

# Miljøpositivliste for producentorganisationers driftsfonde til støtteberettigede teknologier til frugt- og grøntsagssektoren 2024

---

Rådgivningsrapport fra DCA – National Center for Fødevarer og Jordbrug

Michael Nørremark<sup>1</sup>, Erik Fløjgaard Kristensen<sup>1</sup>, Martin Jensen<sup>2</sup>, Carl-Otto Ottosen<sup>2</sup>, Antonios Petridis<sup>2</sup>, Thayna Mendanha<sup>2</sup>, Bo Melander<sup>3</sup> og Peter Kryger Jensen<sup>3</sup>.

<sup>1</sup> Institut for Elektro- og Computerteknologi, Aarhus Universitet

<sup>2</sup> Institut for Fødevarer, Aarhus Universitet

<sup>3</sup> Institut for Agroøkologi, Aarhus Universitet

# Datablad

---

Titel:	Miljøpositivliste for producentorganisationers driftsfonde til støtteberettigede teknologier til frugt- og grøntsagssektoren 2024
Forfatter(e):	Seniorrådgiver Michael Nørreremark og akademisk medarbejder Erik Fløjgaard Kristensen, Institut for Elektro- og Computerteknologi, AU. Seniorforsker Martin Jensen, Professor Carl-Otto Ottosen, Tenure Track Adjunkt Antonios Petridis og Post doc. Thayna Mendanha, Institut for Fødevarer, AU. Professor Bo Melander og Seniorforsker Peter Kryger Jensen, Institut for Agroøkologi, AU. Der er angivet forfatter(e) ved de enkelte kapitler.
Fagfællebedømmelse:	Lektor Hanne Lakkenborg Kristensen, Institut for Fødevarer, AU og Lektor, René Gislum, Institut for Agroøkologi, AU.
Kvalitetssikring, DCA:	Specialkonsulent Stine Cecilie Manguard Sarraf, DCA Centerenheden, AU
Rekvirent:	Landbrugsstyrelsen (LBST), Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri (FVM)
Dato for bestilling/levering:	06.02.2024/31.05.2024
Journalnummer:	2023-0481924
Finansiering:	Besvarelsen er udarbejdet som led i "Rammeaftale om forskningsbaseret myndighedsbetjening" indgået mellem Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri (FVM) og Aarhus Universitet under ID nr. 4.12 i "Ydelsesaftale Planteproduktion 2022-2025".
Ekstern kommentering:	Nej.
Eksterne bidrag:	Forud for denne bestilling har LBST indhentet input til miljøpositivlisten fra producentorganisationerne, herunder nye teknologier. Dette materiale modtog AU med bestillingen. I forbindelse med opstart og under udarbejdelse af nærværende rapport, deltog AU forskere og DCA i møder med LBST, hvoraf den endelige miljøpositivliste blev aftalt.
Kommentarer til bestilling:	AU har i 2018 leveret en miljøpositivliste (Sørensen et al., 2018) med tillæg i 2022 (Konnerup et al., 2022). Denne udgave af miljøpositivlisten er en samling af de foregående leverancer, inklusive en opdatering med ny viden, hvor det har været relevant.
Kommentarer til besvarelse:	Rapporten præsenterer resultater, som ved rapportens udgivelse ikke har været i eksternt peer review eller er publiceret andre steder. Ved en evt. senere publicering i tidsskrifter med eksternt peer review vil der derfor kunne forekomme ændringer.
Citeres som:	Nørreremark M, Kristensen, E.F., Jensen M., Ottosen, C.-O., Petridis, A., Mendanha, T., Melander, B., Jensen, P.K. (2024) Miljøpositivliste for producentorganisationers driftsfonde til støtteberettigede teknologier til frugt- og grøntsagssektoren 2024. 86 sider. Rådgivningsrapport fra DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug, Aarhus Universitet, leveret: 31.05.2024.
Rådgivning fra DCA:	Læs mere på <a href="https://dca.au.dk/raadgivning/">https://dca.au.dk/raadgivning/</a>

# Indholdsfortegnelse

<b>Baggrund .....</b>	<b>6</b>
Referencer .....	8
<b>1. Teknologier til energi-reduktion .....</b>	<b>9</b>
1.1 Gardinanlæg til isolering af væksthuse og ikke mobile tunnelhuse .....	9
1.2 Kaloriferer til væksthuse .....	13
1.3 Klimacomputer til dynamisk klimastyring i væksthuse .....	14
1.4 LED-belysning i væksthuse .....	15
1.5 Ukrudtsbrænding med nedsat energiforbrug til frilandsgroentesager .....	16
1.6 Ekstra pigbånd til optager af rodfrugter .....	17
1.7 Bugserede vogne og selvkørende køretøjer med omskiftelad for containere .....	17
1.8 Elektrificerede køretøjer for transport og logistik for lager og i væksthuse .....	18
1.9 Køl/varme/fugt anlæg og opbyggede isolerede rum i eksisterende og nye bygninger til lagring af frugt og grønt samt anlæg til køling af produktionslokaler .....	18
1.10 Udskiftning af delkomponenter og indkøb af nye anlæg (kompressor, fordamper, kondensator mm), i eksisterende køle/klima-anlæg for energioptimering .....	19
1.11 Anlæg til teknologisk forbedring af champignondyrkning: Klimastyring, luft til luft energi ved varmepumpe med ventilatorer og LED lys .....	20
1.12 Komposteringsanlæg for champignondyrkning .....	21
Referencer .....	22
<b>2. Teknologier til reduktion af energiforbrug og CO<sub>2</sub>-udledning .....</b>	<b>24</b>
2.1 Elektriske lastbiler og varevogne til godstransport .....	24
2.2 Elektriske terrængående læssemaskiner, traktorer, autonome køretøjer mm. ....	25
2.3 Energilagring fra solceller, vindmøller og CHP anlæg .....	26
Referencer .....	28
<b>3. Teknologier til næringsstof-reduktion .....</b>	<b>30</b>
3.1 Gødningscomputer og gødningsblander til styring af gødning .....	30
3.2 Recirkulering af gødevand .....	30
3.3 Kompostvender til produktion af kompost .....	31
3.4 Udstyr til placering af gødning i rækkeafgrøder .....	32
Referencer .....	34
<b>4. Teknologier til pesticid-reduktion .....</b>	<b>35</b>
4.1 Radrenser, radrenser med båndsprøjte og redskabsstyring .....	35
4.2 Båndsprøjtning .....	35
4.3 Tunnelsprøjte med recirkulering af sprøjtevæske .....	36
4.4 Sensorafblænding af dyser på tågesprøjter .....	37
4.5 Sensorbaseret ukrudtssprøjte .....	38

4.6 Lugerobot til rækkeafgrøder af grøntsager .....	38
4.7 Autostyring af mekanisk ukrudtsbekæmpelse i grøntsager .....	40
4.8 Ukrudtsbrænder .....	41
4.9 Insektnet.....	42
4.10 Ukrudtsdug .....	43
4.11 Mekanisk ukrudtsbekæmpelse i frugt- og bær-plantager.....	44
4.12 Mekanisk blomsterudtynding i frugttræer .....	44
4.13 Klimastation og software til varsling af sygdomme og skadedyr i frugt- og bær-avl .....	45
4.14 Tunneler .....	46
4.15 Tabletop-systemer og hængende render til dyrkning af bær .....	47
4.16 Markise over frugt og bær .....	48
4.17 Varmtvandsbehandling til forebyggelse af lagerråd .....	48
4.18 Høstmaskine til skånsom høst af bær.....	49
4.19 CA-lager .....	49
4.20 CA-lagringskasser .....	50
4.21 Rensning af pesticidholdigt spildevand.....	50
4.22 Rensning af gødningsvand til recirkulering.....	52
Referencer .....	54
<b>5. Teknologier til vand-reduktion .....</b>	<b>58</b>
5.1 Intelligente vandingskanoner .....	58
5.2 Bom- og drypvandingsudstyr.....	58
5.3 Vandingsindikator/vandstyringsanlæg .....	59
5.4 Recirkulering af vandingsvand .....	60
5.5 Rensning af vaskevand .....	61
Referencer .....	62
<b>6. Teknologier til økologisk produktion .....</b>	<b>63</b>
6.1 Lugerobot til rækkeafgrøder af grøntsager .....	63
6.2 Ukrudtsbrænder .....	64
6.3 Autostyring af mekanisk ukrudtsbekæmpelse i grøntsager .....	64
6.4 Båndsprøjtning.....	65
6.5 Tunnelsprøjte med recirkulering af sprøjtevæske.....	65
6.6 Sensorafblænding af dyser på tågesprøjter .....	66
6.7 Lugevogn .....	66
6.8 Mekanisk ukrudtsbekæmpelse i frugt- og bær-plantager .....	67
6.9 Insektnet og fiberdug .....	67
6.10 Ukrudtsdug .....	68
6.11 Tunneler til dyrkning af frugt, bær og grøntsager .....	69
6.12 Tabletop-systemer og hængende render til dyrkning af bær .....	70
6.13 Løvopsamler til frugtplantager .....	71

6.14	Sorteringsanlæg med NIR-teknologi .....	71
6.15	Varmtvandsbehandling til forebyggelse af lagerråd .....	72
6.16	Gødevandingsudstyr .....	72
6.17	Markiser til beskyttelse mod regn i frugt og bær .....	73
6.18	Tørrings- og køleanlæg med varmegenindvinding .....	74
6.19	Klimastation og software til varsling af sygdomme og skadedyr i frugt- og bær-avl .....	74
6.20	Mekanisk blomsterudtynding i frugttræer .....	75
6.21	Høstmaskine til skånsom høst af bær .....	75
6.22	Bedsystem med faste kørespor .....	76
6.23	CA-lager til frugt og grøntsager .....	76
6.24	CA-lagringskasser til frugt og grøntsager .....	76
6.25	Plante- og såmaskiner med GPS-styret sektionkontrol for pelleret øko-gødning .....	77
6.26	Kompostvender til produktion af kompost .....	77
6.27	Drone .....	78
6.28	Autostyring af radrensersektioner på rad- og bedrenser med stor arbejdsbredde .....	79
6.29	Udstyr til høst og spredning af grøngødning .....	79
6.30	Udstyr for placering af øko-gødningsudtræk og pelleret øko-gødning .....	79
	Referencer .....	81
<b>7.</b>	<b>Teknologier til miljø- og klimavenlig produktion .....</b>	<b>85</b>
7.1	Udstyr til opsamling af halm .....	85
7.2	Mikser til fremstilling af dyrkningssubstrat .....	85
	Referencer .....	86

## Baggrund

LBST har bedt AU om at opdatere den nuværende miljøpositivliste, da denne er udarbejdet i 2018 (Sørensen et al., 2018) med et tillæg i 2022 (Konnerup et al., 2022), og ikke opdateret siden. Der har imidlertid været meget udvikling på området for miljø og klimateknologier. LBST har derfor bestilt AU til at udarbejde en ny rapport "Miljøpositivliste for producentorganisationers driftsfonde til støtteberettigede teknologier til frugt- og grøntsagssektoren", som dokumenterer potentialerne for opnåelige miljøeffekter. LBST har i den forbindelse indhentet input fra producentorganisationerne på eventuelle nye investeringer, der ønskes indeholdt i tilføjelsen. LBST har med rådgivning fra AU vurderet de foreslåede investeringer. AU har derefter dokumenteret potentialerne for de opnåelige klima- og miljøeffekter af investeringerne, som fremgår af denne rapport.

Nærværende rapport giver en oversigt over mulige teknologier som resulterer i et reduceret forbrug på mindst 15 % energi, pesticider eller næringsstoffer, eller mindst 5 % vand i forhold til nu-værende forbrug. Rapporten giver endvidere en oversigt over teknologier som alene fremmer økologisk produktion eller en klima- og miljøvenlig produktion.

Klimaeffekten for energi er angivet i enheden MWh pr ha. Arealet vedrører det areal teknologien har effekt på, det vil sige væksthuseareal eller lagerareal. Reference er det gennemsnitlige årlige energiforbrug i væksthuse for 2017. Forbruget i 2017 var 235 kWh/m<sup>2</sup> jf. omregning af data fra Danmarks Statistik (2021) over opgørelser af energiforbrug og væksthuseareal. Heraf omkring 60 kWh/m<sup>2</sup> i energiforbrug i form af elektricitet i 2017.

Miljøeffekten for næringsstoffer er angivet i enheden kg N pr ha. Arealet vedrører det areal teknologien anvendes på og har effekt på, det vil sige dyrkningsareal i væksthuse eller på friland.

Miljøeffekten for pesticider er angivet i enheden B pr ha hvor B er et udtryk for pesticidbelastningen. Pesticidbelastningen er beregnet på grundlag af viden om de enkelte aktivstoffers miljøegenskaber. Arealet vedrører det areal teknologien anvendes på og har effekt på, det vil sige dyrkningsareal i væksthuse, tunnel eller på friland. Miljøeffekten for de enkelte teknologier for grøntsager er beregnet på baggrund af gennemsnittet af mængden af solgte pesticider over årene 2020 til og med 2022 (Miljøstyrelsen, 2022, 2023, 2024). Miljøeffekten for de enkelte teknologier for frugt og bær er beregnet på baggrund af gennemsnittet af mængden af solgte pesticider over årene 2016 til og med 2017 (Ørum & Holtze, 2017, Ørum & Martensen, 2019). Tabel 1 herunder viser de gennemsnitlige fladebelastninger for relevante kombinationer af afgrøder og plantebeskyttelsesmiddelkategorier, som er anvendt i beregningerne af de enkelte teknologiers standard miljøeffekt under afsnit 4.

Tabel 1: Oversigt over kombinationer af afgrøde- og plantebeskyttelsesmiddelkategorier for årene 2020 til og med 2022. Opgørelserne er udledt på baggrund af salgstal, fladebelastninger og arealanvendelse for afgrødekategorier oplyst i Miljøstyrelsens bekæmpelsesmiddelstatistikker.

	År			
	2020	2021	2022	Gns.
	Fladebelastning, B ha <sup>-1</sup> år <sup>-2</sup>			
Ukrudtsmidler	1,94	1,93	2,52	2,13
Vækstreguleringsmidler	0,02	0,02	0,03	0,02
Svampemidler	1,53	1,96	4,40	2,63
Insektmidler	2,43	1,74	2,29	2,15

Miljøeffekten for vand er angivet i enheden m<sup>3</sup> pr ha. Arealet vedrører det areal teknologien anvendes på og har effekt på, det vil sige dyrkningsareal i væksthuse eller på friland.

For indsatsområderne 'Økologisk produktion' og 'Klima- og miljøvenlig produktion' er der ikke et krav om en miljøeffekt, men at teknologierne øger den økologiske eller den klima- og miljøvenlige produktion.

## Referencer

- Danmarks Statistik (2021). Lavere energiforbrug i væksthuse i 2020. Nyt fra Danmarks Statistik. 28. oktober 2021. Nr. 385. 2 sider.
- Konnerup, D., Nørremark, M., & Jensen, M. (2022). Miljøpositivliste for producentorganisationers driftsfonde til støtteberettigede teknologier til frugt- og grøntsagssektoren 2022. Aarhus Universitet - DCA - Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug. Rådgivningsrapport fra DCA - Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug
- Miljøstyrelsen (2022). Bekæmpelsesmiddelstatistik 2020. Behandlingshyppighed og pesticidbelastning baseret på salg og forbrug. Orientering fra Miljøstyrelsen nr. 54. Januar 2022.
- Miljøstyrelsen (2023). Bekæmpelsesmiddelstatistik 2021. Behandlingshyppighed og pesticidbelastning baseret på salg og forbrug. Orientering fra Miljøstyrelsen nr. 63. Maj 2023.
- Miljøstyrelsen (2024). Bekæmpelsesmiddelstatistik 2022. Behandlingshyppighed og pesticidbelastning baseret på salg og forbrug. Orientering fra Miljøstyrelsen nr. 68. Marts 2024.
- Sørensen, J. N., Ottosen, C.-O., Petersen, K. K., Bertelsen, M. G., Pedersen, H. L., Grevsen, K., Jensen, P. K., Melander, B., & Nørremark, M. (2018). Miljøpositivliste for producentorganisationers drifts-fonde til støtteberettigede teknologier til frugt- og grøntsagssektoren.
- Ørum, J.E., Holtze, M.S. (2017) Bekæmpelsesmiddelstatistik 2016. Behandlingshyppighed og pesticidbelastning baseret på salg og forbrug. Orientering fra Miljøstyrelsen nr 22. December 2017.
- Ørum, J.E., Martensen, K.Ø. (2019) Bekæmpelsesmiddelstatistik 2017. Behandlingshyppighed og pesticidbelastning baseret på salg og forbrug Revideret udgave. Orientering fra Miljøstyrelsen nr. 32. Juni 2019.



# 1. Teknologier til energi-reduktion

*Carl-Otto Ottosen, Martin Jensen og Thayna Mendanha, Institut for Fødevarer, AU*

*Bo Melander, Institut for Agroøkologi, AU*

*Michael Nørremark, Institut for Elektro- og Computerteknologi, AU*

## 1.1 Gardinanlæg til isolering af væksthuse og ikke mobile tunnelhuse

Gardiner i væksthuse har to funktioner. Den ene er afskærmning mod sol (høj lysintensitet), og den anden er energibesparelse om natten. Gardiner anvendes i alle potteplantegartnerier og i stigende omfang i grønsagsgartnerier, da gardiner nu kan foldes effektivt så der ikke skygges. Der er i princippet ikke forskel på væksthuse med glas eller plastdække.

Energibesparelse ved brug af gardiner i væksthuse har været kendt længe, og virkningen af at bruge gardiner er målt i en del forsøg (Andersson, 2011). Energibesparelsen afhænger af det materiale, som gardinerne er fremstillet af, og energibesparelsen opstår gennem påvirkning af tre faktorer:

- Et glasvæksthus har et energitab gennem konvektion, hvor luften i væksthuset afkøles af det kolde glas.
- Et glasvæksthus har et naturligt luftskifte, hvor varm luft siver ud og erstattes med kold luft (marginalt i moderne væksthuse).
- Der sker energitab gennem langbølge-varmestråling fra alle overflader i væksthuset.

Et moderne tunnelhus (typisk med et eller to lag plastfolie) kan **kun** udstyres med gardiner hvis den bærende struktur er solid nok til montage af gardiner, men der vil kun være væsentlige energibesparelser, når temperaturreguleringer er forholdsvis høje – dvs. pga. opvarmning af væksthuset. I langt de fleste tilfælde benyttes plasttunnel til afgrøder, der opbevares køligt og drives til blomstring ved forholdsvis lav temperatur. Der er ikke litteratur der viser at der kan opnås energibesparelser ved gardiner i uopvarmede plasttunneler (både fastlæggende og mobile).

I litteraturen er der stor variation i angivelsen af energibesparelsen ved brug af gardiner, og en af årsagerne kan findes i, at der ikke er taget hensyn til luftskiftet i væksthuset. Ældre væksthuse har ofte et højere naturligt luftskifte pga. utætheder end moderne væksthuse, og luftskiftet reduceres yderligere, hvis der bruges kanalplader eller plastdægge som dækkematerialer i stedet for glas.

Et gardin, som er tæt, dvs. at luften har svært ved at passere igennem materialet, reducerer energitabet ved konvektion. Samtidig er et tæt gardin med til at reducere luftskiftet i væksthuset. Strålingstabet kan reduceres, hvis der bruges et gardin, som indeholder aluminium. Aluminium bruges, fordi det er billigt, og kan fremstilles som en tynd folie, der limes på en plastfilm. Energibesparelsen er derfor afhængig af det gardinmateriale, som anvendes. Yderligere er energibesparelsen afhængig af, hvilken styringsstrategi der anvendes, og om der anvendes mere end ét lag gardiner og graden af gardinets inddækning i kanten. Dette kan være svært eller umuligt i et tunnelhus uden rette vægge.

### ***Gardinmaterialer og energibesparelse***

I litteraturen angives værdier fra 20 til over 40 % i energibesparelse ved anvendelse af gardiner (Dieleman et al. 2006, Bartok, 2016). I nogle tilfælde angives endnu højere energibesparelser, fordi energibesparelsen kun er udregnet for den periode, hvor gardinerne er trukket for. Der er ingen energibesparelse, når gardinerne er trukket fra, hvad de er om dagen, men væksthuset vil fortsat kræve opvarmning. Energibesparelsen angives i nogle tilfælde på årsbasis og i andre tilfælde kun for vinterperioden.

Der findes ingen standard for måling af et gardinmateriales energibesparende effekt, og fabrikanter af gardinmaterialer angiver ikke, hvilken metode de har brugt til fastsættelse af energibesparelserprocenten. Der anvendes nu kun brandhæmmende typer, hvilket vi ikke forventer har praktisk betydning for energibesparelse.

En realistisk værdi for et enkeltlagsgardin er en energibesparelse på 20-30 %, lavest for transparente materialer og højest for gardiner af aluminium, men det afhænger også af antallet af gardinlag kombineret med luftbevægelser i gardinet (Hemming et al 2021). Energibesparelsen stiger med 10 til 15 %, når der installeres et ekstra lag gardiner (Hemming et al 2021).

Et krav, uanset om der er installeret ét eller to lag gardiner for at få den maksimale energibesparelse, er at inddækningen, dvs. dér, hvor gardinet ligger an mod konstruktionen, er tæt. Det løses på forskellig vis, bl.a. ved overlappning og en såkaldt fodpose ved soklen.

Gardinmaterialerne slides ved foldning og ved træksnore og nedbrydes af UV lys, selv i et glasvæksthus. Ved slitage opstår utætheder i gardinmaterialerne, og energiforbruget forøges. Levetiden for et gardinanlæg er erfaringsmæssigt mellem 5 og 7 år. Udskiftning af slidte gardinmaterialer til et andet og mere isolerende materiale vil betyde en lille reduktion i energiforbruget.

### ***Andre gardintyper***

NIR-gardiner er karakteriseret ved at kunne reflektere en del af solens nærinfrarøde (NIR) stråling. Refleksionen opnås ved brug af nanoteknologi, og idéen er at reducere varmebelastning af væksthuset i perioder med høj indstråling. Undersøgelser på Københavns Universitet viser at NIR-gardiner, anvendt som isoleringsgardiner, ikke giver en større energibesparelse end gardiner fremstillet af samme materiale, blot uden NIR-egenskaber, og at deres funktionalitet ikke er tilfredsstillende (Eva Rosenqvist, KU, pers. komm.).

Diffuse gardiner kan i sommerperioden øge produktiviteten. De har som sådan ingen energibesparende effekt, men sikrer en bedre fordeling af lyset, og man kan opnå en bedre vækst i skyggekrævende planter, fordi man kan øge den daglige lyssum (Hohenstein, 2014), men effekten har mindre betydning for lyskrævende planter, som er udbredt i Danmark.

Der er en række gardintyper på markedet, der tillader fugtgennemslip, men det betyder også at deres isoleringsevne er reduceret. Jo tættere membranen er, desto mere isolering. På samme måde som NIR-gardiner er det kun teoretiske data målt på gardinmaterialet, der ligger til grund.

Mørklægningsgardiner bruges i forbindelse med kortdagsbehandling af planter for at inducere blomstring i perioder, hvor den naturlige daglængde er længere end den kritiske daglængde. Mørklægningsgardiner er lystætte gardiner. De har endvidere gode isolerende egenskaber, og kan give en energibesparelse på ca. 30 %, bl.a. fordi de er meget tætte evt. med aluminium.

Der sker kun en reduktion i energiforbruget, når mørklægningsgardinerne er trukket for, og energibesparelsen er målelig i perioder med højt energiforbrug (fra januar til og med april, og fra september til og med december).

Væksthuse kan klassificeres efter deres varmeforbrugstal eller varmeledningsevne (Watt pr. m<sup>2</sup> x Kelvin). Et lavt tal betyder, at der er en god isoleringsevne mod varmetab. Jo højere et varmeforbrugstal, des dårligere er den energitekniske tilstand. Typisk har ældre fritliggende væksthuse et meget højt varmeforbrugstal, mens moderne blokvæksthuse har et mindre varmeforbrugstal. I nedenstående Tabel 2 ses den procentvise energibesparelse ved installation af gardiner i væksthuse med forskellige varmeforbrugstal, afhængig af hvor stor en ændring der efterfølgende sker i varmeforbrugstallet. En realistisk forbedring af varmeforbrugstallet ved installation af gardiner ligger mellem 2-2,5 og afhænger blandt andet af gardinmaterialet og monteringsmetoden.

Tabel 2 Procentvis energibesparelse i perioderne januar – april og september – december ved installation af gardiner i væksthuse med forskellige varmeforbrugstal, ved en sætpunktstemperatur på 20 °C.

Varmeforbrugstal uden gardiner	Varmeforbrugstal med gardiner lukket mellem solnedgang og solopgang			
	4,5	5	5,5	6
6,5	18	13	9	4
7	21	17	13	8
7,5	23	19	16	12
8	26	22	18	15
8,5	27	24	21	17

Ud fra besparelsesprocenterne kan reduktionen i CO<sub>2</sub>-emissionen beregnes ud fra den anvendte energikilde for en given ændring i varmeforbrugstallet (Tabel 3).

Tabel 3. Reduktion i CO<sub>2</sub>-emissionen i kg pr kvadratmeter i perioderne januar – april og september – december, ved ændring i varmeforbrugstallet for et fritliggende væksthuse, ved en sætpunktstemperatur på 20 °C.

Ændring i varmeforbrugstal (W m <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup> )	Fjernvarme	Naturgas	Gasolie	Fuelolie	Kul
0,5	3	5	7	7	9
1,0	6	11	14	15	18
1,5	10	16	21	22	27
2,0	13	21	28	29	36
2,5	16	27	35	37	44
3,0	19	32	42	44	53
3,5	22	38	48	51	62
4,0	25	43	55	58	71

## ***Styring***

Energibesparelsen er afhængig af den styringsstrategi, der bruges, og energibesparelsen stiger med den tid, som gardinerne er trukket for. Normalt styres gardinerne efter lyset og trækkes for sidst på dagen og åbnes igen om morgenen. Energibesparelsen i litteraturen er i langt de fleste tilfælde angivet efter denne simple styringsstrategi (Hemming et al., 2017).

Der kan opnås en yderligere energibesparelse ved at styre gardinerne efter en energibalancemodel eller fremløbstemperaturstyring. De to nævnte styringsstrategier giver en yderligere energibesparelse i størrelsesordenen 10-15 %, set i forhold til styring efter lys.

Brug af flerlagsgardiner (kombinationer af højisolerende gardiner og skyggegardiner) er i mange tilfælde en bedre løsning end et helt lys og fugttæt gardin. Det betyder en bedre udnyttelse af naturligt lys, og en bedre mulighed for at vælge en skyggestrategi, der optimeres året rundt. Det betyder også mindre nedslag af fugt, fordi sprækker i de tætte gardiner betyder en betydeligt lavere temperatur på planter under åbninger i gardinerne. Disse er nødvendige fordi varmen fra installationen af kunstigt lys skal kunne ledes bort.

Generelt er forudsætningen for energibesparelse ved investering i gardininstallationer, at de anvendes sammen med opvarmede væksthuse så meget som muligt, og ikke kun i korte perioder f.eks. ved lave udetemperaturer og at man faktisk justerer klimastyringen i forhold til de nye gardintyper. Derfor kan kombinationen af effektive gardiner og varmepumper mv. til fugtstyring være en god kombination, da gardinerne kan anvendes betydeligt længere tid af året.

## ***Økonomisk effekt***

Det er vanskeligt at sætte en økonomisk effekt på brugen af gardiner. Det skyldes, at gartneriernes varmemeforbrugstal (pris og energikilde) ikke er ens, og inden for et gartneri kan der være forskellige varmemeforbrugstal for hvert væksthuse. Da varmemeforbrugstallet afhænger af væksthushets alder, vedligeholdelsesstand og væksthustype, er det nødvendigt at inddrage denne viden for at kunne skønne den økonomiske effekt.

Et andet forhold som spiller ind både på den økonomiske og miljømæssige effekt er, hvilken energikilde der anvendes i gartneriet. Anvendes kul, er opvarmningsprisen lav, mens miljøpåvirkningen er stor, fordi der dannes meget CO<sub>2</sub> pr produceret energienhed. Bruges naturgas, er opvarmningsprisen højere, mens miljøpåvirkningen er mindre pga. mindre CO<sub>2</sub>-emission (Tabel 3).

Ved installation af et enkeltlagsgardin vil energiforbruget kunne reduceres med ca. 20 % i forhold til et væksthuse uden gardiner. Det forudsætter ændringer i klimastyringen. Energibesparelsen kan øges med 10-15 % hvis der installeres et ekstra lag gardiner. Den årlige miljøeffekt vil således ligge på omkring 53 kWh pr m<sup>2</sup>.

#### Gardinanlæg til isolering af væksthuse med glas eller fastliggende hus med plastdække.

Formål: Energibesparelse ved isolering

Anvendelse: Udplantnings-planter, prydplanter, grøntsager, krydderurter, i opvarmede væksthuse

Teknologi: Ét- eller flerlags-gardiner med eller uden refleksion. Et to-lags gardin består af et normalt isoleringsgardin kombineret med et skyggegardin. Der findes mange typer af gardiner med forskellige kombinationer af aluminium og polyester. Gardinerne skal være ikke-brændbare.

Teknologien er inklusive fodposer til inddækning og gardinstyring (snoretræk og trækmotorer).

Levetid: 5 år for gardinmaterialet

Miljøeffekt: 530 MWh pr ha væksthuseareal pr år ved enkeltlagsgardiner med en energireduktion på 20 %

Miljøeffekt i teknologiens levetid: 2.650 MWh pr ha væksthuseareal

## 1.2 Kaloriferer til væksthuse

Fjernvarme er, som ordet siger, transport af varme over lange afstande. For at opnå bedst mulig energioekonomi i fjernvarme, skal afkølingen på forbrugsstedet være så stor som mulig. Det er bekosteligt at pumpe store mængder varmt vand rundt, hvis afkølingen samtidig er meget lille. Her skal der ses på energiomkostningen til transport af energi i forhold til den forbrugte energimængde hos aftageren. I gartnerier, tilsluttet fjernvarme, er varmebladen i væksthuse forøget for at kunne maksimere nedkølingen. En yderligere nedkøling kan ske ved brug af kaloriferer eller anblæste varmeblader.

Kaloriferer er kendte systemer, men har aldrig fundet anvendelse i gartnerierne. Kaloriferer giver imidlertid mulighed for både en bedre luftfordeling, affugtning og bedre temperaturfordeling i væksthuse (Rosenqvist, KU, pers. med.), men problemet er især at de ikke er velegnede i større væksthusearealer på grund af luftfordelingen. Udstyret er derfor mest relevant i væksthuse mindre end 20 m bredde.

Energiekstraktion fra væksthuse om sommeren muliggør, under forudsætning af høj virkningsgrad, energiforsyning til fjernvarmenettet. Det kræver, at den ekstraherede energi via en varmepumpe kan bringe vandtemperaturen op på 80 °C, før det kan pumpes ud i fjernvarmenettet. Her kan det erstatte varmt vand fra varmecentraler/kraftværksblokke, som om sommeren mest bruges til opvarmning af brugsvand. Der er dog nogle lovgivningsmæssige begrænsninger, som er under ændringer ifm. etableringer af store datacentre i Danmark.

Energiforbruget vil kunne reduceres med ca. 20 % i forhold til gartnerier uden kaloriferer (<http://www.level.org.nz/energy/space-heating/space-heating-energy-sources/>). Det kræver ændringer af klimastrategi og der kan være fugtstyringsgevinster som reducerer energiforbruget. Den gennemsnitlige årlige miljøeffekt vil således ligge på omkring 47 kWh pr m<sup>2</sup> baseret på et middel samlet energiforbrug på 235 kWh pr m<sup>2</sup> (Danmarks statistik, 2021).

#### Kaloriferer til væksthuse

Formål: Øget udnyttelse af fjernvarme

Anvendelse: Udplantnings-planter, prydplanter, grøntsager, krydderurter mv. i væksthuse.

Energiekstraktion er kun til internt energiforbrug (ikke videresalg).

Teknologi: Energiekstraktion med anblæste varmeflader

Levetid: 10 år

Miljøeffekt: 470 MWh pr ha væksthuseareal pr år ved en energireduktion på 20 %

Miljøeffekt i teknologiens levetid: 4.700 MWh pr ha væksthuseareal

### 1.3 Klimacomputer til dynamisk klimastyring i væksthuse

Dynamisk klimastyring baserer sig på en sænkning af sætpunktet for varme og en hævnning af sætpunktet for ventilation, kombineret med lysafhængigt ventilationstillæg og evt. en lysafhængig CO<sub>2</sub>-koncentration. Øget tilførsel af CO<sub>2</sub>, f.eks. ved røggasrensning, er kun relevant i kulturer med høj fotosyntese og ved større indstråling, og giver ingen energibesparelse men højere produktion. Optimal klimastyring betegnes almindeligvis ved optimering af produktionen i væksthuset med hensyn til udbytte, kvalitet og økonomi. Den dynamiske styring forudsætter at væksthuset uanset om det er glas eller plastdækket kan reguleres (aktiv opvarmning, køling ved vinduesåbninger i kip samt CO<sub>2</sub> dosering).

Alle klimacomputersystemer har faciliteter i softwaren til dynamisk klimastyring og skal udstyres med nødvendige sensorer (PAR lysmåler på tag, temperatur, fugtighed og CO<sub>2</sub>). I klimacomputersystemerne er der normalt muligt at lægge modeller "på toppen" af softwaren eller der er indlagt styringsstrategier, men dette er ikke en garanti for yderligere energibesparelse. Der udbydes kommercielle softwarepakker (som InfoGrow) til energibesparende klimaregulering, og klimacomputerfirmaerne tilbyder at tilrette programmer til at opfylde specielle krav.

Alt andet lige, vil en sænkning af sætpunktet for varme give en energibesparelse, fordi den temperaturforskel, som skal opretholdes mellem inde og ude, bliver mindre. Teoretisk set kan en energibesparelse på 25-30 % på årsbasis opnås, hvis sætpunktet for varme sænkes fra 20 til 16 °C, men konsekvensen af en temperatursænkning på plantevæksten kan have stor indflydelse på produktionstiden. En reduktion af sætpunktet kræver en aktiv indsats med klimastyring. Den gennemsnitlige årlige miljøeffekt vil ligge på omkring 80 kWh pr m<sup>2</sup>.

Et forhold med afgørende betydning for klimastyringen er sensorernes kvalitet og kalibrering. Manglende kalibrering af f.eks. luftfugtighedssensorer kan medføre en fejlagtig fugtstyring, eller CO<sub>2</sub>-fejl kan betyde et betydeligt merforbrug på CO<sub>2</sub>.

#### Klimacomputer til dynamisk klimastyring i væksthuse

Formål: Energibesparelse

Anvendelse: Udplantningsplanter, prydplanter, grøntsager, krydderurter i opvarmet væksthuse

Teknologi: Klimacomputer med software til dynamisk klimastyring, inklusive sensorer og arbejdsstation.

En klimacomputer kan styre flere væksthuseenheder.

Levetid: 10 år

Miljøeffekt: 705 MWh pr ha væksthuseareal pr år ved en energireduktion på 30 %

Miljøeffekt i teknologiens levetid: 7.050 MWh pr ha væksthuseareal

## 1.4 LED-belysning i væksthuse

Inden for belysning bruges i større og større omfang lysdioder (LED). Det skyldes at udviklingen inden for lysdioder gjort dem mere og mere energieffektive, og at de i energieffektivitet ligger tæt på højtryksnatriumlamper, hvor mere end 30 % af den tilførte energi bliver omsat til synligt lys.

Et LED belysningssystem kan erstatte højtryksnatriumlamper og andre typer vækstlamper. Systemet er under fortsat udvikling, og der findes en tidligere version, der er installeret i danske gartnerier, og som er valideret ved forsøg på Aarhus Universitet (Ottosen, under udarbejdelse), hvor energibesparelsen er omkring 40 % samlet efter korrektion for merforbrug af varme. DTU/Fotonik har analyseret energiforbruget, eller rettere energieffektiviteten, hvor de traditionelle SONT lamper ligger på 1,6-1,8  $\mu\text{mol}/\text{J}$ , mens de elektroniske ballastlamper med 600 eller 1000 watt er mellem 2,0 og 2,4  $\mu\text{mol}/\text{J}$ . LED-lamper ligger mellem 2,2 og 3,0  $\mu\text{mol}/\text{J}$ . Dette afhænger dog af lyssammensætning i lamperne. De ledende firmaer sælger lamper på markedet med 3,0  $\mu\text{mol}/\text{J}$  eller mere. Man kan dog ikke udelukkende bedømme lamperne på basis af lyseffektivitet, da det dels afhænger af deres spektral- og lysfordeling. Reelt er den mest effektive bedømmelse en vurdering af pris pr micromol på planterne. De mest energieffektive lamper har typisk en meget høj andel af rødt lys.

På nuværende tidspunkt skønnes det at udskiftning af traditionelle SONT lamper (400-1000 W) til LED giver en besparelse på ca. 50 % på el, men der skal afhængigt af plantearter justeres med øget varmetilførsel.

Et gennemsnitligt el-forbrug på ca. 60 kWh/m<sup>2</sup> vil kunne reduceres med ca. 50 % i forhold til el-forbrug til SONT-lamper (Ouzounis et al. 2018; Särkkä et al. 2017). Da LED ikke afgiver så meget varme vil der være behov for en øget varmetilførsel og energireduktionen vil derfor kun være omkring 15 % svarende til en årlig miljøeffekt på omkring 9 kWh pr m<sup>2</sup>. Dette afhænger dog af kulturens temperaturkrav, så i plantearter der kræver lav temperatur f.eks. salat og de fleste krydderurter vil man kunne opnå den fulde effekt af LEDs potentielle energibesparelse, mens man i tomat/agurk og andre varmekrævende planter vil have en mindre energibesparelse.

### LED-belysning i væksthuse

Formål: Energibesparelse

Anvendelse: Udplantnings-planter, prydplanter, grøntsager, krydderurter i væksthuse

Teknologi: Lysdioder (LED) modeller med mere end 2.5  $\mu\text{mol}/\text{J}$ )

Levetid: 10 år

Miljøeffekt: >90 MWh pr ha væksthuseareal pr år ved en samlet energireduktion på 15 %

Miljøeffekt i teknologiens levetid: 900 MWh pr ha væksthuseareal

## 1.5 Ukrudtsbrænding med nedsat energiforbrug til frilandsgrøntsager

Fremspiret ukrudt kan bekæmpes ved fladebrænding. I den økologiske grøntsagsproduktion er metoden meget almindelig, og anvendes typisk lige før afgrøden spirer frem. Kombineres brændingen med et falsk såbed, der stimulerer mest muligt ukrudt til at spire frem før afgrøden, kan effekten blive ganske høj (Melander & Rasmussen, 2001). I langsomt-spirende kulturer som løg, porre og gulerødder kan der opnås 50-80 % effekt mod ukrudt i rækken, da meget ukrudt vil være spiret frem før afgrøden (Melander & Rasmussen, 2001; Ascard et al., 2007). Fremspiret ukrudt bekæmpes ved en temperatur på 800-900 °C, der opnås under brænderens afskærmning. Gasforbruget er typisk 60-80 kg propangas  $\text{ha}^{-1}$  ved en brænding i hele bredden. Metoden kan også anvendes i majs, hvor der typisk brændes før fremspiring og igen på majsens 3-4 blads-stadie, som sammen med almindelig radrensning udgør den samlede ukrudtsbekæmpelse.

I konventionel grøntsagsproduktion kan ukrudtsbrænding erstatte sprøjtninger udført med f.eks. glyphosat kort før afgrødens fremspiring.

Fra dansk side er der udviklet ny brænderteknologi, som anvender 30-40 % mindre gas end de gængse brændere på markedet, uden at ukrudtseffekten bliver nedsat (undersøgt ved Aarhus Universitet). Teknikken bygger på en bedre afskærmning af brænderen samt en bedre blanding af luft og gas opnået ved luftassistance under brændingen.

Et gasforbrug på 70 kg pr ha svarer til 0,09 kWh pr  $\text{m}^2$  dyrkningsareal. En 35 % nedsættelse af gasforbruget svarer til ca. 0,03 kWh pr  $\text{m}^2$  pr år. Fremkørselshastigheden er 5-6  $\text{km t}^{-1}$ .

### Ukrudtsbrænding med nedsat energiforbrug

Formål: Energibesparelse

Anvendelse: Udsåede frilands-grøntsager og majs

Teknologi: I forhold til gængse ukrudtsbrændere opnås omkring 35 % energireduktion ved en bedre afskærmning af brænderen samt en bedre blanding af luft og gas opnået ved luftassistance under brændingen

Levetid: 10 år

Miljøeffekt: 0,32 MWh pr ha pr år

Miljøeffekt i teknologiens levetid: 3.2 MWh pr ha



## 1.6 Ekstra pigbånd til optager af rodfrugter

En optager med ekstra pigbånd/rensesystem kan under visse forhold øge kapacitet og nedbringe uønsket mængde jord ved høst af rodfrugter. Miljøeffekten opnås derved ved reduceret transport af jord fra marken til lager/forarbejdning. Pigbånd, længere vandring, og roterende pigge lige efter optagning er alt sammen en forbedring for frarensning af jord, plantetop and andet uønsket materiale.

Hvis der sammenlignes med 10 år gamle optagere, er der sket en stor forbedring. Frarensningsprocenten er afhængig af jordens tekstur, jordfugtighed og rodfrugtart, og varierer derfor meget, men anslås sandsynligvis over 15 % set i forhold til over 10 år gamle optagere. Det vil sige at der transporteres mindst 15 % mindre jord og andet overflødigt materiale, hvilket reducerer energiforbruget med mindst 15 %.

Ved transport af rodfrugter anvendes ca. 5 L diesel per ha, svarende til 50 kWh/ha. Ved udskiftning af en over 10 år gammel optager vil der derfor kunne spares 7,5 kWh pr ha pr år ved et reduceret forbrug på 15 %.

### Optager med ekstra pigbånd

Formål: Energibesparelse

Anvendelse: Rodfrugter

Teknologi: Pigbånd, længere vandring, og roterende pigge lige efter optagning frasorterer jord mm, som derfor ikke skal transporteres fra mark til lager / forarbejdning

Levetid: 10 år

Miljøeffekt: 0,0075 MWh pr ha pr år

Miljøeffekt i teknologiens levetid: 0,075 MWh pr ha

## 1.7 Bugserede vogne og selvkørende køretøjer med omskiftelad for containere

En kombination af frakørselsvogn med omskiftelad for containere og landevejstransport med lastbiler kan i visse tilfælde være den mest optimale logistik set i forhold til minimering af energiforbruget. Til vejtransport søger man et dæk med stor bæreevne og en lille rullemodstand for at gøre trækraftbehovet mindre. Dette opnås ved hårdtpumpede og stive dæk som det ses på lastbiler, forhold som ikke er i overensstemmelse med færdsel på marker. Frakørselsvogne kan være udstyret med dækmontering og andet som reducerer marktryk og eventuelt giver mulighed for at køre på marker under fugtige og ugunstige forhold, dels for at afgrøder kan høstes uanset vejrforholdene, og dels fordi frakørselsvognene ikke egner sig til længere landevejstransport på grund af risiko for høj grad af slitage og energiforbrug. Frakørselsvognene fungerer således at lastbilerne leverer containere til marken, hvorefter frakørselsvognene kører rundt med containere som fyldes med f.eks. rodfrugter ved at køre ved siden af optageren. Når containeren er fuld, sættes den af ved markskellet hvor en lastbil afhenter vognene. Herved er det kun frakørselsvognene som belaster marken.

Tilskud gives til alle former for kroghejse- eller andre containervogne, bugserede såvel som selvkørende, med omskiftelad. Traktor og vogn transport på vej forbruger typisk 0,03 l diesel/km/ton (Høy, 2009), mens lastbiltransport forbruger 0,013 l diesel/km/ton (Kjærgaard et al., 2014), dvs. 57 % reduktion. Her antages at der anvendes 5 l diesel pr ha for transport, hvoraf de 3 l anslået går til vejtransport, svarende til 30 kWh/ha. Ved anvendelse af landevejstransport med lastbil i stedet for traktor og vogn vil der med 57 % reduktion kunne opnås besparelse på 9,6 kWh pr ha. Energireduktionen er meget afhængig af afstande og andre forhold for vejtransport hvor en egentlig transportanalyse er nødvendig.

#### Bugserede vogne og selvkørende køretøjer med omskiftlad for containere

Formål: Energibesparelse

Anvendelse: Rodfrugter og andre grøntsager

Teknologi: Alle former for kroghejse- eller andre containervogne, bugserede såvel som selvkørende, med omskiftelad

Levetid: 10 år

Miljøeffekt: 0,0096 MWh pr ha pr år

Miljøeffekt i teknologiens levetid: 0,096 MWh pr ha

## 1.8 Elektrificerede køretøjer for transport og logistik for lager og i væksthuse

Indsatsen vedrører Elektrificering af benzin-/diesel-/gasdrevne køretøjer for lager, transport og logistik i væksthuse og lignende opgaver som kræver lille trækraft. Der vurderes at kunne opnås mellem 30 og 40 % bedre virkningsgrad for elektrificerede køretøjer i forhold til benzin, gas og dieseldrevne køretøjer. I væksthuse med lager m.m. antages et gennemsnitligt forbrug på 2 kWh/m<sup>2</sup> til transport, logistik og lager. Ved en besparelse på 30 % opnås der derfor en miljøeffekt på 0,6 kWh pr m<sup>2</sup>. Det samlede væksthuseareal udgjorde i 2014 ca. 4.321.000 m<sup>2</sup> (Dansk Gartneri, 2017).

#### Elektrificerede køretøjer for transport og logistik for lager og i væksthuse

Formål: Energibesparelse

Anvendelse: Kørsel på lager og i væksthuse

Teknologi: Elektrificering af benzin-/diesel-/gasdrevne køretøjer

Levetid: 10 år

Miljøeffekt: 6 MWh pr ha pr år

Miljøeffekt i teknologiens levetid: 60 MWh pr ha

## 1.9 Køl/varme/fugt anlæg og opbyggede isolerede rum i eksisterende og nye bygninger til lagring af frugt og grønt samt anlæg til køling af produktionslokaler.

Korrekt opbevaringstemperatur er den mest effektive metode til at forlænge holdbarheden og kvaliteten af frisk frugt og grønt efter høst. Optimal køling giver mindre spild og svind, og virkningen af køl afhænger af produkt, modenhed, håndtering og behandling før køl. Den længste holdbarhed efter høst og under håndtering opnås generelt ved at opbevare frisk frugt og grønt ved en så lav temperatur som muligt, forudsat at produktet ikke er kuldefølsomt. (Edelenbos et al., 2010). Energiforbruget til køling af fødevarer er betydeligt og udgør 1 % af den samlede udledning af drivhusgasser på verdensplan (Amber et al., 2018). Ifølge en undersøgelse af kølerum ligger gennemsnitsenergiforbruget på 65,1 kWh pr m<sup>3</sup> pr år (Evans et al., 2014). Ved en højde på 5 m i et typisk kølerum til frugt og grønt giver det et energiforbrug på 325,5 kWh pr m<sup>2</sup> pr år. Energiforbruget varierer, og værdierne har derfor en vis usikkerhed og afhænger af flere faktorer og primært isolering, klima (ydre temperatur) og køleteknologi (kompressorer, ventilatorer, kølemiddel, ventiler og computerstyring), og der kan opnås betydelige reduktioner i energiforbrug ved at opgradere til de nyeste teknologier (Ambaw et al., 2021; Brito et al., 2014). Det vurderes, at energiforbruget vil kunne reduceres med 30 % ved anvendelse af et køleanlæg med de nyeste teknologier i forhold til et anlæg af

ældre dato. Det reducerede energiforbrug ved kølingen kan således reduceres med 97,7 kWh pr m<sup>2</sup> årligt svarende til 977 MWh pr ha.

Køl/varme/fugt anlæg og opbyggede isolerede rum i eksisterende og nye bygninger til lagring af frugt og grønt samt anlæg til køling af produktionslokaler.

Formål: Energooptimeret optimal lagring af frugt og grønt

Anvendelse: Frugt og grøntsager

Teknologi: Installation med køleteknologi inkluderende nyeste isolering, kompressorer, ventilatorer, kølemiddel, sensorer, befugtningsanlæg og computerstyring

Levetid: 10 år

Miljøeffekt: 977 MWh pr ha pr år ved en samlet energireduktion på 30 %

Miljøeffekt i teknologiens levetid: 9770 MWh pr ha

### 1.10 Udskiftning af delkomponenter og indkøb af nye anlæg (kompressor, fordampere, kondensator mm), i eksisterende køle/klima-anlæg for energioptimering

Udskiftning af delkomponenter i køleanlæg er baseret på de samme principper som beskrevet under teknologi 1.1. I en større undersøgelse af muligheder for at forbedre energiforbruget i kølerum i seks europæiske lande (Belgien, Bulgarien, Danmark, Italien, Schweiz og Storbritannien) blev det fundet, at der gennemsnitligt kunne opnås reduktioner i energiforbrug på 21-28 % ved at forbedre og udskifte komponenter i eksisterende anlæg (Evans et al., 2014). Det vurderes, at energiforbruget vil kunne reduceres med 25 % ved at udskifte delkomponenter i eksisterende anlæg af ældre dato eller ved nyindkøb af anlæg. Det reducerede energiforbrug ved kølingen kan således reduceres med 81,4 kWh pr m<sup>2</sup> årligt svarende til 814 MWh pr ha. Ældre anlæg har typisk større volumen af kølemidler og dermed mere omkostningstunge i vedligehold og visse typer har for stort kølemiddelvolumen.

Køl/varme/fugt anlæg og opbyggede isolerede rum i eksisterende bygninger til lagring af frugt og grøntsager

Formål: Energooptimeret optimal lagring af frugt og grøntsager

Anvendelse: Frugt og grøntsager

Teknologi: Udskiftning af delkomponenter og indkøb af nye anlæg inkluderende isolering, kompressorer, ventilatorer, kølemiddel, sensorer, befugtningsanlæg og computerstyring

Levetid: 10 år

Miljøeffekt: 814 MWh pr ha pr år ved en samlet energireduktion på 25 %

Miljøeffekt i teknologiens levetid: 8140 MWh pr ha

## 1.11 Anlæg til teknologisk forbedring af champignondyrkning: Klimastyring, luft til luft energi ved varmepumpe med ventilatorer og LED lys.

Champignon dyrkes primært på en kompostet blanding af hestegødning/kyllingegødning og halm. Dyrkningen foregår i flere faser, som hver kræver monitoring og styring for at få optimalt udbytte (Grimm & Wösten, 2018). Første fase er komposteringen, hvor blandingen af dyregødning og halm placeres i lange rækker for at kompostere, og temperaturen stiger til 70-80°C som følge af den høje mikrobielle aktivitet. Under processen er det vigtigt at have den optimale pH-værdi, kvælstofmængde og iltning. Komposten bliver luftet for at sikre ilt til mikroorganismene, og processen tager 3-10 dage, afhængig af hvor effektivt den styres. Anden fase foregår i tunneler, hvor komposten pasteuriseres ved at blæse luft igennem, temperaturen varieres mellem 45-60°C for at dræbe uønskede svampesporer og bakterier, og til sidst fjernes den fordampede ammoniak ved, at luften passerer en scrubber med svovlsyre. Denne fase tager typisk 5 dage. Dernæst nedkøles komposten, og de ønskede svampesporer tilsættes og blandes med komposten, som efterfølgende ligger i 20 dage ved 25°C for at blive til svampencæringssubstrat. I tredje fase overføres næringssubstratet så til dyrkningskamre, hvor dyrkningen i moderne systemer optimeres ved at monitere og kontrollere temperatur, luftfugtighed og CO<sub>2</sub> koncentration med computerstyring. På toppen af substratet lægges et lag af dækjord, som typisk er en blanding af spagnum, kalk og vand. Efter 14-21 dage er champignonerne klar til at blive høstet, og der kan høstes 2-3 hold svampe i et substrat. Efter dyrkning rengøres kamrene ved 70°C og det steriliserede substrat kan bruges som gødning eller til jordforbedring (Robinson et al., 2019). Selve champignondyrkningen i kamrene kan styres optimalt med et moderne anlæg, hvor energiforbruget samtidig reduceres ved brug af nye varmepumper, ventilatorer, vanding, LED lys og computerstyring (Zisopoulos et al., 2016). Derudover indgår den forudgående kompostering som en integreret del af processen, da en god kompostering giver mere ensartet svampevækst, bedre kvalitet af svampe og højere udbytte pr areal. Energiforbruget ved champignondyrkning afhænger af mange faktorer (Zisopoulos et al., 2016), men et tidligere studie er kommet frem til en værdi på 880 kWh per m<sup>2</sup> svampedyrkningsareal (Warwick & Park, 2007). Med de nyeste systemer i f.eks. Holland er flere teknologier blevet indført for at reducere energiforbruget. Det drejer sig bl.a. om computerstyring og mere energieffektive varmepumper og ventilatorer (Buth, 2017). Der indgår mange teknologier, og der er derfor usikkerhed om en præcis værdi af den samlede effekt, men det vurderes, at energiforbruget vil kunne reduceres med 25 % ved anvendelse af et anlæg med de nyeste teknologier i forhold til et system af ældre dato. Energiforbruget i champignondyrkning kan således reduceres med 220 kWh pr m<sup>2</sup> årligt svarende til 2200 MWh pr ha.

### Anlæg til champignondyrkning: Klimastyring, luft til luft energi ved varmepumpe med ventilatorer og LED lys

Formål: Energoptimeret optimale dyrkningsrum for champignondyrkning

Anvendelse: Champignondyrkning

Teknologi: Anlæg med de nyeste teknologier til champignondyrkning.

Levetid: 10 år

Miljøeffekt: 2200 MWh pr ha pr år ved en samlet energireduktion på 25 %

Miljøeffekt i teknologiens levetid: 22000 MWh pr ha

## 1.12 Komposteringsanlæg for champignondyrkning

Ved dyrkning af champignon er fremstilling af kompost bestående af husdyrgødning og halm en integreret del af processen., Kompostering er den grundlæggende proces, hvorved organisk materiale omdannes til et substrat egnet til svampedyrkning. Svampekompstanlæg kræver temperaturkontrol og pasteuriseringsteknologier for at sikre optimale forhold for kompostproduktion. Temperatur, luftfugtighed og ventilation reguleres omhyggeligt ved hjælp af passende teknologi. Kommercielt produceret svampekompst gennemgår en tofaset komposteringsproces: Fase I indebærer kompostering under åben himmel med organiske råmaterialer, mens fase II foregår under kontrollerede forhold for at pasteurisere komposten og fjerne ammoniak dannet under fase I. Disse metoder forbedrer ikke kun effektiviteten, men giver også substrater med højt næringsstofindhold og reduceret indhold af uønskede stoffer, hvilket resulterer i højere svampekvalitet. Det vurderes, at det reducerede energiforbrug ved opgradering til nyeste kompostteknologi med styring af især ventilation vil være 20 % svarende til en årlig miljøeffekt på 176 kWh per m<sup>2</sup> svarende til 1760 MWh pr ha.

### Anlæg til fremstilling af kompost til champignondyrkning

Formål: Energoptimeret fremstilling af kompost

Anvendelse: Champignondyrkning

Teknologi: Anlæg med ventilatorer, blæsere og kompostvending.

Levetid: 10 år

Miljøeffekt: 1760 MWh pr ha pr år ved en samlet energireduktion på 20 %

Miljøeffekt i teknologiens levetid: 17600 MWh pr ha

## Referencer

- Ambaw, A., Fadji, T., & Opara, U. L. (2021). Thermo-mechanical analysis in the fresh fruit cold chain: A review on recent advances. *Foods*, 10(6), 1357.
- Amber, K., Ahmad, R., Aslam, M., Kousar, A., Usman, M., & Khan, M. S. (2018). Intelligent techniques for forecasting electricity consumption of buildings. *Energy*, 157, 886-893.
- Andersson, N. E. (2011). Energy saving in greenhouses can be obtained by energy balance-controlled screens. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B — Soil & Plant Science*, 61(2), 176-182.  
<https://doi.org/10.1080/09064711003691926>
- Ascard J, Hatcher PE, Melander B, Upadhyaya MK 2007. Thermal Weed Control. Chapter 10 in *Non-Chemical Weed Management: Principles, Concepts and Technology* (Editors: MK Upadhyaya & R E Blackshaw). CAB International ([www.cabi.org](http://www.cabi.org)), Wallingford (UK), 155-175.
- Bartok, J.W. (2016) Energy and Shade Screen Systems for Greenhouses. Center for Agriculture, Food, and the Environment UMass Extension Greenhouse Crops and Floriculture Program.  
<https://ag.umass.edu/greenhouse-floriculture/fact-sheets/energy-shade-screen-systems-for-greenhouses>. Webside besøgt 03-05-2024.
- Bernal, M. P., J. A. Albuquerque and R. Moral (2009). Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment. A review. *Bioresource Technology* 100(22), 5444-5453
- Brito, P., Lopes, P., Reis, P., & Alves, O. (2014). Simulation and optimization of energy consumption in cold storage chambers from the horticultural industry. *International Journal of Energy and Environmental Engineering*, 5(2), 1-15.
- Buth, J. (2017). The Mushroom Industry in the Netherlands. *Edible and Medicinal Mushrooms: Technology and Applications*, 197-209.
- Dansk Gartneri (2017) Tal om Gartneriet.  
<http://danskgartneri.dk/~media/danskgartneri/publikationer/tal-om-gartneriet/tal-om-gartneriet1-2017.pdf?la=da>. Siden sidst besøgt 23/3-2018.
- Dieleman, J.A., Marcelis, L.F.M., Elings, A., Dueck, T.A., Meinen, E. (2006) Energy Saving in Greenhouses: Optimal Use of Climate Conditions and Crop Management. *Acta Hort* 718, 203-209. DOI: 10.17660/ActaHortic.2006.718.22
- Edelenbos, M., Kidmose, U., & Berthelsen, M. (2010). Udredning af hvordan kvalitet og holdbarhed af frisk frugt og grønt påvirkes af alder og anvendte metoder efter høst. Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet - Aarhus Universitet.
- Evans, J., Hammond, E., Gigiel, A., Foster, A., Reinholdt, L., Fikiin, K., & Zilio, C. (2014). Assessment of methods to reduce the energy consumption of food cold stores. *Applied Thermal Engineering*, 62(2), 697-705.
- Grimm, D., & Wösten, H. A. (2018). Mushroom cultivation in the circular economy. *Applied microbiology and biotechnology*, 102(18), 7795-7803.
- Hemming, S., Baeza, E., Mohammadkhani, V., van Breugel, B. (2017) Energy saving screen materials - Measurement method of radiation exchange, air permeability and humidity transport and a

- calculation method for energy saving. UR GTB Tuinbouw Technologie. Wageningen Report nr. GTB-1431, 92 pp. <http://edepot.wur.nl/409298>. Downloaded 03-05-2024.
- Hemming, S., Zwart, F. de, Mohammadkhani, V., Raaphorst, M. Breugel, B. van, Baeza, E. (2021) Wet Screens : Characterization of the physical properties of wet screens and quantification of their effect on energy use in greenhouses. Report/Stichting Wageningen Research, Wageningen Plant Research, Business Unit Greenhouse Horticulture. WUR GTB Tuinbouw Technologie. Wageningen Report nr. WPR-1099, 64 pp. <https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/fulltext/558268>. Downloaded 03-05-2024.
- Hohenstein, J.A. (2014). Diffuse light for better plants. *Grower Talks* 78(8).  
<http://www.ballpublishing.com/GrowerTalks/ViewArticle.aspx?articleid=20729>
- Høy, J.J. (2009) Energiforbrug ved transport og jordbearbejdning. *FarmTest Maskiner og Planteavl* nr. 109
- Kjærgaard, I., Støckler, M., Mortensen, H., Sørensen, C.G., Tybirk, K. (2014) Modelværktøj: Biomasse fra marken til værket. *DCA Rapport*, bind. 50, DCA - Nationalt center for fødevarer og jordbrug.
- Melander, B., Rasmussen, G. (2001). Effects of cultural methods and physical weed control on intrarow weed numbers, manual weeding and marketable yield in direct-sown leek and bulb onion. *Weed Research* 41, 491-508.
- Ouzounis, T., Gebraegziabher, H. G., Kjær, K. H., & Ottosen, C.-O. (2018). LED or HPS in ornamentals? A case study in roses and campanulas. *European Journal of Horticultural Science*, 83(3), 166-172. <https://doi.org/10.17660/eJHS.2018/83.3.6>
- Robinson, B., Winans, K., Kendall, A., Dlott, J., & Dlott, F. (2019). A life cycle assessment of *Agaricus bisporus* mushroom production in the USA. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 24(3), 456-467.
- Särkkä, L.E., Jokinen, K., Ottosen, C.O., Kaukoranta, T. (2017) Effects of HPS and LED lighting on cucumber leaf photosynthesis, light quality penetration and temperature in the canopy, plant morphology and yield. *Agricultural and Food Science* 26, 102-110, <https://doi.org/10.23986/afsci.60293>.
- Warwick, H., & Park, N. (2007). AC0401: Direct energy use in agriculture: opportunities for reducing fossil fuel inputs. University of Warwick, Warwick.
- Zisopoulos, F. K., Ramírez, H. A. B., van der Goot, A. J., & Boom, R. M. (2016). A resource efficiency assessment of the industrial mushroom production chain: The influence of data variability. *Journal of Cleaner Production*, 126, 394-408.

## 2. Teknologier til reduktion af energiforbrug og CO<sub>2</sub>-udledning

*Michael Nørremark, Institut for Elektro og Computerteknologi, AU*

Mange maskiner og udstyr til væksthushortneri, frilandsgartneri, frugt og bær, samt planteskoler forbruger fossilt brændstof. Der er de senere år markedsført teknologier som kan reducere forbruget af fossilt brændstof og som er relevante for gartnerisektoren. De følgende afsnits effekt på CO<sub>2</sub> udledning er baseret på nyere svenske artikler (Gustafsson et al., 2021ab). Artiklerne beskriver en undersøgelse som analyserer transportsektorens energiforbrug og CO<sub>2</sub> ækv. emissioner ved at foretage en bred sammenligning af drivmidler for forskellige tunge køretøjers forbrugsmønstre. Well-to-wheel (WTW) CO<sub>2</sub> ækv. emissioner for bl.a. drivlinjer med elektriske motorer, motorer for komprimeret biometan fra biogasanlæg, sammenlignes med dieselmotorer for tunge køretøjer. I modelberegningerne indgik alle rafinaderi- og biogas processer fra oprindelse, naturressourcer, supply chain, batterilevetid, strømforbrug for processerne m.m. (Gustafsson et al., 2021ab). Med udgangspunkt i Energistyrelsens korrigerede CO<sub>2</sub> emission pr. solgt kWh el på 211 g CO<sub>2</sub>/kWh i 2020 (Energistyrelsen, 2022) viser de svenske modelberegninger at komprimeret biometan fra biogasanlæg, som brændstof for tunge køretøjer, reducerer WTW CO<sub>2</sub> emission med ca. 90 %, og for elektrificering af de samme typer af køretøjer er reduktionen ca. 65 %. Disse reduktionspotentialer er i overensstemmelse med modelberegninger foretaget af European Commissions science and knowledge service (Prussi et al., 2020). Reduktionspotentialerne falder i takt med at CO<sub>2</sub> emissionen pr kWh for elektricitet stiger (Gustafsson et al., 2021a).

### 2.1 Elektriske lastbiler og varevogne til godstransport

Indsatsen vedrører gartnerierne egen transport af varer til/fra pakkeri, til/fra mark m.v. Elektriske lastbiler og varevogne er de seneste par år blevet markedsført.

Elektriske lastbiler har for nuværende typisk en rækkevidde på 200-400 km på en opladning (Gudmundsson, 2021). Elektriske motorer udnytter energien minimum 40 % bedre end for dieselmotorer (~ tank-to-wheel (TTW) efficiency) (Huang & Zhang, 2011; Cunanan et al., 2021; Gudmundsson, 2021). Brændstoføkonomi for lastbiler kan beregnes vha. <http://gronberegner.teknologisk.dk/>. En mellemstor lastbil med en totalvægt på 30 tons fuldt lastet har et brændstofforbrug på ca. 3 km/l diesel ved normal fragtkørsel over kortere distancer. For en nyttelast på 24 tons resulterer brændstofforbruget i 0,014 l/ton/km. Det samlede væksthushusareal for produktion af salat, agurk og tomat udgjorde i 2020 75,5 ha og den totale produktion af salat, agurk og tomat fra danske væksthushortnerier udgjorde samme år 28.110 tons (Danmarks Statistik).

Den årlige produktion af salat, agurk og tomat, transporteres af lastbiler fra væksthushortnerier til sortering/pakkeri/detailhandel i et omfang som, i miljøeffektberegningerne, samlet set antages at være 50 km i gennemsnit pr. ton afgrøde. Ved den forbedrede energiudnyttelse ved elektriske lastbiler og varevogne på minimum 40% opnås der derfor en miljøeffekt på ca. 1.116 kWh pr ha pr år set ift. fortsat godstransport af salat, agurk og tomat fra væksthushortnerier med dieseldrevne lastbiler og varevogne. Det



samlede areal for produktion af frugt, bær og grønt, på friland, udgjorde 17.791 ha i 2020, ifølge Danmarks Statistik.

Den samlede produktion af frugt, bær og grønt på friland udgjorde samme år 312.730 tons (Danmarks Statistik). Den årlige produktion af frugt, bær og grønt transporteres af lastbiler fra mark/kølerum til sortering/pakkeri/detailhandel i et omfang som, i miljøeffektberegningerne, samlet set antages at være 50 km i gennemsnit pr. ton afgrøde. Ved den forbedrede energiudnyttelse ved elektriske lastbiler og varevogne på minimum 40% opnås der derfor en miljøeffekt på ca. 49 kWh pr ha pr år, set ift. fortsat godstransport med dieseldrevne lastbiler og varevogne. Ved at overgå fra dieseldrevne lastbiler og varevogne til elektriske køretøjer, forventes det at reducere CO<sub>2</sub> udledningen med ca. 90% som nævnt indledningsvist, dog afhængig af CO<sub>2</sub> ækv. emissioner pr kWh for elektricitet.

#### Elektriske lastbiler og varevogne til godstransport

Formål: Energibesparelse

Anvendelse: Godstransport til/fra pakkeri, til/fra mark, grossist m.m.

Teknologi: Elektriske lastbiler og varevogne

Levetid: 8 år

Miljøeffekt: 1,17 MWh pr ha pr år ved en samlet energieffektivisering på 40 %

Miljøeffekt i teknologiens levetid: 9.32 MWh pr ha (friland- plus væksthuseareal)

## 2.2 Elektriske terrængående læssemaskiner, traktorer, autonome køretøjer mm.

Elektrificerede køretøjer for transport og logistik for lager og i væksthuse er beskrevet under 2018 rapportens (Sørensen et al., 2018) afsnit 1.13. Dette afsnit omhandler elektrificerede terrængående køretøjer for anvendelse på marker og andre områder hvor der ikke er fast grund. Dette afsnit omhandler derfor elektrificering af benzin-/diesel-/gasdrevne terrængående køretøjer, som er relevant primært for gartnerier med produktion på friland og sekundært for andre gartneriproduktioner hvor terrængående egenskaber er nødvendige. Der vurderes at kunne opnås minimum 40% bedre virkningsgrad (~ TTW efficiency) for elektrificerede køretøjer i forhold til benzin, gas og dieseldrevne køretøjer. For dyrkning af afgrøder på friland indgår der opgaver som kræver trækraft der passer til markedsførte elektriske traktorer, såsom let harvning, såning, sprøjtning/mekanisk ukrudtsbekæmpelse, gødskning (granulat) m.m. Disse opgaver tilsammen udgør ca. 16 l diesel pr ha pr år (Dalgaard et al. 2005, Halberg et al., 2002), som omregnet med en faktor 10.96 kWh pr l diesel svarer til 175 kWh pr ha pr år. Det samlede areal for gartnerier med produktion på friland, af frugt og bær, samt for planteskoler udgjorde i alt 24.990 ha i 2021 (Danmarks Statistik, 2022).

Læsning og håndtering med læssemaskiner af typerne minilæssere, mindre gummigeder (<5 tons) og teleskoplæssere i 2004 for byggeri- og anlægssektoren forbrugte disse typer af maskiner gennemsnitlig 39.199 kWh pr maskine pr år, udledt af Winther og Nielsen (2006). Det svarer til at en læssemaskine forbruger 5 l diesel pr time og en årlig anvendelse og drift på 778 timer. I 2021 blev der registreret i alt 512 gartnerier (gartnerier og friland, frugt og bær og planteskoler) (Danmarks Statistik, 2022). I effektberegningerne antages at hver bedrift anvender en eller anden form for terrængående læssemaskine, men hvor den årlige anvendelse udgør 70 % af omfanget i byggeri- og anlægssektionen. Dette svarer til ca. 560 kWh pr ha pr år i gns. for de nævnte typer af gartnerier.

Ved den forbedrede energiudnyttelse ved terrængående elektriske læssemaskiner, traktorer og autonome køretøjer på minimum 40% opnås der derfor en miljøeffekt på 224 kWh pr ha per år set ift. fortsat anvendelse af dieseldrevne typer af de ovennævnte køretøjer.

Ved at overgå fra dieseldrevne til elektriske køretøjer forventes det at reducere CO<sub>2</sub> udledning med ca. 90% som nævnt indledningsvist, dog afhængig af CO<sub>2</sub> ækv. emissioner pr kWh for elektricitet.

Fuld elektriske terrængående læssemaskiner, traktorer, autonome køretøjer mm.

Formål: Energibesparelse

Anvendelse: Grøntsager, frugt, bær, og andre gartneriafgrøder på friland

Teknologi: Elektriske terrængående køretøjer til læsning, håndtering og dyrkning af afgrøder

Levetid: 8 år

Miljøeffekt: 0,224 MWh pr ha pr år

Miljøeffekt i teknologiens levetid: 1,80 MWh pr ha frilandsgartneri

### 2.3 Energilagring fra solceller, vindmøller og CHP anlæg

Teknologien er energilagringssdelen af hybride systemer som består af termiske akkumuleringstanke med elpatroner og/eller batterier ifbm. energilagring fra hybriddelene solcelleanlæg, vindmøller, elforsyningsnettet, og/eller lokalt varme plus strømproduktionsanlæg (CHP-anlæg). Hybride systemer giver højere selvforsyningsgrad og tillader lagring af varmeenergi for at fordele energiforbruget i nettet. I Danmark er det meget aktuelt at kunne udnytte lavlast energiperioder pga. den reducerede elpris til opvarmning af akkumulatoranke eller belysning eller vælge den mest økonomiske kombination af el-energikilder.

Liao et al (2019) undersøgte de økonomiske fordele og livscyklusanalyse ved et hybrid system bestående af solpaneler og energilagring baseret på batterier. Det blev konkluderet, at værdien af det hybride system med en optimeret konfiguration var højere end værdien af solpaneler alene. Et hybridssystem øger også muligheden for at ventilere og køle (lukkede) væksthuse hvorved forbruget af CO<sub>2</sub> reduceres. Også mulighed for at reducere mængden af plantebeskyttelsesmidler er til stede, fordi der ingen skadegørere kan komme ind i de mere lukkede væksthuse ifbm. ventilation og køling med energi fra de alternative energikilder og lagring.

Et modelstudie for et ca. 10 ha stort Venlo-type væksthuse i Ontario, Canada har analyseret effekten af to subsystemer (Naghibi et al., 2021). Subsystemerne bestod dels af solceller integreret med varmepumper til opvarmning af vand i buffertanke og anvendelse af varme fra tankene til opvarmning af væksthuset (ST), og dels solpaneler, invertere og regulatorer koblet til de elektriske installationer og batterienheder á 2.568 kWh (PV-BES) som blev dimensioneret til at strømforsyne fra 6 og op til 10 timer. Venlo-type væksthuset havde en tagrendehøjde på 5,5 m og en taghældning på 25 grader, hvori der blev produceret peberfrugter. Resultatet viste at PV-BES systemet kunne reducere det årlige strømforbrug med 51%, mens ST systemet kunne dække 36 % af det årlige varmeforbrug (Naghibi et al., 2021). Buffertanke og batterier til henholdsvis lagring af varme og elektricitet fra CHP-anlæg kan have en effekt på at øge væksthuseplanternes CO<sub>2</sub> optag (Ridder et al., 2021).

I 2020 var det årlige strømforbrug i danske væksthuse 56 kWh pr m<sup>2</sup>, og det årlige energiforbrug til opvarmning ca. 232 kWh pr m<sup>2</sup> (Dansk Gartneri, 2022). Med udgangspunkt i resultaterne opnået i Naghibi et al. (2021) vil den årlige reduktion være 112 kWh pr m<sup>2</sup> pr år i gennemsnit for danske væksthuse.

Som nævnt ovenfor vil et PV-BES system kunne reducere det årlige strømforbrug med op til 51 %. Et PV-BES system tilsluttet solcellepark, vindmølle eller anden vedvarende energikilde vil også være relevant i forhold til strømforsyning af køl/varme/fugt anlæg og opbyggede isolerede rum i bygninger til lagring af frugt og grønt (se afsnit 1.1 for teknisk beskrivelse af disse). I afsnit 1.1 antages et strømforbrug på gennemsnitlig 325,5 kWh pr m<sup>2</sup> pr år for et typisk kølerum til frugt og grønt med en højde på 5 m. Antages at et PV-BES system kan levere op til 51% af elektriciteten til disse rum med køl/varme/fugt anlæg vil bidraget fra vedvarende energikilder være op til 166 kWh pr m<sup>2</sup> pr år.

Energilagring fra solceller, vindmøller og CHP anlæg

Formål: Energibesparelse

Anvendelse: Væksthusgartneri

Teknologi: Termisk energilagring fra solcelleanlæg og vindmøller. Lagring af energi/varme samt genanvendelse af CO<sub>2</sub> fra CHP anlæg ved hjælp af akkumulatortank og elpatroner.

Levetid: 10 år

Miljøeffekt: 2.780 MWh pr ha væksthuseareal plus rumareal for køl/varme/fugt anlæg pr år ved en vurderet mulig energireduktion på op til 51% og 36 % for henholdsvis PV-BES og ST hybridssystemerne.

Miljøeffekt i teknologiens levetid: 27.800 MWh pr ha

## Referencer

- Alamia, A., Magnusson, I., Johnsson, F., Thunman, H. (2016) Well-to-wheel analysis of bio-methane via gasification, in heavy duty engines within the transport sector of the European Union. *Applied Energy* 170, 445-454. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.02.001>.
- Berglund, M., Börjesson, P. (2006) Assessment of energy performance in the life-cycle of biogas production. *Biomass and Bioenergy* 30, 254- 266. DOI: 10.1016/j.biombioe.2005.11.011.
- Börjesson, P., Lantz, M., Andersson, J., Björnsson, L., Fredriksson Möller, B., Fröberg, M., Hanarp, P., Hulteberg, C., Iverfeldt, E., Lundgren, J., Røj, A., Svensson, H., & Zinn, E. (2017). Methane as vehicle fuel – a well to wheel analysis (METDRIV). The Swedish Knowledge Centre for Renewable Transportation Fuels. [http://f3centre.se/sites/default/files/f3\\_2016-06\\_borjesson\\_et\\_al\\_final\\_170111.pdf](http://f3centre.se/sites/default/files/f3_2016-06_borjesson_et_al_final_170111.pdf)
- Cunanan, C., Tran, M.-K., Lee, Y., Kwok, S., Leung, V., Fowler, M. (2021) A Review of Heavy-Duty Vehicle Powertrain Technologies: Diesel Engine Vehicles, Battery Electric Vehicles, and Hydrogen Fuel Cell Electric Vehicles. *Clean Technol.* 3, 474-489. <https://doi.org/10.3390/cleantechnol3020028>
- Dalgaard, T., Dalgaard, R., Nielsen, A. (2002). Energiforbrug på økologiske og konventionelle landbrug. *Grøn Viden Markbrug* 260.
- Danmarks Statistik (2022). Statistikbanken. [www.statistikbanken.dk](http://www.statistikbanken.dk)
- Dansk Gartneri (2022) Tal om Gartneriet 2022. <https://danskgartneri.dk/publikationer/publikationer/tal-om-gartneriet>
- Energistyrelsen (2022) Danske nøgletal fra 2020 for udviklingen i produktion og forbrug af energi, vedvarende energi, vindkraft, kraftvarme, energiintensitet og CO<sub>2</sub>-udledning. <https://ens.dk/service/statistik-data-noegletal-og-kort/noegletal-og-internationale-indberetninger>
- Gudmundsson, H. (2021). Dekarbonisering af vejgodstransport – Lastbiler. Vol. 27 No. 1: Proceedings from the Annual Transport Conference at Aalborg University. <https://doi.org/10.5278/ojs.td.v27i1.6174>
- Gustafsson, M., Svensson, N., Eklund, M., Moller, B.F. (2021a) Well-to-wheel climate performance of gas and electric vehicles in Europe. *Transportation Research Part D – Transport and Environment* 97, 102911. DOI10.1016/j.trd.2021.102911
- Gustafsson, M., Svensson, N., Eklund, M., Moller, B.F. (2021b) Well-to-wheel greenhouse gas emissions of heavy-duty transports: Influence of electricity carbon intensity. *Transportation Research Part D – Transport and Environment* 93, 102757. 10.1016/j.trd.2021.102757
- Halberg, N., Dalgaard, R., & Rasmussen, M. D. (2006). Miljøvurdering af konventionel og økologisk avl af grøntsager: Livscyklusvurdering af produktion i væksthuse og på friland: Tomater, agurker, løg, gulerødder. Miljøstyrelsen. Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen Nr. 5
- Hannukainen, P., & Åman, R. (2017) Biomethane as tractor fuel: Opportunities for customer, manufacturer or climate. In *Land.Technik AgEng 2017: Agricultural Engineering Conference*. VDI Verlag GmbH. VDI-Berichte Vol. 2300, 355-365. <https://doi.org/10.51202/9783181023006-355>
- Huang, W.-D., Zhang, Y.-HP. (2011) Energy Efficiency Analysis: Biomass-to-Wheel Efficiency Related with Biofuels Production, Fuel Distribution, and Powertrain Systems. *PLoS ONE* 6(7): e22113. doi:10.1371/journal.pone.0022113

- Liao, Q., Zhang, Y., Tao, Y., Ye, J., Li, C. (2019) Economic analysis of an industrial photovoltaic system coupling with battery storage. *Int J Energy Res.* 43: 6461– 6474. <https://doi.org/10.1002/er.4482>
- Moghaddam, E.A., Ahlgren, S., Hulteberg, C., Nordberg, AA. (2015) Energy balance and global warming potential of biogas-based fuels from a life cycle perspective. *Fuel Process. Technol.* 132, 74–82.
- Naghibi, Z., Ekhtiari, S., Carriveau, R., Ting, D-K. (2021) Hybrid solar thermal/photovoltaic-battery energy storage system in a commercial greenhouse: Performance and economic analysis. *Energy Storage.* 2021; 3:e215. <https://doi.org/10.1002/est2.215>
- Ridder, F., van Roy, J., de Schutter, B., Mazairac, W. (2021) An exploration of shared heat storage systems in the greenhouse horticulture industry. *Energy* 235,121425. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.121425>
- Prussi, M., Yugo, M., De Prada, L., Padella, M., Edwards, R. (2020) JEC Well-to-Wheels report v5: Well-to-Wheels analysis of future automotive fuels and powertrains in the European context (No. EUR 30284 EN), JRC Technical reports. JRC.
- Winther, M., Nielsen, O.-K. (2006). Fuel use and emissions from non-road machinery in Denmark from 1985–2004 – and projections from 2005–2030. Environmental Project No. 1092. <https://www2.mst.dk/udgiv/publications/2006/87-7052-085-2/pdf/87-7052-086-0.pdf>

## 3. Teknologier til næringsstof-reduktion

*Martin Jensen, Thayna Mendanha, og Carl-Otto Ottosen, Institut For Fødevarer, AU*

### 3.1 Gødningscomputer og gødningsblander til styring af gødning

I produktionen af potteplanter er det almindeligt at bruge avancerede vand- og gødningsblandere koblet til gødningscomputere og bagvedliggende beslutningsstøtteværktøjer til at sikre, at gødningstilførslen er så præcis som mulig i forhold til at opnå den ønskede vækst og kvalitet. Det vurderes, at der i andre dele af gartnerierhvervet hvor typiske frilandskulturer rykker ind under beskyttede forhold i tunnel, plasticus eller glashus, er behov for teknologi til bedre styring af gødningstilførslen svarende til det er i dag foregår i potteplanteproduktionen. Hvor der ikke allerede er installeret avancerede gødningsblandere og gødningscomputere forventes en sådan investering at kunne reducere forbruget af næringsstoffer med ca. 20 % (Evans and Sadler, 2008). Der vil også kunne opnås en mindre reduktion (ca. 10 %) i forbruget af næringsstoffer ved at udskifte dosatroner med gødningscomputere.

I væksthushproduktionen af 1) tomat og agurk, 2) andre grøntsager, bær og potteplanter, og 3) udplantningsplanter og planteskolekulturer anvendes typisk henholdsvis 3000, 1000 og 300 kg N pr ha.

#### Gødningscomputer til styring af gødning

Formål: Reduceret forbrug af næringsstoffer

Anvendelse: Tomat, agurk, andre grøntsager, krydderurter, frugt, bær og udplantningsplanter og pryddplanter i væksthush og på containerplads

Teknologi: Gødningsblander og computer med software til dosering af gødningsopløsning

Levetid: 10 år

Miljøeffekt: 600, 200 og 60 kg N pr ha pr år ved et reduceret N-forbrug på 20 % i henholdsvis 1) tomat og agurk i væksthush, 2) andre grøntsager, frugt og bær i væksthush og tunnel, og 3) udplantningsplanter i væksthush eller på containerplads

Miljøeffekt i teknologiens levetid: 6.000, 2.000 og 600 kg N pr ha i henholdsvis 1) tomat og agurk i væksthush, 2) andre grøntsager, frugt og bær i væksthush og tunnel, og 3) udplantningsplanter i væksthush eller på containerplads

### 3.2 Recirkulering af gødevand

I produktionen af væksthushgrøntsager er det almindeligt at recirkulere gødevandet, og supplere med de næringsstoffer, der er i underskud. Traditionelt er produktionen af planteskoleplanter foregået i marken som barrodsplanter, men gennem de seneste 30-40 år er produktionen rykket mere over i potter, som dyrkes på bede, på specielt indrettede containerpladser eller i væksthush (Purvis et al., 2000). Især er formeringsfasen af planteskoleplanter rykket ind i væksthuse. For at begrænse forbruget af vand og næringsstoffer vil det derfor være hensigtsmæssigt at bruge tætte borde og anlæg til recirkulering af gødevand. Ved produktion i bunden af væksthush eller udendørs vil anlæg af støbte dyrkningsunderlag muliggøre recirkulering af gødevand, som kan tilføres enten via dryp eller ebbe-flod vanding. Det vurderes at der kan spares mindst 15 % næringsstoffer ved recirkulering.

Frugt-, bær- og visse grøntsagskulturer dyrkes også i stigende grad i plasttunnel, plasticus og glasdækket væksthush. Her gælder de samme forhold som anført for planteskolekulturer, som rykker ind i væksthush, og

at der vil kunne spares mindst 15 % vand og næringsstoffer, ved at indføre teknologi til recirkulering. I frugt- og grønsagskulturer, hvor der dyrkes i bunden af tunnel eller væksthuse, er det nødvendigt at dyrke i render hvorpå dyrkningssække, trug eller potter placeres med henblik på opsamling af drænvand. Det er dog meget vigtigt at disse recirkuleringsteknologier kobles til teknologier til rensning af gødevandet for sygdomsfremkaldende organismer og teknologi til styring af gødning (måling af de vigtigste næringsstoffers niveau og gødningscomputere til at dosere supplerende mængder af næringsstoffer). Her vil ligeledes kunne spares 15 % vand og næringsstoffer ved recirkulering (Giuffrida and Leonardi, 2012; Sanchez-Del Castillo et al., 2014).

I produktionen af 1) tomat og agurk, og 2) andre grøntsager, frugt og bær i væksthuse og tunnel, samt 3) udplantningsplanter anvendes typisk henholdsvis 3000, 1000 og 300 kg N pr ha. Sammenlignet med traditionel gødevanding uden recirkulering vil forbruget af kvælstof og andre gødninger kunne reduceres og den opnåede årlige miljøeffekt vil ligge på henholdsvis omkring 450, 150 og 45 kg N pr ha.

#### Recirkulering af gødevand

Formål: Reduceret forbrug af næringsstoffer

Anvendelse: Tomat, agurk, andre grøntsager, krydderurter, frugt, bær, pryddplanter og udplantningsplanter i væksthuse og på containerplads

Teknologi: Opsamling af overskuds-gødevand. Recirkulering af gødevand inkluderer render, borde og støbte dyrkningsunderlag der muliggør opsamling af drænvand, opsamlingstanke, udstyr til måling af ledningsværdi og næringsstofindhold samt systemer til rensning for sygdomme (sandfiltre, UV-anlæg, kobberanlæg, klorid-anlæg, biologiske anlæg, mm)

Levetid: 10 år

Miljøeffekt: 450, 150 og 45 kg N pr ha pr år ved et reduceret N-forbrug på 15 % i henholdsvis 1) tomat og agurk i væksthuse, 2) andre grøntsager, frugt og bær i væksthuse eller tunnel, og 3) udplantningsplanter i væksthuse eller på containerplads

Miljøeffekt i teknologiens levetid: 4.500, 1.500 og 450 kg N pr ha i henholdsvis 1) tomat og agurk i væksthuse, 2) andre grøntsager, frugt og bær i væksthuse eller tunnel, og 3) udplantningsplanter i væksthuse eller på containerplads

### 3.3 Kompostvender til produktion af kompost

Kompostering er en nøgleteknologi til genanvendelse af biologisk affald, idet den reducerer dens volumen og vægt, mindsker levedygtigheden af patogener og ukrudtsfrø. Kompostering omdanner biologisk affald til værdifulde organiske gødninger og jordforbedringsmidler, der forbedrer jordens sundhed og afgrødekvalitet. Sammenlignet med andre genanvendelsesmetoder som eks. anaerob omsætning er kompostering fordelagtig på grund af metodens lave omkostninger, umiddelbare tilgængelighed og produktion af stabile produkter (Bernal, Albuquerque et al. 2009).

Kompost er omsat organisk stof som kan anvendes direkte som dyrkningsmedie eller tilføres jorden til forbedring af struktur og næringsstofindhold. Det organiske stof kan være hele planter (f.eks. kløvergræs), planterester (afpuds efter klargøring af salgsprodukter), salgsprodukter (som skal kasseres), eller husdyrgødning (f.eks. dybstrøelse) samt eventuelt grøde eller tang.

Kompost omsættes ved at blande forskellige organiske stoffer, som gerne må være findelt. Det organiske stof lægges i en såkaldt mile. Her begynder nedbrydningen af det organiske stof hvor mikroorganismer omsætter stoffet til mindre bestanddele. Under denne omsætning stiger temperaturen. Da temperaturen imidlertid ikke må blive for høj, er det nødvendigt at omstikke komposten hvilket gøres ved at vende milen med en kompostvender. Samtidig blandes komposten så det yderste materiale kommer inderst og omvendt. En kompostmile skal vendes jævnlige (især i starten når temperaturen inde i milen bliver for høj) for at sikre en optimal omsætning.

Kompostering foregår lettest på fast grund. For at undgå udvaskning af næringsstoffer skal kompostmilen overdækkes med presenning. Kompostvenderen monteres på en traktor med kraftoverføring. Investering i en kompostvender er eksklusive traktor, men etablering af fast grund til mile samt presenning til overdækning kan eventuelt inkluderes.

Teknologien tilbagefører næringsstoffer fra organisk stof som er fjernet fra mark, samt fra andre affaldskilder. Typisk tilbageføres ca. 5 tons kompost pr ha pr år. Komposten indeholder typisk 5,6 kg N/ton, 1 kg P/ton og 2,7 kg K/ton. Ved recirkulering af næringsstoffer vil det således være muligt at reducere gødning med omkring 28 kg N pr ha. Miljøeffekten er afhængig af kapacitet og tilgængelighed for organiske affaldskilder samt af afgrøde hvortil komposten tilbageføres. I afgrøder med et N-behov på 185 kg/ha eller derunder vil der ved tilbageførsel af 5 tons kompost pr ha være muligt at reducere N-gødningen med mindst 15 %. Generelt skal der tilbageføres mindst 27 kg kompost pr kg N-behov for at opnå en miljøeffekt på mindst 15 %.

#### Kompostvender til produktion af kompost

Formål: Genanvendelse af næringsstoffer fra organisk stof som er fjernet fra mark, samt fra andre affaldskilder

Anvendelse: Grøntsager på friland og i væksthuse samt frugt og bær hvor der skal tilbageføres mindst 27 kg kompost pr kg N-behov for at opnå en miljøeffekt på mindst 15 %

Teknologi: Kompostvender drevet med kraftoverføring

Levetid: 10 år

Miljøeffekt: 28 kg N pr ha pr år ved tilbageførsel af 5 tons kompost pr ha

Miljøeffekt i teknologiens levetid: 280 kg N pr ha

### 3.4 Udstyr til placering af gødning i rækkeafgrøder

Ved bredspredning af gødning vil der være næringsstoffer, som ikke optages af planterne fordi afstanden mellem gødningen og planterødderne er for stor. Dette er især tilfældet i det tidlige forår hvor jorden fortsat er kold. Tilført gødning vil derfor ikke kunne udnyttes og næringsstofferne vil gå tabt. En dårlig gødningsudnyttelse finder især sted i afgrøder dyrket på stor planteafstand. En bedre gødningsudnyttelse vil kunne opnås ved i stedet for almindelig bredspredning at placere gødningen tæt ved planterne.

Ved placering af gødning tæt ved frøene sikres tilgængeligheden af næringsstoffer. Herved opnås en hurtig tilvækst og dermed et større udbytte ved høst. Udstyr til placering af gødning monteres på såmaskinen og gødningen placeres i en konstant afstand fra frøene samtidig med såning. Ofte placeres gødningen i en gødningsstreng 5 cm under og 5 cm til siden for frøene.

Effekten af gødningsplacering afhænger af plantarten, gødningstype og af jordens gødningstilstand (Burns et al., 2010; Nkebiwe et al., 2016). Placering af N-gødning har ringe effekt i bl.a. gulerod og kål, men



positiv effekt i plantearter med ringe rodvækst bl.a. spiseløg og salat hvor N-tilførslen kan reduceres med 10-30 % for at opnå samme udbytte som ved bredstrøet N-gødning (Sørensen, 1996; Burns et al., 2010).

I Danmark er det normal praksis at placere en NP-gødning i direkte såede spiseløg og suktermajs, hvor sidstnævnte er en varmekrævende afgrøde. Ved placering af en NP-gødning til spiseløg opnås en stor tilvækst i det tidlige forår hvilket resulterer i et øget udbytte ved høst (Burns et al., 2010, Sørensen, 2013). Ved sammenligneligt udbytte kan N-tilførslen reduceres med omkring 25 % til spiseløg såfremt der ved såning er placeret en NP-gødning i en afstand på 5x5 cm i forhold til frøene.

Ved placering af en NP-gødning øges udbyttet i blandt andet spiseløg og majs med 20-30 %. Det vil sige at ved sammenlignelige udbytter kan P-tilførslen reduceres med 10-50 % (Sørensen, 2010; Sørensen, 2013). Effekten er dog meget afhængig af jordens P-status.

#### Udstyr til placering af gødning i rækkeafgrøder

Formål: Reduceret forbrug af næringsstoffer

Anvendelse: Ved direkte såning af spiseløg, suktermajs og salat

Teknologi: Udstyr til placering af gødning monteres på såmaskinen og gødningsstrengen placeres i en konstant afstand på 5 cm under og 5 cm til siden for frøene samtidig med såning

Levetid: 10 år

Miljøeffekt: 40 kg N pr ha pr år ved et reduceret N-forbrug på 25 % og 9 kg P pr ha pr år ved et reduceret P-forbrug på 30 %

Miljøeffekt i teknologiens levetid: 400 kg N pr ha og 90 kg P pr ha

## Referencer

- Ridder, F., van Roy, J., de Schutter, B., Mazairac, W. (2021) An exploration of shared heat storage systems in the greenhouse horticulture industry. *Energy* 235,121425.  
<https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.121425>
- Prussi, M., Yugo, M., De Prada, L., Padella, M., Edwards, R. (2020) JEC Well-to-Wheels report v5: Well-to-Wheels analysis of future automotive fuels and powertrains in the European context (No. EUR 30284 EN), JRC Technical reports. JRC.
- Bernal, M. P., J. A. Albuquerque and R. Moral (2009). Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment. A review. *Bioresource Technology* 100(22), 5444-5453
- Burns, I.G., Hammond, J.P., White, P.J. (2010) Precision Placement of Fertiliser for Optimising the Early Nutrition of Vegetable Crops - a Review of the Implications for the Yield and Quality of Crops, and their Nutrient Use Efficiency. *Acta Horticulturae* 852, 177-187.
- Evans, R.G., Sadler, E.J. (2008) Methods and technologies to improve efficiency of water use. *Water Resources Research* 44, 1-15.
- Giuffrida, F., Leonardi, C. (2012) Nutrient solution concentration on pepper grown in a soilless closed system: yield, fruit quality, water and nutrient efficiency. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B – Soil & Plant Science*. 62, 1-6.
- Nkebiwe PM, Weinmann M, Bar-Tal A (2016) Fertilizer placement to improve crop nutrient acquisition and yield: A review and meta-analysis. *Field Crops Research* 196, 389-401.
- Purvis P, Chong C, Lumis GP (2000) Recirculation of nutrients in container nursery production. *Can J Plant Sci* 80, 39-45.
- Sanchez-Del Castillo F, Moreno-Perez ED, Pineda-Pineda J, Osuna JM, Rodriguez-Perez JE, Osuna-Encino T (2014). Hydroponic tomato (*Solanum lycopersicum* L.) production with and without recirculation of nutrient solution. *Agrociencia* 48(2), 185-197.
- Sørensen, J.N. (1996) Improved N efficiency in vegetable production by fertilizer placement and irrigation. *Acta Hort* 428, 131-140.
- Sørensen, J.N. (2010) Startgødninger til løg. *Dansk Løgavl* 56(1), 4-6.
- Sørensen, J.N. (2013) Startgødskning af såløg. *Dansk Løgavl* 59(1), 4-7.

## 4. Teknologier til pesticid-reduktion

*Bo Melander og Peter Kryger Jensen, Institut For Agroøkologi, AU*

*Martin Jensen, Antonios Petridis, Carl-Otto Ottosen og Martin Jensen, Institut for Fødevarer, AU*

*Michael Nørremark, Institut for Elektro- og Computerteknologi, AU*

### 4.1 Radrenser, radrenser med båndsprøjte og redskabsstyring

Systemer til ukrudtsbekæmpelse i rækkedyrkede afgrøder kan bestå af en radrenser eventuelt i kombination med en båndsprøjte. Systemet kan primært anvendes i afgrøder, der dyrkes på stor rækkeafstand som roer, majs samt en række specialafgrøder. Systemet er også relevant i afgrøder, der normalt etableres bredsået, men som kan dyrkes på større rækkeafstand uden at det påvirker udbyttet. Det vigtigste eksempel er vinterraps, hvor det i en periode, hvor udvalget af herbicider var meget begrænset, var ret udbredt at dyrke på 50 cm rækkeafstand og foretage radrensning evt. i kombination med båndsprøjtning. Der er ikke specielle krav til såudstyret. Ved at kombinere med styresystemer i form af GPS-styring af såning, radrensning og båndsprøjtning, eller ved at anvende optiske styresystemer, kan båndbredden reduceres, og anvendelsen af herbicider minimeres i systemet. Båndsprøjtning kan foretages med uafskærmede sprøjter eller med sprøjter, hvor dyserne er afskærmet. Afskærmning af dysen ved båndsprøjtning sikrer en mere korrekt sprøjtning og reducerer afdriftsrisikoen væsentligt.

Radrensning, herunder i kombination med båndsprøjtning, har tidligere været udbredt i forbindelse med ukrudtsbekæmpelse i roer. Primært af kapacitetsmæssige årsager blev teknikken afløst af bredsprøjtning. Inden for de senere år har systemet også kortvarigt været anvendt i vinterraps som ovenfor beskrevet.

Det skønnes at ovenstående systemer kan reducere herbicidanvendelsen med over 60 % i de pågældende afgrøder (Jensen & Lund, 2006). Med afsæt i en gennemsnitlig fladebelastning på 2,13 B pr ha for herbicider i grøntsager jf. tabel 1 opnås således en årlig miljøeffekt på omkring 1,28 B pr ha.

#### Rækkedyrkningssystemer

Formål: Ukrudtsbekæmpelse i rækkeafgrøder

Anvendelse: Frilandsgrøntsager dyrket i rækker

Teknologi: Radrenser eventuelt i kombination med en båndsprøjte, kamera- eller RTK-GPS baseret redskabsstyring

Levetid: 10 år

Miljøeffekt: 1,28 B pr ha pr år

Miljøeffekt i teknologiens levetid: 12,8 B pr ha

### 4.2 Båndsprøjtning

Båndsprøjtning kan anvendes ved plantebeskyttelse med fungicider og insekticider i rækkedyrkede afgrøder som jordbær. Ved at anvende båndsprøjtning, hvor der anvendes en båndbredde, der svarer til kulturens båndbredde, reduceres pesticidanvendelsen i forhold til bredsprøjtning af kulturen. Reduktionen vil afhænge af hvilket dyrkningssystem, der anvendes. Der anvendes båndsprøjter med typisk flere dyser pr afgrøderække. Dyserne kan være monteret indvendigt i en skærm, så sprøjtningen foretages afskærmet med en reduceret afdriftsrisiko.

Båndsprøjtningssystemer, herunder afskærmede udgaver, har en vis udbredelse i jordbær. Det skyldes, at der en kortvarig periode var et hyppigt anvendt fungicid på markedet, som kun måtte anvendes, hvis udbringningen blev foretaget med afskærmet udstyr, der kunne sikre en minimal afdriftsrisiko.

Det vurderes, at båndsprøjtningsteknologien kan reducere fungicidforbruget med 20-40 % (Jensen & Lund, 2006). Med afsæt i en gennemsnitlig fladebelastning på 6,46 B pr ha for fungicider og insekticider i frugt og bær i jf. tabel 1 og et reduceret pesticidforbrug på 20 % i f.eks. jordbær opnås således en årlig miljøeffekt på 1,29 B pr ha.

#### Båndsprøjtning

Formål: Ukrudtsbekæmpelse i rækkeafgrøder

Anvendelse: Jordbær og andre kulturer dyrket på rækkeafstand hvor bomsprøjte er referencesprøjte

Teknologi: I rækkeafgrøder tilføres sprøjtemiddel i et bånd svarende til afgrødens båndbredde hvor dyserne eventuelt er afskærmet til reduktion af afdrift

Levetid: 15 år

Miljøeffekt: 1,29 B pr ha pr år

Miljøeffekt i teknologiens levetid: 19,4 B pr ha

### 4.3 Tunnelsprøjte med recirkulering af sprøjtevæske

Ved sprøjtning med fungicider og insekticider i træ- og buskfrugt anvendes tågesprøjter. Sprøjtevæsken fordeles horisontalt fra sprøjten, samt opad for at kunne dække hele kulturhøjden. Sprøjteteknologien forudsætter således, at der sprøjtes mod en "kulturvæg" med konstant højde. I unge kulturer vil der være huller i denne væg, og specielt i unge kirsebærplantager vil kun en mindre del af sprøjtevæsken blive opfanget af kulturen. Ved tidlige sprøjtninger før udspring vil en stor del af sprøjtevæsken ligeledes gå tabt. I etablerede plantager vil der være huller i plantebestanden, og kulturhøjden vil variere. Når det tilstræbes at dække i maksimal kulturhøjde, vil dette også medføre et tab. Selv i veletablerede kulturer vil der generelt være en vis hulprocent igennem hele sæsonen. Der er udviklet to teknologier med henblik på at reducere de tab der er forårsaget af heterogenitet i plantebestanden. Begge teknologier reducerer samtidig afdriften ved sprøjtning i frugt og bær med tågesprøjter.

Den ene teknologi benævnes tunnelsprøjter. Som navnet antyder, er disse sprøjter udformet som en tunnel, hvori dyserne er monteret. Sprøjterne kan anvendes i de nye dyrkningssystemer af frugt, hvor kulturhøjden er begrænset til nogle få meter. Under kørsel passerer kulturen igennem tunnelen, og sprøjtevæske, der ikke rammer kulturen, opfanges af den modstående tunnelse. Sprøjtevæsken filtreres og genanvendes, og både pesticidforbruget og afdriften reduceres.

Det skønnes, at tunnelsprøjter med recirkulering af sprøjtevæske kan reducere fungicid- og insekticidanvendelsen i frugt- og bærkulturer med ca. 20 % (Pergher et al., 2013). Nogle af disse systemer er testet hos Julius Kühn-Institut i Tyskland (JKI, 2024).

Med afsæt i en gennemsnitlig fladebelastning på 6,46 B pr ha for fungicider og insekticider i frugt og bær i jf. tabel 1 og et reduceret pesticidforbrug på 20 % i frugt og bær opnås således en årlig miljøeffekt på 1,29 B pr ha.

#### Tunnelsprøjte med recirkulering af sprøjtevæske

Formål: Bekæmpelse af sygdomme og skadedyr

Anvendelse: Træ- og buskfrugt

Teknologi: Sprøjtevæske, der ikke rammer kulturen, opfanges af den modstående tunnelside, filtreres og genanvendes

Levetid: 10 år

Miljøeffekt: 1,29 B pr ha pr år

Miljøeffekt i teknologiens levetid: 12,9 B pr ha

## 4.4 Sensorafblænding af dyser på tågesprøjter

Den anden teknologi, der er udviklet til at hindre tab af sprøjtevæske ved sprøjtning med fungicider og insekticider i træ- og buskfrugt, er sensorafblænding af dyser på tågesprøjter.

Formålet med sensorafblænding er ligeledes at hindre de tab af sprøjtevæske der sker ved tågesprøjtning af frugt- og bærkulturer som følge af heterogenitet i plantebestanden.

Sensorafblænding er en teknologi, der anvendes på almindelige tågesprøjter. En række sensorer, svarende til antallet af dyser, er monteret på sprøjten foran dyserne og registrerer huller i plantebestanden. Hvor der er registreret et hul i plantebestanden, der svarer til den bredde dysen dækker, lukkes for den tilsvarende dyse i det tidsinterval, der svarer til længden af hullet i plantebestanden. Teknologien sikrer en besparelse i forbruget af fungicider og insekticider samt en reduktion i afdrift under sprøjtningen.

Det skønnes, at tågesprøjter der er monteret med sensorafblænding af dyser kan reducere fungicid- og insekticidanvendelsen i frugt- og bærkulturer med ca. 20 % (Pergher et al., 2013). Nogle af disse systemer er testet hos Julius Kühn-Institut i Tyskland (JKI, 2024).

Med afsæt i en gennemsnitlig fladebelastning på 6,46 B pr ha for fungicider og insekticider i frugt og bær i jf. tabel 1 og et reduceret pesticidforbrug på 20 % i frugt og bær opnås således en årlig miljøeffekt på 1,29 B pr ha.

#### Sensorafblænding af dyser på tågesprøjter

Formål: Bekæmpelse af sygdomme og skadedyr

Anvendelse: Træ- og buskfrugt

Teknologi: Sensorer lukker for sprøjtedyserne når der er huller i plantebestanden

Levetid: 10 år

Miljøeffekt: 1,49 B pr ha pr år ved

Miljøeffekt i teknologiens levetid: 14,9 B pr ha

## 4.5 Sensorbaseret ukrudtssprøjte

Ved bekæmpelse af ukrudt kan der anvendes en relativt simpel sensorteknologi, der sikrer at der kun sprøjtes i områder hvor der er ukrudt. Teknologien er specielt anvendelig ved total ukrudtsbekæmpelse, hvor al plantevækst er uønsket. Teknologien består af en sensor der registrerer ukrudt og aktiverer den tilsvarende dyse/sprøjteenhed der passerer det område hvor der registreres ukrudt. Under afgrøderækken i kulturer af træ- og buskfrugt foretages total ukrudtsbekæmpelse og typisk flere gange i sæsonen. Her er teknologien relevant, og vil kunne spare en væsentlig del af herbicidanvendelsen. Det er en forudsætning for at kunne opnå den angivne besparelse at hver enkelt dyse/sprøjteenhed aktiveres individuelt af en sensor, så den maksimale opløsning i bredden er 50 cm.

Det skønnes, at teknologien vil kunne reducere herbicidanvendelsen med 30 % ved total ukrudtsbekæmpelse i afgrøderækken i kulturer af frugt og bær.

Med afsæt i en samlet fladebelastning på 0,76 B pr ha for herbicider i frugt og bær jf. tabel 1 og et reduceret forbrug på 30 % i frugt og bær opnås således en miljøeffekt på 0,23 B pr ha pr år.

### Sensorbaseret ukrudtssprøjte

Formål: Ukrudtsbekæmpelse

Anvendelse: Træ- og buskfrugt

Teknologi: Sensorer sikrer at der kun sprøjtes i områder hvor der er ukrudt

Levetid: 10 år

Miljøeffekt: 0,23 B pr ha pr år ved

Miljøeffekt i teknologiens levetid: 2,3 B pr ha

## 4.6 Lugerobot til rækkeafgrøder af grøntsager

### *Udplantede grøntsager*

Lugeroboter kan anvendes til ukrudtsbekæmpelse mellem og i rækkerne i udplantede grøntsager som kål, salat, selleri, løg og porre. Roboterne er udstyret med kameraer, der kan genkende afgrødeplanter, og derved få mekaniske lugeaggregater til at undvige afgrødeplanterne. Med lugeroboter vil der være mulighed for en nærmest fuldstændig ikke-kemisk ukrudtsbekæmpelse i udplantede grøntsager med begrænset behov for opfølgende håndlugning. På det europæiske marked forhandles i øjeblikket flere forskellige kamerabaserede lugeroboter, men på det danske marked er det især to lugerobotprincipper, der gør sig gældende. Det ene benytter sig af højtsiddende kameraer, der detekterer flere rækker samtidigt, og dermed foretager en mønstergenkendelse af rækkestrukturen. Selve lugningen foretages med ét roterende skær pr. række.

Det andet lugeprincip har ét linjekamera pr. afgrøderække, der detekterer hver eneste afgrødeplante. Lugningen foretages med to flade skær – ét fra hver side af rækken – som føres ud og ind imellem afgrødeplanterne. Robotlugning er testet i udplantet kål i England, hvor 62-87 % af ukrudtet i rækken blev bekæmpet inden for en radius af 24 cm fra kålplanterne (Tillett et al., 2008). I udplantet hvidkål i Danmark blev 76 % af ukrudtet i rækken bekæmpet, hvilket var ca. 14 % bedre end ikke-intelligente metoder som ukrudtsharvning og fingerhjul (Melander et al., 2015). I samme undersøgelse blev robotlugning også testet i udplantede løgklynger med 7 løgplanter pr. klynge. Her bekæmpede teknologien ca. 54 % af ukrudtet i rækken under mindre gunstige forhold til ca. 86 % af ukrudtet i rækken under mere gunstige forhold. I

hverken den engelske eller danske undersøgelse opstod der nævneværdige afgrødeskader som følge af robotlugning. I udplantede løg efterlades en restukrudtsmængde, som kan fjernes manuelt eller ved spot-sprøjtning, hvis herbicidforbruget skal holdes maksimalt nede. Tidsforbruget til håndlugning vil helt afhænge af ukrudtstrykket, men kan typisk ligge på 30-90 timer ha<sup>-1</sup> (ikke publicerede data fra Melander et al., 2015).

I en nyere undersøgelse i udplantet salat udført ved forskningscenter Flakkebjerg i 2021 blev det forsøgt at gå meget tæt på salatplanterne mhp. på at efterlade så lidt ukrudt tæt på salatplanterne som muligt. I en radius på 10 cm rundt om salatplanterne var det muligt at robotluge 57 % af ukrudtet uden at skade salatplanterne (Melander, 2021).

### ***Udsåede grøntsager***

Der er gjort store fremskridt med kamerabaserede lugeroboter til automatisk fjernelse af ukrudt i udsåede roer (Melander & McCollough, 2021). Der kan fjernes 60-70 % af ukrudtet i rækken, og det har været muligt at fjerne 50-60 % af ukrudtet i en radius på kun 5 cm rundt om roeplanterne (Melander, 2021) uden at skade roerne. Dyrkningen af roer har mange ligheder med dyrkningen af grøntsager, og derfor forventes udviklingen af den automatiske lugeteknologi til roer også at få stor betydning for en række grøntsagsarter.

Automatisk fjernelse af ukrudt kan også foregå vha. af GNSS-teknologi (Global Navigation Satellite Systems), hvor redskabet udsår grøntsagskulturen for derefter at udnytte informationen om kulturplantefrøenes placering til at udføre en lugning af ukrudt rundt om afgrødeplantens forventede position (Melander & McCollough, 2021). Teknologien sælges allerede til anvendelse i både udsåede roer og grøntsager, men der mangler dokumentation af lugeeffekterne.

Lugerobotten har påmonterede redskaber for fjernelse af ukrudt i og mellem rækkerne. Lugerobotten er udstyret med kamera(er), der kan genkende afgrødeplanter eller via GNSS baserede systemer, der navigerer på baggrund af positioner for hvor afgrødeplanterne er sået. Der skal vælges antallet af afgrøderækker, som teknologien skal betjene. Lugerobotten betjener typisk flere afgrøderækker samtidigt. Udstyr til mekanisk ukrudtsbekæmpelse kan være fingerhjul, skræbepinde, strigletænder eller lignende. Består af selvkørende eller traktormonteret lugerobot med påmonterede kamera(er) eller GNSS. Ukrudtsbekæmpende elementer. Software til behandling af den visionsbaserede eller GNSS-baserede information.

Anvendelse af lugeroboter er oplagt i både den økologiske og konventionelle produktion. Robotlugning vil understøtte en udvidelse af det økologiske areal og dermed bidrage til en nedsættelse af pesticidforbruget. Reduktionen i herbicidforbruget i konventionel produktion er markant ved anvendelse af robotlugning svarende til 100 % i nogle afgrøder (bl.a. kål) til det, som svarer til forbruget ved anvendelse af en spot-sprøjte. De væsentligste argumenter for at investere i lugerobotteknologien frem for redskaber uden intelligens er flere driftstimer og større sikkerhed for ikke at skade kulturplanterne. Fladebelastningen jf. tabel 1 var i gennemsnit 2,13 B pr ha for herbicider i grøntsager over årene 2020 til og med 2022.

#### Lugerobot til rækkeafgrøder

Formål: Ukrudtsbekæmpelse

Anvendelse: Rækkeafgrøder af grøntsager

Teknologi: Kamerastyrede lugeaggregater til bekæmpelse af ukrudt mellem og i rækkerne

Levetid: 10 år

Miljøeffekt: 2,13 B pr ha pr år

Miljøeffekt i teknologiens levetid: 21,3 B pr ha

## 4.7 Autostyring af mekanisk ukrudtsbekæmpelse i grøntsager

Autostyring til radrensere ved hjælp af kameraer eller præcise GPS-systemer er teknologier, som kan rationalisere radrensningen i økologiske og konventionelle rækkeafgrøder (Wiltshire et al., 2003). Kerasystemerne kan bestå af: ét kamera per bed til mønstergenkendelse af rækkerne; ét linjekamera per afgrøderække til identifikation af enkeltplanter; eller ét 2D Charge-Coupled Device (CCD) kamera per række, som tilsvarende linjekameraet ser mere lodret ned på afgrødeplanterne. Både linjekameraet og 2D CCD-kameraet er afhængig af en tydelig kontrast mellem jord og afgrøde. Real Time Kinematic (RTK) GPS-systemer kan også være en relevant mulighed til styring af radrenseren i forhold til afgrøderækken. Typisk er det nødvendigt med RTK-GNSS-antenne og styringer på både traktor og redskaber. Mekanisk ukrudtsbekæmpelse mellem afgrøderækkerne eliminerer behovet for kemisk bekæmpelse i dette område.

Radrensere med eller uden autostyring kan påmonteres ekstraudstyr som fingerhjul, skrabepinde, hyppekær eller strigletænder til bekæmpelse af ukrudt i selve afgrøderækken (Cloutier et al., 2007; Van der Weide et al., 2008). Fingerhjul består af roterende hjul påmonteret gummi- eller plastfingre. Hver række behandles af to hjul - ét på hver side af rækken - hvor fingrene bekæmper ukrudtet i rækken mekanisk. Skrabepinde består af bøjet fjederstål, hvor to pinde - en på hver side af rækken - 'skraber' jorden i en dybde på 1-2 cm, hvorved ukrudtet bekæmpes. Hyppekær er vinklede gåsefodsskær eller A-skær, som afhængigt af kørehastigheden kan hyppe jord op omkring afgrødeplanterne i rækken og dermed tildække ukrudtet. Mekanisk ukrudtsbekæmpelse i rækken ved hjælp af fingerhjul, skrabepinde, hyppekær og strigletænder kræver robuste afgrødeplanter for at undgå afgrødeskader. Kun godt forankrede udplantningsplanter, samt udsåede kulturer, der har nået et vist udviklingstrin, kan tåle behandlingen. Ukrudtet skal være småt på bekæmpelsestidspunktet (helst ikke mere end kimbladsstadiet), for at ukrudtseffekten er tilstrækkelig god. I økologisk produktion kan ekstraudstyr til mekanisk ukrudtsbekæmpelse i rækkerne nedsætte behovet for håndlugning med 50-100 % afhængigt af afgrødetypen - de største reduktioner opnås i udplantede kulturer som f.eks. kål (bl.a. Van der Weide et al., 2008).

Autostyring af mekanisk ukrudtsbekæmpelse kan understøtte en udvidelse af det økologiske areal og dermed bidrage til en nedsættelse af pesticidforbruget.

Besparelsen i herbicidforbruget i konventionel produktion vil helt afhænge af rækkeafstanden og det ubearbejdede bånd, som radrenseren efterlader omkring afgrødeplanterne. Ved en rækkeafstand på 50 cm og et ubearbejdet bånd på 10 cm vil 80 % af arealet blive rensset mekanisk. I praksis vil reduktionen i herbicidforbruget være lidt mindre, omkring 60-70 %, idet eksempelvis båndsprøjtning af rækken vil medføre et vist overlap (Wiltshire et al., 2003). Fingerhjul, skrabepinde, hyppekær og strigletænder kan erstatte sene herbicidprøjtninger i udsåede kulturer, forudsat at afgrødeplanterne er godt forankrede. Strigletænder kan desuden bruges til en blindstrigling i rækkerne, inden afgrøden spirer frem. Det varierer



#### Autostyring af mekanisk ukrudtsbekæmpelse i grøntsager

Formål: Ukrudtsbekæmpelse i rækkeafgrøder

Anvendelse: Rækkedyrkede grøntsagsafgrøder

Teknologi: Kamerabaseret eller GPS baseret styring af radrenser

Levetid: 10 år

Miljøeffekt: 1,70 B pr ha pr år

Miljøeffekt i teknologiens levetid: 17,0 B pr ha

dog meget, hvor meget der skal sprøjtes mod ukrudt i rækken i de forskellige grøntsagskulturer. I udplantede kulturer kan radrensning med fingerhjul og skræbepinde, evt. med afsluttende hypning med hyppekær, udgøre en ren mekanisk løsning, omend nogen opfølgende manuel lugning kan blive nødvendig. I gennemsnit forventes ekstraudstyret at kunne føre til en 80 % reduktion i herbicidforbruget for grøntsager, når besparelsen omfatter både bekæmpelsen mellem og i rækkerne. Besparelsen skal ses i forhold til en gennemsnitlig fladebelastning på 2,13 B pr ha for herbicider i grøntsager jf. tabel 1. Autostyringssystemer kan desuden øge driftstiden, fordi teknologien ikke stiller samme krav til traktorførerens koncentrationsevne, som manuelt betjente styringssystemer gør.

## 4.8 Ukrudtsbrænder

Fremspiret ukrudt kan bekæmpes ved fladebrænding. I den økologiske grøntsagsproduktion er metoden meget almindelig, og anvendes typisk lige før afgrøden spirer frem. Kombineres brændingen med et falsk såbed, der stimulerer mest muligt ukrudt til at spire frem før afgrøden, kan effekten blive ganske høj (Melander & Rasmussen, 2001). I langsomtspirende kulturer som løg, porre og gulerødder kan der opnås 50-80 % effekt mod ukrudt i rækken, da meget ukrudt vil være spiret frem før afgrøden (Melander & Rasmussen, 2001; Ascard et al., 2007). Fremspiret ukrudt bekæmpes ved en temperatur på 800-900 °C, der opnås under brænderens afskærmning. Gasforbruget er typisk 60-80 kg propangas ha<sup>-1</sup> ved en brænding i hele bredden. Metoden kan også anvendes i majs, hvor der typisk brændes før fremspiring og igen på majsens 3-4 bladsstadium, som sammen med almindelig radrensning udgør den samlede ukrudtsbekæmpelse.

I konventionel grøntsagsproduktion kan ukrudtsbrænding erstatte sprøjtninger udført med f.eks. glyphosat kort før afgrødens fremspiring.

Ukrudtsbrænding kan understøtte en udvidelse af det økologiske areal og dermed bidrage til en nedsættelse af pesticidforbruget.

En fladebrænding kan typisk erstatte en før-fremspring sprøjtning i en række konventionelle grøntsagskulturer, men hvor meget den samlede herbicidbesparelse vil være, afhænger af det efterfølgende sprøjtbehov. I gennemsnit vurderes en før-fremspring brænding at kunne bidrage til en 20 % reduktion i herbicidforbruget i primært langsomtspirende afgrøder. Udføres brændingen som en rækkebrænding med mekanisk bekæmpelse mellem afgrøderækkerne, vurderes besparelsen at være 80 % tilsvarende autostyring med ekstraudstyr. Besparelsen skal ses i forhold til en gennemsnitlig fladebelastning på 2,13 B pr ha for herbicider i grøntsager jf. tabel 1.

#### Ukrudtsbrænder

Formål: Ukrudtsbekæmpelse

Anvendelse: Udsåede og langsom-spirende frilands-grøntsager

Teknologi: Varmebehandling af ukrudt ved fladebrænding eller rækkebrænding før hovedafgrøden er spiret frem

Levetid: 10 år

Miljøeffekt: Fladebrænding: 0,43 B pr ha pr år

Rækkebrænding: 1,70 B pr ha pr år

Miljøeffekt i teknologiens levetid: Fladebrænding: 4,3 B pr ha

Rækkebrænding: 17,0 B pr ha

## 4.9 Insektnet

Dækning af afgrøder kan deles i to hovedgrupper: 1) Dækning med fiberdug der er en polypropylen dug af varierende tykkelse, varmet sammen til et 'ikke vævet' men filt-agtigt net og 2) Dækning med insektnet der består af polyethylen-fibre i vævet net af varierende maskevidde. Der findes mange fabrikater og kvaliteter af især fiberdug. Dækning med fiberdug anvendes endvidere til at fremme tidlige kulturer som f.eks. blomkål.

Insektnet af fiberdug anvendes til dækning gennem hele sæsonen mod flyvende insekter. En stor del af litteraturen om netdækning stammer fra undersøgelser udført i Tyskland i 1980-erne med dyrkning af ræddiker samt nogle nyere undersøgelser i gulerod (Tyskland, England) og enkelte i kinakål og blomkål (Tyskland, England, Danmark). Der er især sigtet på dyrkning af kål og gulerod.

Flyvende insekter, der optræder som skadedyr i kål, er fortrinsvis den lille kålflue og stor og lille kålsommerfugl, populært kendt som kålorme. Der findes en del andre insekter, der kan have betydning som skadedyr i kål bl.a. bladlus, trips, kålmøl, tæger, snudebiller. Flyvende insekter der optræder som skadedyr i gulerod er fortrinsvis gulerodsfluen og agerugler (knoporm). Maskevidden i insektnet må maksimalt være 1,6 mm for at beskytte mod kålflue og maksimalt 1,2 mm for at beskytte mod gulerodsfluen (Huber, 1989). Insektnet kan ikke regnes med at være effektive mod meget små flyvende insekter f.eks. trips og bladlus.

Netdækning kan også være relevant i produktionen af frugt og bær for at forhindre angreb af bl.a. pletvingefluen, der i de senere år er blevet et stort problem. Hunfluen er lidt større end hanfluen. Netmaskestørrelse på maks. 1 mm<sup>2</sup> holder pletvingefluen ude (Chouinard et al., 2022),

Sammenfattende kan man ud fra en lang række undersøgelser konkludere: Dækning med tæt vævet fiberdug og insektnet kan holde flyvende insekter ude i kål- og gulerodskulturer når nettet er tæt langs randen, ikke er beskadiget og nettet i øvrigt dækker afgrøden i den tid de flyvende insekter findes (Eichin et al., 1987; Thorhauge et al., 1990; Mertz, 1989; Osinga, 1994). Der er stor prisforskel på fiberdug og insektnet. Insektnet koster i gennemsnit 5 til 6 gange mere end fiberdug. Prisen for insektnet kan virke begrænsende på indsatsen i praksis. Insektnet er dog mange gange stærkere end fiberdug og angives at kunne bruges op til 6-10 år. En barriere mod større anvendelse af netdækning er: Større arbejdsforbrug, større omkostninger, mere viden om specielle dyrkningsproblemer, bedre og mere udførlige dyrkningsvejledninger for de enkelte kulturer. Dækning med insektnet/fiberdug kan holde de fleste flyvende insekter ude i kål- og gulerodskulturer når de anvendes i den tid hvor de flyvende insekter findes.

Det skønnes, at dækning med insektnet/fiberdug kan reducere forbruget af insekticider med nær 100 %. Besparelsen skal ses i forhold til en gennemsnitlig fladebelastning på 2,15 B pr ha for insekticider i grøntsager jf. tabel 1.

#### Insektnet

Formål: Reduceret forbrug af insekticider

Anvendelse: Frilandsgrøntsager, krydderurter, frugt, bær

Teknologi: Overdækning af afgrøder som værn mod insektangreb

Levetid: 5 år

Miljøeffekt: 2,15 B pr ha pr år ved 100 % pesticidreduktion

Miljøeffekt i teknologiens levetid: 10,8 B pr ha

## 4.10 Ukrudtsdug

Bionedbrydelige folier til jordbrug fås i dag i mange forskellige materialer og kvaliteter (Iwata, 2015; Kasirajan & Ngouajio, 2012; Song et al., 2009), alt afhængig af hvordan de skal anvendes (dækning eller mulch) og hvilken type afgrøde, der skal dyrkes. De består af certificeret biologisk nedbrydeligt og komposterbart materiale og nogle typer er også baseret på cellulose/papir. Folierne eliminerer eller reducerer brugen af herbicider og reducerer også vandforbruget. Besparelser på vandforbrug er især en vigtig faktor i varme og tørre klimazoner.

Folierne er bionedbrydelige i jorden og kan fås med tilpasset levetid, skræddersyet til forskellige afgrøder. De skal normalt ikke fjernes og derfor er der ingen omkostninger til bortskaffelse. Tiden for nedbrydning i jord efter nedmuldning er som regel mellem 1-24 måneder, afhængigt af jordtype, klimaet og især temperaturen (også fugt, pH, UV-lys).

Det er dog ikke alle typer nedbrydelig plast der forsvinder helt og bliver til CO<sub>2</sub> og vand, og man bør derfor vælge den rigtige type til sin produktion. De såkaldte oxo-nedbrydelige, foto-nedbrydelige og vandopløselige plast-typer må ikke forveksles med bionedbrydelig plast. Oxo-nedbrydelig plast indeholder tilsætningsstoffer (additiver), der gør, at plasten opløses, når den udsættes for ilt. Men plasten omdannes ikke til organisk materiale, vand, CO<sub>2</sub> og/eller metan, som det er tilfældet med bionedbrydelig plast. I stedet nedbrydes plasten til meget små plaststykker, som ikke er synlige for det blotte øje. Plasten forsvinder således ikke og kan ikke indgå i naturens opbygning af nye levende organismer. Derfor er plasten ikke bionedbrydelig, og dermed er den heller ikke komposterbar, og den kan ikke efterleve kriterierne i de internationalt anerkendte standarder for bionedbrydelighed og komposterbarhed (Anon., 2014). Foto-nedbrydelig plast er plast, der nedbrydes ved påvirkning af ultraviolette (UV) stråler, og vandopløselig plast er plast, der opløses i vand ved bestemte temperaturer, og som derefter måske kan nedbrydes af mikroorganismer i vandet (Anon. 2014).

#### Ukrudtsdug

Formål: Reduceret forbrug af herbicider

Anvendelse: Grøntsager, frugt og bær på friland. Der gives ikke tilskud til oxo-nedbrydelige, foto-nedbrydelige og vandopløselige plast-typer, der ikke er fuldstændig bionedbrydelig

Teknologi: Dækning af jordoverflade for bekæmpelse af ukrudt

Levetid: 5 år

Miljøeffekt: 2,13 og 0,76 B pr ha pr år i henholdsvis grøntsager og frugt/bær ved 100 % reduktion

Miljøeffekt i teknologiens levetid: 10,7 og 3,8 B pr ha i henholdsvis grøntsager og frugt/bær

Anvendt rigtigt kan folierne som mulch (overdækning af jorden som ukrudtsdug) reducere herbicidforbruget med op mod 100 %. Besparselsen skal ses i forhold til en gennemsnitlig fladebelastning på 2,13 og 0,76 B pr ha for herbicider i henholdsvis grøntsager og frugt/bær jf. tabel 1.

### 4.11 Mekanisk ukrudtsbekæmpelse i frugt- og bær-plantager

Der findes flere modeller af sideforskudte traktordrevne fræsere, skuffejern eller snore til mekanisk renhold i træerækker (Lindhard Pedersen og Vittrup Christensen, 1992; Lindhard Pedersen og Pedersen, 2004; Lindhard 2012; Wooten 2015). Metoden bliver brugt af økologiske avlere, men har en nyhedsværdi for konventionelle avlere.

Disse behandlinger kan fuldstændigt afløse brug af herbicider i konventionelle flerårige vedagtige rækkeafgrøder. Normalt behandles der 2-4 gange med herbicider om året.

#### Mekanisk ukrudtsbekæmpelse i frugt- og bær-plantager

Formål: Reduceret forbrug af pesticider

Anvendelse: Frugt og bær

Teknologi: Sideforskudt traktordrevet udstyr til mekanisk ukrudtsbekæmpelse i frugt og bær

Levetid: 5 år

Miljøeffekt: 0,76 B pr ha pr år ved 100 % herbicidreduktion

Miljøeffekt i teknologiens levetid: 3,8 B pr ha

### 4.12 Mekanisk blomsterudtynding i frugttræer

Der findes udstyr til mekanisk udtynding af blomster i frugttræer. Både håndholdt udstyr og traktordrevet udstyr. Metoden kan nedbringe forbruget af de kemiske udtyndingsmidler med 80-100 % baseret på undersøgelser udført i USA og Sydkorea, hvor de brugte lignende produktionsmetoder som anvendt i Danmark (Hehnen et al., 2012, Win et al., 2023). I modsætning til kemisk udtynding, som afhænger af vejrforholdene, er mekanisk udtynding ikke afhængig af vejret, og det forventes derfor, at resultaterne af disse undersøgelser også er anvendelige for Danmark.

Metoden er ny i Danmark. Der er kørt demonstration af metoden i nogle år (Baarts, 2014). Kun enkelte avlere bruger metoden i dag. Metoden er til rådighed, men udnyttes kun begrænset. Investeringen i den nye teknologi til mekanisk blomsterudtynding er eksklusive traktor.

Med afsæt i en gennemsnitlig fladebelastning på 0,01 B pr ha for vækstreguleringsmidler i frugt og bær i jf. tabel 1 og et reduceret forbrug på op til 100 % opnås således en årlig miljøeffekt på 0,01 B pr ha.

#### Mekanisk blomsterudtynding i frugttræer

Formål: Reduceret forbrug af pesticider og vækstreguleringsmidler

Anvendelse: Frugt

Teknologi: Sideforskudt traktordrevet udstyr til mekanisk udtynding af blomster i frugttræer

Levetid: 5 år

Miljøeffekt: 0,01 B pr ha pr år ved 100 % reduktion i kemiske udtyndingsmidler

Miljøeffekt i teknologiens levetid: 0,05 B pr ha

### 4.13 Klimastation og software til varsling af sygdomme og skadedyr i frugt- og bær-avl

Ved brug af klimastationer til registrering af lokale klimaforhold så som lufttemperatur, blad- og luftfugtighed i plantemassen, samt nedbør, kan der i kombination med udviklet software foretages en optimal timing af fungicidbehandlinger mod f.eks. æbleskurv (Lindhard Pedersen et al., 2005), kirsebærbladplet (Lindhard Pedersen et al., 2012), anthracnose (bærråd) i blåbær og vinskimmel i druer. Endvidere vil der kunne foretages en optimal skadedyrsbekæmpelse med insekticider mod f.eks. æblevikler. Flere af disse beslutningsstøttesystemer vil kræve et kursus med opfølgninger for at brugerne kan udnytte systemet optimalt.

Afhængigt af de aktuelle årlige klimaforhold forventes det at varslingssystemer vil kunne nedbringe de aktuelle behandlinger mod sygdomme og skadedyr med 50-100 % (Lindhard Pedersen et al., 2005; Lindhard Pedersen et al., 2012). Dette afhænger dog af afgrøden, skadevolderen og de aktuelle klimaforhold.

Med afsæt i en gennemsnitlig fladebelastning på 6,46 B pr ha for fungicider og insekticider i frugt og bær jf. tabel 1 og et reduceret forbrug på i gennemsnit 75 % opnås således en årlig miljøeffekt på 4,85 B pr ha.

#### Klimastation og software til varsling af sygdomme og skadedyr i frugt- og bær-avl

Formål: Reduceret forbrug af pesticider

Anvendelse: Frugt og bær

Teknologi: Beslutningsstøttesystem baseret på lokale klimaregistreringer for: nedbør, temperatur, relativ luftfugtighed (RH) og bladfugtighed.

Levetid: 5 år

Miljøeffekt: 4,85 B pr ha pr år ved 75 % pesticidreduktion

Miljøeffekt i teknologiens levetid: 24,2 B pr ha

## 4.14 Tunneler

I det tidlige forår er klimaet normalt den begrænsende faktor for tidlig plantning af havebrugsafgrøder. Løsningen kan være lette væksthuse dækket med et enkelt lag af klar polyethylen plast, som kan øge dagtemperaturen og øger temperatursummen i vækstsæsonen. Der er dog nogle begrænsninger i de simple lave væksthuse, så et mere fremtidsorienteret system vil være brug af plasthuse evt. på fast sokkel, der placeres permanent på området, og kan isoleres og om nødvendigt opvarmes – ofte kaldet høje tunneler eller plastvæksthuse, hvor der er mulighed for en mekanisering af vinduesåbning. Man kan i princippet skelne mellem høje helårstunneler (passive solvarme væksthuse) og 3-sæsons høje tunneler (er almindelige i dag), der ikke anvendes i vintersæsonen, men hvor man evt fjerner plastdækket i vintersæsonen (Blomgren og Frisch, 2009; Rasmussen og Orzolek, 2009; Reid, 2008; Wien et al., 2008). Konstruktionen af disse dyrkningsenheder er ofte med lette materialer med mindre bæreevne, så gardininstallationer er ofte ikke teknisk mulige

Dyrkning af bær og grøntsager i tunneler eller plastvæksthuse giver avlerne mulighed for at udvide deres sæson både tidligt og sent, og dermed øge deres konkurrenceevne i forhold til produkter, der importeres (Pedersen et al., 2011). Temperatur og ventilationskontrol er afgørende for produktion af sunde afgrøder med høj kvalitet, så derfor er den langsigtede løsning at investere i mere avancerede væksthuse med ventilationssystemer, så den relative fugtighed og temperaturen kan styres.

Helårstunneler med mulighed for en vis grad af klimastyring er også velegnede til økologisk produktion af grøntsager, frugt og jordbær, som i dag dyrkes på friland. De kan fungere som regn- og haglbeskyttelse, forlænge sæsonen eller der kan introduceres nye plantearter, som normalt ikke vil kunne klare sig i Danmark. Tunneler alene vil kunne reducere visse sygdoms- og skadedyrsproblemer, og tunneler og plastvæksthuse med mulighed for ventilation vil kunne reducere forekomsten af andre sygdomme, og for de resterende vil der være bedre mulighed for kontrol med biologisk bekæmpelse. Helårstunneler eller væksthuse vil desuden betyde, at man bedre kan styre gødning og vanding og dermed gøre produktionen mere kontrolleret og mere bæredygtig, samtidig med at kvaliteten forbedres og spildet reduceres for nogle produkter.

I USA og Canada har de høje tunneler vist sig at være velegnede til produktion af højeværdiafgrøder, herunder salatmix, babyspinat, tomater, agurker, rød peber, basilikum, afskårne blomster, hindbær, jordbær og meget mere. Også dværgtræ-afgrøder som søde kirsebær kan produceres i større multi-bay tunneler (Cheng og Uva, 2008). I England køber supermarkeds kæderne jordbær stort set kun fra beskyttet kultur pga sprøjtemiddelrester og leveringsikkerhed (Simon Pearson, Lincoln Institute for Agri-Food Technology, pers. Com).

Svampesygdomme ændrer karakter i et plasthus og tunnel, og kan være et problem, hvis den relative fugtighed ikke kan reguleres. Faren for et angreb er størst, når luftstrømmen inde i tunnelen er lav og den relative luftfugtighed er høj. I jordbær er set større angreb af meldug og et mindre angreb af gråskimmel i tunnel (Xiao et al., 2001). Valg af resistente sorter, aktiv ventilation (ved at tilføje gavlf- eller tagventilation) og fremme af bedre luftcirkulation inde i tunnelen (fx tilføjelse af aktive ventilatorer) er mulige løsninger på problemet, men der er begrænsede erfaringer fra Danmark på dette område.

Skadedyr forårsager normalt mindre skade i høje tunneler, bl.a. fordi afgrøderne en del af tiden vokser, hvor skadedyr er mindre aktive. Ikke desto mindre kan insekter (bladlus, mider, trips, bladhvepse) være generende i høje tunneler. Registreringer af klimaparametre viser at temperaturen er lidt højere i tunnelen

end udenfor (Daugaard, 2008). Drypvanding reducerer vandforbruget og de danske undersøgelser har også vist, at ukrudtstrykket er lavt mellem rækkerne, fordi jorden forbliver tør.

Ved dyrkning i høje tunneler og plastvæksthuse vil der for højværdiafgrøder som f.eks. jordbær, hindbær og visse frilandsafgrøder, i forhold til frilandsdyrkning, kunne reduceres i pesticidforbruget fordi biologisk bekæmpelse vil være mulig. Herudover vil det ved drypvanding være muligt at reducere vand- og gødningsforbruget. Samtidig opnås tidligere udbytter, og nogle år også reduceret spild på grund af klimabeskyttelse mod regn og hagl. I junibærende jordbær er udbytterne under danske forhold på friland 6-8 ton/ha og i tunneller ved dyrkning i bede på jorden ca. 25 ton/ha. Det bliver mere almindeligt at dyrke remonterende jordbærarter i tunneller, plasthuse og væksthuse hvor der kan opnås udbytter på 40 ton/ha.

Ved dyrkning af bær og grøntsager i tunneller i stedet for på friland kan fungicid- og insekticid-forbruget reduceres med 50 % per produceret enhed fordi udbytterne stiger, spildet reduceres og det i højere grad er muligt at bruge biologisk bekæmpelse og reducere antallet af pesticid-sprøjtninger, især hvor klimakontrol er muligt (Martínez-Blanco et al., 2011; Garcia et al., 2016; Demchak, 2009). Investering i tunnel til produktion af bær eller grøntsager kan være inklusive temperatur- og ventilationskontrol med simpel styring, men det forudsætter muligheder for vinduesåbning i kip.

Med afsæt i en samlet fladebelastning på 6,46 og 4,78 B pr ha for fungicider og insekticider i henholdsvis frugt/bær og grøntsager jf. tabel 1 og et reduceret pesticidforbrug på omkring 50 % opnås således en årlig miljøeffekt på 3,23 B pr ha i bærdyrkning og 2,39 B pr ha i grøntsagsproduktion i tunneller, hvor areal refererer til det dyrkningsareal hvor der dyrkes bær og grøntsager til frisk konsum.

#### Tunneler til dyrkning af bær og grøntsager

Formål: Reduceret forbrug af pesticider

Anvendelse: Bær, grøntsager, krydderurter

Teknologi: Helårstunneler og 3-sæsons tunneler til afskærmning mod sygdomme og skadedyr.

Helårstunneler kan kombineres med klimastyring hvorved effekten øges idet svampesygdomme i højere grad kan kontrolleres

Levetid: 5 år

Miljøeffekt: 3,23 og 2,39 B pr ha pr år ved 50 % pesticidreduktion i henholdsvis bær og grøntsager

Miljøeffekt i teknologiens levetid: 16,2 og 12,0 B pr ha i henholdsvis bær og grøntsager

## 4.15 Tabletop-systemer og hængende render til dyrkning af bær

Opsætning af tabletop-systemer og hængende render i bordhøjde til dyrkning af bl.a. jordbær i dyrkningssække, trug eller pletter i tunneller, plastvæksthuse eller væksthuse giver op til 10 % højere salgbart udbytte end ved dyrkning på bede i bunden af husene. Det vil sige at junibærende jordbærarter kan komme op på ca. 28-30 ton/ha og remonterende jordbærarter på ca. 45 ton/ha. Tabletop-systemer og hængende render sikrer et mindre fugtigt miljø omkring planterne og mindre risiko for jordbårne sygdomme hvorved fungicidforbruget kan reduceres med ca. 30 % i forhold til dyrkning på bede. Desuden spares der yderligere pesticider pga. det højere udbytte. Der er heller ikke behov for herbicider og jorddesinfektion. Desuden sikres langt bedre ergonomiske arbejdsstillinger i forbindelse med arbejdsprocesser som plukning, fjernelse af udløbere, afbladning, mm.

Med afsæt i den gennemsnitlige fladebelastning på 4,58 B pr ha for fungicider og 0,76 for herbicider i frugt og bær jf. tabel 1 og et reduceret forbrug på henholdsvis 30 % og 100 % opnås således en årlig miljøeffekt på i alt 2,13 B pr ha.

#### Tabletop-systemer og hængende render til dyrkning af bær

Formål: Reduceret forbrug af pesticider, mindre spild og bedre arbejdsmiljø (bedre arbejdsstillinger)

Anvendelse: Bær

Teknologi: Specialfremstillede konstruktioner ('tabletop systems' og 'hanging gutters'). Kan dog også være simple 'hjemmelavede' systemer

Levetid: 10 år

Miljøeffekt: 2,13 B pr ha pr år

Miljøeffekt i teknologiens levetid: 21,3 B pr ha

### 4.16 Markise over frugt og bær

Opsætning af markiser i æbler og pærer har i forsøg vist, at angreb af svampesygdomme reduceres væsentligt. Både angreb af æbleskurv og angreb af diverse lagerrådsygdomme reduceres til et niveau, som konventionelt sprøjtede frugter. Samtidig reduceres solskold, haglskader og klimabetinget skrub på æblerne (Bertelsen og Lindhard Pedersen, 2014).

Opsætning af markiser reducerer overfladefugtighed på plantedelene og mindsker derved angreb af svampesygdomme. Dette vil også gælde i andre frugt- og bærafgrøder, som f.eks. blommer, kirsebær, hindbær, og blåbær.

Markiser forventes at kunne reducere pesticidbehandlingerne med 80-100 % (Bertelsen, 2017). Bekæmpelse mod svampesygdomme foretages fra 12 til 25 gange om året, afhængigt af afgrøde og de aktuelle klimaforhold. Det er specielt behandlinger mod svampesygdomme, som opsætning af markiser kan reducere.

Med afsæt i den gennemsnitlige fladebelastning på 4,58 B pr ha for fungicider i frugt og bær jf. tabel 1 og et reduceret forbrug på i gennemsnit 90 % opnås således en årlig miljøeffekt på 4,12 B pr ha.

#### Markise over frugt og bær

Formål: Reduceret forbrug af fungicider

Anvendelse: Frugt og bær

Teknologi: Reduktion af luftfugtighed i plantemassen opnået ved overdækning med markiser bestående af gennemsligtigt plast eller presenning monteret på pæle med wirer

Levetid: 5 år

Miljøeffekt: 4,12 B pr ha pr år ved 90 % fungicidreduktion

Miljøeffekt i teknologiens levetid: 20,6 B pr ha

### 4.17 Varmtvandsbehandling til forebyggelse af lagerråd

Dypning eller overbrusning af frugt, bær og grøntsager med varmt vand ved ca. 50-52 °C i en kortere periode efter høst kan reducere udvikling af f.eks. frugtråd på lageret med op til 90 % når det gælder de



almindeligt forekommende lagerrådsygdomme som *Gloeosporium*, *Monilia* og frugttræskræft (Maxin et al., 2012a, Maxin et al., 2012b).

Normal udføres 2-4 forebyggende fungicidsprøjtninger mod diverse rådsygdomme i marken. Disse kan undlades, hvis metoden med dypning eller overbrusning med varmt vand anvendes. Derved kan mængden af frugtråd som potentielt udvikles på lagerret reduceres med 90 % i følsomme sorter. Dypning af æbler i varmtvand har i en årrække fundet sted i Tyskland og Østrig. I Danmark er brug af overbrusning eller andre metoder forholdsvis nyt.

#### Varmtvandsbehandling til forebyggelse af lagerråd

Formål: Reduceret forbrug af pesticider

Anvendelse: Frugt, bær og grøntsager

Teknologi: Dypning eller overbrusning af frugt, bær og grøntsager med varmt vand

Levetid: 10 år

Miljøeffekt: 1,15 og 0,66 B pr ha pr år ved 25 % pesticidreduktion i henholdsvis frugt/bær og grøntsager

Miljøeffekt i teknologiens levetid: 11,5 og 6,6 B pr ha i henholdsvis frugt/bær og grøntsager

### 4.18 Høstmaskine til skånsom høst af bær

Der udvikles løbende nye typer af selvkørende portal-høstere til industribær. Disse nye modeller har nye høstaggeregater og teknik, som gør høstprocesserne mere skånsomme, og derfor ikke skader buske og bær så meget som tidligere (Wooten, 2015).

Den blidere høst og de mindre skader på bær og buske betyder, at der kan spares på de forebyggende svampe- og skadedyrsprøjtninger. Der forventes at kunne spares 2 sprøjtninger mod barkgalmyg i solbær. Disse skadedyr tillokkes af fysiske skader på grene og lægger æg i grensårene. Desuden forventes at kunne spares 2-3 sprøjtninger mod svampesygdomme. Både gråskimmel, som inficerer sår på grenene og svampesygdomme, som angriber bærrerne efter høst især, hvis de skades mekanisk. En mere skånsom høst forventes at kunne reducere pesticidforbruget med 20-40 % i forhold til ældre typer af portalhøstmaskiner.

Med afsæt i en samlet gennemsnitlig fladebelastning på 6,46 B pr ha for fungicider og insekticider i frugt og bær jf. tabel 1 og et reduceret pesticidforbrug på omkring 40 % opnås således en årlig miljøeffekt på 2,58 B pr ha.

#### Høstmaskine til skånsom høst af bær

Formål: Reduceret forbrug af pesticider

Anvendelse: Bær til industri

Teknologi: Portalhøster med høstaggeregater der ikke skader buske og bær

Levetid: 10 år

Miljøeffekt: 2,58 B pr ha pr år ved 40 % pesticidreduktion

Miljøeffekt i teknologiens levetid: 25,8 B pr ha

### 4.19 CA-lager

Nedkøling og lagring af æbler og pærer ved CA-lagring (Controlled Atmosphere) reducerer forekomsten af lagerråd med op til 50 % (Tahir, 2009). CA-lagring kan etableres enten i specielle CA- eller ULO- (Ultr

Low Oxygen) lagerfaciliteter. I ULO-lager reduceres iltindholdet yderligere i forhold til CA-lagring og kuldioxidindholdet stiger. Her forventes yderligere reduktion af lagerråd i forhold til CA-lagring.

Lagring af frugt og grøntsager i CA- eller ULO-lager forventes at reducere mængden af frasorteret frugt med 50-70 %.

#### CA-lager

Formål: Reduceret forbrug af pesticider

Anvendelse: Frugt og grøntsager

Teknologi: Styring af lagerluftens indhold af kuldioxid og ilt

Levetid: 10 år

Miljøeffekt: 2,17 og 0,65 B pr ha pr år ved 40 % pesticidreduktion i henholdsvis frugt og grøntsager

Miljøeffekt i teknologiens levetid: 21,7 og 6,5 B pr ha i henholdsvis frugt og grøntsager

## 4.20 CA-lagringskasser

CA-lagring kan også etableres i specielle lagringskasser, som placeres i eksisterende kølerum. Brug af lagringskasser vil forbedre udnyttelsen af kølerummet ved at forbedre og forlænge holdbarheden af frugt og grøntsager. Lagring i kasser med semipermeable membraner, som etablerer CA-lagring via produktets egen ånding og respiration vil forlænge og forbedre holdbarheden af produktet. Dette danner atmosfæreforhold i kassen som svarer til egentlige CA-lagre.

Metoden er kendt i udlandet og bruges af enkelte træfrugtavlere. Metoden er ny for grønsagsavlere. Metoden egner sig især til bedrifter med mindre salg af mange forskellige produkter. Derved kan bedriftens kølerumskapacitet udnyttes til mange produkter samtidig. Metoden forventes at reducere mængden af frasorteret frugt og grøntsager med 30-50 % i forhold til almindelig kølelagring.

#### CA-lagringskasser

Formål: Reduceret forbrug af pesticider

Anvendelse: Frugt og grøntsager

Teknologi: Styring af lagerluftens indhold af kuldioxid og ilt

Levetid: 5 år

Miljøeffekt: 2,17 og 0,65 B pr ha pr år ved 40 % pesticidreduktion i henholdsvis frugt og grøntsager

Miljøeffekt i teknologiens levetid: 10,8 og 3,3 B pr ha i henholdsvis frugt og grøntsager

## 4.21 Rensning af pesticidholdigt spildevand

I væksthushaverier som recirkulerer gødningsvandet er det muligt at behandle vandet inden det blandes med nyt gødningsvand og ledes ud til planterne igen. Ved ozon eller hydrogen-peroxid (brintoverilte) kombineret med UV-lys og aktivt kul kan man uskadeliggøre eventuelle svampesygdomme således at planterne ikke smittes fra gødningsvandet. Herved kan behovet for sprøjtning med fungicider reduceres.

Selv om gødningsvandet recirkuleres er der med jævne mellemrum behov for udskiftning af det recirkulerede gødningsvand fordi der akkumuleres for store mængder af salte eller pesticidrester. Dette "end-of-pipe" vand skal bortskaffes som spildevand. I de senere år er man imidlertid blevet opmærksom på denne praksis, som ikke er miljømæssigt acceptabelt (jf. rapport fra Odense Kommune, 2017).

Mængden af spildevand der skal håndteres, afhænger af væksthushets størrelse og hvor hyppigt recirkuleringstanken tømmes. Rambøll A/S har på baggrund af oplysninger fra GartneriRådgivningen A/S og Odense Kommune estimeret mængden af spildevand i danske væksthushgartnerier til 80-220 m<sup>3</sup> pr ha væksthush pr år (Ottosen & Furgal, 2017). Tømningsfrekvensen er 2-4 gange årligt.

Pesticidrester i gødningsvand eller i spildevand kan reduceres ved kemisk oxidering. Ved tilsætning af ozon eller hydrogen-peroxid til vandet skabes frie radikaler, som nedbryder pesticiderne. Rensningseffekten er afhængig af mængden af tilført ozon eller hydrogen-peroxid og af vandingsvandets indhold af organisk stof. En filtrering for organisk stof før oxidering vil markant reducere behovet for frie radikaler,

I væksthushgartnerier som recirkulerer gødningsvandet kan vandet således renses for pesticider enten inden det blandes med nyt gødningsvand som ledes ud til planterne eller inden det ledes til kloak. Ved rensning inden det genanvendes vil oxidering endvidere reducere smittetrykket hvorved behovet for sprøjtning med pesticider reduceres.

I Holland har man tilsvarende problemer med udledning af pesticidrester fra væksthushgartnerier. Her er der derfor krav om at alt spildevand fra væksthushgartnerier skal renses for minimum 95 % af pesticidindholdet i spildevandet inden det ledes til kloak. Fra 2023 skærpes kravene til 99 % rensning.

I Holland har myndighederne (Beoordelingscommissie Zuiveringsinstallaties Glastuinbouw, 2024) godkendt flere teknologier, der opfylder det stillede krav til rensning, og som derfor kan anvendes til at rense spildevandet fra væksthushgartnerier, inden det ledes til vandløb eller kloak. Teknologierne bygger hovedsageligt på rensning med ozon eller hydrogen-peroxid i kombination med UV-stråler og eventuelt nanofiltrering eller aktivt kul. Teknologien monteres i forbindelse med recirkuleringstanken inden vandet løber videre rundt i systemet eller tømmes ud i vandmiljø eller kloak.

Anlæggene har forskellige kapaciteter: nogle kan rense store mængder vand hurtigt mens andre kan rense små mængder langsomt. Hvilken type som vil være relevant for danske væksthushgartnerier, vil være afhængig af gartneriernes størrelse og nuværende indretning. Ved fjernelse af pesticidrester alene er kapaciteten omkring 1-10 m<sup>3</sup> ad gangen i en lukket beholder. Ved rensning af recirkulerende vandingsvand i et flow er kapaciteten på 2-70 m<sup>3</sup> pr time.

Teknologierne har været testet ved universitetet i Wageningen hvor hydrogen-peroxid og ozon i kombination med UV-stråler kunne fjerne omkring 80 % pesticider (van Ruijven et al. 2014). Filtrering i aktivt kul efter ozon-behandling fjernede næsten 100 % pesticider (Tabel 4). Af tabellen ses at ozon skal kombineres med aktivt kul for at opnå en effekt større end 95 %. Kemisk oxidering med hydrogen-peroxid med UV-lys skal ligeledes kombineres med aktivt kul for at få en effekt større end 95 %.

Tabel 4. Forskellige metoders effektivitet til at fjerne pesticider i vand. Gennemsnit af 11 pesticider hvor effektiviteten varierede fra 55 % til 99 % for individuelle pesticider (gengivet fra van Ruijven et al. 2014).

Elektrokemisk flokkulation	Hydrogen-peroxid med lavtryks UV-lys	Hydrogen-peroxid med middeltryks UV-lys	Ozon	Ozon + aktivt kul
30	85	78	84	99

Udgifterne til vandrensning afhænger af den anvendte teknologi, gartneriernes størrelse og mængden af spildevand. I ovennævnte hollandske test fra 2014 vil udgifterne til investering og drift beløbe sig til omkring 10.000 kr. pr år for et gartneri på 5 ha med en spildevandsmængde på 500 m<sup>3</sup> pr ha pr år (van Ruijven et

al. 2014). Hvis spildevandsmængden er 1250 m<sup>3</sup> pr ha pr år øges udgifterne til ca. 13.000 kr. I fællesanlæg eller i meget store gartnerier øges arealgrundlaget hvilket resulterer i reducerede udgifter pr arealenhed. Rensning med hydrogen-peroxid er lidt billigere end rensning med ozon. Supplerende rensning med aktivt kul øger udgifterne med 20-30 %.

Som et alternativ til kemisk oxidering (med ozon eller hydrogen-peroxid) kan pesticider nedbrydes effektivt ved superkritisk vandoxidation; en forholdsvis ny teknologi hvor spildevandet først skal opkoncentreres ved membranfiltrering (Ottosen & Furgal, 2017). Teknologien er relativ dyr og endnu ikke testet med pesticidholdigt spildevand. Et andet alternativ er biologisk nedbrydning af pesticider. Denne metode er imidlertid ikke realistisk på grund af den store volumen af spildevand (van Ruijven et al. 2014).

Nanofiltrering har været nævnt som et andet alternativ til kemisk oxidering eller i kombination med kemisk oxidering i stedet for aktivt kul. Da størrelsen af forskellige pesticid-molekyler er meget varierende, vil nanofiltrering ikke holde alle pesticider tilbage. En effektiv filtrering vil formodentlig kræve flere forbundne nanofiltre. I en undersøgelse af forskellige nanofiltres evne til at tilbageholde atrazin, isoproturon og prometryn kunne 73-99 % tilbageholdes (Karabelas & Plakas, 2011). Effektiviteten afhang dog af opløsningens indhold af organisk stof og calcium. Tilbageholdelsen var endvidere afhængig af om opløsningen indeholdt en, to eller tre pesticider; jo flere pesticider des dårligere tilbageholdelse. Det konkluderes at nanofiltrering af vandingsvand indeholdende mange forskellige pesticider, organisk stof og næringsstoffer ikke kan rense til 95 %.

I perioden 2007-2015 er forbruget af pesticider i dansk produktion af væksthushavter reduceret betydeligt (Ørum et al. 2016), bl.a. fordi der er færre midler til rådighed og fordi biologisk bekæmpelse af skadedyr har vundet indpas. Medens anvendelsen af herbicider er marginalt, anvendes der fortsat fungicider og insekticider i væksthushavter. Der findes ikke nogen opgørelse over fladebelastningen for pesticider i væksthushavter, men det skønnes at ligge på ca. 0,8 B pr ha pr år, men mængden er faldende og sker i længerevarende kulturer. Såfremt pesticid-indholdet reduceres med 95 % vil effektive vandrensningsteknologier have en standard-miljøeffekt på omkring 0,76 B pr ha pr år, hvor areal refererer til det dyrkningsareal hvor recirkulering finder sted og som recirkuleringstanken anvendes til.

Afslutningsvis skal nævnes at ved oxidering nedbrydes pesticider. Det er imidlertid uvist om disse nedbrydningsprodukter kan have miljøeffekter.

#### Rensning af pesticidholdigt spildevand

Formål: Fjernelse af pesticider

Anvendelse: Grøntsager og krydderurter i væksthuse med recirkulering af gødningsvand

Teknologi: Oxidering med ozon kombineret med aktivt kul eller hydrogen-peroxid kombineret med aktivt kul. Der kan ikke søges om støtte til recirkuleringstank.

Levetid: 10 år

Miljøeffekt: 0,76 B pr ha pr år ved 95 % pesticidreduktion

Miljøeffekt i teknologiens levetid: 7,6 B pr ha

## 4.22 Rensning af gødningsvand til recirkulering

Ved recirkulering af gødningsvand genanvendes ubrugt vand og næringsstoffer. Dette gødningsvand kan imidlertid indeholde mikroorganismer som derved spredes til sunde planter. Det vil derfor være hensigtsmæssigt at rense retur vandet inden det genanvendes i princippet med samme metoder som

anvendes til rensning for pesticider. Hertil kan der anvendes sandfiltre, UV-anlæg, ultralyd, klorid-anlæg, biologiske anlæg, mm. Ved en reduceret smittespredning kan pesticidforbruget reduceres. Der foreligger ikke nogen dokumentation for hvor meget pesticidforbruget kan reduceres, men det skønnes at forbruget kan reduceres med 20 % sammenlignet med ingen rensning af gødningsvand til recirkulering. Med afsæt i en fladebelastning for fungicider på skønsmæssigt 0,7 B pr ha i væksthusegrøntsager opnås en miljøeffekt på 0,14 B pr ha pr år.

Rensning af gødningsvand til recirkulering

Formål: Fjernelse af mikroorganismer

Anvendelse: Grøntsager, krydderurter og bær i væksthuse/tunnel med recirkulering af gødningsvand

Teknologi: Sandfiltre, UV-anlæg, ultralyd, klorid-anlæg, biologiske anlæg.

Levetid: 10 år

Miljøeffekt: 0,14 B pr ha pr år ved 20 % pesticidreduktion i forhold til ingen rensning

Miljøeffekt i teknologiens levetid: 1,4 B pr ha

## Referencer

- Miljøstyrelsen (2014) Anvendelse og potentiale for brug af bioplast i Danmark. Kortlægning af kemiske stoffer i forbrugerprodukter nr. 133, 2014 Miljøministeriet, Miljøstyrelsen.
- Ascard J, Hatcher PE, Melander B, Upadhyaya MK 2007. Thermal Weed Control. Chapter 10 in Non-Chemical Weed Management: Principles, Concepts and Technology (Editors: MK Upadhyaya & R E Blackshaw). CAB International (www.cabi.org), Wallingford (UK), 155-175.
- Baarts L 2014. Maskinudtynding i Elstar- et godt supplement. Frugt og Grønt, maj, 6-7.
- Beoordelingscommissie Zuiveringsinstallaties Glastuinbouw (2024) BZG-lijst zuiveringsinstallaties glastuinbouw. Versie 27 maart 2024file:///C:/Users/au223786/Downloads/bzg-lijst-20240327-.pdf. Downloaded 03-05-2024.
- Bertelsen M, Lindhard Pedersen H 2014. Preliminary results show rain roofs to have remarkable effect on diseases of apples. Ecofruit Proceeding 2014. p. 242-243.
- Blomgren T, Frisch T 2009. High Tunnels Using Low-Cost Technology to Increase Yields, Improve Quality and Extend the Season. Report Produced by Regional Farm and Food Project and Cornell University. <http://u.osu.edu/vegprolab/publications/crop-environment-publications/high-tunnels-using-low-cost-technology-to-increase-yields-improve-quality-and-extend-the-season/>
- Cheng ML, Uva WF 2008. Removing Barriers to Increase High Tunnel Production of Horticultural Commodities in New York. Economic and Marketing Study Final Report. <[http://www.hort.cornell.edu/hightunnel/about/research/economics/removing\\_barriers\\_uva\\_cheng.pdf](http://www.hort.cornell.edu/hightunnel/about/research/economics/removing_barriers_uva_cheng.pdf)>.
- Chouinard, Gérald & Pelletier, F. & Larose, M. & Knoch, Simon & Pouchet, C. & Dumont, M.-J & Tavares, Jason. (2022). Insect netting: effect of mesh size and shape on exclusion of some fruit pests and natural enemies under laboratory and orchard conditions. Journal of Pest Science. 96. 10.1007/s10340-022-01582-5.
- Cloutier DC, Van der Weide RY, Peruzzi A, Leblanc ML 2007. Mechanical Weed Management. Chapter 8 in Non-Chemical Weed Management: Principles, Concepts and Technology, (Editors: M.K. Upadhyaya & R. E. Blackshaw). CAB International (www.cabi.org), Wallingford (UK), 111-134.
- Daugaard H 2008. Table-top production of strawberries: performance of six strawberry cultivars. Acta Agricultura Scandinavica 58(3): 261-266.
- Eichin R, Deiser E, Bühl R 1987. Netze und Vliese gegen Gemüsefliegen. Deutscher Gartenbau 41,206-213.
- Garcia ME, Dickey DA, Frey SD, Johnson DT 2016. Increasing economic and environmental sustainability of table grapes using high tunnel advanced production. Acta Hort. 1115, 29-31.
- Hehnen D, Hanrahan I, Lewis K, McFerson J, Blanke M 2011. Mechanical flower thinning improves fruit quality of apples and promotes. Scientia Horticulturae 134 (2012) 241-244.
- Huber P 1989. Non-woven fabrics and plastic nets for vegetable crop protection. Plasticulture No. 81, 33-36.

- Iwata T 2015. Biodegradable and Bio-Based Polymers: Future Prospects of Eco-Friendly Plastics. *Angew. Chem. Int. Ed.* 54:3210 – 3215
- Jensen PK, Lund I 2006. Static and dynamic distribution of spray from single nozzles and the influence on biological efficacy of band applications of herbicides. *Crop Protection* 25, 1201-1209.
- JKI (2024) Julius Kühn-Institut - Institut für Anwendungstechnik im Pflanzenschutz. <https://www.julius-kuehn.de/at/abdrift-und-risikominderung>
- Karabelas A, Plakas K 2011. Membrane treatment of potable water for pesticides removal. <https://www.slideshare.net/kplakas/membrane-treatment-of-potable-water-for-pesticides-removal>
- Kasirajan S & Ngouajio M 2012. Polyethylene and biodegradable mulches for agricultural applications: a review. *Agron. Sustain. Dev.* 32:501-529
- Lindhard H 2012. Mekanik mod ukrudt. *Frugt og Grønt*, maj 2012, 232-233.
- Lindhard Pedersen H, Jensen B, Munk L, Bengtsson M, Trapman M 2012. Reduction in the use of fungicides in apples and sour cherry production by preventive methods and warning systems. Pesticides research no. 139. 2012. Danish Ministry of the Environment. Environmental protection Agency. ISBN no. 978-87-92779-70-0 pp. 113. <http://www.mst.dk/Publikationer/Publications/2012/August/978-87-92779-70-0.htm>
- Lindhard Pedersen H, Linddal Pedersen K, Paaske K 2005. Evaluating the use of RIMpro and Metos weather stations for control of apple scab (*Venturia inaequalis*) in Denmark 2002-2005. Poster til 7th International IOBC/WPRS Workshop on Orchard Diseases. Italy Aug-Sep 2005.
- Lindhard Pedersen H, Pedersen B 2004. Soil treatments and rootstocks for organic apple production. ECO-FRU-VIT. 11th International Conference on Cultivation Technique and Phytopathological Problems in Organic Fruit-Growing. 137-143.
- Lindhard Pedersen H, Vittrup Christensen J 1992. Ukrudtsbekæmpelse i æble uden brug af herbi-cider. *Tidsskrift for Planteavl* 96, 473-477.
- Martínez-Blanco J, Muñoz P, Antón A, Rieradevall J 2011. Assessment of tomato Mediterranean production in open-field and standard multi-tunnel greenhouse, with compost or mineral fertilizers, from an agricultural and environmental standpoint. *Journal of Cleaner Production* 19, 985-997.
- Maxin P, Weber RWS, Lindhard Pedersen H, Williams M 2012a. Hot-Water Dipping of Apples to Control *Penicillium expansum*, *Neonectria galligena* and *Botrytis cinerea*: Effects of Temperature on Spore Germination and Fruit Rots. *Europ. J. Hort. Sci.*, 77 (1), 1-9.
- Maxin P, Weber RWS, Lindhard Pedersen H, Williams M 2012b. Control of a wide range of storage rots in naturally infected apples by hot water dipping and rinsing. *Postharvest Biol. Techn.* 70, 25-31.
- Melander, B., Rasmussen, G. (2001). Effects of cultural methods and physical weed control on intrarow weed numbers, manual weeding and marketable yield in direct-sown leek and bulb onion. *Weed Research* 41, 491-508.
- Melander B., Lattanzi B. & Pannacci E. (2015) Intelligent versus non-intelligent mechanical intra-row weed control in transplanted onion and cabbage. *Crop Protection* 72, 1-8.

- Melander B., McCollough, M.R. (2021) Advances in mechanical weed control technologies. In: Advances in integrated weed management (edited by Per Kudsk). Burleigh Dodds Science Publishing (<https://bdspublishing.com/open-access/>), pp. 27; <http://dx.doi.org/10.19103/AS.2021.0098.11>
- Melander, B. (2021) Notat ang. automatisk ukrudtslugning tæt på kulturplanterne i sukkerroer og udplantet salat – resultater fra vækstsæsonen 2021. Aarhus Universitet, Institut for Agroøkologi.
- Mertz F 1989. Vergleich zwischen der Ausbringung von insektiziden Granulaten und dem Einsatz von Kulturnetzen gegen Kohlfliegen (*Delia radicum*) in Rettich.(Comparison between the application of granular insecticides and the use of protective netting against the cabbage root fly (*Delia radicum*) on radish). *Gesunde Pflanzen*, 41, 78-80.
- Odense Kommune (2017) Afrapportering af projekt om væksthushortneriers miljøforhold. August 2017, 41 sider, Odense Kommune. <https://www.odense.dk/mad/-/media/images/erhverv/milj%C3%B8-for-erhverv-og-virksomhed/gartnerier/afrapportering-gartneriprojekt-2017.pdf?la=da>. Downloaded 03-05-2024.
- Osinga KJ 1994. Insektengaas zorgt voor hogere opbrengst. *Groenten en Fruit/Vollegroendsgroenten* 4, 10-11.
- Ottosen AR, Furgal KM 2017. Pesticiders skæbne i biologiske rensningsanlæg. Litteraturundersøgelse. Miljøstyrelsen, 40 sider.
- Pedersen HL, Andersen L, Jørgensen PE, Sørensen L 2011. Luksusbær til frisk konsum. *Frugt & Grønt* 2: 60-61.
- Pergher G, Gubiani R, Cividino RS, Dell'Antonia D, Lagazio C 2013. Assessment of spray deposition and recycling rate in the vineyard from a new type of air-assisted tunnel sprayer. *Crop Protection* 45, 6-14.
- Rasmussen CM, Orzolek MD 2009. Penn State High Tunnel Plastic Study 2007-08. Report from PennState University.
- Reid J 2008. Comparisons of Temperatures under Clear Polyethylene and Infrared Blocking Coverings for High Tunnels. Report Cornell University.
- van Ruijven JPM, van Os EA, van der Staaij M, Beerling EAM 2014. Evaluation of Technologies for Purification of Greenhouse Horticultural Discharge Water. *Acta hort.* 1034, 133-140.
- Song JH, Murphy RJ, Narayan R, Davies GBH 2009. Biodegradable and compostable alternatives to conventional plastics. *Phil. Trans. R. Soc. B.* 364:2127-2139.
- Tahir, I. I., Johansson, E., & Olsson, M. E. (2009). Improvement of Apple Quality and Storability by a Combination of Heat Treatment and Controlled Atmosphere Storage. *HortScience horts*, 44(6), 1648-1654. Retrieved May 2, 2024, from <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.44.6.1648>
- Thorhauge, F., Hansen, H. and Henriksen, K. 1990. Dækning af kinakål (*Brassica pekinensis*) med net som beskyttelse mod skadedyr. *Tidsskrift for Planteavl* 94, 307-311.
- Tillett ND, Hague T, Grundy AC, Dedousis AP 2008. Mechanical within-row weed control for transplanted crops using computer vision. *Biosystems Engineering* 99: 171-178.



- van der Weide RY, Bleeker PO, Achten VTJM, Lotz LAP, Fogelberg F, Melander B 2008. Innovation in mechanical weed control in crop rows. *Weed Research* 48, 215-224.
- Wien HC, Reid JC, Rasmussen C, Orzolek MD 2008. Use of Low Tunnels to Improve Plant Growth in High Tunnels. Report from PennState University.
- Win NM, Song YY, Nam JC, Kang IK, Cho Ys, Yang SJ, Park J 2023. Influence of mechanical flower thinning on fruit set and quality of 'Arisoo' and 'Fuji' apples. *International Journal of Plant Biology*. 14, 503-511.
- Wiltshire JJJ, Tillett ND, Hague T 2003. Agronomic evaluation of precise mechanical hoeing and chemical weed control in sugar beets. *Weed Research* 43: 236-244.
- Wooten M 2015. Blueberry research focuses on gentler methods of harvesting tiny fruit. UGA Today. <http://news.uga.edu/releases/article/blueberry-research-gentler-methods-of-harvesting-tiny-fruit-0415/>; [http://www.scharfenberger.de/files/scharfenberger\\_01/pdf/BRAUD\\_9000L\\_engl.pdf](http://www.scharfenberger.de/files/scharfenberger_01/pdf/BRAUD_9000L_engl.pdf)
- Xiao CL, Chandler CK, Price JF, Duval JR, Mertely JC, Legard DE 2001. Comparison of epidemics of Botrytis fruit rot and powdery mildew of strawberry in large plastic tunnel and field production systems. *Plant Disease* 85(8), 901-909.
- Ørum JE, Holtze MS 2017. Bekæmpelsesmiddelstatistik 2016. Behandlingshyppighed og pesticidbelastning, baseret på salgsstatistik og sprøjtejournaldata. Orientering fra Miljøstyrelsen nr 22.
- Ørum JE, Kudsk P, Jørgensen LN, Paaske K 2016. Behandlingshyppighed og pesticidbelastning for solgte pesticider 2007-2015. Miljøstyrelsen.

## 5. Teknologier til vand-reduktion

*Michael Nørremark, Institut for Elektro- og Computerteknologi, AU*

*Carl-Otto Ottosen, Institut for Fødevarer, AU*

### 5.1 Intelligente vandingskanoner

Vanding kan afstemmes efter forventet fordamning. For computerstyret vandingsmaskine med mulighed for zone-vanding, og eventuelt computerstyring af vandingskanonens nivellering ud fra vindforhold, tryk m.m., anslås det at der vil kunne opnås vandbesparelser på mindst 15 %. Det har ikke været muligt at fremskaffe dokumentation for vandbesparelsen, selvom udstyret er markedsført.

Med afsæt i rapporten 'Fleksibel administration af tilladelser til markvanding' (Larsen et al., 2012) hvor der angives et gennemsnitlig vandforbrug på 115 mm eller 1.150 m<sup>3</sup> per ha vil der således kunne spares 172,5 m<sup>3</sup> pr ha.

#### Intelligente vandingskanoner

Formål: Reduceret forbrug af vand

Anvendelse: Frugt og grøntsager

Teknologi: Computerstyret vandingsmaskine med mulighed for zonevanding

Levetid: 10 år

Miljøeffekt: 172,5 m<sup>3</sup> vand pr ha pr år ved 15 % vandbesparelse

Miljøeffekt i teknologiens levetid: 1.725 m<sup>3</sup> vand pr ha

### 5.2 Bom- og drypvandingsudstyr

Grøntsager, bær og frugt vandes ofte med vandingskanon, hvor vandet sprøjtes ud i en cirkel med en diameter på 40-50 m. Vandingskanonen trækkes langsomt hen over marken, som herved tilføres 20-40 mm afhængigt af indtrækningshastigheden. Vandingsudstyret flyttes fra mark til mark, hvilket er meget tidskrævende. I perioder med tørt vejr er det nødvendigt at flytte vandingsudstyret både dag og nat, hvilket er ret ubekvem. Avlere er derfor tilbøjelige til at tilføre store vandmængder i stedet for en mere hyppig vanding med mindre vandmængder. Ved tilførsel af store vandmængder er der på de lettere jorde risiko for nedsivning af vand og næringsstoffer. Ved anvendelse af vandingskanon er intensiteten af det tilførte vand ofte så stor, at der står blankt vand eller denne løber ned ad skrænter hvilket resulterer i uensartet vandfordeling. Endvidere er der risiko for jorderosion selv ved tilførsel af kun 10 mm. Ved anvendelse af vandingskanon sprøjtes vandet langt op i luften hvorved der sker en stor fordamning især ved vanding på varme solrige dage. Sammenlignet med bomvanding tabes ofte 25 % af den tilførte vandmængde med vandingskanon (Reuter 1998). Ved bomvanding spredes vandet fra en række dyser monteret på en bom. Bommen, der er monteret på hjul, trækkes langsomt hen over afgrøderne.

Den mest effektive udnyttelse af tilført vand opnås dog ved anvendelse af drypslanger, placeret på jordoverfladen eller endnu bedre lagt ned i jorden. Herved kan vandforbruget reduceres yderligere. I frugtavlens anvendes i vid udstrækning drypvanding til hvert enkelt træ eller busk. Ved anvendelse af drypslanger er der mulighed for hyppigt at tilføre små mængder vand, hvilket også vil være relevant i

grøntsager. Herved ikke alene forhindres jorderosion og uensartet vandfordeling, men man har mulighed for at programmere udstyret til at vande på bestemte tidspunkter, f.eks. om natten. Det skønnes at drypslanger kan reducere vandforbruget med mere end 40 % i forhold til vandingsbom (Nielsen, 2002).

En anden fordel ved drypvanding kan være, at gødning kan tilføres samtidig med vandingsvandet, herunder flydende organiske gødninger. Dryp/gødevandslanger kan med den nye teknik udlægges samtidig med plantning/sætning/såning, og kan placeres således, at de ikke beskadiges ved ukrudtsbekæmpelse og anden jordbearbejdning mellem rækkerne. Gødevanding er en forudsætning for at kunne agere hurtigt og præcist i forhold til indstråling, temperatur og plantevækst.

Bomvanding vil kunne give en besparelse på vand på 25 % i forhold til vandingskanon. Anvendes drypslanger vil der kunne opnås en vandbesparelse på 40 % i forhold til bomvanding og 70 % i forhold til vandingskanon.

#### Bom- og drypvandingsudstyr

Formål: Reduceret forbrug af vand

Anvendelse: Vanding på friland

Teknologi: Ved bomvanding spredes vandet fra en række dyser monteret på en bom, der er monteret på hjul og som trækkes langsomt hen over afgrøderne. Ved drypvanding lægges drypslanger på jordoverfladen langs afgrøderækkerne. Drypslangerne kan eventuelt lægges ned i ca. 10 cm dybde.

Levetid: Bomvander: 10 år

Drypslanger: 3 år

Miljøeffekt: Bomvanding: 750 m<sup>3</sup> vand pr ha pr år ved et reduceret vand-forbrug på 25 %

Drypvanding: 2.100 m<sup>3</sup> vand pr ha pr år ved et reduceret vand-forbrug på 70 %

Miljøeffekt i teknologiens levetid: Bomvanding: 7.500 m<sup>3</sup> vand pr ha

Drypvanding: 6.300 m<sup>3</sup> vand pr ha

### 5.3 Vandingsindikator/vandstyringsanlæg

Til måling af jordens vandindhold anvendes sensorer, som placeres i jorden flere steder i marken og evt. i flere dybder afhængig af kulturen. Sensorer (watermarks, tensiometre og lign.) og evt. tilhørende beslutningsstøtte for vanding, der kan indikere, om der rent faktisk er et behov for at vande, kan dels medføre endnu større vandingsbesparelser og dels øge udbyttet per forbrugt ressourceenhed og give mulighed for en mere præcis vækststyring. Styring af vanding vha. sensorer, evt. trådløst, kan optimere vandingen ift. tidspunkt på dagen, mængder og planternes vækst. Vandingssensorer og tilhørende beslutningsstøttesystem vurderes at kunne reducere vandforbrug med mere end 25 %.

Med afsæt i et gennemsnitligt forbrug af vandingsvand på 300 mm eller 3.000 m<sup>3</sup>/ha pr år vil der med en reduktion på 25 % kunne opnås en miljøeffekt på 750 m<sup>3</sup> pr ha pr år.

#### Vandingsindikator/vandstyringsanlæg

Formål: Reduceret forbrug af vand

Anvendelse: Vanding på friland

Teknologi: Sensorer og eventuelt tilhørende beslutningsstøttesystem

Levetid: 3 år

Miljøeffekt: 750 m<sup>3</sup> vand pr ha pr år ved et reduceret vandforbrug på 25 %

Miljøeffekt i teknologiens levetid: 2.250 m<sup>3</sup> vand pr ha

## 5.4 Recirkulering af vandingsvand

I produktionen af væksthushønsager er det almindeligt at recirkulere vandingsvandet, tage analyser af returvandet, udskillelse af bikarbonat og supplere med de næringsstoffer, der er i underskud. For at begrænse forbruget af vand og næringsstoffer vil det derfor være hensigtsmæssigt at bruge tætte borde og anlæg til recirkulering af gødevand. Ved produktion i bunden af væksthush eller udendørs vil anlæg af støbte dyrkningsunderlag muliggøre recirkulering af gødevand, som kan tilføres enten via dryp eller ebbe-flod vanding. Det vurderes at der kan spares op mod 15 % vand ved recirkulering og udskillelse af bikarbonat.

Frugt-, bær- og visse grønsagskulturer dyrkes også i stigende grad i tunnel, plasthus og væksthush. Her gælder de samme forhold som anført for væksthushønsager, og at der vil kunne spares op til 15 % vand og næringsstoffer, ved at indføre teknologi til recirkulering. I frugt- og grønsagskulturer, hvor der dyrkes i bunden af tunnel eller væksthush, er det nødvendigt at dyrke i render hvorpå dyrkningssække, trug eller potter placeres med henblik på opsamling af drænvand. Det er dog meget vigtigt at disse recirkuleringsteknologier kobles til teknologier til rensning af gødevandet for sygdomsfremkaldende organismer og teknologi til styring af gødning (måling af de vigtigste næringsstoffers niveau og gødningscomputere til at dosere supplerende mængder af næringsstoffer). Her vil ligeledes kunne spares op mod 15 % vand og næringsstoffer ved recirkulering (Giuffrida and Leonardi, 2012; Sanchez-Del Castillo et al., 2014).

I produktionen af 1) tomat og agurk, og 2) andre grøntsager, frugt og bær i væksthush og tunnel, samt 3) udplantningsplanter anvendes typisk henholdsvis 10.000, 5.000 og 2.000 m<sup>3</sup> vand pr ha. Sammenlignet med traditionel vanding uden recirkulering vil forbruget af vand kunne reduceres og den opnåede årlige miljøeffekt vil ligge på henholdsvis omkring 1.500, 750 og 300 m<sup>3</sup> vand pr ha.

#### Recirkulering af vandingsvand

Formål: Reduceret forbrug af vand

Anvendelse: Tomat, agurk, andre grøntsager, krydderurter, frugt, bær og udplantningsplanter i væksthuse og på containerplads

Teknologi: Opsamling af overskudsvand og justering og recirkulering inkluderer render, borde og støbte dyrkningsunderlag der muliggør opsamling af drænvand, opsamlingsstanke, udstyr til måling af ledningsværdi og næringsstofindhold, udskillelse af bikarbonat, samt systemer til rensning for sygdomme (sandfiltre, UV-anlæg, kobberanlæg, klorid-anlæg, biologiske anlæg mm.)

Levetid: 10 år

Miljøeffekt: 1.500, 750 og 300 m<sup>3</sup> vand pr ha pr år ved et reduceret forbrug på 15 % i henholdsvis 1) tomat og agurk i væksthuse, 2) andre grøntsager, frugt og bær i væksthuse eller tunnel, og 3) udplantningsplanter i væksthuse eller på containerplads

Miljøeffekt i teknologiens levetid: 15.000, 7.500 og 3.000 m<sup>3</sup> vand pr ha i henholdsvis 1) tomat og agurk i væksthuse, 2) andre grøntsager, frugt og bær i væksthuse eller tunnel, og 3) udplantningsplanter i væksthuse eller på containerplads

## 5.5 Rensning af vaskevand

Der er stigende interesse for at genanvende vand i produktionen, herunder ved vask af planteprodukter. Vaskevand indeholder bl.a. mikroorganismer og jord som kan fjernes ved filtrering for fysiske partikler og med kemisk oxidering for fjernelse af pesticidrester og mikroorganismer. Under filtreringen kan der anvendes aktivt kul. Forskellige typer af kulfiltre anvendes afhængigt af hvilke stoffer, der ønskes fjernet. Efter filtrering skal vandet desinficeres for at fjerne svampesporer, bakterier og virus. Hertil anvendes UV-stråler, ultralyd, eller klor. Ved UV-bestråling bruger man ultraviolet lys med bølgelængder på 240-280 nm (UV-C). Også anlæg som ved hjælp af elektrolyse af salt og vand producerer et (af Fødevarerstyrelsen godkendt) desinfektionsmiddel bestående af en blanding af hypoklorsyre og hypoklorit. Især hypoklorsyre er et meget potent oxidationsmiddel, der har nemmere ved at trænge igennem og ødelægge cellemembraner end hypoklorit ionen. Hypoklorsyre virker på alle slags patogener, det vil sige både bakterier, svampe og virus.

Miljøeffekten ved etablering af udstyr til rensning af vaskevand afhænger af hvilken rensningsmetode, der kræves for at kunne genanvende vandet og af udstyrets kapacitet. Det skønnes at vandforbruget kan reduceres med 50 % afhængigt af hvilke produkter der skal vaskes og hvor godt vandet ønskes renses. Hvis vandforbruget sættes til 0,5 L pr kg produkt og udbyttet af høstet produkt sættes til 100 tons pr ha, er der et vandbehov på 50 m<sup>3</sup> pr ha produktionsareal. Hvis vandforbruget ved genanvendelse kan reduceres med 50 % opnås en miljøeffekt på 25 m<sup>3</sup> pr ha.

#### Rensning af vaskevand

Formål: Rensning af vaskevand

Anvendelse: Vask af grøntsager, frugt og bær, champignon

Teknologi: Filtre, oxidering, UV-anlæg, ultralyd, klorid-anlæg

Levetid: 10 år

Miljøeffekt: 25 m<sup>3</sup> pr ha pr år ved 50 % vandreduktion

Miljøeffekt i teknologiens levetid: 250 m<sup>3</sup> pr ha

## Referencer

- Giuffrida, F., Leonardi, C. (2012) Nutrient solution concentration on pepper grown in a soilless closed system: yield, fruit quality, water and nutrient efficiency. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B – Soil & Plant Science*. 62, 1-6.
- Larsen B m.fl. 2012. Fleksibel administration af tilladelser til markvanding. Notat udarbejdet af Jysk Landbrug, Vestjysk Landboforening, Sydvestjysk Landboforening, Heden og Fjordens Landboforening, Holstebro-Struer Landboforening, Ikast-Bording Landboforening, Familiebruget VEST-jylland, Familiebruget Sydvest, Sønderjysk Familielandbrug og Sønderjysk Landboforening. Oktober 2012. 11 sider
- Nielsen HK 2002. Vandingsystemer til containerpladser. Forskningsserien nr. 26, Høgskolen i Agder, HøyskoleForlaget ISBN 82-7634-551-4.
- Reuter C 1998. Water saving irrigation systems. *Gemüse* 34, 21-24.
- Sanchez-Del Castillo F, Moreno-Perez ED, Pineda-Pineda J, Osuna JM, Rodriguez-Perez JE, Osuna-Encino T 2014. Hydroponic tomato (*Solanum lycopersicum* L.) production with and without recirculation of nutrient solution. *Agrociencia* 48(2), 185-197.

## 6. Teknologier til økologisk produktion

*Antonios Petridis, Carl-Otto Ottosen, Martin Jensen og Thayna Mendanha, Institut for Fødevarer, AU*

*Bo Melander og Peter Kryger Jensen, Institut for Agroøkologi, AU*

*Michael Nørremark, Institut for Elektro- og Computerteknologi, AU*

### 6.1 Lugerobot til rækkeafgrøder af grøntsager

Lugeroboter kan anvendes til ukrudtsbekæmpelse mellem og i rækkerne i udplantede grøntsager som kål, salat, selleri, løg og porre. Roboterne er udstyret med kameraer, der kan genkende afgrødeplanter, og derved få mekaniske lugeaggregater til at undvige afgrødeplanterne. På det Europæiske marked forhandles i øjeblikket flere forskellige lugeroboter, men på det danske marked dominerer især to lugerobotprincipper. Det ene benytter sig af højsiddende kameraer, der detekterer flere rækker samtidigt, og dermed foretager en mønstergenkendelse af rækkestrukturen. Selve lugningen foretages med ét roterende skær per række. Det andet lugeprincip har ét linjekamera per afgrøderække, der detekterer hver eneste afgrødeplante. Lugningen foretages med to flade skær – ét fra hver side af rækken – som føres ud og ind imellem afgrødeplanterne. Robotlugning er testet i udplantet kål i England, hvor 62-87 % af ukrudtet i rækken blev bekæmpet inden for en radius af 24 cm fra kålplanterne (Tillett et al., 2008). I udplantet hvidkål i Danmark blev 76 % af ukrudtet i rækken bekæmpet, hvilket var ca. 14 % bedre end ikke-intelligente metoder som ukrudtsharvning og fingerhjul (Melander et al., 2015). I samme undersøgelse blev robotlugning også testet i udplantede løgklynger med 7 løgplanter per klynge. Her bekæmpede teknologien ca. 54 % af ukrudtet i rækken under mindre gunstige forhold og op til ca. 86 % af ukrudtet i rækken under mere gunstige forhold. I hverken den engelske eller danske undersøgelse opstod der nævneværdige afgrødeskader som følge af robotlugning. I udplantede løg efterlades en restukrudtsmængde, som kan fjernes manuelt. Tidsforbruget til håndlugning vil helt afhænge af ukrudtstrykket, men kan typisk ligge på 30-90 timer ha<sup>-1</sup> (ikke publicerede data fra Melander et al., 2015).

Lugeroboter har endnu ikke vist tilstrækkelig pålidelighed til anvendelse i udsåede rækkeafgrøder. Roboterne er især testet i roer, men indtil videre uden større succes. Ukrudt og afgrøde 'flyder' nemt sammen, hvilket gør det svært for kamerateknologien at foretage en klar adskillelse af afgrøde og ukrudt.

Anvendelse af lugeroboter er oplagt i den økologiske produktion. Robotlugning vil understøtte en udvidelse af det økologiske areal og dermed bidrage til en nedsættelse af pesticidforbruget. De væsentligste argumenter for at investere i lugerobotteknologien frem for redskaber uden intelligens er flere driftstimer og større sikkerhed for ikke at skade kulturplanterne.

#### Lugerobot til rækkeafgrøder

Formål: Ukrudtsbekæmpelse

Anvendelse: Rækkeafgrøder af grøntsager

Teknologi: Kamerastyrede lugeaggregater til bekæmpelse af ukrudt mellem og i rækkerne

Levetid: 10 år

Miljøeffekt: Øget økologisk produktion på bekostning af pesticidsprøjet konventionel produktion

## 6.2 Ukrudtsbrænder

Fremspiret ukrudt kan bekæmpes ved fladebrænding. I den økologiske grønsagsproduktion er metoden meget almindelig, og anvendes typisk lige før afgrøden spirer frem. Kombineres brændingen med et falsk såbed, der stimulerer mest muligt ukrudt til at spire frem før afgrøden, kan effekten blive ganske høj (Melander & Rasmussen, 2001). I langsomtspirende kulturer som løg, porre og gulerødder kan der opnås 50-80 % effekt mod ukrudt i rækken, da meget ukrudt vil være spiret frem før afgrøden (Melander & Rasmussen, 2001; Ascard et al., 2007). Fremspiret ukrudt bekæmpes ved en temperatur på 800-900 °C, der opnås under brænderens afskærmning. Gasforbruget er typisk 60-80 kg propangas ha<sup>-1</sup> ved en brænding i hele bredden. Metoden kan også anvendes i majs, hvor der typisk brændes før fremspiring og igen på majsens 3-4 bladstadsstadium, som sammen med alm. radrensning udgør den samlede ukrudtsbekæmpelse.

Ukrudtsbrænding kan understøtte en udvidelse af det økologiske areal og dermed bidrage til en nedsættelse af pesticidforbruget.

### Ukrudtsbrænder

Formål: Ukrudtsbekæmpelse

Anvendelse: Udsåede og langsom-spirende frilands-grøntsager

Teknologi: Varmebehandling af ukrudt ved fladebrænding eller rækkebrænding før hovedafgrøden er spiret frem

Levetid: 10 år

Miljøeffekt: Øget økologisk produktion på bekostning af pesticidsprøjet konventionel produktion

## 6.3 Autostyring af mekanisk ukrudtsbekæmpelse i grøntsager

Autostyring til radrensere ved hjælp af kameraer eller præcise GPS-systemer er teknologier, som kan rationalisere radrensningen i økologiske rækkeafgrøder (Wiltshire et al., 2003). Kerasystemerne kan bestå af: ét kamera per bed til mønstergenkendelse af rækkerne; ét linjekamera per afgrøderække til identifikation af enkeltplanter; eller ét 2D Charge-Coupled Device (CCD) kamera per række, som tilsvarende linjekameraet ser mere lodret ned på afgrødeplanterne. Både linjekameraet og 2D CCDkameraet er afhængig af en tydelig kontrast mellem jord og afgrøde. Real Time Kinematic (RTK) GPS-systemer kan også være en relevant mulighed til styring af radrenseren i forhold til afgrøderækken. Typisk er det nødvendigt med RTK-GNSS-antenne og styringer på både traktor og redskab. Mekanisk ukrudtsbekæmpelse mellem afgrøderækkerne eliminerer behovet for kemisk bekæmpelse i dette område.

Radrensere med eller uden autostyring kan påmonteres ekstraudstyr som fingerhjul, skrabepinde, hyppekær eller strigletænder til bekæmpelse af ukrudt i selve afgrøderækken (Cloutier et al., 2007; Van der Weide et al., 2008). Fingerhjul består af roterende hjul påmonteret gummi- eller plastfingre. Hver række behandles af to hjul - ét på hver side af rækken - hvor fingrene bekæmper ukrudtet i rækken mekanisk. Skrabepinde består af bøjet fjederstål, hvor to pinde - en på hver side af rækken - 'skraber' jorden i en dybde på 1-2 cm, hvorved ukrudtet bekæmpes. Hyppekær er vinklede gåsefodsskær eller A-skær, som afhængigt af kørehastigheden kan hyppe jord op omkring afgrødeplanterne i rækken og dermed tildække ukrudtet. Mekanisk ukrudtsbekæmpelse i rækken vha. fingerhjul, skrabepinde, hyppekær og strigletænder kræver robuste afgrødeplanter for at undgå afgrødeskader. Kun godt forankrede udplantningsplanter, samt udsåede kulturer, der har nået et vist udviklingstrin, kan tåle behandlingen. Ukrudtet skal være småt



på bekæmpelsestidspunktet (helst ikke mere end kimbladsstadiet), for at ukrudtseffekten er tilstrækkelig god. I økologisk produktion kan ekstraudstyr til mekanisk ukrudtsbekæmpelse i rækkerne nedsætte behovet for håndlugning med 50-100 % afhængigt af afgrødetypen – de største reduktioner opnås i udplantede kulturer som f.eks. kål (bl.a. van der Weide et al., 2008).

Autostyring af mekanisk ukrudtsbekæmpelse kan understøtte en udvidelse af det økologiske areal og dermed bidrage til en nedsættelse af pesticidforbruget.

#### Autostyring af mekanisk ukrudtsbekæmpelse i grøntsager

Formål: Ukrudtsbekæmpelse i rækkeafgrøder

Anvendelse: Rækkedyrkede grøntsagsafgrøder

Teknologi: Kamerastyring af radrenser

Levetid: 10 år

Miljøeffekt: Øget økologisk produktion på bekostning af pesticidsprøjet konventionel produktion

## 6.4 Båndsprøjtning

Båndsprøjtning kan anvendes ved plantebeskyttelse med økologisk godkendte midler i rækkedyrkede afgrøder som jordbær og grøntsager. Ved at anvende båndsprøjtning, hvor der anvendes en båndbredde, der svarer til kulturens båndbredde, reduceres pesticidanvendelsen i forhold til bredsprøjtning af kulturen. Reduktionen vil afhænge af hvilket dyrkningssystem, der anvendes. Der anvendes båndsprøjter med typisk flere dyser pr afgrøderække. Dyserne kan være monteret indvendigt i en skærm, så sprøjtningen foretages afskærmet med en reduceret afdriftsrisiko.

#### Båndsprøjtning

Formål: Ukrudtsbekæmpelse i rækkeafgrøder

Anvendelse: Jordbær og andre kulturer dyrket på rækkeafstand hvor bomsprøjte er referencesprøjte

Teknologi: I rækkeafgrøder tilføres økologisk godkendte sprøjtemidler i et bånd svarende til afgrødens båndbredde hvor dyserne eventuelt er afskærmet til reduktion af afdrift

Levetid: 15 år

Miljøeffekt: Reduceret forbrug af økologisk godkendte midler

## 6.5 Tunnelsprøjte med recirkulering af sprøjtevæske

Ved sprøjtning med økologisk godkendte sprøjtemidler i træ- og buskfrugt anvendes tågesprøjter. Sprøjtevæsken udsprøjtes horisontalt fra sprøjten, samt opad for at kunne dække hele kulturhøjden. Sprøjteteknologien forudsætter således, at der sprøjtes mod en "kulturvæg" med konstant højde. I unge kulturer vil der være huller i denne væg, og specielt i unge kirsebærplantager vil kun en mindre del af sprøjtevæsken blive opfanget af kulturen. Ved tidlige sprøjtninger før udspring vil en stor del af sprøjtevæsken ligeledes gå tabt. I etablerede plantager vil der være huller i plantebestanden, og kulturhøjden vil variere. Når det tilstræbes at dække i maksimal kulturhøjde, vil dette også medføre et tab. Selv i veletablerede kulturer vil der generelt være en vis hulprocent igennem hele sæsonen.

En tunnelsprøjte er udformet som en tunnel hvori dyserne er monteret. Sprøjterne kan anvendes i de nye dyrkningssystemer af frugt, hvor kulturhøjden er begrænset til nogle få meter. Under kørsel passerer kulturen

igennem tunnelen, og sprøjtevæske, der ikke rammer kulturen, opfanges af den modstående tunnelside. Sprøjtevæsken filtreres og genanvendes, og både forbruget og afdriften reduceres.

Det skønnes, at tunnelsprøjter med recirkulering af sprøjtevæske kan reducere forbruget af sprøjtemidler i frugt- og bærkulturer med ca. 20 % (Pergher et al., 2013). Nogle af disse systemer er testet hos Julius Kühn-Institut i Tyskland (JKI, 2024).

#### Tunnelsprøjte med recirkulering af sprøjtevæske

Formål: Bekæmpelse af sygdomme og skadedyr

Anvendelse: Træ- og buskfrugt

Teknologi: Sprøjtevæske, der ikke rammer kulturen, opfanges af den modstående tunnelside, filtreres og genanvendes

Levetid: 10 år

Miljøeffekt: Reduceret forbrug af økologisk godkendte sprøjtemidler

## 6.6 Sensorafblænding af dyser på tågesprøjter

Ved sprøjtning med økologisk godkendte sprøjtemidler i træ- og buskfrugt anvendes tågesprøjter. Formålet med sensorafblænding er at hindre de tab af sprøjtevæske der sker ved tågesprøjtning af frugt- og bærkulturer som følge af heterogenitet i plantebestanden.

Sensorafblænding er en teknologi, der anvendes på almindelige tågesprøjter. En række sensorer, svarende til antallet af dyser, er monteret på sprøjten foran dyserne og registrerer huller i plantebestanden. Hvor der er registreret et hul i plantebestanden, der svarer til den bredde dysen dækker, lukkes for den tilsvarende dyse i det tidsinterval, der svarer til længden af hullet i plantebestanden. Teknologien sikrer en besparelse i forbruget af sprøjtemidler.

Det skønnes, at tågesprøjter der er monteret med sensorafblænding af dyser kan reducere forbruget af økologisk godkendte sprøjtemidler i frugt- og bærkulturer med ca. 20 % (Pergher et al., 2013). Nogle af disse systemer er testet hos Julius Kühn-Institut i Tyskland (JKI, 2024).

#### Sensorafblænding af dyser på tågesprøjter

Formål: Bekæmpelse af sygdomme og skadedyr

Anvendelse: Træ- og buskfrugt

Teknologi: Sensorer lukker for sprøjtedyserne når der er huller i plantebestanden

Levetid: 10 år

Miljøeffekt: Reduceret forbrug af økologisk godkendte sprøjtemidler

## 6.7 Lugevogn

Platform hvor lugepersonale på nemmeste, hurtigste og på mest komfortable vis kan fjerne ukrudt over en eller flere afgrøderækker. Platformene er typiske traktordrevne, men elektriske og selvkørende er markedsført. En lugevogn resulterer i øget produktivitet ved øget dyrkningssikkerhed.

### Lugevogn

Formål: Ukrudtsbekæmpelse

Anvendelse: Grøntsager

Teknologi: Traktordrevne eller elektriske platforme hvor lugepersonale på komfortabel vis kan fjerne ukrudt i rækkeafgrøder

Levetid: 5-10 år

Miljøeffekt: Øget økologisk produktion på bekostning af pesticidesprøjtet konventionel produktion

## 6.8 Mekanisk ukrudtsbekæmpelse i frugt- og bær-plantager

Der findes flere modeller af sideforskudte traktordrevne fræsere, skuffejern eller roterende snore til mekanisk renhold i træerækker (Lindhard Pedersen og Vittrup Christensen, 1992; Lindhard Pedersen og Pedersen, 2004; Lindhard 2012).

### Mekanisk ukrudtsbekæmpelse i frugt- og bær-plantager

Formål: Ukrudtsbekæmpelse

Anvendelse: Frugt og bær

Teknologi: Sideforskudt traktordrevet udstyr til mekanisk ukrudtsbekæmpelse i frugt og bær

Levetid: 5 år

Miljøeffekt: Øget økologisk produktion på bekostning af pesticidesprøjtet konventionel produktion

## 6.9 Insektnet og fiberdug

Dækning af afgrøder kan deles i to hovedgrupper: 1) Dækning med fiberdug (polypropylen dug af varierende tykkelse, varmet sammen til et 'ikke vævet' men filtagtig net) og 2) Dækning med insektnet (polyethylen fibre i vævet net af varierende maskevidde). Der findes mange fabrikater og kvaliteter af især fiberdug. Dækning med fiberdug anvendes udbredt til at fremme tidlige kulturer som f.eks. blomkål.

Insektnet anvendes til dækning gennem hele sæsonen mod flyvende insekter. En stor del af litteraturen om netdækning stammer fra undersøgelser udført i Tyskland i 1980-erne med dyrkning af ræddiker samt nogle nyere undersøgelser i gulerod (Tyskland, England) og enkelte i kinakål og blomkål (Tyskland, England, Danmark). Der er især sigtet på dyrkning af kål og gulerod.

Flyvende insekter, der optræder som skadedyr i kål, er fortrinsvis den lille kålflue og stor og lille kålsommerfugl populært kendt som 'kålorme'. Der findes en del andre insekter, der kan have betydning som skadedyr i kål bl.a. bladlus, trips, kålmøl, tæger, snudebiller. Flyvende insekter der optræder som skadedyr i gulerod er fortrinsvis gulerodsfluen og agerugler (knoporm). Maskevidden i insektnet må maksimalt være 1,6 mm for at beskytte mod kålflue og maksimalt 1,2 mm for at beskytte mod gulerodsfluen (Huber, 1989). Insektnet kan ikke regnes med at være effektive mod meget små flyvende insekter fx trips og bladlus.

Netdækning kan også være relevant i produktionen af frugt og bær for at forhindre angreb af bl.a. pletvingefluen, der i de senere år er blevet et stort problem. Hunfluen er lidt større end hanfluen. Netmaskestørrelse på maks. 1 mm<sup>2</sup> holder pletvingefluen ude (Chouinard et al., 2022).

Sammenfattende kan ud fra en lang række undersøgelser konkluderes: Dækning med tæt vævet fiberdug og insektnet kan holde flyvende insekter ude i kål- og gulerodskulturer når nettet er tæt langs randen, ikke beskadiget og nettet dækker afgrøden i den tid de flyvende insekter findes (Eichin et al., 1987; Thorhauge et al., 1990; Mertz, 1989; Osinga, 1994). Der er stor prisforskel på fiberdug og insektnet. Insektnet koster i gennemsnit 5 til 6 gange mere end fiberdug. Prisen for insektnet kan virke begrænsende på indsatsen i praksis. Insektnet er dog mange gange stærkere end fiberdug og angives at kunne bruges op til 6-10 år. En barriere mod større anvendelse af netdækning er: Større arbejdsforbrug, større omkostninger, mere viden om specielle dyrkningsproblemer, bedre og mere udførlige dyrkningsvejledninger for de enkelte kulturer. Dækning med insektnet/fiberdug kan holde de fleste flyvende insekter ude i kål- og gulerodskulturer når de anvendes i den tid hvor de flyvende insekter findes.

Det skønnes, at dækning med insektnet/fiberdug i stort omfang kan reducere forbruget af økologiske bekæmpelsesmidler.

#### Insektnet og fiberdug

Formål: Værn mod insektangreb

Anvendelse: Beskyttelse mod skadedyrsangreb i grøntsager, frugt og bær

Teknologi: Overdækning af afgrøder som værn mod insektangreb

Levetid: 5 år

Miljøeffekt: Øget økologisk produktion på bekostning af pesticidsprøjtet konventionel produktion

## 6.10 Ukrudtsdug

Bionedbrydelige folier til jordbrug fås i dag i mange forskellige materialer og kvaliteter (Iwata, 2015; Kasirajan & Ngouajio, 2012; Song et al., 2009), alt afhængig af hvordan de skal anvendes (dækning eller mulch) og hvilken type afgrøde, der skal dyrkes. De består af certificeret biologisk nedbrydeligt og komposterbart materiale og nogle typer er også baseret på cellulose/papir. Foliernerne eliminerer eller reducerer brugen af herbicider og reducerer også vandforbruget. Besparelser på vandforbrug er især en vigtig faktor i varme og tørre klimazoner.

Foliernerne er bionedbrydelige i jorden og kan fås med tilpasset levetid, skræddersyet til forskellige afgrøder. De skal normalt ikke fjernes og derfor er der ingen omkostninger til bortskaffelse. Tiden for nedbrydning i jord efter nedmuldning er som regel mellem 1-24 måneder, afhængigt af jordtype, vejret og især temperaturen (også fugt, pH, UV lys).

Det er dog ikke alle typer nedbrydelig plast der forsvinder helt og bliver til CO<sub>2</sub> og vand og man bør derfor vælge den rigtige type til sin produktion. Det såkaldte oxo-nedbrydelig, foto-nedbrydelig og vandopløselig plast må ikke forveksles med bionedbrydelig plast. Oxo-nedbrydelig plast indeholder tilsætningsstoffer (additiver), der gør, at platten opløses, når den udsættes for ilt. Men platten omdannes ikke til organisk materiale, vand, CO<sub>2</sub> og/eller metan, som det er tilfældet med bionedbrydelig plast. I stedet nedbrydes platten til mikroplast, som ikke er synlige for det blotte øje. Platten forsvinder således ikke og kan ikke indgå i naturens opbygning af nye levende organismer. Derfor er platten ikke bionedbrydelig, og dermed er den heller ikke komposterbar, og den kan ikke efterleve kriterierne i de internationalt anerkendte standarder for bionedbrydelighed og komposterbarhed (Miljøstyrelsen, 2014). Foto-nedbrydelig plast er plast, der nedbrydes ved påvirkning af ultraviolette (UV) stråler, og vandopløselig plast er plast, der opløses i vand

ved bestemte temperaturer, og som derefter måske kan nedbrydes af mikroorganismer i vandet (Miljøstyrelsen, 2014).

#### Ukrudtsdug

Formål: Ukrudtsbekæmpelse

Anvendelse: Grøntsager, frugt og bær på friland

Teknologi: Dækning af jordoverflade for bekæmpelse af ukrudt med fuldt bionedbrydelig dug

Levetid: 5 år

Miljøeffekt: Øget økologisk produktion og dyrkningssikkerhed.

## 6.11 Tunneler til dyrkning af frugt, bær og grøntsager

I det tidlige forår er klimaet normalt den begrænsende faktor for tidlig plantning af havebrugsafgrøder. Løsningen kan være lette væksthuse dækket med et enkelt lag af klar polyethylen plast, som kan øge dagtemperaturen og øger temperatursummen i vækstsæsonen. Der er dog nogle begrænsninger i de simple lave væksthuse, så et mere fremtidsorienteret system vil være brug af plasthuse, der placeres permanent på området, og kan isoleres og om nødvendigt opvarmes – ofte kaldet høje tunneler eller plastvæksthuse. Man kan i princippet skelne mellem høje helårstunneler (passive solvarmede væksthuse) og 3-sæsons høje tunneler (er almindelige i dag), der ikke anvendes i vintersæsonen, men hvor man typisk fjerner plastdækket i vintersæsonen (Blomgren og Frisch, 2009; Rasmussen og Orzolek, 2009; Reid, 2008; Wien et al., 2008).

Dyrkning af bær og grøntsager i tunneler eller plastvæksthuse giver avlerne mulighed for at udvide deres sæson både tidligt og sent, og dermed øge deres konkurrenceevne i forhold til produkter, der importeres (Pedersen et al., 2011). Temperatur og ventilationskontrol er afgørende for produktion af sunde afgrøder med høj kvalitet, så derfor er den langsigtede løsning at investere i mere avancerede væksthuse med ventilationssystemer, så den relative fugtighed og temperaturen kan styres.

Helårstunneler med mulighed for en vis grad af klimastyring er også velegnede til økologisk produktion af grøntsager, frugt og jordbær, som i dag dyrkes på friland. De kan fungere som regn- og haglbeskyttelse, forlænge sæsonen eller der kan introduceres nye plantearter, som normalt ikke vil kunne klare sig i Danmark. Tunneler alene vil kunne reducere visse sygdoms- og skadedyrsproblemer, og tunneler og plastvæksthuse med mulighed for klimastyring vil kunne reducere forekomsten af andre sygdomme, og for de resterende vil der være bedre mulighed for kontrol med biologisk bekæmpelse. Helårstunneler eller væksthuse vil desuden betyde, at man bedre kan styre gødning og vanding og dermed gøre produktionen mere kontrolleret og mere bæredygtig, samtidig med at kvaliteten forbedres og spildet reduceres for nogle produkter.

I USA og Canada har de høje tunneler vist sig at være velegnede til produktion af højværdiafgrøder, herunder salatmix, babyspinat, tomater, agurker, rød peber, basilikum, afskårne blomster, hindbær, jordbær og meget mere. Også dværgtræ-afgrøder som søde kirsebær kan produceres i større multi-bay tunneler (Cheng og Uva, 2008).

Svampesygdomme ændrer karakter i et plasthus og tunnel, og kan være et problem, hvis den relative fugtighed ikke kan reguleres. Faren for et angreb er størst, når luftstrømmen inde i tunnelen er lav og den relative luftfugtighed er høj. I jordbær er set større angreb af meldug og et mindre angreb af gråskimmel i tunnel (Xiao et al., 2001). Valg af resistente sorter, aktiv ventilation (ved at tilføje gavl- eller tagventilation)

og fremme af bedre luftcirkulation inde i tunnelen (fx tilføjelse af aktive ventilatorer) er mulige løsninger på problemet, men der er begrænsede erfaringer fra Danmark på dette område.

Skadedyr forårsager normalt mindre skade i høje tunneler, bl.a. fordi afgrøderne en del af tiden vokser, hvor skadedyr er mindre aktive. Ikke desto mindre kan insekter (bladlus, mider, trips, bladhvepse) være generende i høje tunneler. Registreringer af klimaparametre viser at temperaturen er lidt højere i tunnelen end udenfor (Daugaard, 2008). Drypvanding reducerer vandforbruget og de danske undersøgelser har også vist, at ukrudtstrykket er lavt mellem rækkerne, fordi jorden forbliver tør.

Ved dyrkning i høje tunneler og plastvæksthuse vil der for højtærchiafgrøder som f.eks. jordbær, hindbær og visse frilandsafgrøder, i forhold til frilandsdyrkning, kunne reduceres i forbruget af økologisk godkendte midler fordi biologisk bekæmpelse vil være mulig. Herudover vil det ved drypvanding være muligt at reducere vand- og gødningsforbruget. Samtidig opnås tidligere udbytter, og nogle år også reduceret spild på grund af klimabeskyttelse mod regn og hagl. I junibærende jordbær er udbytterne under danske forhold på friland 6-8 ton/ha og i tunneller ved dyrkning i bede på jorden ca. 25 ton/ha. Det bliver mere almindeligt at dyrke remonterende jordbærarter i tunneller, plasthuse og væksthuse hvor der kan opnås udbytter på 40 ton/ha.

#### Tunneler til dyrkning af frugt, bær og grøntsager

Formål: Reduceret angreb af sygdomme og skadedyr

Anvendelse: Frugt, bær og grøntsager

Teknologi: Helårstunneler og 3-sæsons tunneler til afskærmning mod sygdomme og skadedyr eventuelt assisteret af øget klimakontrol

Levetid: 5 år

Miljøeffekt: Øget økologisk produktion på bekostning af pesticidesprøjet konventionel produktion

## 6.12 Tabletop-systemer og hængende render til dyrkning af bær

Opsætning af tabletop-systemer og hængende render i bordhøjde til dyrkning af bl.a. jordbær i dyrkningssække, trug eller potter i tunneller, plastvæksthuse eller væksthuse giver op til 10 % højere salgbar udbytte end ved dyrkning på bede i bunden af husene. Dvs. junibærende jordbærarter kan komme op på ca. 28-30 ton/ha og remonterende jordbærarter på ca. 45 ton/ha. Tabletop-systemer og hængende render sikrer et mindre fugtigt miljø omkring planterne og mindre risiko for jordborne sygdomme. Desuden sikres langt bedre ergonomiske arbejdsstillinger i forbindelse med arbejdsprocesser som plukning, fjernelse af udløbere, afbladning mm.

#### Tabletop-systemer og hængende render til dyrkning af bær

Formål: Reduceret angreb af sygdomme og skadedyr

Anvendelse: Bær

Teknologi: Specialfremstillede konstruktioner (tabletop systems og hanging gutters). Kan dog også være simple 'hjemmelavede' systemer

Levetid: 10 år

Miljøeffekt: Øget økologisk produktion på bekostning af pesticidesprøjet konventionel produktion

### 6.13 Løvopsamler til frugtplantager

Opsamling af gamle blade kan reducere angreb af skurvsvampen året efter. Skurvsvampen overvintrer på de gamle blade, hvorfra den primære infektion sker næste år. Opsamling af bladene og evt. kompostering derefter vil minimere risikoen for skurvsvampeangreb, og dermed reducere spildet i frugtavl. Skurvangreb er den primære årsag til reduceret udbytte og ødelagt salgskvalitet i økologisk frugtavl.

Miljøeffekten ved opsamling af løv er via et reduceret angreb af sygdomme en øget produktivitet, en øget kvalitet og en forbedret produktions-sikkerhed. To undersøgelser i Ungarn har vist, at bladfjernelse i økologiske frugtplantager reducerer ascospore-produktion (sporer, der forårsager primære infektioner) med 61%-65 % og skurvforekomst i sporeblade, blade og frugter med 42%-48 %, 6%-18 % og henholdsvis 9%-15 % (Holb 2006, 2007).

#### Løvopsamler

Formål: Reduceret angreb af sygdomme

Anvendelse: Frugtavl

Teknologi: Opsamling med stive børster eller sug

Levetid: 10 år

Miljøeffekt: Øget økologisk produktion på bekostning af pesticidsprøjet konventionel produktion

### 6.14 Sorteringsanlæg med NIR-teknologi

En oversigt over den seneste udvikling inden for optiske systemer til automatisk sortering og inspektion af frugt og grøntsager viser at de er stærke værktøjer til både at kvalitetssikre og øge kapacitet på samme enhed (Cubero et al., 2011). Typiske anvendelser af disse højteknologiske systemer omfatter sortering, kvalitetsestimation ud fra eksterne parameter settings eller karakteristiske egenskaber, overvågning af frugt og grøntsager under opbevaring eller evaluering af behandlinger. Funktionerne i et optisk system medvirker til at øge kapaciteten og objektiviteten for kontrol og kvalitetssikring af længerevarende inspektionsprocesser set i forhold til en manuel proces. Systemer, som er baseret på analyse i det ultraviolette (UV) eller nær-infrarøde (NIR) spektrum gør det muligt at detektere defekter eller funktioner, som de menneskelige sanser ikke kan opfange uden at forårsage skade på frugt eller grøntsager (f.eks. sukkerindhold, stødpletter, råd, svampesporer). Automatiske sorteringsanlæg kan levere store mængder af frugt og grøntsager, der er blevet inspiceret individuelt og samtidigt levere digitale registreringer af frugt- eller grøntsagspartiet.

I økologisk dyrkede grøntsager er lagertabet ofte væsentligt større end i konventionelt dyrkede grøntsager. Efter høst af økologisk dyrkede grøntsager er der ofte et stort spild på grund af råd på lager eller efter klargøring til salg. I f.eks. løg og gulerødder er der ofte et lagertab på 20-40 % af den indlagrede mængde. Dette spild af ressourcer kan minimeres med mere skånsom håndtering ved høst og indlagring. Højteknologiske robot- og automationsteknologier som sorterer og placerer frugt og grøntsager på lager findes for en stor dels vedkommende som prototyper, men enkelte automatiserede stationære sorterings- og pakkeanlæg er markedsført.

Miljøeffekten er en øget produktivitet via forbedret produktkvalitet og arbejdslettelse, som resulterer i et reduceret ressourceforbrug.

#### Sorteringsanlæg med NIR-teknologi

Formål: Øget produktivitet via forbedret produktkvalitet af økologiske produkter og arbejdslettelse hvilket resulterer i reduceret ressourceforbrug

Anvendelse: Frugt og grøntsager

Teknologi: System baseret på refleksion gør det muligt at detektere indhold og indvendige defekter

Levetid: 10 år

Miljøeffekt: Øget økologisk produktion på bekostning af pesticidsprøjet konventionel produktion

## 6.15 Varmtvandsbehandling til forebyggelse af lagerråd

Dypning eller overbrusning af frugt, bær og grøntsager med varmt vand ved ca. 50-52 °C i en kortere periode efter høst kan reducere udvikling af f.eks. frugtråd på lageret med op til 90 % når det gælder de almindeligt forekommende lagerrådsygdomme som *Gloeosporium*, *Monilia* og frugttræskræft (Maxin et al., 2012 a, Maxin et al., 2012 b).

Ved dypning eller overbrusning med varmt vand kan mængden af frugtråd som potentielt udvikles på lageret reduceres med 90 % i følsomme sorter. Dypning af æbler i varmtvand har i en årrække fundet sted i Tyskland og Østrig. I Danmark er brug af overbrusning eller andre metoder forholdsvis nyt.

#### Varmtvandsbehandling til forebyggelse af lagerråd

Formål: Bekæmpelse af sygdomme

Anvendelse: Frugt, bær og grøntsager

Teknologi: Dypning eller overbrusning af frugt, bær og grøntsager med varmt vand

Levetid: 10 år

Miljøeffekt: Øget økologisk produktion på bekostning af pesticidsprøjet konventionel produktion

## 6.16 Gødevandingsudstyr

Drypvanding giver potentielt en bedre udnyttelse af vand og næringsstoffer. Der kan opnås vandbesparelser på ca. 25 % i forhold til udbringning med sprinklere, og hvor udnyttelsen af hver m<sup>3</sup> vand er 95 %. Samtidige investeringer i sensorer og beslutningsstøtte for vanding, der kan indikere, om der rent faktisk er et behov for at vande, kan dels medføre endnu større vandingsbesparelser og dels øge udbyttet per forbrugt ressourceenhed og give mulighed for en mere præcis vækststyring. Danske forsøg i ikke-økologiske kartofler har vist et potentielt merudbytte ved gødevanding, men også at teknologien til udlægning og indsamling af slanger ikke er helt udviklet endnu (Bødker & Heiselberg, 2011).

En forudsætning for, at en større og større del af produktionen af grøntsager, bær og buskfrugt kan dyrkes i tunneller er, at det er muligt at håndtere dryp- og gødevandingsudstyr i praksis uden ekstra tidsforbrug. Det forventes, at dyrkningen af en række grøntsager og træfrugt i den nærmeste fremtid også vil foregå under en eller anden form for klimaskærm. Dyrkning i tunnel med gødevanding har en række fordele uanset afgøde- og dyrkningssystem i særdeleshed til økologisk dyrkning.

Nye teknologier til gødevanding med organiske gødninger i tunnel og på friland kan sikre, at der ikke sker tilstopning af dryp og slanger, samtidigt med at der opnås den ønskede sammensætning på drypstedet. En af de største begrænsninger i anvendelsen af gødevanding er udbuddet af egnede gødninger, uanset om man ønsker at dyrke i bunden af tunnelen, kammen, bed, eller på tabletop-systemer i potter, sække eller



lignende godkendt til økologisk dyrkning. Specielt udbuddet af flydende gødninger er meget lille og mange af de organiske gødninger indeholder en del fast stof, som kan give problemer ift. pumpekapacitet (trykket skal være større) og med tilstopning af de kendte drypvandingsanlæg. På friland er der et behov for udvikling af teknik til såvel udlægning som opsamling af drypslanger, der forhindrer beskadigelse ved mekanisk ukrudtsbekæmpelse og anden jordbehandling.

Gødevanding er en forudsætning for at kunne agere hurtigt og præcist i forhold til indstråling, temperatur og plantevækst. Det er svært at finde videnskabelige referencer på, at organiske gødninger giver problemer med tilstopning af drypvandingsanlæg, og problemet kan delvist overkommes med filtre, men filtrering vil medføre en vis uønsket tilbageholdelse af næringsstoffer samt stille krav til større pumpekapacitet. Gødevanding er ikke kun interessant i tunnel, men også på friland, da det mindsker vandforbruget pga. mindre fordampning og mindre tab, da det kun tilføres i planterækken.

#### Gødevandingsudstyr

Formål: Reduceret forbrug af næringsstoffer og vand

Anvendelse: Frugt, bær og grøntsager, krydderurter

Teknologi: Ved dyrkning i væksthuse (tunnel, plasticus eller glashus) og på friland kan gødningscomputere eller de mere simple dosatroner anvendes til styring af gødningstilførslen. Herved vil det være muligt at undgå overforsyning med næringsstoffer.

Levetid: 5-10 år

Miljøeffekt: Øget produktivitet via større udbytte og forbedret produktkvalitet. Reduktion af naturressourceforbrug

## 6.17 Markiser til beskyttelse mod regn i frugt og bær

Opsætning af markiser i æbler og pærer har i forsøg vist, at angreb af svampesygdomme reduceres væsentligt. Både angreb af æbleskurv og angreb af diverse lagerrådsygdomme reduceres til et niveau, som konventionelt sprøjtede frugter. Samtidig reduceres solskold, haglskader og klimabetinget skrub på æblerne (Bertelsen and Lindhard Pedersen 2014, Bertelsen 2017). For sødkirsebær reducerede regnbeskyttende markiser sygdomsforekomsten ved høst med op til 76 % og efter lagring med 66 % sammenlignet med udækkede træer, der modtog to sprøjtemidler med svampemidler (Børve et al. 2006).

Opsætning af markiser reducerer overfladefugtighed på plantedelene og mindsker derved angreb af svampesygdomme. Dette vil også gælde i andre frugt- og bærafgrøder, som f.eks. blommer, kirsebær, hindbær, blåbær.

#### Markiser til beskyttelse mod regn i frugt og bær

Formål: Reduceret angreb af svampesygdomme

Anvendelse: Frugt og bær

Teknologi: Reduktion af luftfugtighed i plantemassen opnået ved overdækning med markiser bestående af gennemsigtigt plast eller presenning monteret på pæle med wirer

Levetid: 5 år

Miljøeffekt: Øger økologisk produktion på bekostning af pesticidsprøjet konventionel produktion

## 6.18 Tørrings- og køleanlæg med varmegenindvinding

Ved tørring af løg blæses let opvarmet udeluft gennem stakken af løg eller kasser med løg. I de første 3-5 dage anvendes mindst 400 m<sup>3</sup> udeluft pr ton pr time. Herefter reduceres luftmængden til 200-300 m<sup>3</sup> pr ton pr time, samtidig med at indblæsningstemperaturen over en periode på 3-5 uger gradvis reduceres fra ca. 20 °C til ca. 15 °C. For at reducere frasorteringsspild efter lagring af såvel almindelige som økologisk dyrkede løg kan man øge indblæsningstemperaturen til 30-35 °C i mindst en uge for at hæmme udvikling af svampesygdomme (Sørensen, 2014).

Denne gennemblæsning og opvarmning af udeluft er meget energikrævende. Der er imidlertid udviklet nye energibesparende tørringsanlæg hvor moderne affugtnings-teknologi og højeffektiv varmepumpe-teknologi kombineres med effektiv og skånsom køling, samt kontrolleret flow af udeluft (Nielsen, 2015). Vakuumsystemet reducerer energiforbruget til tørring af løg med ca. 80 % sammenlignet med traditionelle systemer.

Sammenlignet med traditionelle tørringssystemer hvor der anvendes 350 kWh pr tons svarende til 820 kWh pr m<sup>2</sup> lagerareal ved 5 m kassehøjde har det nye vakuumsystem derfor en årlig miljøeffekt på 660 kWh pr m<sup>2</sup>.

### Tørrings- og køleanlæg med varmegenindvinding

Formål: Energieffektiv tørring

Anvendelse: Spiseløg

Teknologi: Affugtning og varmepumpe

Levetid: 10 år

Miljøeffekt: Energireduktion på 80 % i tørringsfasen

## 6.19 Klimastation og software til varsling af sygdomme og skadedyr i frugt- og bær-avl

Ved brug af klimastationer til registrering af lokale klimaforhold: lufttemperatur, blad- og luftfugtighed i plantemassen, samt nedbør, kan der via kombination med udviklet software foretages en optimal timing af økologisk godkendte midler mod f.eks. æbleskurv (Lindhard Pedersen et al., 2005), kirsebærbladplet (Lindhard Pedersen et al., 2012), anthracnose (bærråd) i blåbær og vinskimmel i druer. Endvidere vil der kunne foretages en optimal bekæmpelse af f.eks. æblevikler. Flere af disse beslutningsstøttesystemer vil kræve et kursus med opfølgninger for at brugerne kan udnytte systemet optimalt.

Afhængig af de aktuelle årlige klimaforhold forventes det, at kunne nedbringe de aktuelle behandlinger mod sygdomme og skadedyr med 50-100 % (Lindhard Pedersen et al., 2005; Lindhard Pedersen et al., 2012). Dette afhænger dog af afgrøden, skadevolderen og de aktuelle klimaforhold.

#### Klimastation og software til varslning af sygdomme og skadedyr i frugt- og bær-avl

Formål: Reduceret forbrug af øko-midler

Anvendelse: Frugt og bær

Teknologi: Beslutningsstøttesystem baseret på lokale klimaregistreringer

Levetid: 5 år

Miljøeffekt: Øget økologisk produktion på bekostning af pesticidsprøjtet konventionel produktion

## 6.20 Mekanisk blomsterudtynding i frugttræer

Der findes udstyr til mekanisk udtynding af blomster i frugttræer. Både håndholdt udstyr og traktordrevet udstyr. Metoden kan nedbringe tidsforbruget til håndudtynding. Metoden kan give høj udtyndingseffektivitet uden brug af kemiske reguleringsmidler baseret på undersøgelser udført i USA og Sydkorea, hvor de brugte lignende frugtproduktionsmetoder som anvendt i Danmark (Hehnen et al., 2012, Win et al., 2023).

Metoden er ny i Danmark. Der er kørt demonstration af metoden i nogle år (Baarts, 2014). Kun enkelte avlere bruger metoden i dag. Metoden er til rådighed, men udnyttes kun begrænset. Investering i ny teknologi til mekanisk blomsterudtynding er eksklusive traktor.

#### Mekanisk blomsterudtynding i frugttræer

Formål: Reduceret tidsforbrug til håndudtynding

Anvendelse: Frugtavl

Teknologi: Sideforskudt traktordrevet udstyr til mekanisk udtynding af blomster i frugttræer

Levetid: 5 år

Miljøeffekt: Øget økologisk produktion på bekostning af pesticidsprøjtet konventionel produktion

## 6.21 Høstmaskine til skånsom høst af bær

Der udvikles løbende nye typer af selvkørende portal-høstere til industribær. Disse nye modeller har nye høstaggregater og teknik, som gør høstprocesserne mere skånsomme, og derfor ikke skader buske og bær så meget som tidligere (Wooten, 2015).

Den blidere høst og de mindre skader på bær og buske betyder at skadedyr ikke tillokkes i samme omfang og derfor lægger færre æg i grensårene og at svampesygdomme ikke inficerer sår på grene og bær.

#### Høstmaskine til skånsom høst af bær

Formål: Reduceret angreb af svampesygdomme

Anvendelse: Bær til industri

Teknologi: Portalhøster med høstaggregater der ikke skader buske og bær

Levetid: 10 år

Miljøeffekt: Øget økologisk produktion på bekostning af pesticidsprøjtet konventionel produktion

## 6.22 Bedssystem med faste kørespor

Teknologien opnås ved en kombination af nye investeringer i GPS-baseret autostyring og tilpasninger af eksisterende maskiner. Faste kørespor implementeres ved at opbygge et dyrkningssystem, hvor al maskinteknologi og arbejdsgange tilpasses en fast sporbredde baseret på anvendelse af GPS-styring i alle markoperationer.

Brugen af faste kørespor (Controlled Traffic Farming) baseret på GPS-automatisering i dyrkningen har vist en forbedret jordstruktur, plantevækst og kvælstofudnyttelse (Dickson & Ritchie, 1996). Disse faktorer er afgørende for et højt udbytte i økologisk produktion. Udbyttet af grøntsager ved brug af systemer med faste kørespor har vist en signifikant udbytteforbedring (Vermeulen & Mosquera, 2009, Hefner et al., 2019).

### Bedssystem med faste kørespor

Formål: Øget næringsstofudnyttelse og øget udbytte i økologisk produktion

Anvendelse: Grøntsager

Teknologi: GPS-baseret autostyring og tilpasninger af maskiner til en fast sporbredde

Levetid: 10 år

Miljøeffekt: Øget økologisk produktion på bekostning af pesticidesprøjet konventionel produktion

## 6.23 CA-lager til frugt og grøntsager

Nedkøling og lagring af æbler og pærer ved CA-lagring reducerer forekomsten af lagerråd med op til 50 % (Tahir et al., 2009). CA-lagring kan etableres enten i specielle CA- eller ULO- (Ultra low oxygen) lagerfaciliteter. I ULO-lager reduceres iltindholdet yderligere i forhold til CA-lagring og kuldioxidindholdet stiger. Her forventes yderligere reduktion af lagerråd i forhold til CA-lagring.

Lagring af frugt og grøntsager i CA- eller ULO-lager forventes at reducere mængden af frasorteret frugt med 50-70 %.

### CA-lager til frugt og grøntsager

Formål: Øget produktion via reduceret tab på grund af lagerråd

Anvendelse: Frugt og grøntsager

Teknologi: Styring af lagerluftens indhold af kuldioxid og ilt

Levetid: 10 år

Miljøeffekt: Øget økologisk produktion

## 6.24 CA-lagringskasser til frugt og grøntsager

CA-lagring kan også etableres i specielle lagringskasser, som placeres i eksisterende kølerum. Brug af lagringskasser vil forbedre udnyttelsen af kølerummet ved at forbedre og forlænge holdbarheden af frugt og grøntsager. Lagring i kasser med semipermeable membraner, som etablerer CA-lagring via produktets egen ånding og respiration vil forlænge og forbedre holdbarheden af produktet. Dette danner atmosfæreforhold i kassen som svarer til egentlige CA-lagre.

Metoden er kendt i udlandet og bruges af enkelte træfrugtavlere. Metoden er ny for grønsagsavlere. Metoden egner sig især til bedrifter med mindre salg af mange forskellige produkter. Derved kan bedriftens

kølerumskapacitet udnyttes til mange produkter samtidig. Metoden forventes at reducere mængden af fraserteret frugt og grøntsager med 30-50 % i forhold til almindelig kølelagring.

#### CA-lagringskasser til frugt og grøntsager

Formål: Øget produktion via reduceret tab på grund af lagerråd

Anvendelse: Frugt og grøntsager

Teknologi: Styring af lagerluftens indhold af kuldioxid og ilt

Levetid: 5 år

Miljøeffekt: Øget økologisk produktion på bekostning af pesticidsprøjet konventionel produktion

## 6.25 Plante- og såmaskiner med GPS-styret sektionkontrol for pelleret øko-gødning

Plante- og såmaskiner med gødningsudstyr hvor dosering af gødning kan åbnes og lukkes sektionvis ved hjælp af GPS-styring. I gennemsnit for danske markpolygoner vil der kunne opnås ca. 5 % reduktion i utilsigtet overlap som følge af den automatiske åbne- og lukke-funktion for kombi-såmaskiner og plantemaskiner.

#### Plante- og såmaskiner med GPS-styret sektionkontrol for pelleret øko-gødning

Formål: Forhindre utilsigtet overlap ved udbringning af gødning

Anvendelse: Grøntsager

Teknologi: Udstyr hvor udmadning af gødning kan GPS-styres

Levetid: 10 år

Miljøeffekt: Øget økologisk produktion på bekostning af pesticidsprøjet konventionel produktion

## 6.26 Kompostvender til produktion af kompost

Kompostering er en nøgleteknologi til genanvendelse af biologisk affald, idet den reducerer dens volumen og vægt, mindsker levedygtigheden af patogener og ukrudtsfrø. Kompostering omdanner biologisk affald til værdifulde organiske gødninger og jordforbedringsmidler, der forbedrer jordens sundhed og afgrødekvalitet (Eriksen et al., 2023 (afsnit 2.5 kompost)). Sammenlignet med andre genanvendelsesmetoder som eks. anaerob omsætning er kompostering fordelagtig på grund af metodens lave omkostninger, umiddelbare tilgængelighed og produktion af stabile produkter (Bernal, Albuquerque et al., 2009). Vending af kompost sker især for at sikre aerobe forhold der hindrer forrådnelse, metan dannelse og denitrifikation.

Kompost er omsat organisk stof som kan anvendes direkte som dyrkningsmedie eller tilføres jorden til forbedring af struktur og næringsstofindhold. Det organiske stof kan være hele planter (f.eks. kløvergæs), planterester (afpuds efter klargøring af salgsprodukter), salgsprodukter (som skal kasseres), eller husdyrgødning (f.eks. dybstrøelse) samt eventuelt grøde eller tang.

Kompost omsættes ved at blande forskellige organiske stoffer, som gerne må være findelt. Det organiske stof lægges i en såkaldt mile. Her begynder nedbrydningen af det organiske stof, hvor mikroorganismer omsætter stoffet til mindre bestanddele. Under denne omsætning stiger temperaturen. Da temperaturen imidlertid ikke må blive for høj, er det nødvendigt at omstikke komposten hvilket gøres ved at vende milen

med en kompostvender. Samtidig blandes komposten så det yderste materiale kommer inderst og omvendt. En kompostmile skal vendes jævnlige (især i starten når temperaturen inde i milen bliver for høj) for at sikre en optimal omsætning.

Kompostering foregår lettest på fast grund. For at undgå udvaskning af næringsstoffer skal kompostmilen overdækkes med presenning. Kompostvenderen monteres på en traktor med kraftoverføring. Investering i en kompostvender er eksklusive traktor, men etablering af fast grund til mile samt presenning til overdækning kan eventuelt inkluderes.

Teknologien tilbagefører næringsstoffer fra organisk stof som er fjernet fra mark, samt fra andre affaldskilder. Typisk tilbageføres ca. 5 tons kompost pr ha pr år. Komposten indeholder typisk 5,6 kg N/ton, 1 kg P/ton og 2,7 kg K/ton. Ved recirkulering af næringsstoffer vil det således være muligt at reducere gødskning med omkring 28 kg N pr ha. Miljøeffekten er afhængig af kapacitet og tilgængelighed for organisk affaldskilder samt af afgrøde hvortil komposten tilbageføres.

#### Kompostvender til produktion af kompost

Formål: Genanvendelse af næringsstoffer fra organisk stof som er fjernet fra mark, samt fra andre affaldskilder

Anvendelse: Grøntsager på friland og i væksthuse, frugt, bær, champignon

Teknologi: Kompostvender drevet med kraftoverføring

Levetid: 10 år

Miljøeffekt: Øget økologisk produktion på bekostning af pesticidsprøjet konventionel produktion

## 6.27 Drone

En drone og egnet software kan anvendes til visualisering af områder med svær ukrudtsdækning. Det fulde udbytte opnås dog kun ved anvendelse af software til behandling af manuelt registrerede drone-data, hvilket kan være ganske tidskrævende.

Brændstofbesparelse ved målrettet indsats mod områder af marker med begyndende problemer med specielt flerårigt rodgræs. Rodgræs opstår i kolonier og Rasmussen et al. (2016) anslår at selvom marker umiddelbart ser ud til at have højt ukrudtstryk, dækker rodgræs kun 20 %. Konservativt anslås målrettet rodgræsbehandling til områder, hvor brugeren via dronedata og software har registreret behov for behandling, til at opnå 50 % reduktion i brændstofforbrug ved mekanisk behandling af rodgræs. Beregnet enten 2 gange stubharvning eller gennemsnit reduktion i brug for KvikKiller og KvikUp, ca. 15 L/ha (Pedersen et al., 2010).

#### Drone

Formål: Hjælpemiddel til optimering af ukrudtsbehandling

Anvendelse: Frilands-grøntsager

Teknologi: Drone og egnet software til visualisering af områder med svær ukrudtsdækning

Levetid: 5 år

Miljøeffekt: Øget økologisk produktion på bekostning af pesticidsprøjet konventionel produktion

## 6.28 Autostyring af radrensersektioner på rad- og bedrenser med stor arbejdsbredde

Udstyret består af terminal, GPS-modtager, antenne, styreboks og ventiler, som er monteret på rad-/bedrenser. Bortlugning af afgrøder ved forager og i marker med kiler minimeres ved at udstyret automatisk hæver og sænker sektioner på rad-/bedrenser. Nøjagtige opgørelser af omfanget beror derfor på lokale forhold, men det skønnes at f.eks. 5-10 % af afgrøderne bortluges, hvis teknologien ikke er monteret på radrenser med arbejdsbredde på 6 m og derover, jo større arbejdsbredde jo mere overlap i kiler og ved foragre.

### Autostyring af radrensersektioner på rad- og bedrenser med stor arbejdsbredde

Formål: Øget udbytte

Anvendelse: Frilands-grøntsager

Teknologi: Bortlugning af afgrøder ved forager og i marker med kiler minimeres ved at udstyret automatisk hæver og sænker sektioner på rad-/bedrenser.

Levetid: 10 år

Miljøeffekt: Øget økologisk produktion på bekostning af pesticidsprøjtet konventionel produktion

## 6.29 Udstyr til høst og spredning af grøngødning

Mobil grøngødning er et alternativ til husdyrgødning (Sørensen og Grevsen, 2018, Lyng et al, 2023). Der kan anvendes høst- og jordbearbejdningsteknologier som findeler og nedmulder for henholdsvis hurtig og langsom N-mineralisering afhængigt af nedmuldningstidspunktet og C/N forholdet. Muligheden for at anvende plantebaserede gødninger (der høstes i én mark og tilføres en anden mark) er imidlertid begrænsede af, at der ikke findes udstyr til udbringning, hvor fordelingen er tilstrækkelig ensartet og præcis. Investeringer må derfor forventes at være ombygning og konstruktion af maskiner, som kan udføre udlægning og nedmuldning af grøngødning.

### Udstyr til høst og spredning af grøngødning

Formål: Gødsning af øko-grøntsager

Anvendelse: Frilands-grøntsager, frugt og bær

Teknologi: Høst- og jordbearbejdningsteknologier som findeler og nedmulder mobil grøngødning

Levetid: 8 år

Miljøeffekt: Øget økologisk produktion på bekostning af konventionel produktion

## 6.30 Udstyr for placering af øko-gødningsudtræk og pelleteret øko-gødning

Såmaskiner, plantemaskiner og ekstraudstyr til radrenser for placering af pelleret økologisk gødning. Effekten af placeret gødning er meget afhængig af kulturen. I mange afgrøder opnås der kun omkring 3 % øget udbytte ved placeret gødsning i vækstsæson i grøntsager. I andre afgrøder bl.a. såede løg opnås et betydeligt merudbytte ved placering af gødning (Sørensen, 1996; Burns et al., 2010, Sørensen, 2013).

Udstyr for placering af øko-gødningsudtræk og pelleteret øko-gødning

Formål: Øger udbytte

Anvendelse: Ved direkte såning af spiseløg, suktermajs og salat

Teknologi: Udstyr til placering af gødning monteres på såmaskinen og gødningsstrengen placeres i en konstant afstand på 5-7 cm fra frøene samtidig med såning

Levetid: 10 år

Miljøeffekt: Øget økologisk produktion på bekostning af konventionel produktion



## Referencer

- Baarts L 2014. Maskinudtynding i Elstar- et godt supplement. Frugt og Grønt, maj, 6-7.
- Bernal, M. P., J. A. Albuquerque and R. Moral (2009). Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment. A review. *Bioresource Technology* 100(22), 5444-5453.
- Bertelsen M. and Lindhard Pedersen H. 2014. Preliminary results show rain roofs to have remarkable effect on diseases of apples. *Ecofruit proceeding 2014*. p. 242-243.
- Blomgren T, Frisch T 2009. High Tunnels Using Low-Cost Technology to Increase Yields, Improve Quality and Extend the Season. Report Produced by Regional Farm and Food Project and Cornell University. <http://u.osu.edu/vegprolab/publications/crop-environment-publications/high-tunnels-using-low-cost-technology-to-increase-yields-improve-quality-and-extend-the-season/>
- Burns IG, Hammond JP, White PJ 2010. Precision Placement of Fertiliser for Optimising the Early Nutrition of Vegetable Crops - a Review of the Implications for the Yield and Quality of Crops, and their Nutrient Use Efficiency. *Acta Horticulturae* 852, 177-187.
- Børve J, Meland M, Stensvand A, 2006. The effect of combining rain protective covering and fungicide sprays against fruit decay in sweet cherry. *Crop Protection* 26, 1226-1233.
- Cheng ML, Uva WF 2008. Removing Barriers to Increase High Tunnel Production of Horticultural Commodities in New York. Economic and Marketing Study Final Report. <[http://www.hort.cornell.edu/hightunnel/about/research/economics/removing\\_barriers\\_uva\\_cheng.pdf](http://www.hort.cornell.edu/hightunnel/about/research/economics/removing_barriers_uva_cheng.pdf)>.
- Chouinard, Gérald & Pelletier, F. & Larose, M. & Knoch, Simon & Pouchet, C. & Dumont, M.-J & Tavares, Jason. (2022). Insect netting: effect of mesh size and shape on exclusion of some fruit pests and natural enemies under laboratory and orchard conditions. *Journal of Pest Science*. 96. 10.1007/s10340-022-01582-5.
- Cloutier DC, Van der Weide RY, Peruzzi A, Leblanc ML 2007. Mechanical Weed Management. Chapter 8 in *Non-Chemical Weed Management: Principles, Concepts and Technology*, (Editors: M.K. Upadhyaya & R. E. Blackshaw). CAB International (www.cabi.org), Wallingford (UK), 111-134.
- Daugaard H 2008. Table-top production of strawberries: performance of six strawberry cultivars. *Acta Agricultura Scandinavica* 58(3): 261-266.
- Eichin R, Deiser E, Bühl R 1987. Netze und Vliese gegen Gemüsefliegen. *Deutscher Gartenbau* 41,206-213.
- Eriksen, J. (ed.), Sørensen P., Møller H.B., Kristensen H.L., Elsgaard, R., Hermansen, S., Laursen, C., Magid, J., Jensen L.S., Jespersen L.M. (ed.) 2023. Næringsstofforsyning og -recirkulering i økologisk jordbrug – udviklingsmuligheder og barrierer for vækst. 112 sider. Vidensyntese fra ICROFS – Internationalt Center for Forskning i Økologisk Jordbrug og Fødevarer, Aarhus Universitet.
- Hefner, M., Labouriau, R., Nørremark, M., & Kristensen, H. L. (2019). Controlled traffic farming increased crop yield, root growth, and nitrogen supply at two organic vegetable farms. *Soil & Tillage Research*, 191, 117-130. <https://doi.org/10.1016/j.still.2019.03.011>
- Holb IJ 2006. Effect of six sanitation treatments on leaf litter density, ascospore production of *Venturia inaequalis* and scab incidence in integrated and organic apple orchards. *European Journal of Plant Pathology* 115, 293-307.

- Holb IJ 2007. Effect of four non-chemical sanitation treatments on leaf infection by *Venturia inaequalis* in organic apple orchards. *European Journal of Horticultural Science* 72, 60-65.
- Huber P 1989. Non-woven fabrics and plastic nets for vegetable crop protection. *Plasticulture* No. 81, 33-36.
- Iwata T 2015. Biodegradable and Bio-Based Polymers: Future Prospects of Eco-Friendly Plastics. *Angew. Chem. Int. Ed.* 54:3210 – 3215
- JKI (2024) Julius Kühn-Institut - Institut für Anwendungstechnik im Pflanzenschutz. <https://www.julius-kuehn.de/at/abdrift-und-risikominderung>
- Kasirajan S & Ngouajio M 2012. Polyethylene and biodegradable mulches for agricultural applications: a review. *Agron. Sustain. Dev.* 32:501–529
- Lindhard Pedersen H, Jensen B, Munk L, Bengtsson M, Trapman M 2012. Reduction in the use of fungicides in apples and sour cherry production by preventive methods and warning systems. *Pesticides research* no. 139. 2012. Danish Ministry of the Environment. Environmental protection Agency. ISBN no. 978-87-92779-70-0 pp. 113. <http://www.mst.dk/Publikationer/Publications/2012/August/978-87-92779-70-0.htm>
- Lindhard Pedersen H, Linddal Pedersen K, Paaske K 2005. Evaluating the use of RIMpro and Metos weather stations for control of apple scab (*Venturia inaequalis*) in Denmark 2002-2005. Poster til 7<sup>th</sup> International IOBC/WPRS Workshop on Orchard Diseases. Italy Aug-Sep 2005.
- Lindhard, H. (2012) Mekanik mod ukrudt. *Frugt og Grønt*, maj 2012, 232-233.
- Lindhard Pedersen H, Vittrup Christensen J 1992. Ukrudtsbekæmpelse i æble uden brug af herbi-cider. *Tidsskrift for Planteavl* 96, 473-477.
- Lindhard Pedersen H, Pedersen B 2004. Soil treatments and rootstocks for organic apple production. ECO-FRU-VIT. 11th International Conference on Cultivation Technique and Phytopathological Problems in Organic Fruit-Growing. 137-143.
- Lyngø, M., Kristensen, H.L., Grevsen, K. and Sørensen, J.N. (2023) Strategies for high nitrogen production and fertilizer value of plant-based fertilizers. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 186: 105–115.
- Maxin P, Weber RWS, Lindhard Pedersen H, Williams M 2012a. Hot-Water Dipping of Apples to Control *Penicillium expansum*, *Neonectria galligena* and *Botrytis cinerea*: Effects of Temperature on Spore Germination and Fruit Rots. *Europ. J. Hort. Sci.*, 77 (1), 1–9.
- Maxin P, Weber RWS, Lindhard Pedersen H, Williams M 2012b. Control of a wide range of storage rots in naturally infected apples by hot water dipping and rinsing. *Postharvest Biol. Techn.* 70, 25-31.
- Melander, B., Lattanzi, B., Pannacci, E. (2015) Intelligent versus non-intelligent mechanical intra-row weed control in transplanted onion and cabbage. *Crop Protection* 72, 1-8.
- Melander, B., Rasmussen, G. (2001) Effects of cultural methods and physical weed control on intrarow weed numbers, manual weeding and marketable yield in direct-sown leek and bulb onion. *Weed Research* 41, 491-508.
- Mertz, F. (1989) Vergleich zwischen der Ausbringung von insektiziden Granulaten und dem Einsatz von Kulturnetzen gegen Kohlfliegen (*Delia radicum*) in Rettich. (Comparison between the application of granular insecticides and the use of protective netting against the cabbage root fly (*Delia radicum*) on radish). *Gesunde Pflanzen*, 41, 78-80.

- Miljøstyrelsen (2014) Anvendelse og potentiale for brug af bioplast i Danmark. Kortlægning af kemiske stoffer i forbrugerprodukter nr. 133, 2014 Miljøministeriet, Miljøstyrelsen
- Osinga KJ 1994. Insektengaas zorgt voor hogere opbrengst. Groenten en Fruit/Vollegroondsgroenten 4, 10-11.
- Pedersen et al. 2010. Mekanisk kvikbekæmpelse med Kvik-Up og Kvik-Killer. FarmTest. Nr. 111.
- Pedersen HL, Andersen L, Jørgensen PE, Sørensen L 2011. Luksusbær til frisk konsum. Frugt & Grønt 2: 60-61.
- Pergher G, Gubiani R, Cividino RS, Dell'Antonia D, Lagazio C 2013. Assessment of spray deposition and recycling rate in the vineyard from a new type of air-assisted tunnel sprayer. Crop Protection 45, 6-14.
- Rasmussen CM, Orzolek MD 2009. Penn State High Tunnel Plastic Study 2007-08. Report from PennState University.
- Rasmussen J, Nielsen J, Streibig JC, Olsen SI, Pedersen KS, Jensen JE 2016. Droner til monitoring af flerårigt ukrudt i korn. Bekæmpelsesmiddelforskning, no. 165, Miljøstyrelsen.
- Reid J 2008. Comparisons of Temperatures under Clear Polyethylene and Infrared Blocking Coverings for High Tunnels. Report Cornell University.
- Song JH, Murphy RJ, Narayan R, Davies GBH 2009. Biodegradable and compostable alternatives to conventional plastics. Phil. Trans. R. Soc. B. 364:2127-2139.
- Sørensen JN 1996. Improved N efficiency in vegetable production by fertilizer placement and irrigation. Acta Hort 428, 131-140.
- Sørensen JN 2013. Startgødskning af såløg. Dansk Løgavl 59(1), 4-7.
- Sørensen JN 2014. Tør dine løg ved høj temperatur. Frugt og Grønt 13, 22-23.
- Sørensen, J.N. og Grevsen, K. (2018) Strategi for mobil grøngødning. Gartnertidende 8, 32.
- Tahir, I. I., Johansson, E., & Olsson, M. E. (2009). Improvement of Apple Quality and Storability by a Combination of Heat Treatment and Controlled Atmosphere Storage. HortScience horts, 44(6), 1648-1654. Retrieved May 2, 2024, from <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.44.6.1648>
- Thorhauge, F., Hansen, H. and Henriksen, K. 1990. Dækning af kinakål (Brassica pekinensis) med net som beskyttelse mod skadedyr. Tidsskrift for Planteavl 94, 307-311.
- Tillett ND, Hague T, Grundy AC, Dedousis AP 2008. Mechanical within-row weed control for transplanted crops using computer vision. Biosystems Engineering 99: 171-178.
- Wien HC, Reid JC, Rasmussen C, Orzolek MD 2008. Use of Low Tunnels to Improve Plant Growth in High Tunnels. Report from PennState University.
- Wooten M 2015. Blueberry research focuses on gentler methods of harvesting tiny fruit. UGA Today. <http://news.uga.edu/releases/article/blueberry-research-gentler-methods-of-harvesting-tiny-fruit-0415/>; [http://www.scharfenberger.de/files/scharfenberger\\_01/pdf/BRAUD\\_9000L\\_engl.pdf](http://www.scharfenberger.de/files/scharfenberger_01/pdf/BRAUD_9000L_engl.pdf)
- Xiao CL, Chandler CK, Price JF, Duval JR, Mertely JC, Legard DE 2001. Comparison of epidemics of Botrytis fruit rot and powdery mildew of strawberry in large plastic tunnel and field production systems. Plant Disease 85(8), 901-909.
- van der Weide RY, Bleeker PO, Achten VTJM, Lotz LAP, Fogelberg F, Melander B 2008. Innovation in mechanical weed control in crop rows. Weed Research 48, 215-224.

Wiltshire JJJ, Tillett ND, Hague T 2003. Agronomic evaluation of precise mechanical hoeing and chemical weed control in sugar beets. *Weed Research* 43: 236-244.

## 7. Teknologier til miljø- og klimavenlig produktion

*Michael Nørremark, Institut for Elektro- og Computerteknologi, AU*

*Thayna Mendanha, Institut for Fødevarer, AU*

### 7.1 Udstyr til opsamling af halm

Gulerodsproduktionen i Danmark er på ca. 2200 ha og ca. 50 % er økologisk dyrket. Til opbevaring bliver der brugt halmdækning på ca. halvdelen af arealet, dvs. ca. 1000 ha. Det er store mængder halm der anvendes med 60 t/ha, dvs. 60.000 t per år. Der vil være flere miljø- og klimamæssige og økonomiske fordele ved at genanvende halmen.

I UK er der udviklet maskiner til skånsom opsamling af brugt halm over gulerodsbedene (Keeble, 2018) og den kan lægges ud i rækker til tørring inden den igen presses til halmballer for så at blive genanvendt til halmdækning eller andre formål (f.eks. biogas, halmfyr). Tørring af halmen i den periode hvor gulerødderne tages op (januar til maj) kan være en udfordring. Ved at genanvende halmen til overdækning (frostbeskyttelse) af gulerødder vil man spare udgiften til halm et år (ca. 30 mio. kr., halm 500 kr./t) dog ikke med 100 % idet der vil være et tab, men 75 % vil måske kunne genbruges (23 mio. kr.). De genbrugte 45.000 tons halm vil i så fald heller ikke skulle dyrkes igen før andet år, hvilket medfører en besparelse i form af energi, CO<sub>2</sub> og miljømæssige omkostninger.

Traditionelt bliver de store halmmængder efter f.eks. gulerødder nedmuldet efter brug og det koster meget energi i form af diesel, og udfordrer et godt såbed for den følgende afgrøde. Desuden omsætter de store halmmængder næsten al kvælstof i marken og kvælstoffet bliver frigivet over de følgende år. Det er ofte kun muligt at dyrke cærter eller vårbyg i disse marker og ofte med et dårligt resultat.

#### Udstyr til opsamling af halm

Formål: Genanvendelse af halm anvendt til halmdækning af rodfrugter

Anvendelse: Grøntsager

Teknologi: Skånsom opsamling af brugt halm

Miljøeffekt: Øget areal med miljø- og klimavenlig produktion

### 7.2 Mikser til fremstilling af dyrkningssubstrat

Der er stor interesse i at anvende bio-baserede dyrkningsmedier til plantedyrkning som et alternativ til spagnum. Dog kan mange af de nyligt identificerede bestanddele (såsom træfibre, kompost, bark, biogasfibre, blandt andre) ikke konkurrere mod spagnum-tørv som et selvstændigt produkt på grund af det begrænsede kendskab til disse alternativer og det faktum, at de ikke altid opfylder afgrødespecifikke fysiske og kemiske krav. Nye resultater inden for dyrkningssubstratindustrien tyder på, at sådanne udfordringer kan overvindes ved at blande forskellige bestanddele for at opnå egnede fysiske og kemiske egenskaber, der fremmer sund plantevækst. Blandere til produktion af dyrkningsmedier/-substrater er udstyr designet til at blande forskellige typer af biomasse, gødninger og andre komponenter, hvilket sikrer ensartet fordeling og sammensætning tilpasset hver afgrødes specifikke behov. Blandinger bestående af forskellige biomassealternativer har et lavere CO<sub>2</sub>-aftryk end tørv. Hashemi, Mogensen et al. (2024)

rapporterede, at når der blev indarbejdet 25 % af forskellige alternative typer af biomasse sammen med spagnum, blev klimaaftrykket for blandingen reduceret med 16 til 33 % sammenlignet med brugen af spagnum alene.

Blanding af dyrkningsmedier foretages typisk i en dyrkningssubstratmikser.

Dyrkningssubstratmikserne forventes at øge arealet med økologisk produktion da det vil øge adgangen til egnede alternativer til spagnum. Selvom spagnum stadig er tilladt i økologisk dyrkning, er der et ønske om udfasning.

#### Mikser til fremstilling af dyrkningssubstrat

Formål: Anvendelse af alternativer til spagnum

Anvendelse: Frugt, grøntsager, krydderurter, champignon

Teknologi: Dyrkningssubstrat-mikser

Levetid: 10 år

Miljøeffekt: Øget areal med miljø- og klimavenlig produktion

## Referencer

Miljøstyrelsen. (2014) Anvendelse og potentiale for brug af bioplast i Danmark. Kortlægning af kemiske stoffer i for-brugerprodukter nr. 133, 2014 Miljøministeriet, Miljøstyrelsen.

Hashemi, F., L. Mogensen, A. M. Smith, S. U. Larsen and M. T. Knudsen (2024). "Greenhouse gas emissions from bio-based growing media: A life-cycle assessment." *Science of The Total Environment* 907: 167977.

Iwata, T. (2015) Biodegradable and Bio-Based Polymers: Future Prospects of Eco-Friendly Plastics. *Angew. Chem. Int. Ed.* 54:3210 – 3215

Kasirajan, S., Ngouajio, M. (2012) Polyethylene and biodegradable mulches for agricultural applications: a review. *Agron. Sustain. Dev.* 32:501–529

Keeble (2018). [www.dekeebble.co.uk/straw-recycling.html](http://www.dekeebble.co.uk/straw-recycling.html). Besøgt d. 08-03-2018.

Song, J.H., Murphy, R.J., Narayan, R., Davies, G.B.H. (2009) Biodegradable and compostable alternatives to conventional plastics. *Phil. Trans. R. Soc. B.* 364:2127–2139.