne udstyret med et dræningssystem, der leder det overflødige vand tilbage i reservoiret ved hjælp af tyngdekraften, når bakkerne er fyldte. På den måde opnås et bæredygtigt vandingsystem, der i sin cyklus genbruger den eksisterende væske. I det åbne system recirkuleres vandet ikke, men derimod benyttes det ofte til eksterne formål, som f.eks. jord afgrøder der ikke indgår i systemet (**Figur 2**) eller fugtighedsregulatorer der styrer luftfugtigheden.

Fælles for begge er brugen af næringsstoffer, og de mest hyppigt anvendte former for gødningsblandinger består af en række essentielle næringsstoffer hvor blandt kaliumnitrat ( $\text{KNO}_3$ ), potassium sulfat ( $\text{K}_2\text{SO}_4$ ), magnesium (Mg) er afgørende for planternes vækst (Thomsen, Husted, & de Neergaard, 2013).

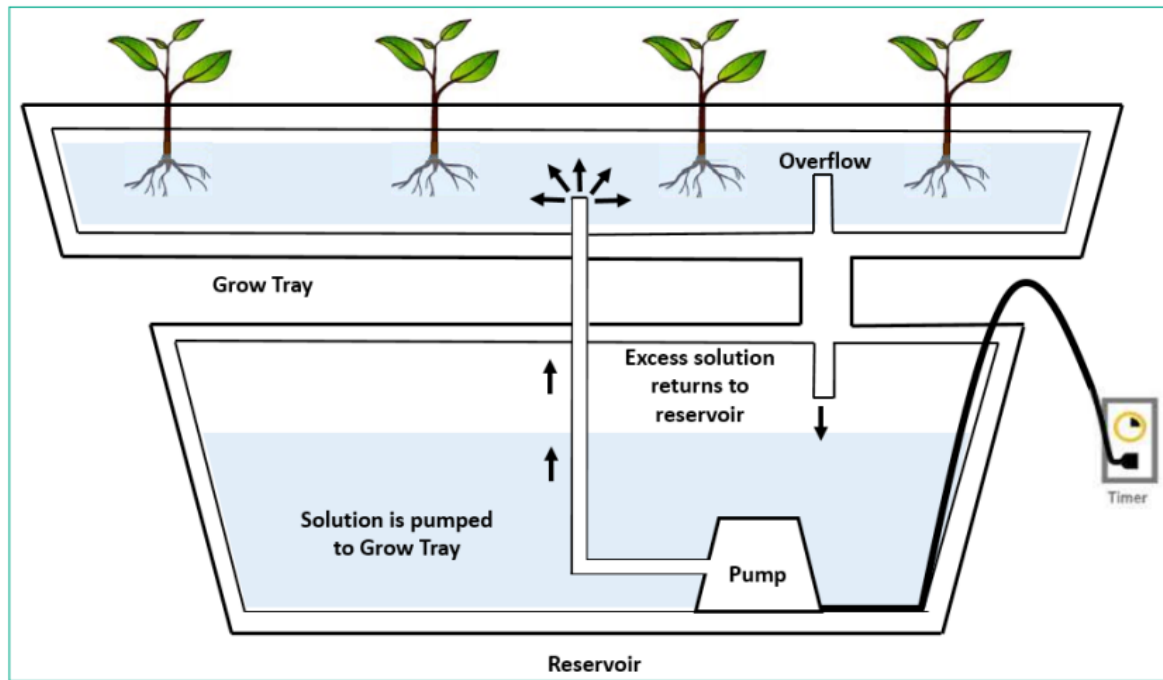
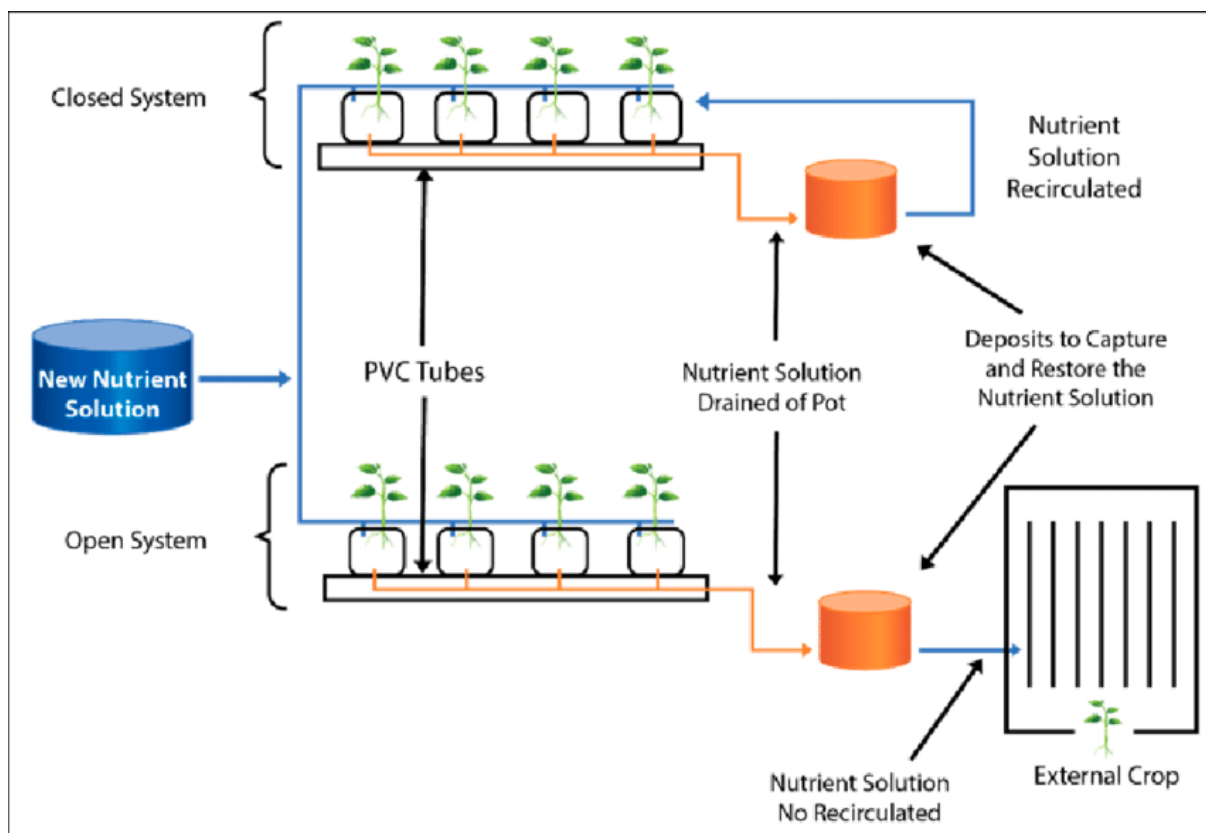


Figure 1 Schematic diagram of a hydroponic system

Figur 1 (Gupta & Ganapuram, 2020, s 4)



Figur 2 (De la Rosa-Rodriguez, 2019, s5)

### *Forskellige typer af hydroponiske systemer*

Der findes flere forskellige typer af hydroponiske systemer, men der er overordnet set 6 primære varianter (HydroPros, 2019).

#### **6.1.2 Wicking Systems:**

Wicking systemet betragtes som den mest basale og enkle form for hydroponisk system. Den betegnes også i artiklen "*Hydroponics systems & what's right for you*" (HydroPros, 2019) som "*the training wheels of the hydroponic world*" da denne form for dyrkningssystem har været kultiveret og praktiseret gennem tusinder af år (HydroPros, 2019). I et wicking system bliver blandingen af vand og næringsstoffer transporteret til plantens rødder ved brug af et 'wick' eller væge, som er et porøst materiale, der har en høj ledeevne. I dette tilfælde benyttes der typisk stofbaseret materiale i form af snor, tråd eller filt. Afgrøderne er således hævet op over reservoiret med blandingen af vand og næringsstof, i et vækstmedie som f.eks. kokosnød fibre eller perlite (vulkansk sten), som ligger i en lille beholder med hul i som f.eks. en kop (**figur 3**). På den måde er planternes rødder forbundet med deres væge 'wick' til vækstmediet og nærings blandingen i reservoiret under (**figur 3**). Det medfører, at afgrødernes rødder absorbere nærings blandingen efter deres naturlige behov, uden at få for meget og risikere at drukne. Wicking systemet er et åbent hydroponisk system, da nærings opløsningen er i et reservoir der ikke recirkulerer.

Wicking systemer betegnes som '*Passive hydroponics*' da systemet ikke kræver vand -eller luft pumper, til at transportere vand, ilt og næring. Systemet betragtes som lavpraktisk og har ikke en høj kompleksitetsgrad. Det er mest udbredt blandt hobby gartner og mindre niche orienteret landbrugsvirksomheder.

#### *Fordele*

- Wicking systemet er ideelt til at gro mindre planter, som salater og krydderurter.
- Systemet har en høj grad af autonomi, da planterne passer sig selv, når de først er implementeret.
- Wicking systemet er forholdsvist billigt at implementere og det er et af de nemmeste og billigste hydroponiske systemer.

#### *Ulemper*

- Wicking systemet er ikke så effektivt til større planter og større hydroponiske anlæg.

- Der er en risiko for fejlplantning af vægen til planten, der kan ende med at slå planten ihjel.



**Figur3**

(HydroPros, 2019)

### 6.1.3 Deep Water Culture (DWC):

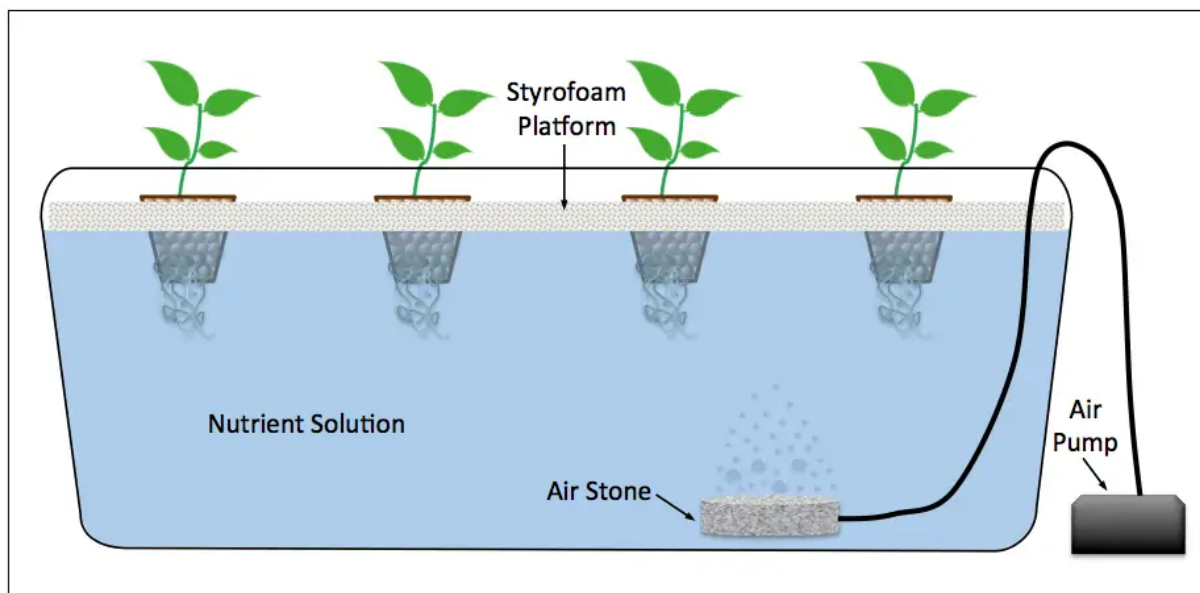
I DWC systemet er afgrøderne hængt op i et skumplast materiale, over et reservoir med iltet næringsopløsning (HydroPros, 2019). Her sidder afgrøderne i små netpotter, der indeholder et givent vækstmedie. I DWC systemet hænger afgrøderne i en præcis afmålt højde, således at rødderne er nedsænket direkte ned i næringsopløsningen. Der er derfor ikke på samme måde et vand ledende medium, som en væge eller 'wick', som i wicking systemet. Med den direkte eksponering, har afgrøderne mulighed for konstant at absorbere vand og næringsstoffer, dog stadig efter deres naturlige behov. Da afgrøderne også har behov for ilt, fungerer DWC systemet således, at der er tilkoblet en luftpumpe til en luftsten i bunden af reservoiret. Luftstenen er en porøs stenart der har den funktion, at den distribuerer ilten (**Figur 4**). Luftpumpen er nøje afmålt og indstillet til at ilte vandet tilstrækkeligt, så afgrødernes rødder får luft, ellers kan afgrøderne risikere at drukne. DWC systemet er som udgangspunkt et åbent hydroponisk system, da nærings opløsningen befinder sig i et reservoir der ikke recirkulere. Der findes dog en variant af systemet *Recirculating Deep Water Culture (RDWC)* der er et lukket system, da nærings opløsningen recirkuleres (Sandy, 2020).

### Fordele

- DWC systemet er forholdsvis billigt og kræver ikke mange komponenter
- Systemet er nemt at vedligeholde.
- DWC systemet er ret lavpraktisk og har en høj grad af autonomi, da systemet ikke kræver meget tilrettelæggelse.

### Ulemper

- DWC systemet fungerer ikke så godt til større afgrøder, eller afgrøder med en længere vækstperiode.
- Hvis ikke systemet installeres ordentligt, er der en risiko for at afgrøderne kan drukne.



**Figur 4** (offgridgorilla, 2021)

### 6.1.4 Nutrient Film Technique (NFT):

I NFT systemet er afgrøderne placeret i et system af netpotter med vækstmedie, der sidder i bakker placeret ovenover en tank. Bakkerne er vinklet således at næringsopløsningen der pumpes op fra et eksternt reservoir (**Figur 5**), løber ned igennem tanken ved en fast hastighed og ud gennem et dræningssystem i den anden ende (HydroPros, 2019). NFT systemet er et lukket hydroponisk system, da næringsopløsningen recirkuleres. Det muliggør et forholdsvis lavt vandforbrug og derved en betydelig vandbesparelse. Systemet består af to tanke, hvori den ene er et reservoir hvor vandet iltet og pumpes videre til den anden tank, der indeholder afgrøderne, som betegnes 'kanalen'. Vandet pumpes fra reservoiret op til kanalen

gennem en slange, ved hjælp af en elektrisk vandpumpe, der ideelt set kan pumpe op til 2-3 liter i minuttet, 24 timer i døgnet. I reservoiret bliver vandet iltet med en luftpumpe, der ilter vandet igennem en porøs luftsten (**Figur 5**).

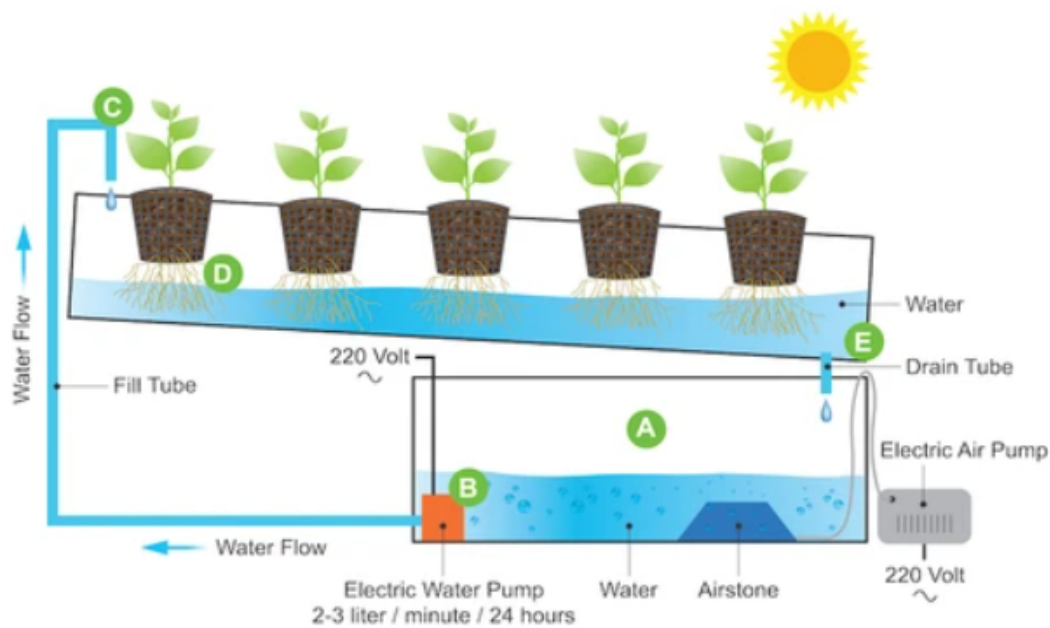
I modsætning til DWC systemet er afgrødernes rødder i NFT systemet ikke helt nedsænket, men placeret i en nøje reguleret højde, så rødderne berører nærings opløsningen og bliver dækket af en tynd film af næringsstoffer og vand, hvor i at konceptet får sit navn fra.

#### Fordele

- NFT systemet muliggør stor vandbesparelse ved sit recirkulerer pumpe system
- Næringsfordelingen af filmen til afgrødernes rødder sørger for at de ikke kan drukne
- NFT systemets netpotter behøver meget lidt indhold af vækstmedie

#### Ulemper

- Afgrødernes rødder kan risikere at overgro kanalens bund, hvilket kan forstyrre tilførslen af nærings opløsningen.
- Recirkuleringsystemet kan risikere at blive stoppet.



A. Nutrient tank stores nutrient  
B. Nutrient water pump circulates nutrient  
C. Nutrient flows into grow channel

D. Nutrient absorbed by plant roots  
E. Unused nutrient flows back into tank

**Figur 5**(HydroPros, 2019)

### 6.1.5 Ebb and Flow:

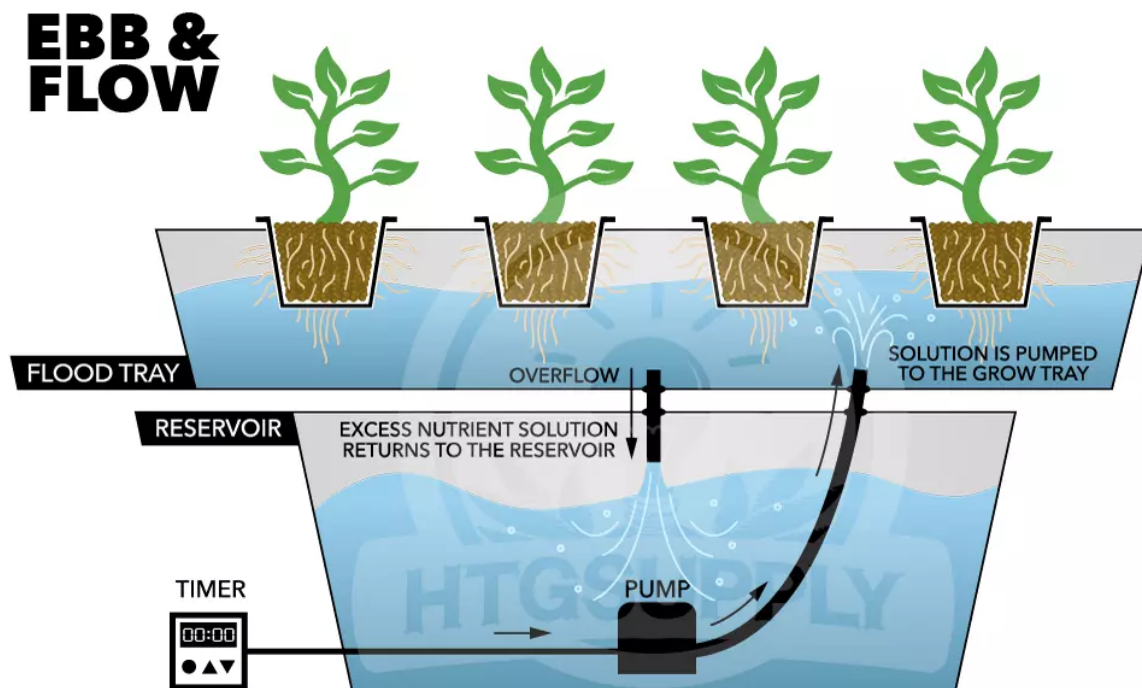
I et ebb og flow system, også kaldet 'flood and drain' er afgrøderne placeret i bakker, hvor de står i kopper fyldt med vækstmedie. Systemet fungerer således, at en tidsindstillet vandpumpe, pumper næringsopløsning op fra et reservoir i en tank under bakken. Konceptet går ud på at bakken bliver fyldt op med nærings opløsningen, hvor afgrøderne absorberer den tilstrækkelige mængde vand og næring fra opløsningen (HydroPros, 2019). Når afgrøderne har absorberet nok vand og næring efter cyklusen, bliver den resterende del af opløsningen drænet igennem en lille tube i bunden af bakken, der lader det løbe tilbage i reservoiret (**Figur 6**). Systemet recirkulerer næringsopløsningen og klassificeres derved som et lukket hydroponisk system. Det har gode bæredygtige fordele som vandbesparelse. I ebb og flow systemet tidsindstilles vandpumpens cyklus alt afhængig af hvilken slags afgrøder der dyrkes. Systemet kræver i sig selv ikke nogen luftpumpe, som flere af de andre typer af hydroponiske systemer, da planterne for nok ilt imellem cyklusserne.

#### *Fordele*

- Ebb og flow systemet overeksponerer ikke afgrøderne for vand, hvilket kan forbedre afgrødernes vækst.
- Systemet er et recirkulerende lukket hydroponisk system, hvilket giver mulighed for stor vand og energi besparelse

#### *Ulemper*

- Hvis systemets cyklus ikke er balanceret korrekt ift. til afgrøderne, kan afgrøderne risikere at dø hvis de bliver vandet for meget eller for lidt.
- Ebb og flow systemet kræver meget monitorering og vedligeholdelse.



Figur 6 (HTG Supply, 2017)

### 6.1.6 Drip Systemet:

Drip systemet er et af de mest udbredte hydroponiske systemer og er anvendt i mange kommercielle sammenhæng. Systemet fungerer således at afgrøderne sidder hævet i vækst kasser, der på samme måde som NFT-systemet fungerer som en kanal, hvor der løber vand igennem. Forskellen er dog, at afgrøderne i drip systemet vandes ovenfra med en række separate slanger der drypper næringsopløsning ned på afgrødernes rødder (HydroPros, 2019). Systemet er forbundet i et netværk af slanger til vandpumpen, der fordeles i nogle dryppe stationer, som fordeler vandet igennem nogle små slanger fordelt rundt til de separate afgrøder (Figur 7). Det resterende vand drypper ned fra rødderne i bunden af væstkassen, der har et dræningssystem i siden, hvor at opløsningen bliver recirkuleret til reservoiret i bunden. Drip systemer er som udgangspunkt et lukket hydroponisk system, da systemet recirkulerer vand og næring, hvilket har betydelige bæredygtige fordele som vandbesparelse. Systemet egner sig godt til kommercielt landbrug, da det nemt kan udvides, og giver mulighed for at dyrke store mængder afgrøder.

#### Fordele

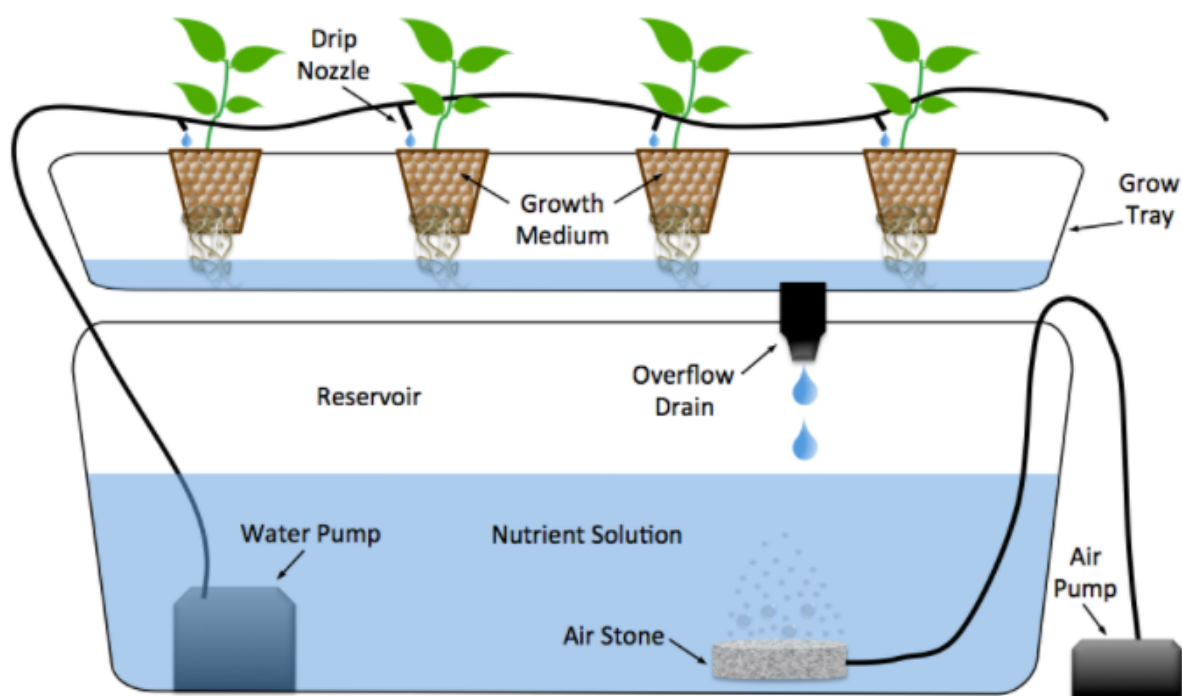
- Drip systemet giver mulighed for at ekspandere hurtigt og nemt. Det egner sig derfor godt til større kommercielt landbrug.



- Drip systemet kan også benyttes til jordafgrøder, hvilket giver mulighed for mange forskellige varianter af afgrøder.

#### Ulemper

- Ph værdi og næringsopløsningen kan være svært at regulere, da skaleringen kan variere forholdene.
- Systemet har mange løse komponenter, der kan være omstændige at samle ordentligt.

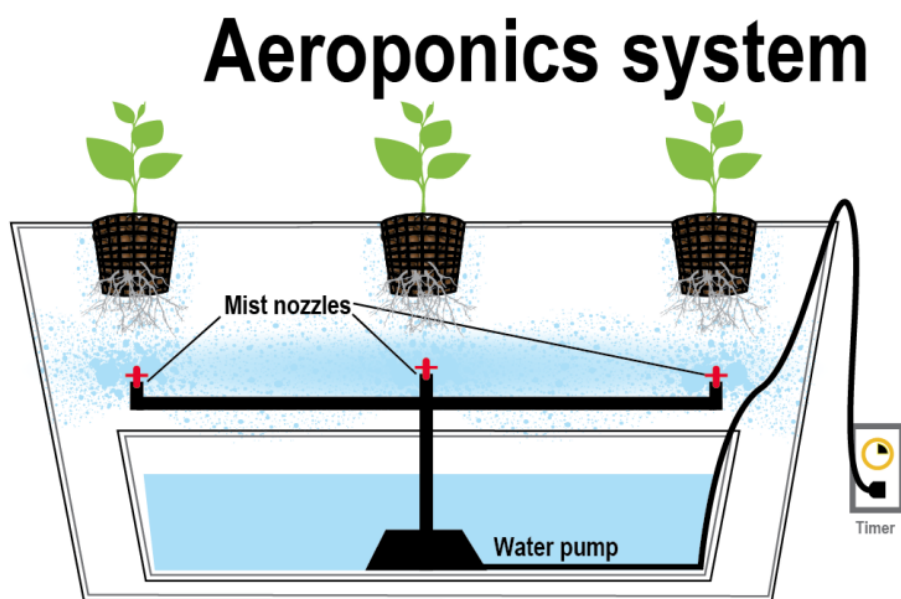


Figur 7(offgridgorilla, 2021)

#### 6.2 Aeroponiske systemer:

Aeroponik er på mange måder et teknologisk dyrkningssystem system i sin egen klasse, dog betragtes det stadigvæk som et hydroponisk system. Systemet går ud på at i stedet for at vande på konventionel vis, benyttes et system af forstøvere, der pumper næringsopløsning og luft op i en tank, hvor at afgrødernes rødder hænger frit (HydroPros, 2019). I et typisk aeroponisk system sidder planterne i toppen af en forsejlet tank. Her hænger afgrødernes rødder frit ned igennem et låg, med huller i. I dette hydroponiske system benyttes der ikke vækstmedie til at holde afgrødernes rødder på plads, derimod bruges en elastik, som også kaldes en 'collar', til at holde afgrødernes stængel på plads (Max, 2021). Elastikken, er af et

gummimateriale der er tilpas fast og fleksibelt, i en grad at den både holder afgrødernes stængel og rødder på plads, men også er fleksibel i en grad der tillader afgrøderne ubesværet at vokse. Konstruktionen af et aeroponisk system består af et reservoir med næringsopløsning i bunden og en forsegleet tank 'mist chamber' der sidder oven på. I reservoiret er der placeret en tidsindstillet pumpe, der er forbundet til forstøverne med en række slanger. Aeroponik systemet er som udgangspunkt et åbent hydroponisk system, da systemet ikke recirkulerer vandet. (**figur 8**) Der findes dog undtagelser af modificerede aeroponiske systemer der er forbundet til et recirkulerings kammer der genbruger vandet.



**figur 8** (Soilless, 2016)

### Baggrund

Udviklet af den hollandske biolog Frits Warm tog aeroponik sin spæde start i 1957, hvor ideen blev konceptualiseret. Dog var det først 29 år senere at Richard Stoner effektiviserede aeroponik, på et kommercielt niveau og fik teknologien udbredt med sin virksomhed Genesis Technology Inc (LettUsGrow, 2020). Aeroponiske systemer har udmærket sig især inden for rumforskning, som en af de bedst tænkelige løsninger til at dyrke afgrøder ude i rummet. Richard Stoner, indgik i 1997 et samarbejde med National Aeronautics and Space Administration (NASA) med formål at udvikle et funktionelt dyrkningssystem af afgrøder til langvarige rummissioner. Projektet har siden inspireret til et helt videnskabeligt felt inden for teknologiske dyrkningssystemer til brug i rummet. Der er igangværende projekter og test ordninger, som projektet EDEN ISS, der har til formål at kultivere og dyrke afgrøder på

rumstationen, The International Space Station (ISS), ved brug af aeroponiske systemer (LettUsGrow, 2020).

### **De tre typer:**

#### Low-pressure Aeroponics (LPA)

Mest udbredt blandt hobby aeroponik gartnere er LPA den nemmeste og billigste løsning. Systemet fungerer på den måde, at vandtrykket fra pumperne er relativt lavt, hvilket lader forstøverne udlede vandtågen i større vanddråbeformer (Max, 2021).

#### High-pressure Aeroponics (HPA)

HPA er modsat et system hvor, at vandtrykket fra pumpen er langt kraftigere og forstøverne er finere, så vanddråberne er langt mindre og finere fordelt. Det har væsentlige fordele som at forstøvningen er langt mere fint koncentreret og der er et højere indhold af ilt (Max, 2021). Systemet er den mest effektive type, men modsat LPA væsentligt dyrere og teknologisk avanceret af en højere grad. Det er mest udbredt på et kommercielt plan, blandt moderne teknologiske landbrug.

#### Ultrasonic fogger Aeroponics (UFA)

UFA er et aeroponisk system i sin egen klasse. Også betegnet 'fogponics' er UFA et særpræget aeroponisk system, hvor der benyttes en ultrasonisk dampmaskine til at genererer en tåge, der i modsætning til de andre varianter, ligger mere helsluttet som en konstant tåge i tanken, grundet luftfugtigheden. Da den ultrasoniske dampmaskine også varmer opløsningen op, skaber det en konstant luftfugtighed der lader vanddråberne formes og forblive meget små og koncentreret (Max, 2021). Fremgangsmåden er mere specialiseret og er ikke lige så udbredt, som de andre to varianter.

### **6.3 Vækstmedier:**

I hydroponiske systemer, der indgår i vertikale farme, anvendes der typisk vækst medier, i stedet for jord. Det har visse fordele, som f.eks at der undgås risikoen for at overfører jordbårne sygdomme, der kan ødelægge ens afgrøder. Det kan også have ulemper som begrænset typer af voksende afgrøder. Vækstmedier omfatter der sig nogle centrale parametre, der vurderer vækstmediers forskellige fordele og ulemper. De mest centrale

begreber er 'Water Holding Capacity' (WHC), 'Air Filled Porosity' (AFP) og 'Cation Exchange Capacity' (CEC) (Soto, 2020).

WHC er parametret, der vurderer et vækstmediers evne til at holde på vand. AFP vurderer hvor porøst et vækstmedie er, med henblik på graden af iltindtag. CEC vurderer mængden af mineraler et vækstmedie indeholder.

#### *Rockwool*

Er et af de mest udbredte vækstmedier, da det er forholdsvis billigt og effektivt. Rockwool, er en form for mineralulds produkt, der er fremstillet af sten fibre, primært fra kalksten og vulkansk bjergart. Rockwool benyttes primært som isoleringsmateriale til bebyggelse, men det er også meget populært og anvendt inden for hydroponik. Rockwool har en høj WHC og er derfor effektivt til at absorbere vand og holder derfor godt på vand og næring. Det har en relativt lav CEC, og indeholder derfor ikke et højt antal af mineraler (Soto, 2020). Det kan have væsentlige fordele, da det hydroponiske system bedre kan administrere mængden af næringsstofferne der tilføres, da vækstmediet er mineral neutralt.

#### *Kokosnød Fibre*

Kokosnød fibre eller nærmere populært betegnet '*coconut coir*' er et organisk nedbrydeligt vækstmedie, der er fremstillet af trævlet kokosnød indmad. Kokosnød fibre er effektivt til at absorbere og holde på vand og næring, det har derfor en høj WHC. Vækstmediet har naturligt forekommende mængder af næringsstoffer og har derfor en middel CEC, hvilket kan besvære administrationen af en tilstrækkelig tilførsel af næringsstoffer (Soto, 2020). Det er udbredt at benytte noget specielt næringsopløsning der matcher kokosfibreneres naturlige indhold, desuden har vækstmediet en relativ høj AFP og er derfor god til at holde på ilt. Vækstmediet er meget udbredt i drip systemer.

#### *Perlite*

Perlite er en sten baseret vækstmedie og er i sig selv en porøs vulkansk stenart. Vækstmediet er kendt for at have en meget lav CEC og meget Høj AFP. Det skyldes at vulkanske stenarter er meget næringfattige, da den ikke udskiller næringsstoffer. Vækstmediet er enormt let og porøst, hvilket tillader det at holde effektivt på ilt (Soto, 2020). Dette har visse fordele, som at den lave CEC, gør det nemmere at kontrollere tilsætningen af næringsstoffer og den høje AFP gør det muligt at holde planterne ilttrige. Vækstmediet er især populært til wick systemet, men upraktisk i hydroponiske systemer der nedsænker vækstmediet, som f.eks. ebb and flow, da perlite i sig selv er så porøst at det flyder oven på vand.

### *Hampefibre*

Hampefibre er et organisk bio-nedbrydeligt materiale, der er fremstillet af trævlede hamplanter. Hampefibre har et relativt højt CEC indhold, da der er mange naturligt forekommende næringsstoffer i vækstmediet. Vækstmediet er effektivt til at absorbere og holde på vand, og har derfor en høj WHC indeks. Hampefibre er meget formbart og benyttes blandt andet også til at lave vækst måtter og wicks (Terrafibre, 2020). Materialet er betydeligt porøst og har derfor en relativ høj AFP, hvilket er en fordel i meget vandholdige systemer.

### **6.4 Næringsstoffer:**

I et hydroponisk dyrkningssystem til et vertikalt landbrug benyttes der en række essentielle næringsstoffer, der er afgørende for afgrødernes vækst.

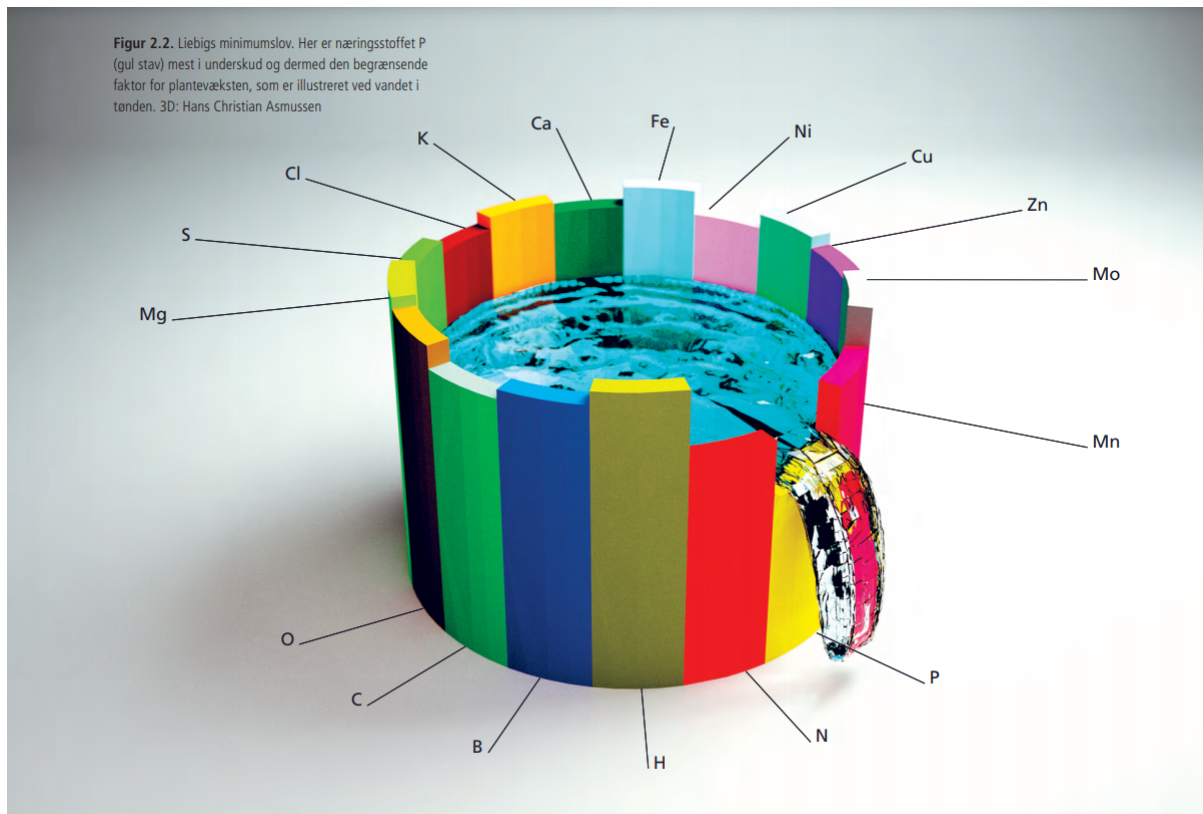
Næringsstofferne er kategoriseret i de ikke-mineralske grundstoffer, makronæringsstoffer og mikronæringsstoffer (Thomsen, Husted, & de Neergaard, 2013). De ikke-mineralske grundstoffer består af de tre overordnede grundstoffer i klassen ikke metalliske, og det er hydrogen, ilt og carbon (H, O og C), som planter har størst behov for og er forudsætningen for deres vækstbetingelser.

Makronæringsstofferne er under de ikke-mineralske grundstoffer, og er de næringsstoffer planter har brug for største mængder af, for en optimal og sund vækst. De består hovedsageligt af grundstoffer i klasserne alkaliske jordmetaller (Mg og Ca) og alkalimetaller (Kalium), desuden også enkelte ikke metalliske som (S, P og N). Mikronæringsstofferne er de næringsstoffer, som planter har brug for mindst kvantiteter af. De består hovedsageligt af grundstoffer i klasserne overgangsmetaller (Mn, Fe, Mo, Ni, Zn), men også af ikke metaller (B, Cl). De ses her i tabellen (**Figur 9**) (Thomsen, Husted, & de Neergaard, 2013).

Essentielle næringsstoffer	Koncentration	Koncentration	Ratioen mellem næringsstoffet x og molybdæn
<b>Makronæringsstoffer</b>	<b>µmol pr. g</b>	<b>%</b>	
N – kvælstof	1.000	1,5	1.000.000
K – kalium	250	1,0	250.000
Ca – calcium	125	0,5	125.000
Mg – magnesium	80	0,2	80.000
P – fosfor	60	0,2	60.000
S – svovl	30	0,1	30.000
<b>Mikronæringsstoffer</b>		<b>ppm</b>	
Cl – klor	3	100	3.000
B – bor	2	20	2.000
Fe – jern	2	100	2.000
Mn – mangan	1	50	1.000
Zn – zink	0,3	20	300
Cu – kobber	0,1	6	100
Ni – nikkel	0,009	0,5	9
Mo - molybdæn	0,001	0,1	1

**Figur 9**(Pape Thomsen, R. et al. 2013. s. 23)

Alle de nævnte næringsstoffer er afgørende for planters vækst, dog i meget nøje koncentrationer, mellem mikro og makronæringsstoffer. Ifølge Liebigs minimumslov er vigtigheden af de minutiøse mikronæringsstoffer lige så afgørende, som makronæringsstofferne. Han beskriver i bogen *Mad til milliarder*, kap 2. “Selvom der kun er et atom molybdæn (Mo) for hver million kvælstof (N) atomer i en plantecelle, så er begge grundstoffer lige vigtige for plantens evne til at vokse”. Det vises her i tabellen der visuelt demonstrerer Liebigs minimumslov (**Figur 10**)



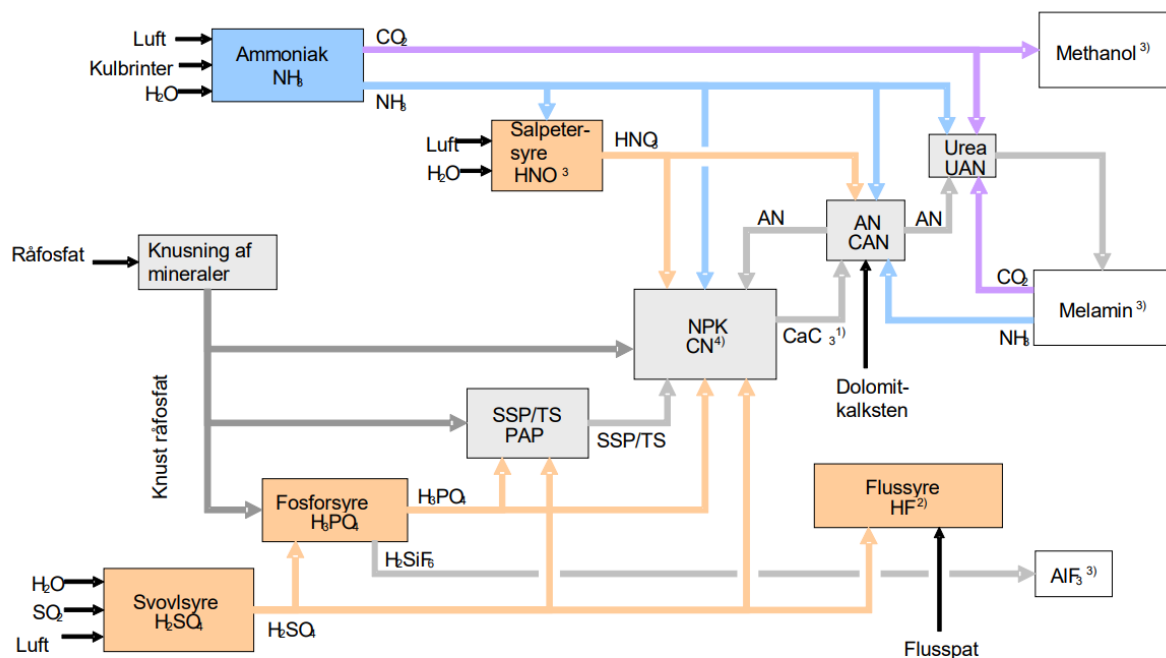
**Figur 10**(Pape Thomsen, R. et al. 2013. s. 24)

## 6.5 Fremstillingen af kunstgødning:

De fleste af de næringsstoffer, der indgår i kunstgødningen som benyttes i vertical farmings hydroponiske dyrkningssystemer bliver produceret syntetisk. Det bliver skabt af en række kemiske processer, hvor der benyttes ammoniak, salpetersyrer, svovlsyre og fosforsyre til at udvinde de essentielle næringsstoffer. Gødningsindustrien fokuserer primært på fremstillingen af de tre vigtige næringsstoffer, kvælstof, fosfor og kalium. Svovl benyttes også i store mængder i form af sulfater i produkter som superfosfat og ammoniumsulfat, der bruges til fremstillingen af kunstgødning. De fleste af makronæringsstoffer produceres løbende, som følge af produktionsprocessen og råstofferne. Mikronæringsstofferne tilsættes løbende i fremstillingen af kunstgødningen, og kan i mange tilfælde tilsættes separat. Ifølge Europa-kommissionens *Best Available Techniques Reference Document (BREF)* undertegnet rapporten *"Reference Document on Best Available Techniques for the Manufacture of Large Volume Inorganic Chemicals – Ammonia, Acids and Fertilisers"* produceres størstedelen af kunstgødning ved brug af disse kemiske stoffer. Ifølge rapporten lyder omfanget således: "97 % af alle kvælstofgødninger fremstilles af ammoniak, og 70 % af alle fosfatgødninger fremstilles af fosforsyre.  $NH_3$ ,  $HNO_3$ ,  $H_2SO_4$  og  $H_3PO_4$  er mængdemæssigt nogle af de

vigtigste industrikemikalier og benyttes først og fremmest til fremstilling af kunstgødning” (Europa-Kommissionen (BREF), 2006).

På diagrammet fra rapporten vises det hvorledes at de centrale fremstillingsprocesser er indlejret i produktionen af kunstgødning.



Figur 1: Oversigt over grænser og forbindelser mellem LVIC-AAF-sektorerne

<sup>1)</sup> kun sammen med fremstilling af NPK-gødning ved nitrofosfatmetoden <sup>2)</sup> fremstilles som regel ikke på gødningsfabrikker

<sup>3)</sup> ikke beskrevet i dette dokument

<sup>4)</sup> CN (Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>) kan også fremstilles ved at neutralisere HNO<sub>3</sub> med kalk (ikke beskrevet i dette dokument)

AN: ammoniumnitrat

(Europa-Kommissionen (BREF), 2006, s. 2)

Nogle næringsstoffer kan ikke fremstilles kemisk, og som vist i diagrammet (Europa-Kommissionen (BREF), 2006 s. 2) tilsættes som rå mineraler. Fosfor er en af de næringsstoffer, der ikke kan fremstilles syntetisk, men må udvindes fra naturlige kilder som fosfatrige bjergarter ved minedrift. Fosfat er et afgørende og essentielt plantenæringsstof, der er med til at danne cellemembraner og DNA i planter. Årligt udvindes der cirka 220 mio. tons fosfor globalt set, fra klippemateriale ved minedrift til produktion af kunstgødning til landbrugsdrift (Reitzel, Qu, Christensen, Nielsen, & Nielsen, 2019). Udvindingen har resulteret i at tilgængeligheden til fosfatrige bjergarter bliver begrænset. Ressourcen er i forvejen begrænset og findes kun i betydelige kvantiteter få steder i verden. Det er en væsentlig problematik, og ifølge rapporten “Den globale fosfor udfordring” (Reitzel, Qu, Christensen, Nielsen, & Nielsen, 2019) er op mod 25 % af al fosfat, der er blevet udvundet siden 1950’erne tabt fra det globale fosforkredsløb, hvor at det er blevet deponeret steder hvor at det ikke er tilgængeligt for planter i naturen. Næringsstoffer er essentielt for planter og vores afgrøders vækst, dog lader det empirisk til at det kunne gå hen og blive en mangelvare i fremtiden.



Forskning viser nogle af de væsentligste plantenæringsstoffer som fosfor, på nuværende tidspunkt er truet og er en begrænset ressource.

Vertical farming er efterhånden en moden teknologi, men stadig ikke en udbredt ting, men teknologien besidder mange fordele og svar på mange af nutidens udfordringer, dog har teknologien også nogle begrænsninger. I dette afsnit vil der blive undersøgt med teknologiens drivkræfter og barrierer, hvilket angiver teknologiens fremtidige muligheder.

### **6.6 Pladsoptimering:**

I en verden med stigende populationstal er et af de fremtidige spørgsmål, hvordan en stabil fødevarerproduktion, som kan brødføde folk på tværs af jorden holdes.

Her mener mange at vertical farming kan være en løsning på udfordringen, da et af målene er at kunne producere mere pr. kvadratmeter, hvilket skyldes etageudnyttelsen. En generel udvikling i verden, er at vi taber agerjords areal, hvilket skyldes industrialisering og urbanisering (Leblanc 2020). Denne udvikling modstrider produktionsbehovet og kræver en alternativ løsning. Vertical farming kan være svaret på denne type problemstillinger, da vertical farming kan etableres i mere eller mindre alle slags klimaer og lokationer, hvilket skaber en stabil produktion af afgrøder på trods af vejr eller andre påvirkningsgrader. En anden fordel er, at der kan etableres vertikale farme eller urbane landbrug i urbaniserede områder, som for eksempel inde i byerne.

Dette kan bidrage til kortere supplerings kæder, da behovet for importerede afgrøder nedsættes, samtidig med en øget friskhed, da produktionen bliver mere lokalt. Import og eksport er et markant fodaftryk på CO<sub>2</sub> udledningen og ville være et relevant område at nedskrive. Et andet markant fodaftryk er det kæmpe spild, som er inden for fødevarerproduktionen, som forhåbentligt kunne påvirkes af lokal produktion og mindre transport.

En anden fordel ved vertical farming er dens etage udnyttelse, som optimerer produktionen pr. kvadratmeter. Her er det muligt at dyrke afgrøder på en effektiviseret måde, hvilket kan være afgørende for fremtidig omstilling. I den valgte case tages der udgangspunkt i Nordic Harvest, hvilket er en af største vertikale farme i Europa. Deres system bygger på en 14 etagers vertikal produktion, som effektiviserer produktionen pr. kvadratmeter. Studier fra USA foretaget af *Dr. Paul Gauthier* en amerikansk plantefysiolog fra *Princeton University, New Jersey* viser lovende effektiviseringer på særlig hvede dyrket på indendørs vertical farms. Studiet tager udgangspunkt i en hektar med 10 etagers hvedeproduktion under indendørs vertikale forhold, hvor de simulere de optimale forhold for kunstigt lys, temperatur og carbon

dioxide mængder. Undersøgelserne viste at vertikale farme kunne producere mindst  $700 \pm 40$  tons pr. hektar og op til  $1940 \pm 230$  tons korn pr. år, hvilket svarer til mellem 220 til 600 gange verdens gennemsnitlige hvedeproduktion, som ligger på 3,2 tons pr. hektar (National Academy of Science 2020).

## 7.1 Ressource / Komparativ analyse:

### Lyskilder

Produktionen af afgrøder afhænger hovedsageligt af planternes vækstforhold, hvor planterne vækstforhold afhænger meget af de rette omgivelser. En afgørende faktor er lys, hvilket er væsentlig for alt liv på jorden grundet fotosyntese. Fotosyntese er hvorved planter udnytter lys fra solenergi til at producere glukose og ilt. Dette gøres ud fra optagelse af vand ( $H_2O$ ) og kuldioxid ( $CO_2$ ). Planter opfanger sollysets energi igennem pigment i deres blade, hvilket også kaldes klorofyl og er det som gør planterne grønne (Klimaleksikon, Fotosyntese, u.d). Planterne absorberer lys med bølgelængderne svarende til blå og rødt, hvor bølgelængder svarende til grønt lys kastes tilbage.

Disse lys egenskaber er netop det vertical farming bygger på at udnytte optimalt, da der via kunstige lys systemer kan skabe særligt gode vækstforhold for afgrøderne. De fleste organiseret vertical farms benytter sig et af 3 forskellige lys systemer:

1. LED belysning
2. HPS-belysning
3. Fluorescerende belysning (CLFs)

Dog er LED belysningen den mest optimale belysning, da der følger mange fordele med.

LED belysningen er den mest effektive belysnings form når det kommer til indendørs dyrkning af afgrøder, hvor CFLs er 50% så effektiv som LED. LED belysningen kan også blive placeret længere væk fra afgrøderne uden at forbruge meget energi, samt varmedannelsen er næsten nul på LED lys (Leblanc, 27/2/2019).

Med udgangspunkt i casen fra Nordic Harvest er der tale om en vertical farm, som benytter LED-lyssystem til at optimere produktionen af deres afgrøder, hvilket består primært af urter og salater. De udnytter afgrødernes klorofyl, hvormed de kun belyser med bølgelængder svarende til blå og rød, da afgrøderne absorberer disse og bruger dem som vækst kriterier. Det kan påstås, at de hos Nordic Harvest prøver at skabe optimale plante forhold, hvilket resultere i en hurtigere og effektiviseret produktion, da der konstant tilføres de rigtige bølgelængder af lys målt ud fra plantens behov i klorofyl. Sammenlignet med konventionelt landbrug, som må benytte sig af naturens solenergi, som ikke er kontrollerbar. Her udsender solen bølgelængder tilsvarende rødt, blå og grønt lys, hvilket også absorberes på samme måde blandt afgrøder på marken. Konventionelt landbrug afhænger som angivet af lysenergi,

hvilket ikke kan kontrolleres, så deres dyrkningsperiode er længere end det kan præsteres ved vertical farming. Dette skyldes de mange faktorer, som påvirker landmandens mark heriblandt nat og vejrforhold. Dog har landmanden en gratis lyskilde ved brug af solenergi, hvor det er en stor ressource hos vertical farms som Nordic Harvest. LED-lys systemer kan være relativt dyre, men dog sikrer farmen et bedre energiforbrug.

## Vand

En anden væsentlig ressource for en optimal plantevækst er vand, som nævnt er vand ( $H_2O$ ) indgående i fotosyntesen og vigtig for udviklingen af glukose og ilt. Vertical farming og konventionel farming har to forskellige tilgange til inddragelsen af vand. Hos landmanden tilføres der vand via vanding eller nedbør, hvor vertical farms kører efter konceptet hydroponik. Hydroponik dyrker afgrøderne uden jord, men i stedet i vand, så en vertikal farm, som Nordic Harvest kan sætte deres afgrøder direkte i næringsholdigt vand, hvilket gør at planterne ikke skal bruge energi på udvindingen af næringsstoffer og opretholde sig selv. Nordic Harvest kan dermed fremme væksten på afgrøderne, hvilket giver mulighed for at høste oftere end den konventionelle landmand.

Landmanden er igen afhængig af vand som naturlig ressource, hvilket består af nedbør og er en gratis ressource. Dog kan landmanden opleve tørre perioder, hvor der ingen nedbør kommer, hvilket kan påvirke afgrøderne og evt. tvinge ud i vanding af markerne. Samlet står landbruget for  $\frac{1}{3}$  del af vandforbruget i Danmark og op til næsten  $\frac{1}{2}$  af vandforbruget i tørre perioder (vandetsvej.dk, u.d). Vandet landmændene bruger er typisk grundvand, som hentes gennem egne borer og sprøjtes udover markerne. Vandressourcen hos landmanden er uden decideret spild, da han benytter sig af nedbør, hvor alt overskydende siver ned og bliver til grundvand. Skulle der opstå nedbørsfattige perioder kan landmanden pumpe vand fra grundvandet, dog medfører det et tab, da mængder af vandet vil gå til fordampning under vanding.

Sammenlignet hævder vertical farms som Nordic Harvest at deres vandforbrug er 95% lavere end ved jordbrug og at de intet udleder til naturen, men at alt vand recirkuleres (Nordic Harvest, vores produktion). Dette vil sige at når vandet har været forbi planterne renses det og tilføres oxygen, så der ikke dannes slim omkring rødder. Tidligere ville verticals farms kunne opleve små tab til fordampning, ligesom under vandingen af marken, da varmen fra lyskilden ledte til små mængder fordampning. Dog har moderne LED-systemer nul varmeproduktion og derfor antages der at de kan levere nul spild (Kjær, 10/6/2020, Techsavvy).

## Næring

Essentielt for planter er også næringsstoffer, som er vigtige for planters livscyklus. Grundstofferne får de gennem fotosyntese og optagelsen af vand, men de resterende næringsstoffer optager planten som uorganiske ioner fra jordvæsken af planternes rødder og fordeles til resten af planten (Thomsen, Husted, Neergaard, 2013, Kapitel 2).

I konventionelt landbrug optager afgrøderne næringsstoffer gennem rodnettet i jorden, her er det en fordel med dybe rodnet, så afgrøderne kan hive næringsstoffer fra dybere jordlag. Konventionelt landbrug har ikke en ressource kilde i næringsstoffer, da næringsstofferne dannes naturligt, samt at resterne fra høst, gødning fra husdyr eller næringsindhold efterladet som fx planteblade, kan frigive en række næringsstoffer. Kigges der på Danmarks konventionelle landbrug har de den fordel, at dansk jord er meget frugtbar og indeholder en masse mineraler, som er rige på en række essentielle næringsstoffer (Thomsen, Husted, Neergaard 2013). Dog kan en ressource for landmænd være gødning, hvilket kan komme i to former *kunstgødning* eller *naturgødning*. Dette bruges ofte til at tilføjer en række næringsstoffer til optimering af plantevæksten. Naturgødningen består af materialer fra levende organismer som fx afføring, kompost eller andre organiske materialer (Faktalink 2018), her er planen at kunne skabe fokus på recirkulation og udnytte biomasse og organisk efterladet til udvinding af næringsstoffer. Kunstgødning er kemisk konstrueret, men har fordel ved at kunne optimere doseringen af næringsstoffer, dog er det en energikrævende process at producere det.

Vertical farming benytter sig af hydroponik, hvilket vil sige optaget af næringsstoffer foregår gennem vandet, som er jordvæsken. Næringsstofferne tilføres direkte i vandet og optages gennem rodnettet. Fordelene her er at de kan præcisere doseringen til optimale omstændigheder for de forskellige afgrøder, samtidig kan det overskydende vand og næring recirkuleres. Dog har det problematiseret bæredygtighedsaspektet, da mange vertical farms benytter kunstgødning til denne næringstilførsel. Kunstgødningen er ressourcemæssigt belastende, da det er en større miljøbelastning og skal tilføres i mængder når recikleringen er lav. Nordic Harvest har dog blandt de først udviklet og implementeret en biogødning til produktionen på deres vertical farm. De benytter rødderne som rest fra høst, som bliver fermenteret med naturlige bakterier og tilsat mineraler (Nordic Harvest,7/12/2020). Biogødningen bliver opvarmet og yderligere koncentreret før den bliver tilsat vandet og kan optages af en ny omgang voksende afgrøder.

En anden tilførsel til afgrøderne er sprøjtegift, hvilket også bliver kaldt pesticider. Dette bliver anvendt i konventionelt landbrug for at bekæmpe uønskede faktorer som insekter, svampe, snegle eller andre skadelige organismer (Faktalink 2018). Sprøjtegift bruges hyppigt i

produktionen af frugt, grøntsager og korn. Dette ender ofte med rester på fødevarerprodukterne, som vi forbruger køber, dog under grænseværdierne opstillet af EU. Forskere mener til gengæld at pesticidresterne er sundhedsskadelige trods antallet er under grænseværdien, hvilket de frygter kan medføre sygdomme som fx lymfekræft og diabetes, samt adfærdsforstyrrelser, svækket intelligens og lavere fertilitet hos kvinder (Faktalink 2018). Desuden har forbruget også negative effekter på natur og miljø, hvor det antages at pesticider kan være en trussel mod økosystemer. Det kan særligt gå ud over bestøvere som sommerfugle, bier og insekter, der bidrager til reproduktionen af planter. Påvirkningen kan også strække sig til fugle, da de lever af insekterne som kan dø af pesticiderne eller indtage pesticide ramte insekter (Faktalink 2018). Vertical landbrug har fordelen at produktionen foregår i indendørs lukkede systemer og i vand Dette betyder de slipper for organismerne, som anses for skadelige, så produkterne er derfor fri for pesticidrester.

### 8.1 Diskussion:

I dette afsnit vil vi på baggrund af undersøgelserne i rapporten, kigge på landbrugets mulige økonomiske gevinst ved en overgang eller øget etableringer, af alternativer som vertical farme eller urbane landbrug. Diskussionen vil afspejle sig ud fra drivkræfter, barrierer og skalerbarhed, samt casen fra Nordic Harvest, interview med Nabo Farm og Henrik Haugaard Nielsen. Her vil der kigges på håndtering, producering og salg af alternativt landbrug. med inddragelse af et fremtidigt tidsperspektiv som bevæggrund til værdi antagelse i Dansk økonomi.

Landbrugssektoren er i konstant forandring, som er et resultat af den bæredygtige udvikling vi som samfund arbejder intensivt på at fremme. Vores måde at tænke cirkulært i hele vores økonomi sætter nye standarder for væksten i landet. Dertil muligheder for teknologier som vertical farming til at have større indflydelse på den samlede BNP for Danmark. I vores interview med Henrik Haugaard Nielsen (personlig kommunikation, 25. maj, 2021, tid: 16:30...18:00 min) omtales det hvordan den økonomiske model i Danmark er fejlagtig, da det økonomiske fokus ligger mere fastsat på boligkøb, gadgets og fornøjelser. Dette sætter et enormt pres på fødevarerproduktionen, samt den bæredygtige udvikling fremmer behovet for en sundere og større kvalitet i fødevarer. Dette er især problematisk, da forbrugerene stadig forventer minimeringer på prissætningen af fødevarer.

Vi mener, at dette scenarie kan komme til livs ved en ændring af den økonomiske model, så prioriteringen foreligger på større niveau af fødevarerproduktionen. Et yderligere fokus på etablering af vertical farming og ændring af den økonomiske model, vil der være incitament

for at producere fødevarer billigere og sundere. Effekten af dette vil også kunne mærkes på andre områder. Henrik Haugaard Nielsen forklarer nemlig hvordan vi også står i en sundhedskrise og store mængder penge bliver brugt på sygepleje. I regnskab lavet for 2018 fremtræder det, at der omtrent bruges 120 milliarder på sundhedsområdet årligt (Danske Regioner, 2018) Så hvis vi tager udgangspunkt i Nordic Harvest beskrivelse af deres produkt;

*Vores produkter er produceret lokalt og udmærker sig ved at have mere smag, større næringsværdi og længere holdbarhed end traditionelt producerede salater og krydderurter. Og lige så afgørende: Vi bruger hverken kunstgødning, gensplejsning, sprøjtemidler eller andre giftige kemikalier i vores produktion (Nordic Harvest, 2021)*

Vil dette kunne danne grundlag for en større del af befolkningen træffer det sunde valg når det kommer til fødevarer. Og dermed mener vi, at en ændring i forbrugskulturen vil bidrage til en større besparelse på sundhedsområdet.

Alternativer til fødevarerproduktion er et stigende marked, hvilket særligt også gælder vertical farming. Markedsværdi antagelsen er i dag beregnet til omkring 2 milliarder USD, men med en prognose på 12.04 milliarder USD i år 2026 (Fortune Business Insight 2020). Dette marked fokuserende på mega trenden med alternativ produktion, anser vi som gavnlig for dansk BNP med udgangspunkt i virksomheder som Nordic Harvest. Hvis der opstilles et scenarie hvorpå markedsværdien er 6 gange så høj, kunne evt. værdi, lægges i firmaet som kunne udvide produktionen. Dette kunne også realisere målsætningen om etablering af vertikale farme i Finland, Sverige og Norge. Nordic harvest producere årligt 1000 ton grønt og krydderurter, hvor Danmarks samlede forbrug ligger på 20.000 ton med import. De hævder at et areal svarende til 20 fodboldbaner vil kunne dække Danmarks samlede behov og gøre import unødvendig. Deres vision er også at kunne udvide til produktion af bær og rodfrugter. Det vil sige at på et areal svarende til 0,00033% af Danmark, ville en vertical farm kunne dække det samlede grønt og krydderurter behov, hvilket kunne gavne Danmark økonomisk, da vi importerer for omkring 4.82 milliarder og eksportere for 3 milliarder om året alene på økologiske varer (Dansk Statistik 2019).

Dog beskæftiger Nordic Harvest og Nabo Farm kun med salater og krydderurter, da det primært giver mening at dyrke disse hurtige afgrøder, som kan høstes ofte og trives optimalt under de vertikale omgivelser. Vertical farming bidrager derfor med korte værdikæder, da der ikke er langt fra produktionen til aftager, hvilket giver profit. (Henrik Haugaard Nielsen, personlig kommunikation, 25. maj, 2021, tid: 7:20...8:15 min). På samme måde understreger Nordic Harvest og Nabo Farm fordelene med lokal produktion, som styrker CO<sub>2</sub> udledning gennem mindre transport, men også øget friskhed på produktet. Henrik pointerer hvordan

nuværende fokus er meget på globale værdikæder inden for fødevarersektoren, hvilket også presser vertical farming. Vertical farming bygger blandt andet på idéen om lokal produktion og bekæmpelse af lange transport strækninger af vare, hvilket gør op med de globale værdikæder og møder derfor en udfordring om modtagelsen. Vi anser at konceptet kan ramme ind i udfordringen med evt. eksport og om det giver mening for deres markedsstrategier, da dette ville karambolere med deres vision om CO<sub>2</sub> reduktionen på transport.

### 9.1 Konklusion:

I dette afsnit konkluderes der på baggrund af problemformuleringen:

*“Hvordan kan teknologisystemet vertical farming, bidrage til en bæredygtig udvikling i dansk landbrug?”*. Rapportens formål har først og fremmest været at analysere de teknologiske systemer, der er indlejret i vertical farming. Vertical farming består af mange teknologiske komponenter, som er blevet belyst i rapporten. Med fokus på de teknologiske forudsætninger for vertical farmings operative system, er der indgået en gennemgående analyse af dets komponenter, hydroponiske systemer, næringsstoffer, vækstmedier og lyskilder, der har klargjort vertical farmings teknologiske systems sammensætning.

Vertical farming er et pladsbesparende teknologisk system til at dyrke afgrøder vertikalt, fremfor horisontalt som konventionelt landbrug. Det kan konkluderes på baggrund af rapporten, at vertical farming har mange miljøvenlige fordele og kan på den måde bidrage til en bæredygtige udvikling i dansk landbrug. De miljømæssige fordele er vandbesparelse, den lokale produktion og ingen brug af pesticider og agerjord.

Det kan ydermere konkluderes, at konceptet vertical farming er en innovativ og lovende teknologi, der på sigt har potentiale til at blive en vigtig aktør inden for landbruget som helhed. I det nuværende landskab er der dog barrierer, der forhindrer vertical farming i at kunne operere på samme skala som det konventionelle landbrug. På nuværende tidspunkt er vertical farming stadig udfordret på punkter som økonomiske omkostninger, finansiel støtte og diversiteten i afgrøderne.

Vi vurderer dog, at vertical farming i en ikke så fjern fremtid vil kunne gå ind og ændre på normerne inden for landbrug. Etablering af vertical farming er stadig relativt nyt, og vi må antage at teknologien vil udvikle sig markant i løbet af den nærmeste fremtid. Tager vi yderligere i betragtning, og fokuserer på den bæredygtige udvikling der stræbes efter i både FN og EU samt kaldet på nye innovationer inden for bl.a. landbrugssektoren. Vi vil mene det er sandsynligt, at der vil ses en øget støtte til nye teknologier på området. Her mener vi, at

vertical farming er den teknologi, der giver de bedste muligheder for at opnå den bæredygtige udvikling samfundet søger efter. Dette med tanke på at udfylde de udarbejdede verdensmål opsat af FN samt de opsatte målsætninger omkring et klimaneutralt EU i 2050.

### **Perspektivering:**

Vertikalt landbrugs dyrkelse og jord frie hydroponiske systemer er ikke et nyt fænomen. Dertil at vores resultater i denne opgave bygger på at denne type landbrug kan indgå positivt i den bæredygtige udvikling. Derfor vil vi godt videreføre denne viden til en samfundsmæssig kontekst, samt påpege hvilke problematikker, der skal ændres i fremtiden. Vi har valgt at perspektivere til økologisk landbrug og dens beslutning om ikke at antage vertikalt landbrug, som et økologisk dyrket landbrug.

Landsforeningen for økologisk landbrug har følgende vision for deres arbejde;

*“ Økologisk Landsforening arbejder for en verden, der tænker og handler økologisk – til glæde for mennesker, dyr og vores jord” (Økologisk Landsforening, 2021)*

Dertil har landsforeningen tilsluttet sig 4 økologiske grundprincipper, udarbejdet af bæredygtighedsorganisationen IFOAM:

**“Sundhedsprincippet** arbejder med en tæt sammenhæng mellem menneskers sundhed og økosystemernes sundhed - sund jord skaber sunde fødevarer, der giver sunde dyr og mennesker”.

**“Økologiprincippet** bygger på levende, naturlige økologiske systemer og kredsløb. Økologisk jordbrug samarbejder med systemerne og kredsløbene, efterligner dem og hjælper med at bevare dem”.

**“Retfærdighedsprincippet** sikrer, at økologisk produktion sker retfærdigt og under hensyn til det fælles miljø, fairness, livsvilkår og ansvar for den fælles verden både mellem mennesker og deres forhold til andre levende væsener”.

**“Forsigtighedsprincippet** drager ansvar for at beskytte nuværende og fremtidige generationers sundhed og trivsel, samt drager omsorg for miljøet”. (Økologisk Landsforening, 2021)

Disse grundprincipper lægger sig tæt på funktionaliteten af vertikalt landbrugssystem, som bygger deres koncept ud fra miljøskånende principper. Dertil at sikre en cirkulær struktur, som fremmer de lokale værdikæder og tilbyder sunde alternativer. Dette vil ligeledes resultere i en fremtidig beskyttelse af mennesker, dyr og jordklode. Alligevel møder innovationer som



vertikalt landbrug udfordringer, da anerkendelsesprocessen for økologi er forskruet i forhold til moderne landbrug. Dette mener vi kan være en relevant faktor på salg, da forbrugerne ofte forbinder 'ø-mærket' med gode og sikre råvare, hvilket moderne initiativer ikke kan tilegne sig. Derfor skal funktionen af 'ø-mærket' og dens kontrolpunkter, nytænkes så vi kan opnå bredere anerkendelse af nye innovative teknologier i landbrug.

### 10.1 Litteraturliste:

AEM. (31. marts 2020). VERTICAL FARMING: HOW PLANT FACTORIES STACK UP AGAINST FIELD AGRICULTURE. *AEM*, s. 1. Fundet d.

15/04/2021:<https://www.aem.org/news/vertical-farming-how-plant-factories-stack-up-against-field-agriculture>

Agriitecture. (2020). Europe's biggest vertical farms to be established in Denmark. *agriitecture*, s. 1. Fundet d.

15/04/2021:<https://www.agriitecture.com/blog/2020/11/12/europes-biggest-vertical-farms-to-be-established-in-denmark>

Bæredygtigt Landbrug. (2021). *Om os*. Bæredygtigt Landbrug Fundet d. 15/04/2021 på:  
<https://baeredygtigtlandbrug.dk/om-os/>

Boje P. T. (2021) Komparativ metode:[https://denstoredanske.lex.dk/komparativ\\_metode](https://denstoredanske.lex.dk/komparativ_metode)

Bryman, A. (2015) *Social Research Methods*. Oxford: Oxford University Press, Incorporated.

Danielsen, M (2018). Faktalink. Gødning og sprøjtegift. Fundet d. 2/6/2021 på:  
<https://faktalink.dk/godning-sprojtegift>

Danmarks Naturfredningsforening. (2017). *Sådan ligger landet – tal om landbruget 2017*.

Danmarks Naturfredningsforening og Dyrenes Beskyttelse. Fundet d. 15/04/2021 på:  
<https://www.ft.dk/samling/20171/almdel/MOF/bilag/281/1858307.pdf>

Danmarks Statistik (2017). *Statistisk Årbog 2017*. Danmarks Statistik. Fundet d. 15/04/2021 på:  
<https://www.dst.dk/Site/Dst/Udgivelser/GetPubFile.aspx?id=22259&sid=staa>

Danske Regioner (2018) Regnskab. Fundet d. 2/6/2021 på:  
<https://www.regioner.dk/aftaler-og-oekonomi/oekonomisk-styring/regnskab>

Dansk Statistik, (2019). Import og eksport af økologiske fødevarer. Fundet d. 2/6/2021 på:<https://www.dst.dk/da/Statistik/emner/erhvervslivet-paa-tvaers/oekologi/import-og-eksport-af-oekologiske-foedevarer>

De la Rosa-Rodriguez, R. (2019). Water and fertilizers use efficiency in two hydroponic systems for tomato production. *Horticultura brasileira*, s. 1-6. Fundet d. 28/05/2021 : [https://www.researchgate.net/figure/Open-and-closed-hydroponic-systems-Mexico-Academic-Unit-of-Agronomy-Autonomous\\_fig1\\_340316106](https://www.researchgate.net/figure/Open-and-closed-hydroponic-systems-Mexico-Academic-Unit-of-Agronomy-Autonomous_fig1_340316106)

De Vries, M. (2016). *Teaching about technology: An introduction to the philosophy of technology for non-philosophers*. Springer, kapitel 2: Technological artifacts, s. 11-21

Den Danske Ordbog. (opdateres løbende). *Agerjord*. Fundet d. 31/05/2021 på:<https://ordnet.dk/ddo/ordbog?query=agerjord>

Den Store Danske. (2013). *Incitament*. Fundet d. 02/06/2021 på:<https://denstoredanske.lex.dk/incitament>

Den Store Danske. (2020). *industrialisering*. Fundet d. 01/06/2021 på:<https://denstoredanske.lex.dk/industrialisering>

Den Store Danske. (2020). *klorofyl*. Fundet d. 02/06/2021 på:<https://denstoredanske.lex.dk/klorofyl>

Despommier, D. (2010). *The vertical farm : feeding the world in the 21st century* . Thomas Dunne Book

Europa-kommissionen (u.å). *2050-strategien på lang sigt*. Fundet d. 15/04/2021 på:[https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2050\\_da#tab-0-0](https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2050_da#tab-0-0)

Europa-Kommissionen (BREF). (Oktober 2006). Reference Document on Best Available Techniques for the Manufacture of Large Volume Inorganic Chemicals – Ammonia, Acids and Fertilisers. *Europa-Kommissionen (BREF)*, s. 1-13. Fundet d. 03/06/2021 : <https://mst.dk/media/94118/AAF%20DA%20draft%20renset.pdf>

European Commission (2018). *A Clean Planet for all*. Fundet d. 15/04/2021 på:<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52018DC0773>

Faktalink. (2018). *Biodiversitet*. Fundet d. 31/05/2021 på:<https://faktalink.dk/biodiversitet>

Faktalink. (2018). *Urbanisering*. Fundet d. 02/06/2021 på:<https://faktalink.dk/urbanisering>

Folketinget. (2020). *EU's klimamål*. Folketinget. Fundet d. 15/04/2021 på:<https://www.eu.dk/da/temaer/klima-og-groen-omstilling/eus-klimamaal>

Folketinget (opdateres løbende). *EU's klimamål*. Fundet d. 15/04/2021 på:<https://www.eu.dk/da/temaer/klima-og-groen-omstilling/eus-klimamaal>

Fortune Business insights (2020). Vertical Farming Market to Rise at 24.8% CAGR till 2026; Growing Demand for Efficient Crop Produce Will Contribute to Market Growth. Fundet d. 2/6/2021 på:<https://www.globenewswire.com/news-release/2020/06/04/2043699/0/en/Vertical-Farming-Market-to-Rise-at-24-8-CAGR-till-2026-Growing-Demand-for-Efficient-Crop-Produce-Will-Contribute-to-Market-Growth-says-Fortune-Business-Insights.html>

Fundet d. 02/06/2021 : [https://aktuelnaturvidenskab.dk/fileadmin/Aktuel\\_Naturvidenskab/nr-5/AN5-2019-phosphor-udfordring.pdf](https://aktuelnaturvidenskab.dk/fileadmin/Aktuel_Naturvidenskab/nr-5/AN5-2019-phosphor-udfordring.pdf)

Futuretimeline.net (2020) Vertical farming of wheat: up til 600 times greater yield. Fundet d. 31/5/2021 på:<https://www.futuretimeline.net/blog/2020/08/5-vertical-farming-of-wheat-600-times-yield.htm>

Gupta, M. K., & Ganapuram, S. (u.d.). Vertical Farming using information and communication technologies. *Infosys*, s. 1-12. Fundet d. 30/05/2021 på:[https://www.researchgate.net/profile/Sreedhar-Ganapuram/publication/337972941\\_VERTICAL\\_FARMING\\_USING\\_INFORMATION\\_AND\\_COMMUNICATION\\_TECHNOLOGIES/links/5ebcff8792851c11a8678d35/VERTICAL-FARMING-USING-INFORMATION-AND-COMMUNICATION-TECHNOLOGIES.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Sreedhar-Ganapuram/publication/337972941_VERTICAL_FARMING_USING_INFORMATION_AND_COMMUNICATION_TECHNOLOGIES/links/5ebcff8792851c11a8678d35/VERTICAL-FARMING-USING-INFORMATION-AND-COMMUNICATION-TECHNOLOGIES.pdf)

Hansen, O.E. & Søndergaard, B. (2014) *Sustainable Transition*.

Hebsgaard, T. (2020). Hvis klimakampen blev ført an af denne mand, så ville alle mennesker bo i byer om 50 år. *Zetland*, s. 1. Fundet d. 15/04/2021 på:<https://www.zetland.dk/historie/sop1m3bB-ae6XddK5-19c83>

HydroPros. (2019). *Hydroponic Systems & What's Right For You*. HydroPros. Fundet d. 30/05/2021: <https://hydropros.com/blogs/growers-corner/6-types-hydroponic-systems>

HTG Supply. (16. November 2017). *Flood and drain (ebb & flow) hydroponics*. HTG Supply. Fundet d. 02/06/2021 : <https://www.htgsupply.com/informationcenter/talking-shop/flood-and-drain-ebb-and-flow-hydroponics/>

Jørgensen, N(2020). *Digital signatur. En eksemplarisk analyse af en teknologis indre mekanismer og processer*.

Kærgård, N. (2017). *Dansk landbrug i fortid, nutid og fremtid*. Djøf-forlag. Fundet d. 15/04/2021 på: [https://www.djoef-forlag.dk/openaccess/samf/samfdocs/2017/2017\\_4/samf\\_2017\\_4\\_2.pdf](https://www.djoef-forlag.dk/openaccess/samf/samfdocs/2017/2017_4/samf_2017_4_2.pdf)

Kalantari F., Mohd Tahir O., Akbari Joni R. og Fatemi E. (2017) *OPPORTUNITIES AND CHALLENGES IN SUSTAINABILITY OF VERTICAL FARMING: A REVIEW*: [https://www.researchgate.net/publication/319248372\\_Opportunities\\_and\\_Challenges\\_in\\_Sustainability\\_of\\_Vertical\\_Farming\\_A\\_Review](https://www.researchgate.net/publication/319248372_Opportunities_and_Challenges_in_Sustainability_of_Vertical_Farming_A_Review)

Kjær, S. (2020). *Markerne flytter indenfor i vertikale landbrug, og det giver oplagte fordele*. Fundet d. 30/5/2021 på: <https://techsavvy.media/markerne-flytter-indenfor-i-vertikale-landbrug-og-det-giver-nogle-oplagte-fordele/>

Kjær, S (10/6/2021) *Markerne flytter indenfor i vertikale farme, og det giver nogle oplagte fordele*. Fundet d. 1/6/2021 på: <https://techsavvy.media/markerne-flytter-indenfor-i-vertikale-landbrug-og-det-giver-nogle-oplagte-fordele/>

Kvale, S & Brinkmann, S. (2009) *Interview, En introduktion til et håndværk*.

Landbrug & Fødevarer. (2021). *Hvad er CO<sub>2</sub>* Fundet d. 02/06/2021 på: <https://lf.dk/viden-om/klima/hvad-er-co2#Hvad%20er%20CO2>

Leblanc, R. (2020). *What you should know about vertical farming*. Fundet d. 31/05/2021 på: <https://www.thebalancesmb.com/what-you-should-know-about-vertical-farming-4144786>

Leblanc, R. (2019). *Growing light for indoor and vertical farming*. Fundet d. 30/5/2021 på: <https://www.thebalancesmb.com/grow-light-options-for-indoor-and-vertical-farming-4147429>

LettUsGrow. (12. Juni 2020). Taking aeroponics back to its roots: The history of aeroponics and why it matters. *LettUsGrow*. Fundet d. 25/05/2021 :

<https://www.lettusgrow.com/blog/history-aeroponics>

Madsen, J. A., & Christiansen, M. H. (2017). Landbrugets Klima Rolle. *moMentum*, s. 1-5.

Fundet d. 14/04/2021:<http://infolink2003.elbo.dk/jordviden/dokumenter/doc/16770.pdf>

Max. (1. Februar 2021). A deep look at aeroponics. *Trees*. Fundet d. 16/05/2021 :

<https://www.trees.com/gardening-and-landscaping/aeroponic>

Miljømærkning Danmark. (2019). *Hvad er bæredygtighed?*. Fundet d. 01/06/2021

på:<https://www.ecolabel.dk/da/forbruger/baeredygtig-livsstil/hvad-er-baeredygtighed>

Miller, S. (2021) Conserve Energi Future. What is vertical farming? Fundet d. 31/5/2021

på:<https://www.conserve-energy-future.com/advantages-disadvantages-vertical-farming.php>

NABO FARM (2021) - OM OS Fundet d. 25/5 på:<https://nabofarm.com/>

NordicHarvest.com (2021) Vores produktion & Visioner. Fundet d. 1/6/2021 på:

<https://www.nordicharvest.com/saadangoervi/produktionen>

Nordic Harvest (2020). Nordic Harvest er klar til at levere bæredygtigt grønt til forbrugerne.

Fundet 1/6/2021 på:<https://www.nordicharvest.com/nyt/nordic-harvest-er-klar-til-at-levere-baeredygtigt-gront-til-forbrugerne>

Nordic Harvest (2020). Vi vil gøre det indlysende at spise bæredygtigt. Fundet d. 1/6/2021

på:<https://www.nordicharvest.com/om/visionen>

Nordic Harvest (2020). Nordic Harvest erstatter kunstgødning med biologisk gødning.

Fundet d. 2/6/2021 på:<https://www.nordicharvest.com/nyt/nordic-harvest-erstatter-kunstgodning-med-biologisk-godning>

*Offgridgorilla*. (2021). *Hydroculture & Hydroponics*. *offgridgorilla*. Fundet d. 02/06/2021

:<https://offgridgorilla.com/off-grid-systems/food/hydroculture-hydroponics/>

Pape Thomsen, R. et al. (2013) Mad til milliarder. Frederiksberg: Det Biovidenskabelige Fakultet, Københavns Universitet.

Planta.dk. (2020). *Hydroponisk Dyrkning*. Fundet d. 01/06/2021  
på:<https://www.planta.dk/shop/hydroponisk-dyrkning-3169p.html>

Reitzel, K., Qu, H., Christensen, M. L., Nielsen, U. G., & Nielsen, P. H. (2019). Den Globale Phosphor udfordring. *Aktuel Naturvidenskab*, s. 1-5. Fundet d. 02/06/2021 :  
[https://aktuelnaturvidenskab.dk/fileadmin/Aktuel\\_Naturvidenskab/nr-5/AN5-2019-phosphor-udfordring.pdf](https://aktuelnaturvidenskab.dk/fileadmin/Aktuel_Naturvidenskab/nr-5/AN5-2019-phosphor-udfordring.pdf)

Sandy, J. (2020). *Deep Water Culture (DWC) Hydroponic System Guide (Nutrients & Setup) for Beginners*. *Constant Delights*, s. 1-1. Fundet d. 31/05/2021  
:<https://constantdelights.com/post/deep-water-culture>

Science.ku.dk (u.d) kapitel 2. Plantenæringsstoffer og jordens frugtbarhed. Fundet d. 1/6/2021 på:[https://www.science.ku.dk/oplevelse-science/gymnasiet/undervisningsmaterialer/boeger/bog\\_mad-til-milliarder/filer/mtm\\_ipad\\_kap2.pdf/](https://www.science.ku.dk/oplevelse/science/gymnasiet/undervisningsmaterialer/boeger/bog_mad-til-milliarder/filer/mtm_ipad_kap2.pdf)

Soilless. (5. Juni 2016). *Types of hydroponics systems*. *Soilless*. Fundet d. 13/05/2021 :  
<http://www.soilless.org/hydroponics/types-hydroponics-systems/>

Senthold Asseng, Jose R. Guarin, Mahadev Raman, Oscar Monje, Gregory Kiss, Dickson D. Despommier, Forrest M. Meggers, and Paul P. G. Gauthier. (11/8/2020) *National Academy of Science*. *Wheat yield potential in controlled-environment vertical farms*

Soto, L. (2020). Picking the Best Growing Medium for Your Hydroponic System. *puregreensaz*. Fundet d. 01/06/2021 :<https://puregreensaz.com/growing-medium/>

Terrafibre. (2020). *As seen in maximum yield: Growing from hemp*. *Terrafibre*. Fundet d. 29/05/2021:<https://terrafibre.ca/as-seen-in-maximum-yield-growing-from-hemp/>

Thomsen, R. Husted, S. Neergaard, A (2013). *Mad til milliarder*. Fundet d. 31/5/2021  
på:[https://www.science.ku.dk/oplevelse-science/gymnasiet/undervisningsmaterialer/boeger/bog\\_mad-til-milliarder/filer/mad-til-milliarder\\_ipad.pdf](https://www.science.ku.dk/oplevelse-science/gymnasiet/undervisningsmaterialer/boeger/bog_mad-til-milliarder/filer/mad-til-milliarder_ipad.pdf)

Thomsen, R. P., Husted, S., & de Neergaard, A. (2013). *Mad til milliarder*. *Institut for Plante- og Miljøvidenskab Det Natur- og Biovidenskabelige Fakultet, Københavns Universitet*, s. 1-

130. Fundet d. 02/06/2021: [https://www.science.ku.dk/oplev-science/gymnasiet/undervisningsmaterialer/boeger/bog\\_mad-til-milliarder/filer/mad-til-milliarder\\_ipad.pdf](https://www.science.ku.dk/oplev-science/gymnasiet/undervisningsmaterialer/boeger/bog_mad-til-milliarder/filer/mad-til-milliarder_ipad.pdf)

UNDP. (2021). *HVAD ER FN'S VERDENSMÅL FOR BÆREDYGTIG UDVIKLING?* Fundet d. 15/04/2021 på: <https://www.verdensmaalene.dk/fakta/verdensmaalene>

United Nations. (2018). The 17 goals. *United Nations*, s. 1. Fundet d. 15/04/2021 :<https://sdgs.un.org/goals>

Vandetsvej.dk. (u.d) Vandforbrug i Landbrug. fundet d. 1/6/2021 på <https://vandetsvej.dk/faglig-viden/vandforbrug/noerdviden/vandforbrug-landbruget>

Videncentret Bolius. (2017). *Hvad er LED-lys?*. Fundet d. 02/06/2021 på: <https://www.bolius.dk/led-lys-i-boligen-19756>

Videnskab.dk (2020). *'Vertical farming' viser potentiale: Skal fremtidens grøntsager dyrkes i højhuse?*. Fundet d. 15/04/2021 på: <https://videnskab.dk/teknologi-innovation/vertical-farming-viser-potentiale-skal-fremtidens-groentsager-dyrkes-i-hoejhuse>

Walz, H. (2019). Agriculture and deforestation. *theecologist*, s. 1. Fundet d. 15/04/2021: <https://theecologist.org/2019/sep/27/agriculture-and-deforestation>

Økologisk Landsforening. (2021). *VÆRDIGRUNDLAG: De fire økologiske principper*. Økologisk Landsforening. Fundet d. 2/6/2021 på <https://okologi.dk/vi-arbejder-for/vaerdigrundlag/>

Økologisk Landsforening. (2021). Fundet d. 2/6/2021 på <https://okologi.dk/>