

Växthusteknik



Innehåll

Energiteori	3
Termodynamikens huvudsatser	3
Växthusets energibalans	3
U-värde	4
Fuktteori	5
Relativ fuktighet	6
Kondensation	6
Principerna för fuktreglering	6
Växthuset	7
Växthusets placering	8
Grund	8
Stomme	9
Ytterskal	12
Täckmaterial	12
Dörrar	14
Ventilation	15
Uppvärmning	16
Uppvärmningssystem	17
Teknisk utrustning	19
Styrning	20
Rökgaskylning	21
Vävar	21
Energikällor	21
Bevattning	24
Dammar och cisterner	24
Vattenkällor	25
Filtrering och annan vattenbehandling	25
Bevattningsystem	25
Näringstillförsel via vattnet	27
Bevattningsautomatik	28
Uppvärmning av bevattningsvattnet	28
Arbets teknik	28
Uppbindning och sänkning	29
Intern transport	30
Arbetsmiljö	32
Reglerteknik	32
Analog styrutrustning	32
Digital styrutrustning	33
Givare	33

Växthusteknik

Text och foto (där inte annat anges): Jonas Möller Nielsen, Cascada, Varberg

Den vanligaste anledningen till att man börjar med växthusodling är passionen för växterna och vad de betyder för oss människor. Det är få som svarar att de fascinerar av tekniken, även om de också finns. Av den anledningen är det lätt att glömma bort teknikens betydelse för ett framgångsrikt företagande som växthusodlare. För att kunna försörja sig på sitt odlade, räcker det inte längre med gröna fingrar. Utan rätt tekniska förutsättningar och hjälpmedel, kommer många företag att läggas ner på grund av dålig ekonomi eller på grund av att arbetskraften, oftast ägarna med familj, har slitit ut sig. Dåliga tekniska lösningar resulterar dessutom i att man får ägna mindre tid åt växterna och mer åt det tekniska.

Många växthuskulturer är svåra att odla utan rätt tekniska förutsättningar. Växten behöver rätt temperatur och luftfuktighet för att sticklingar ska rota sig eller frön gro, och för att de små plantorna ska utvecklas och inte minst ge en hög skörd av god kvalitet. Rätt klimat i växthuset spelar också en mycket viktig roll för växtens förmåga att stå emot angrepp av skadegörare. Tekniken gör det möjligt att odla även lite ”svårare” växter med gott resultat.

Om teknik verkar tråkigt och inte något för dig, fundera då över vad tekniken kan göra för att underlätta för dig och dina växter. Det kan göra att teknikhäftet känns mer meningsfullt och lättare att ta till sig. Om du tycker att teknik är svårt, så läs först igenom hela häftet översiktligt. Det ger dig en uppfattning om vad det handlar om och en överblick över vad som är viktiga att tänka på. Gå därefter tillbaka till de olika kapitlen när du behöver specifik information längre fram.

Energiteori

För att kunna utvärdera och ta ställning till den tekniska utrustningen, som står till förfogande i växthuset, måste man känna till några grundläggande fakta om energi. Därför presenteras här *termodynamikens första och andra huvudsatser*. De beskriver några fundamentala egenskaper hos energi, som ofta känns ganska självklara och naturliga, men som kan vara bra att ibland gå tillbaka till när man ställs inför ny teknisk utrustning. Därefter följer en genomgång av växthusets och växtens värmebalanser. Ordet balans, säger precis vad det är, nämligen en jämvikt. Med energibalanser menas alltså jämvikten mellan hur mycket energi som förbrukas och hur mycket energi som tillförs. För att ett växthus ska hålla konstant temperatur måste mängden tillförd värmeenergi vara lika stor som mängden värmeenergi som försvinner ut ur växthuset.

Till sist behandlas *värmegenomgångskoefficienten* för ett material. I dagligt tal kallas detta även för *U-värde* (tidigare *k-värde*). Det är *U-värdet* som beskriver hur bra t.ex. en vägg isolerar mot kyla. En

väl isolerad vägg har ett lågt *U-värde* och kommer därmed att ha en låg värmegenomgång, det vill säga en låg energiförbrukning.

Termodynamikens huvudsatser

Termodynamiken beskriver sambandet mellan värme och andra energiformer. I fallet med uppvärmning av växthus innebär detta att värmen är en energiform och t.ex. eldningsoljan en annan. Termodynamiken handlar om förhållandet, eller sambandet, mellan värmen och eldningsoljan. Termodynamikens grundläggande regler har sammanfattats i några huvudsatser.

Termodynamikens **första huvudsats** är:
Energin är oförstörbar och kan inte nyskapas.

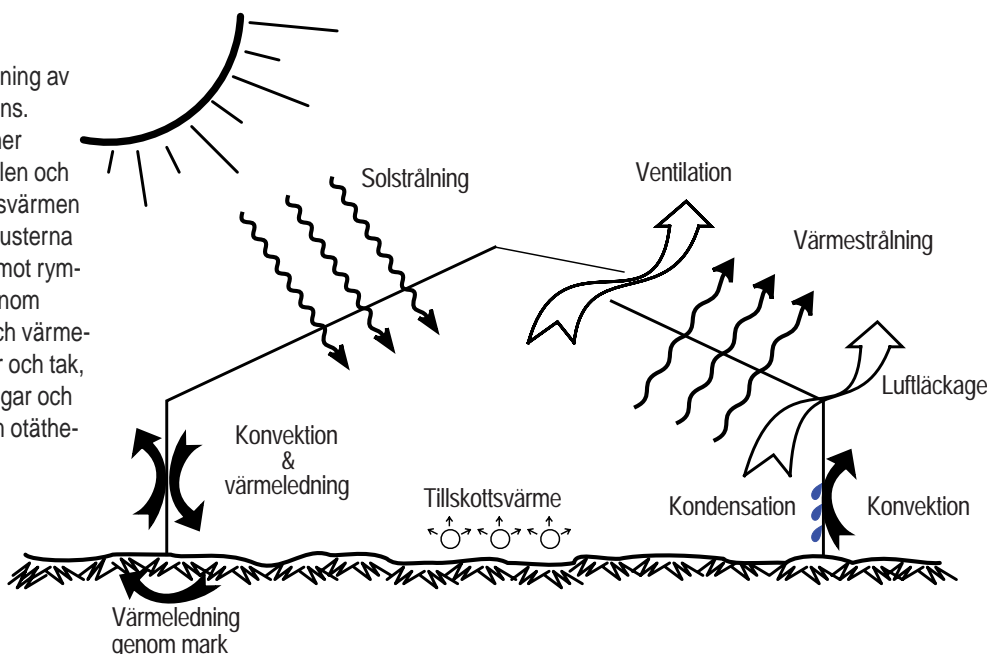
Termodynamikens **andra huvudsats** har formulerats på olika sätt av olika personer. En formulerades av Rudolf Clausius (1822–1868) och lyder:
Värme kan inte av sig själv övergå från materia av lägre temperatur till materia av högre temperatur.

För att lättare förstå vikten av dessa huvudsatser och för att förstå hur de kan användas, ska vi tillämpa dem på ett exempel, bergvärme. Vi kan ur andra huvudsatsen inse att värmen inte automatiskt kan komma upp ur marken och värma huset. Berget kanske har en temperatur på 10 °C medan huset kräver 20 °C och tappvarmvattnet kräver 65 °C. För att komma förbi detta problem använder man sig av värmepumpar. Nu kan vi få upp värme som håller en högre temperatur än berget. Men hur väl stämmer bergvärmens överens med första huvudsatsen? Ja, i första huvudsatsen framgår att energi inte kan nyskapas. Det innebär att berget kan betraktas som ett värmeförråd och därför har det en begränsad mängd värmeenergi. För varje dag som värme pumpas ur berget minskar värmeförrådet i berget, till sist tar värmen slut. För att bergvärme ska fungera under en längre tid, måste berget antingen vara mycket stort eller så måste bergets värmeenergi fyllas på någonstans ifrån t.ex. via grundvattenströmmar eller över-skottsvärme under sommaren.

Växthusets energibalans

För att veta hur mycket värme som ska tillföras, eller tas bort i växthuset, måste vi ställa upp en energibalans. I energibalansen summerar vi all värme som flödar in och ut ur växthuset. Exempel på tillförd värme är värme från solen, från elektrisk utrustning t.ex. assimilationsbelysning, eller från koldioxidproduktion inne i växthuset. Exempel på värme som försvinner är värme via läckage, värmeledningsförluster genom väggarna och kallt bevattningsvatten

Figur 1. Enkel beskrivning av växthusets energibalans. Värmetillskottet kommer huvudsakligen från solen och vid behov från tillskottsvärmen (värmesystemet). Förlusterna sker genom strålning mot rymden, värmeledning genom marken, konvektion och värmeledning genom väggar och tak, kondensation mot väggar och tak, luftläckage genom otätheter och ventilation.



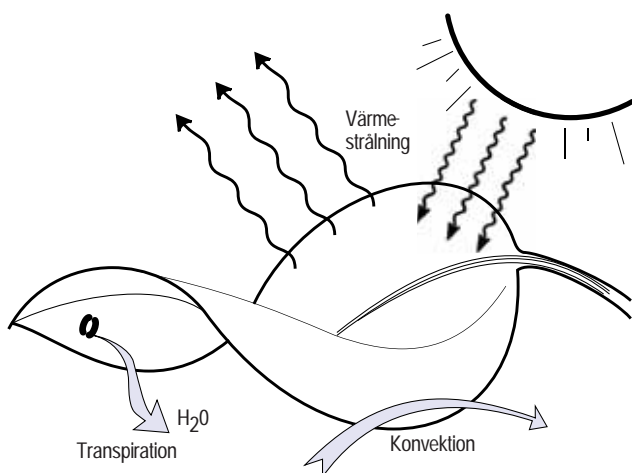
som ska värmas upp. Om summan av den tillförda värmen och den förlorade värmen inte är 0, innebär det att värme antingen måste tillföras (för kallt) eller att värme måste tas bort (för varmt). Uttrycket kan skrivas:

$$\text{Värmebehov} = \sum (\text{Läckage, Strålning, Konvektion, Kondens, Värmeledning}) - \text{Sol}$$

Precis som för växthuset kan man sätta upp en energibalans för växten, se figur 2. Även här uttrycker växtens värmebalans vad som värmer eller kyler växten. Till skillnad från växthuset, är det betydligt svårare att räkna på växtens värmeflöden, även om det är möjligt. Men vi vet vad det är som påverkar växtens temperatur.

U-värde

Om vi har en vägg med varm luft på ena sidan och kall luft på den andra, kommer värmeenergi från den varma sidan att flöda till den kalla sidan.



Figur 2. Enkel beskrivning av bladets energibalans. Principen är den samma som för växthuset. Även bladet påverkas av strålningsutbytet med sin omgivning. Det kan vara kalla tak och väggar. Dessutom kyls bladet genom sin transpiration.

Värmeflödet orsakas av två processer, värmekonvektion och värmeledning.

Värmekonvektion är den process då värme övergår från en fas till en annan dvs. när värme går från luft till vägg, eller från vägg till luft. Det som påverkar värmekonvektionen är framför allt luftförelserna närmast väggen. Ju kraftigare luftförelser, desto lättare har värmen att övergå från luft till vägg och tvärtom. Värmeförlusterna är därför större vid blåsig väder och det är en god idé att ha vindskydd i vindutsatta lägen.

Värmeledning är när värme leds i ett material. Det kan t.ex. vara när värme leds genom en glasruta. Värmeledningen genom väggen kan ske fort eller långsamt, allt beroende på väggens egenskaper. En tjock vägg ger ett större motstånd mot värmeledningen än en tunn vägg. Dessutom har olika material olika stort motstånd mot värmeledning. Normalt sett har material med mycket innesluten luft ett större motstånd än massiva material.

Det totala motståndet som en vägg har mot värmeledningen kallas värmegenomgångskoefficient eller U-värde. (Tidigare kallades U-värdet för k-värde.) U-värdet är summan av motstånden mot värmekonvektion och värmeledning, och anger hur mycket värmeenergi som passerar ett väggparti på en kvadratmeter, per grad Celsius i temperaturskillnad mellan de båda sidorna. Enheten blir därför $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$. Värmegenomgången för ett väggparti visas översiktligt i figur 3.

Den totala värmegenomgången genom en vägg kan därför bestämmas med formeln:

$$\dot{Q} = U \cdot A (t_{inne} - t_{ute})$$

där

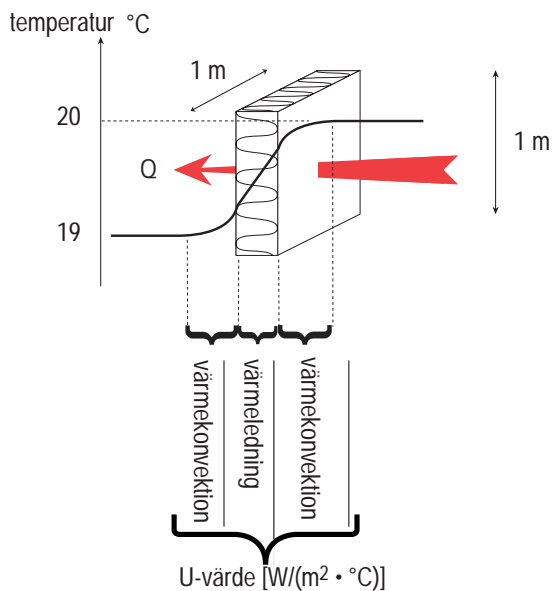
Q = värmegenomgången [W]

U = värmegenomgångskoefficienten [$W/m^2 \cdot ^\circ C$]

A = totala vägg-/takarean [m^2]

t_{inne} = temperaturen inne [$^\circ C$]

t_{ute} = temperaturen ute [$^\circ C$]



Figur 3. Värmens transport genom ytterskalet (vägg, tak, fönster och liknande). Ju högre temperaturskillnad mellan de båda sidorna, desto mer energi överförs per kvadratmeter. Ju lägre värmeisoleringsförmåga, desto mer energi transporteras genom materialet.

Fuktteori

Luftfuktigheten är en av de kritiska klimatparametrarna i modern växthusodling, eftersom den påverkar många olika saker. Luftfuktigheten påverkar givetvis direkt plantans transpiration (avdunstning) och därmed dess förmåga att ta upp näringsämnen. Eftersom transpirationen är viktig för växtens temperaturreglering, kommer luftfuktigheten även att påverka växtens förmåga att reglera temperaturen.

För låg luftfuktighet kan orsaka vattenstress när växten inte klarar av att suga upp lika mycket vatten som den transpirerar. Växten kommer då att stänga sina klyvöppningar och planttemperaturen stiger. Stängda klyvöppningar gör att växten inte längre kan ta upp koldioxid och tillväxten stannar. Slutligen påverkar luftfuktigheten många av de skadedörare som angriper växterna.

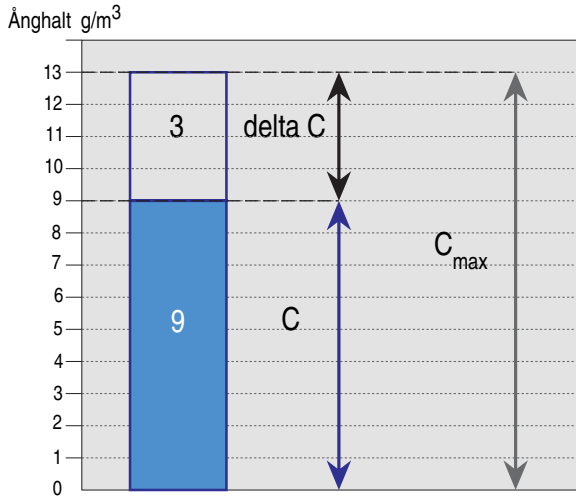
I moderna växthus med moderna och tätare täckmateriel och tätare plantering, har fuktstyrning blivit allt viktigare. Det är svårt att få en hög och kvalitativt bra produktion utan att ha en bra fuktreglering. För att kunna styra fuktigheten framgångsrikt är det viktigt att känna till de olika begrepp som finns

Tabell 1. Definitioner

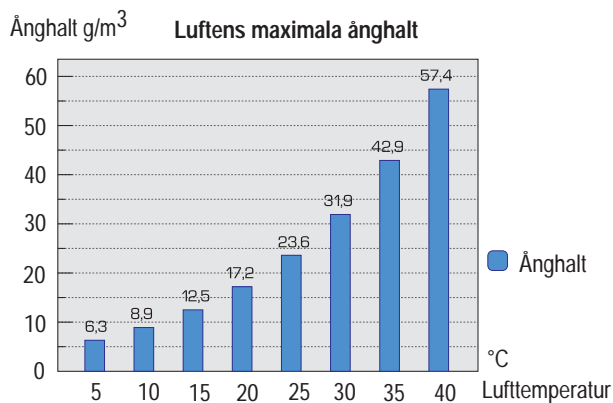
Begrepp	Ånghalt	Vatteninnehåll
Beskrivning	Används inom byggnadstekniken och kallas även för luftens absoluta ånghalt och anger hur mycket vatten, i form av vattenånga, som luften innehåller.	Inom luftbehandlingstekniken används begreppet vatteninnehåll istället för ånghalt.
Beteckning	C	x
Enhet	g/m ³	kg vatten/kg torr luft
Exempel	9 g/m ³	0,0105 kg/kg (vid 75 % RF och 20 °C)
Begrepp	Maximal ånghalt	Maximalt vatteninnehåll
Beskrivning	Anger hur mycket vattenånga som luften kan innehålla maximalt. Luften kan hålla mer vattenånga ju varmare den är. Därför ökar också den maximala ånghalten med lufttemperaturen.	Anger hur mycket vatten som luften kan innehålla maximalt. Luften kan hålla mer vatten ju varmare den är. Därför ökar också det maximala vatteninnehållet med lufttemperaturen.
Beteckning	C _{max}	x _{max}
Enhet	g/m ³	kg vatten/kg torr luft
Exempel	12 g/m ³	0,0145 kg/kg (vid 20 °C)
Begrepp	Ånghaltsdeficit	Vatteninnehållsdeficit
Beskrivning	Anger skillnaden mellan luftens maximala ånghalt och den absoluta ånghalten. Det betyder att ånghaltsdeficiten anger hur mycket mer vattenånga som luften kan hålla innan den blir mättad. Vid samma relativa fuktighet, kommer ånghaltsdeficiten att öka med ökande lufttemperatur.	Anger skillnaden mellan luftens maximala vatteninnehåll och det absoluta vatteninnehållet. Det betyder att vatteninnehållsdeficiten anger hur mycket mer vatten som luften kan hålla innan den blir mättad. Vid samma relativa fuktighet, kommer vatteninnehållsdeficiten att öka med ökande lufttemperatur.
Beteckning	delta C I växthussammanhang används ofta begreppet delta-x istället för delta-C!	delta x
Ekvation	delta C = C _{max} - C	delta x = x _{max} - x
Enhet	g/m ³	kg vatten/kg torr luft
Exempel	3 g/m ³	0,004 kg/kg (vid 20 °C och 75 % RF)

Relativ fuktighet

Relativ fuktighet (RF) är förhållandet mellan luftens ånghalt och dess maximala ånghalt (c/c_{max}). Eftersom den maximala ånghalten varierar med temperaturen, kommer luftens relativa luftfuktighet också att variera med temperaturen, trots att ånghalten är oförändrad. Man kan tro att växtens transpiration kan öka enbart genom att man höjer lufttemperaturen eftersom den relativa fuktigheten då sjunker. Men vatteninnehållet i luften är fortfarande detsamma och transpirationen ökar inte.



Figur 4. Förhållandet mellan ånghalt, maximal ånghalt, ånghaltsdeficit och relativ fuktighet.



Figur 5. Luftens maximala ånghalt vid olika temperaturer, dvs. när luften är vattenmättad och inte kan hålla mer vattenånga.

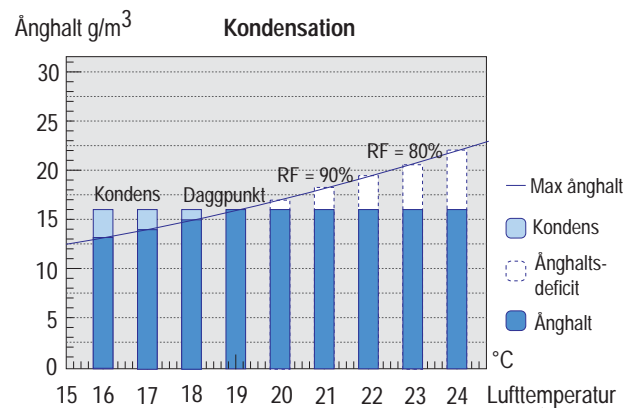
Kondensation

När luften är mättad på vattenånga kan den inte längre hålla mer vatten och försöker man tillföra mer vattenånga går inte det. Ju varmare luften är desto mer vattenånga kan den hålla. Om temperaturen i en mättad luft sjunker, så kommer dess förmåga att hålla vattenånga därför att minska. När gränsen är nådd

för vad luften kan hålla vid en viss temperatur, kommer överskottsvattnet att kondensera. Det är vad som händer då molnen släpper sitt regn. Luften har tagit upp vattenånga från vattenytor och växter, temperaturen sjunker och det bildas moln, där luften är mättad på vattenånga. Temperaturen sjunker ytterligare, t.ex. för att molnen stiger när de passerar en höjning i marken, luften kan inte längre hålla mer vatten och det börjar regna. Kondensationstemperaturen är nådd.

Men kondensering kan även ske utan att det regnar. När luften kommer i kontakt med en yta med en lägre temperatur än luftens, kan kondenseringstemperaturen nås lokalt precis vid ytan och kondensdroppar bildas. Detta sker på nätterna när luften har värmts upp under dagen och tagit åt sig mycket vattenånga. På natten kyls växter och mark och luften kyls mot dessa ytor och kondensering sker i form av dagg.

Kondensering i form av dagg på frukterna kan ske vid odling av växter med stora frukter, som tomat, gurka och melon, i samband med snabba temperaturhöjningar, t.ex. på morgonen när solen eller växthusets värmeanläggning värmer luften. Lufttemperaturen höjs då snabbt och luften tar upp mer fukt men frukterna är fortfarande kalla och den fuktiga luften kondenseras på frukten. Det är därför viktigt att undvika snabba temperaturhöjningar genom att lufta om solen värmer, eller låta höjningen till önskad dagtemperatur gå långsammare. På så sätt kan man minska risken för svampangrepp på frukterna.



Figur 6. Diagram som visar kondensationsprocessen då luftens temperatur sänks under kondensationstemperaturen.

Principerna för fuktreglering

Vi ska tillämpa de teoretiska kunskaperna ovan och gå igenom hur man styr för hög luftfuktighet och varför. Då måste vi förstå att transpiration beror på ånghalten i två olika luftsystäm – växthusluften och luften innanför växtens klyvöppningar. Ånghalten kan också ses som ett tryck, ångtrycket, som får vattenångan i luften att röra sig från ett högre tryck till ett lägre.

Växtens ångtryck

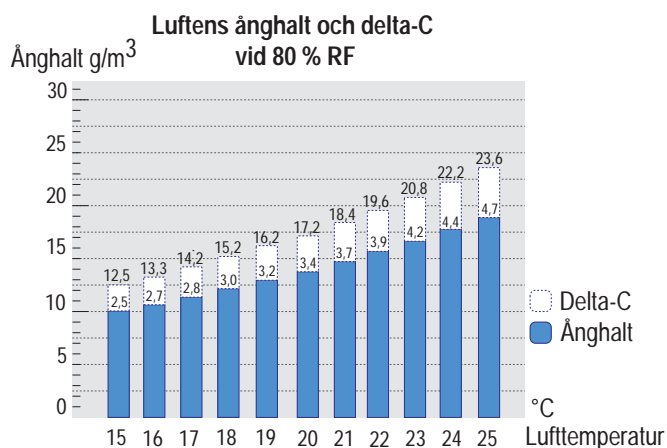
Luften innanför klyvöppningarna håller samma temperatur som växten. Dessutom är luften innanför klyvöppningen alltid mättad med vattenånga, annars skulle växten ha brist på vatten och vissna. Om vi vet bladtemperaturen kan vi med god exakthet räkna ut ångtrycket, eller ånghalten, innanför klyvöppningarna, se figur 5. Bladtemperaturen är lika eller nästan lika med lufttemperaturen eftersom bladen ofta är tunna. Vi vet då med tillräckligt god noggrannhet vilket ångtryck som råder innanför klyvöppningarna.

Luftens ångtryck

Luftens ångtryck, eller ånghalt, kan variera. Normalt inne i en bostad ligger den relativa fuktigheten runt 60 %. Luften är alltså långt ifrån mättad på vattenånga. Detsamma gäller i växthus, där den relativa luftfuktigheten ligger mellan 70 och 85 %. Luftens ångtryck är då lägre än det ångtryck som råder innanför klyvöppningarna, under förutsättning att växtens temperatur är lika med luftens.

Relationen mellan växtens och luftens ångtryck

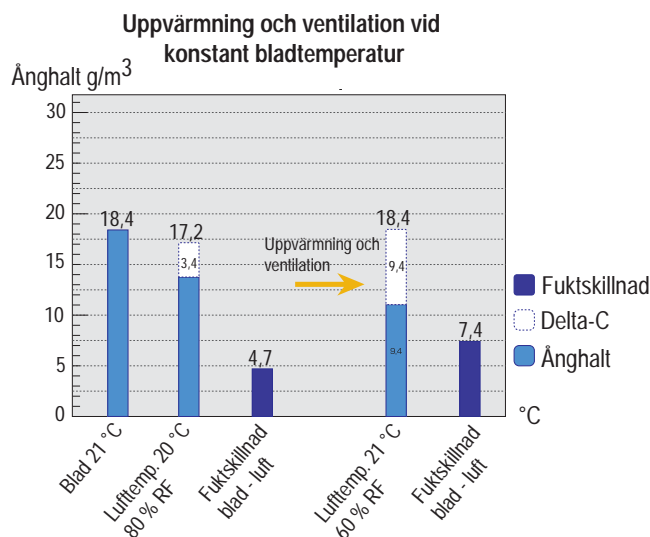
Drivkraften i växternas transpiration är skillnaden mellan växtens ångtryck och luftens ångtryck. I normala fall är växtens ångtryck alltid högre än luftens, så länge de bådas temperaturer är lika och luften i växthuset, inte är mättad med vattenånga. Ju mindre den här skillnaden är desto lägre blir transpirationen, därför ska luftfuktigheten inte vara för hög. Hög luftfuktighet ökar också risken för svampangrepp.



Figur 7. Diagram som visar luftens ånghalt och delta-C vid 80 % RF. Lägga märke till att vid högre temperaturer kommer delta-C att öka trots att den relativa luftfuktigheten är oförändrad. Bladets temperatur ökar också och därmed bladets ångtryck dvs. transpirationen (transpirationspotentialen) är oförändrad.

För att sänka luftens ånghalt, måste vatten föras bort. Det kan göras på två sätt. Den ena metoden är att byta ut en del av den fuktiga luften och ersätta den

med torrare luft utifrån, se figur 8. Den andra metoden är att använda en luftavfuktare. Den fungerar så att den tar bort vattnet ur luften utan att byta ut luften. Fördelen är att värmen som finns i luften stannar kvar i växthuset. Metoden är enkel och fungerar väl, men investeringskostnaden är hög. Metoden betalar sig och man kan räkna med en återbetalningstid inom 5 år. Däremot kan en avfuktare aldrig klara av hela avfuktningens behovet, investeringskostnaden skulle då bli orimligt hög.



Figur 8. Figuren visar vad som händer då fuktig växthusluft ersätts med uteluft. Växthusluften med hög ånghalt ventileras ut genom ventilationsluckorna och ersätts med uteluft med lägre ånghalt. Uteluften är kall och måste värmas upp samtidigt. Eftersom vattenmängden i växthusluften minskar kommer både ånghalten och den relativa luftfuktigheten att sjunka och växtens transpiration ökar.

Växthuset

Växthuset kan ha flera olika utformningar och vara konstruerat av olika typer av material. Valet av konstruktion och material avgör i hög grad hur väl växthuset kommer att fungera under lång tid framöver. Det gäller både energiförbrukning, arbetsmiljö och interna transporter. Vissa växthus är lämpliga för produktion under många år, andra är mer tillfälliga växthus. Det avgörs i hög grad av typen av konstruktion. Valet av material avgör hur väl lämpat växthuset är för odling på vinterhalvåret. Det går alltså att bygga ett växthus för produktion enbart under sommarhalvåret men under många år. Och omvänt kan man bygga hus som bara ska användas under några få år men året runt.

Valet av växthus avgör hur verksamheten kan expandera längre fram. En dåligt planerad byggnad, och dess placering, kan resultera i mycket merarbete vid nästa bygge. I sämsta fall blir det omöjligt att få en bra lösning, både med avseende på energiförbrukning och interna transporter.

I det här avsnittet behandlas olika typer av växthusstommar och deras för- och nackdelar. Grund-

läggningen går igenom, att välja rätt typ av grund är viktigt. Även markisolering beskrivs. Det görs sällan idag men är både energibesparande och kvalitetsförbättrande. Trä-, aluminiumprofiler och övriga material som används för växthuskonstruktionen behandlas. Egenskaper och pris för olika täckmaterial finns listade i en tabell. Portar och dörrar uppmärksammas speciellt, det är få saker som man handgripligen använder så mycket som dörrar och portar. Slutligen går ventilationen för de olika växt-hustyperna igenom.

Växthusets placering

Växthuset ska i första hand placeras så att transporterna underlättas, både till och från växthusen och internt på företaget. Arbetskostnaderna är betydligt högre än den eventuella produktionsvinst som uppnås vid "rätt" placering med hänsyn till väderstreck.

Ett avlångt växthus kommer att släppa in mer ljus från långsidan än från kortsidan. Det innebär att om husetsnock går från norr till söder, kommer det totalt sett att släppa in mindre ljus än om huset hade placerats med nocken i öst-västlig riktning. Det gäller samtliga månader på året. Det innebär att om det är viktigt med så mycket ljus som möjligt bör ett rektangulärt hus placeras i öst-västlig riktning. För kvadratiska hus och sammanbyggda sadeltakshus spelar orienteringen mindre roll.

Placering nära skog bör helst undvikas, eftersom skogen skuggar vid låga solstånd, främst under vinterhalvåret och skymning/gryning. Det ljuset är för många kulturer, speciellt tomat, mycket viktigt. Skog i norr är inte lika negativt som i övriga väderstreck eftersom norrväggen ändå bör isoleras och förses med vit insida.

Kraftiga sluttningar fördyrar byggnationen på grund av all schaktning, och de försvårar transporterna internt i företaget om man har flera byggnader. En annan placering bör då övervägas. Sänkor kräver fyllningsmassor och dränering av eventuellt vatten i sänkan som kan bli kostsamt. Om sänkan är rätt placerad i terrängen, skyddar den mot vindar, vilket sänker energiförbrukningen. Men samtidigt kommer kall luft att rinna ner i sänkan vilket höjer energiförbrukningen. Det är därför bättre att placera växthuset högre upp och bygga ett vindskydd.

Grund

Om ett hus ska byggas ordentligt ska det göras från grunden, det gäller även för växthus. Det betyder inte att en kraftig helgjuten grundmur är det bästa utan i de flesta fall är en lätt och smidig konstruktion bättre. Grund ska väljas utifrån vilka krav man har. Att driva företag idag innebär att vara flexibel och snabbt anpassa sig till nya omständigheter. Den produktion som gällde när huset byggdes kanske inte är den samma fem år senare. Det är arbetsamt och dyrt att såga upp en helgjuten grund med armeringsjärn och inte det första man gör när det bästa egentligen hade varit att flytta huset 50 meter.

Geoteknisk undersökning

Innan man börjar bygga måste man försäkra sig om vilka egenskaper marken har. Dessa avgör hur grundläggningen ska utföras. Den geotekniska undersökningen ska bl.a. svara på

- om det finns risk för sättningar
- vilken bärförmåga marken har
- hur schaktningen ska gå till
- vilka eventuella fyllningar som krävs för att ge stabilitet
- jordtrycket, vilket är viktigt vid t.ex. byggnad av källare
- tjälfarligheten, som avgör vilket tjäldjup som finns där man tänkt bygga.

När det gäller växthus har man i en del fall redan praktiska erfarenheter som ger svar på ovanstående frågor. Det kanske redan står växthus eller andra byggnader på marken.

Helgjuten grundmur

Den vanligaste grundläggningen tidigare var en helgjuten eller murad grundmur. Den är ca 250 mm bred och kan vara gjuten direkt i jorden, i den grävda rännan, eller i en form. Den bör formgjutas åtminstone på insidan, för att förhindra att man kör på lösa betongklumpar i samband med fräsning i jorden. I dagsläget är det troligtvis bättre att mura upp en grundmur med lättklinker- eller betonghålblock. Den del av muren som är ovan mark formgjuts alltid och avjämnas med putsbruk. Det är viktigt att muren sluttar på ovansidan, så att kondensvatten och regnvatten kan rinna bort på insidan respektive utsidan.

Dränering är inte nödvändigt för själva konstruktionen, men rekommenderas eftersom en torr jord isolerar bättre än en våt eller fuktig. Rekommenderad dränering är en 75 mm dräneringsslang runt om. Marken inne i växthuset kan även den dräneras, men det beror på vad som ska odlas i växthuset, bevattningssystem m.m.



Figur 9. Helgjuten grundmur där stolparna är nergjutna i grundmuren. Notera att murens ovansida sluttar för att kondensvatten ska rinna av.

Plintar

Den vanligaste grundläggningsformen idag är plintar med isolerade sockelelement. Väggestolparna kan gjutas fast i plintarna direkt på plats, men vanligast är att använda färdiggjutna plintar med ingjutna fästena för stolparna. Sockelelementen har oftast en utsida av betong och en insida av cellplast. I de enklaste fallen är cellplasten helt oskyddad, i andra fabrikat är insidan försedd med aluminiumplåt för att skydda isoleringen och för att underlätta rengöring. Grundläggningen har den fördelen att den är enkel att riva och flytta till annan plats, detta ger flexibilitet.



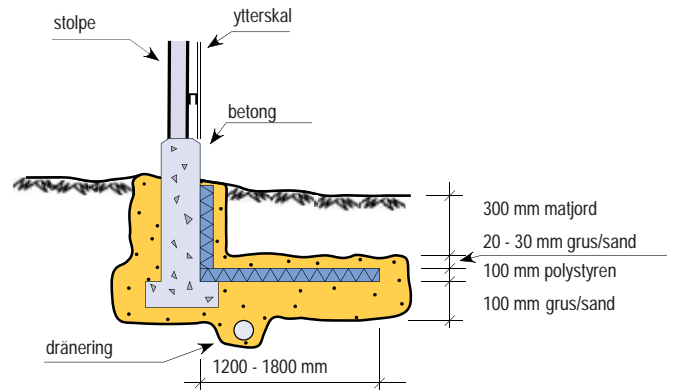
Figur 10. Plintgrund med isolerade sockelelement. Plintarna kan antingen vara färdiggjutna på fabrik och grävas ner, eller så gjuts de på plats.

Platta på mark och andra hårdgjorda golv

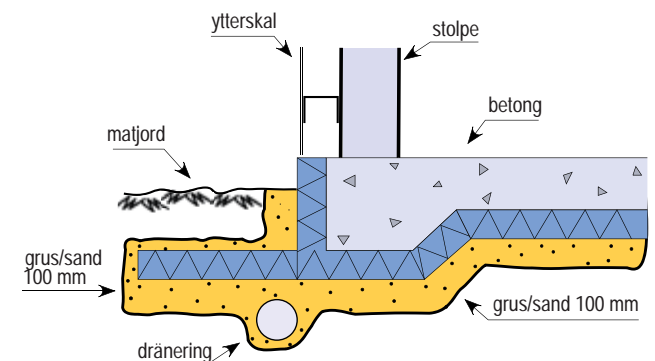
Ibland fordras en helt slät och hårdgjord yta även inne i växthuset. Det är framför allt aktuellt i försökshus, men även i arbetshallar, försäljningslokaler och liknande. En av lösningarna är då platta på mark. I många fall behöver man inte gjuta en platta, utan det kan räcka med en golvyta som är belagd med t.ex. betongplattor. Betongplattorna ger större flexibilitet vid eventuella grävningssarbeten i golvet längre fram, för t.ex. dragnings av värmekulvertar, vattenslangar, dräneringsrör m.m.

Isolering

Det normala är att växthusgrunden inte isoleras. Med tanke på den förhållandevis låga merkostnaden för att isolera grunden i samband med grundläggningen rekommenderas att grunden alltid isoleras med 100 mm isolering, antingen med cellplast eller med stenull. Förutom minskad energiförbrukning ger markisolering ett bättre klimat närmast väggen. Det är särskilt viktigt vid odling i mark eller direkt på mark, t.ex. vid odling i krukor eller säckar.



Figur 11. Schematisk skiss över enkel isolering av marken för grundmur eller plintgrund.



Figur 12. Schematisk skiss över enkel isolering av marken för platta på mark.

Stomme

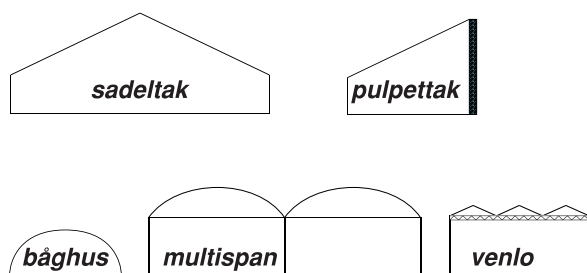
Valet av växthusstommens utformning avgörs både av kultur och av läge. En del stommar är inte lämpliga på platser med mycket snö, som t.ex. venlo. Även växthusets storlek kan avgöra utformningen, eftersom vissa konstruktioner av byggnadsekonomiska skäl bättre lämpar sig i större block, som t.ex. venlo och multispanhus. De vanligaste konstruktionerna är

- fribärande (sadeltak)
- venlo
- båghus
- multispan
- pulpet.

Båghusens sidor lutar i de flesta konstruktioner inåt. I vissa fall är lutningen så kraftig att den försvårar odling närmast väggarna. Antingen för att det blir svårt att komma åt jord och växter eller för att höga växter eller bord, inte kan stå nära väggen utan att stöta emot den. Det finns konstruktioner där båghusets väggar lutar utåt för att sedan, längre upp, gå inåt mot toppen. Detta ger luft för växterna närmast väggen och underlättar arbetet inne i växthuset.

Jordodling fungerar bra i samtliga växthus. Det som avgör är hur övergången mellan mark och hus

ser ut. Vid övergången mellan mark och vägg måste det vara tätt och helst ska där vara en isolerad sockel. Annars kommer det att bli stora glipor med drag som följd. Vid all jordodling bör marken vara isolerad, så som beskrivits tidigare. Annars kommer växterna närmast väggen att få för låg temperatur och ge sämre produktion. Materiel i marken, så som isolering och plintar, måste placeras precis under väggen eller utanför, för att markberedningsmaskiner inte ska gå på. Det kan förstöra både maskiner och grundläggningen, särskilt isoleringsmaterialet.



Figur 13. Olika växthusstommar som är vanliga i Sverige.

Stommens material

Materialet i stommen, takstolsben, takstol och åsar, är idag nästan uteslutande av galvaniserat (förzinkat) stål med spröjs av aluminium. Stålet ska vara galvaniserat både utvändigt och invändigt, för att förhindra rostangrepp på grund av kondens, inne i profilerna. Av och till har det förekommit stommar helt i aluminium, men dessa är oftast dyrare än stålkonstruktionerna och tillverkas inte längre.

Trästommar förekommer, men i liten omfattning, främst i stora båghus av limträ. Spännvidderna (bredderna) är då typiskt 20–25 m. Limträbågarna ger en stor fri luftvolym inne i växthuset, vilket gör det enkelt att installera vävar, belysning, transportbanor m.m. Det är även möjligt att köra med maskiner inne i växthuset. Hållbarheten är mycket god. Nackdelen med trästommarna är att de skuggar betydligt mer än stålkonstruktioner. Vid sommarodling behöver det inte vara något problem, tvärtom, men vid odling vintertid med låga solstånd är det en nackdel.

Stommens delar

Stommens delar består av grund, takstolsben, takstol och ås. På åsen ligger spröjsen som håller fast yttermaterialet (täckmaterialet).

Takstolsbenen, som även kallas ståndare, kan antingen vara gjutna fast direkt i grundmur eller plint, eller fastskruvade i fästjärn som är ingjutna i grundmur eller plint. I det senare fallet kallas infästningen för rörlig/ledad, till skillnad mot fast infästning som blir fallet då benet gjuts fast. Det kan vara en fördel med ledad infästning eftersom det medger större rörelse i växthuset, till följd av sättningar. Takstolsbenen kan bestå av I-järn eller av U-järn och är placerade med ett inbördes avstånd på 2,7–3,6 m, där 3 m är det vanligaste.

Takstolarna placeras på takstolsbenen. De kan antingen svetsas fast i benen eller fästas med bultar. I det senare fallet blir även den här infästningen rörlig. Takstolens underram (dragbandet) förhindrar att väggarna faller utåt och används ofta för upphängning av belysning, takvärmerör m.m.



Figur 14. Växthus med stomme av limträbågar.

Tabell 2. Sammanfattning av olika växthusstommarna och deras egenskaper.

Stomme	Lämpliga täckmaterial	Snö- och vindtålighet	Lämplighet för hängande kultur	Prisjämförelse 2006 kr/m ² bottenyta
Små båghus	plastfolie 1 skikt eller plastfolie 2 skikt 10 mm polykarbonat	Medel	Dålig	350–450 kr/m ²
Stora båghus (t.ex. limträbågar eller fackverksbågar)	plastfolie 1 skikt plastfolie 2 skikt 10 mm polykarbonat	God	God	600–700 kr/m ²
Multispan	TAK: plastfolie 1 skikt plastfolie 2 skikt VÄGGAR: plastfolie 1 skikt plastfolie 2 skikt polykarbonat, 10, 16 & 32 mm akryl 16 & 32 mm väggpanel	God (med rätt dimensionering av stommen)	God (med rätt dimensionering av stommen)	450 kr/m ²
Venlo	TAK: glas (akryl/polykarbonat i ventilationsluckorna) VÄGGAR: glas 1 skikt glas 2 skikt polykarbonat, 10, 16 & 32 mm akryl 16 & 32 mm väggpanel	Medel	God (med rätt dimensionering av stommen)	500–800 kr/m ²
Sadeltak (fribärande)	glas 1 skikt glas 2 skikt polykarbonat, 10, 16 & 32 mm akryl 16 & 32 mm väggpanel	God	God	600–1 000 kr/m ²



Figur 15. Båghus med tomatodling.

Åsarna används för infästning av spröjsen i stommen. Åsarna består vanligen av stål i profilerna U, Z eller L. I vissa fall utgörs åsarna av trä. Det rör sig då om hus som täcks av plastfolie där folien spikas fast direkt i åsen. Nu för tiden finns det bra fästsystem för plastfolie och spikning i trä rekommenderas inte. Det är bättre ur ljus- och underhållssynpunkt att använda åsar i stål med aluminiumprofiler för infästningen av plastfolien, se figur 16.

Ytterskal

Spröjsen tillsammans med yttermaterielen, utgör växthusets ytterskal. Det är viktigt vilken yttermateriel man väljer eftersom det avgör många grundläggande faktorer som

- ljusförhållande
- energiförbrukning
- underhåll
- arbetsmiljö
- brandskydd
- investeringskostnad
- driftkostnad
- utseende.

Valet av yttermateriel avgör i sin tur vilken typ av spröjs som ska användas.

Spröjs och infästning av plastfolie

I dag utgörs spröjsen, med få undantag, enbart av aluminium. Före 1970-talet var det vanligaste materialet trä och det finns fortfarande en hel del växthus med träspröjs. Allt eftersom träspröjs behöver bytas, ersätts de av aluminiumspröjs.

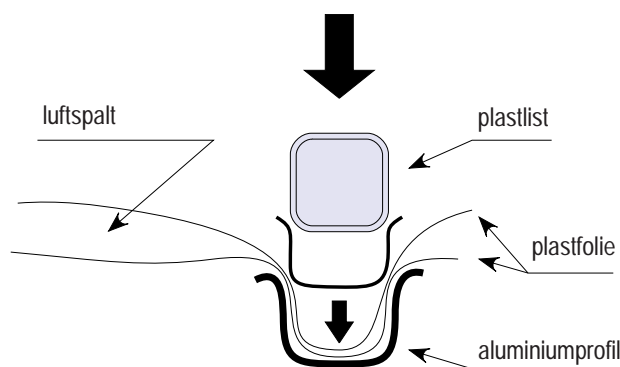
I vissa fall vill man ersätta utsliten träspröjs med nya. Man kanske vill bevara de gamla husen av antikvariska skäl, eller man vill ha den speciella atmosfär som träväxthus ger t.ex. i publika växthus med café eller hemförsäljning. Växthusmiljön är mycket tuff och träet ska vara av bästa kvalitet, helst kärnved. Det ska målas regelbundet för att ge en god ljusmiljö. Det är viktigt att träspröjsen har rätt utformning för att undvika onödigt kondensdropp och röta samt för att få bra fästning av glasrutorna vid kittning. Vid målning av trä kan man använda oljefärg.

Aluminiumspröjsen är sedan 70-talet helt dominerande. Aluminiumet bildar aluminiumoxid i kontakt med luft, vilket skyddar profilen mot vidare oxidering. Aluminiumprofilerna är därmed underhållsfria och har mycket lång livslängd. Dessutom är aluminiumspröjs betydligt smärkrare än träspröjs och skuggar därmed mindre. Eftersom aluminiumoxid är mörkare än rent aluminium, kommer aluminiumet att mörkna något den första tiden. Om man vill kan man måla aluminiumet, men då förlorar man lite av arbetsbesparingen eftersom färgen måste underhållas. Aluminium kan inte målas förrän efter ett år då lagret av aluminiumoxid har bildats fullt ut. Eftersom aluminium leder värme bättre än trä, kommer aluminiumspröjs att leda till en något högre

energiförbrukning än träspröjs. Den goda värmeledningen medför dessutom att aluminiumspröjs blir väldigt kalla på insidan, särskilt vintertid, vilket leder till kondens. För att minska risken för dropp från spröjsen har aluminiumspröjsen därför en kondensränna som leder ner vattnet.

Det finns olika sätt att fästa täckmaterielen i aluminiumspröjsen. Glasrutan läggs i aluminiumspröjsen och fästs därefter med en aluminiumlist. För att få tätt mellan glasruta och aluminium, la man tidigare en sträng kitt under glaset, men nu för tiden är det vanligare med en gummilist som tätar. Kanalplast fästs med en täcklist men denna är normalt gjord i plast eller gummi. Tätningen sker här enbart med en tätningslist i plast eller gummi.

Till plastfolie används speciella profiler som inte skadar plasten vid fastsättning, se figur 16. Infästningen ger en mycket jämn belastning på plastfolien, vilket innebär minimalt med veck och mindre kondensdropp samt god hållfasthet vid blåst och snö. I enklare konstruktioner kan man använda sig av en budgetvariant, som är speciellt vanlig i Spanien, men som borde vara intressant även i Sverige. Man tar en U-profil med rundade kanter. I denna placerar man plasten, som sedan fästs på plats genom att trycka in en PE-slang (polyeten) i U-profilen. Risken för skador på plasten är givetvis större med en sådan fastsättningsmetod.



Figur 16. Fastsättningssystem för plastfolie. En U-formad profil av stål eller aluminium fästs i växthuset. Plastfolien läggs ner i profilen och sträcks något. En U-profil förs ner i stålprofilen och för plastfolien mot stålprofilens kanter. Slutligen nyps plastfolien fast mellan de båda U-profilernas väggar genom att en plastlist bankas ner i den översta U-profilen. Fördelen är att plastfolien inte skavs sönder vid festsättningen eftersom det är U-profil nummer två som tar upp friktionen vid det sista momentet. Alla dragkrafter sprids dessutom jämnt över plastfolien, vilket inte alltid är fallet om plastfolien spikas fast.

Täckmaterial

Glas

Glas är fortfarande det vanligaste materialet. Glas till växthus får vara behäftat med skönhetsfel. Det viktiga är att glaset inte är för skört, vilket kan vara fallet med vissa importerade glas av låg kvalitet. Det sköra glaset går lätt sönder och det ökar risken för

arbetsplatsolyckor vid uppsättning och för skador i samband med stormar.

Ljusgenomsläppligheten för glas från moderna fabriker, så kallat flytplanat glas, har en ljusgenomsläpplighet på ca 90 %. Observera att vissa glaskvaliteter kan ha en ljusgenomsläpplighet som är betydligt lägre än 90 %. Det gäller framför allt glas som tillverkats genom dragning. Begär därför att få veta hur glaset är tillverkat och vilken ljustransmission det har, före köp. I vissa fall där växthusets antikvariska värde ska bevaras, ska man välja draget glas istället för flytplanat glas, eftersom det dragna glaset har skiftningar som det flytplanade glaset saknar. Glas tillverkas huvudsakligen av kvartssand med olika tillsatser (flussmedel). Det åldras inte i någon större omfattning, förutom av repor, och kan återvinnas.

Polykarbonat

Polykarbonat används som täckmaterial i form av kanalplattor i tjocklekarna 4–16 mm. De tunna plattorna kan användas i befintliga spröjsar som ersättning för glas och ger då en avsevärd energibesparing.

Polykarbonatens ljusgenomsläpplighet är ca 70 %, ca 10 % lägre än akrylens, även om vissa fabriker kan ha initialt bättre värden. Materialens ljusgenomsläpplighet påverkas inte nämnvärt av tjockleken, eftersom skikten för det mesta är två. Ren polykarbonat åldras mycket snabbt i UV-ljus, vilket påverkar ljusgenomsläppligheten och medför att plattan blir gul. De plattor som säljs idag är belagda med ett skyddande skikt, oftast akryl, för att öka plattans motståndskraft mot UV-ljus.

Polykarbonatens fördelar är slagåtligheten och motståndskraften mot brand. I områden där risken för stenkastning eller skadegörelse är stor, rekommenderas därför polykarbonat. Polykarbonaten är självlocknande vilket innebär att när eldslågan försvinner från skivan slocknar elden av sig själv och omfattande bränder förhindras. Polykarbonat (alternativt glas) ska därför användas i växthusmiljöer där besökande vistas, t.ex. i växthusbutiker och nära bostadsområden där fyrverkeripjäser förekommer.

Akryl

Akryl är ett mycket hållbart material som används som täckmaterial i form av kanalplattor i tjocklekarna 16–32 mm. Akryl förändras inte när det åldras och har god ljusgenomsläpplighet och isoleringsförmåga (lågt U-värde). Plattorna finns i två- och treskiktutförande. Tidigare hade man problem med att akrylskivorna efter en tid sprack längs eller på tvärs med kanalerna. Orsaken till detta är inte helt fastlagd, men problemen verkar ha upphört på skivor tillverkade efter 1980-talet.

Akrylplattor är spröda och bör därför inte användas på ställen där det finns risk för stenkastning eller slag. Ljusgenomsläppligheten är bättre än för polykarbonat men inte lika god som för enkelglas. En

annan nackdel är att akryl brinner mycket lätt och snabbt och därför inte bör användas på platser där det finns risk för nedfallande fyrverkeripjäser eller där besökare ska vistas.

Plastfolie

Plastfolie används mer och mer som täckmateriel i växthus, både i enklare säsongshus och i båghus, men även i åretrunthus i snörika områden. De plastfolier som används idag är mycket starka och det som avgör om ett växthus ska klara stora snö- och vindlaster är inte plastfolien utan själva konstruktionen (stolpar, stålågar m.m.).



Figur 17. Multispanhus av fabrikat Richel med dubbel plastfolie i väggar och tak. Foto: Johan Ascard.

Plastfolie kan användas i ett skikt eller i två skikt med luftspalt mellan. Det senare rekommenderas eftersom det isolerar betydligt bättre än enskikt plastfolie. U-värdet är likvärdigt med 16 mm akryl eller polykarbonat. Enskiktets plastfolie används främst i enklare båghus för säsongsodling, men eftersom de flesta båghus används redan från mars-april, bör även de förses med dubbelskiktad folie. Den merkostnaden betalar sig snabbt genom lägre energiförbrukning och bättre kvalitet på produkterna.

I dag används så gott som uteslutande polyeten med inblandning av etenvinylacetat (EVA). Folien är uppbyggd i tre skikt, två av skikten är polyeten och däremellan finns ett skikt av etenvinylacetat. Detta ger en folie med mycket god UV-beständighet, god ljusgenomsläpplighet (normalt 85–90 % vilken sjunker till 80 % efter 5 år) och god hållfasthet. Tjockleken är i de flesta fall 0,2 mm, men andra tjocklekar kan förekomma. Det är viktigt att folien är UV-beständig och man bör förvänta sig att plastfolierna idag har en UV-beständighet på 5–8 år.

Plastfolierna tillverkas normalt av mineralolja och kan inte materialåtervinnas. Däremot kan plasterna skickas till förbränning för återvinning av energin.

Helisolerade väggar

Väggpaneler och helisolerade väggar bör användas på de ytor där man inte behöver solljuset. Det gäller främst lager- och packlokaler, pannrum, väggpartier upp till bordsöverkanten och norrväggar. På sådana ytor är det av flera skäl olämpligt med genomskinlig materiel. I lagerlokaler kan solljus och värme försämra produkterna och i arbetsytorna blir arbetsmiljön dålig. På sommaren blir det för varmt och störande starkt ljus och på vintern går det åt energi för att hålla värmen.

I pannrummet vill man dels ha en hög temperatur på förbränningsluften (som tas från pannrummet) och små värmeförluster från pannan till pannrummet. Det är därför bra om pannrummet inte får en låg lufttemperatur genom läckage via väggarna. Pannrummet ska därför vara väl isolerat (med tilluftspjäll för förbränningsluften).

På väggytorna under bordshöjd behövs inte ljusgenomsläpplig materiel eftersom produktionen sker på borden. Ljus under borden gynnar bara ogräset och ger upphov till onödiga värmeförluster. Dessutom krävs det mer energiväv om den ska dras hela vägen ner till grunden, jämfört med om den slutar strax ovanför bordsöverkanten. Eftersom solljuset endast i liten omfattning skiner från norr så är det i de flesta fall onödigt med genomskinligt material i norrväggen. Bättre är en helisolerad vägg, förslagsvis upp till höjd med takfoten, i samma utförande som väggpartiet upp till bordsöverkanten. På helisolerade väggar i odlingshusen ska insidan vara vit och så slät som möjligt för enkel rengöring. Vita ytor reflekterar något mer ljus än en aluminiumbelagd yta.



Figur 18. Exempel på helisolerad norrvägg från Årsløvs forsøksstation utanför Odense i Danmark. Väggen är isolerad med väggpaneler 50 mm tjocka med vit insida för bästa ljusreflektion.

Det finns olika sätt att utforma de helisolerade väggarna. De kan antingen byggas upp som en vanlig regelvägg med valfritt täckmaterial på utsidan, mineralull och vitlackerad plåt på insidan. Det är troligtvis billigast men kräver lite mer regler och arbetstimmar än färdiga väggpaneler. De består oftast av två skikt lackerad metall, normalt svagt korrugerad. Isoleringsmaterialet fäster an mot metallskivorna och bildar ett s.k. sandwich-element, se figur 19. Konstruktionen är självbärande och några regler behövs inte. Normalt är dessa element ca 1 m breda och levereras i önskad längd, normalt ca 3 m. Elementen har ursparingar som går i varandra som panel. Konstruktionen har inga köldbryggor eller läckage och isoleringsförmågan är mycket god. Innerväggen är slät och lätt att hålla ren. Materialkostnaden är normalt den dubbla mot kostnaden för 16 mm kanalplast i polykarbonat.



Figur 19. Tvärsnitt av väggpanel. Både på insida och utsida finns lackerad stålplåt och däremellan ligger ett isoleringsmaterial. Olika material kan användas, så som polyuretanskum, stenull och polystyren.

Dörrar

En viktig del i växthuset, som tyvärr ges för liten uppmärksamhet i upphandlingsskedet, är dörrarna och portarna. Det normala är att dörrar och portar levereras av växthusleverantören och är då byggda av aluminium med transparent material i. Nertill är en tunn plåt istället för att förhindra att dörren går sönder. Materialet i dessa dörrar är i så gott som samtliga fall, aluminium. Eftersom aluminium är en mjuk metall, kommer dörrarna och speciellt portarna, att ändra form med tiden. Orsaken är oftast att man råkar hänga i dem eller kör på dem med vagnar och maskiner. Det ger upphov till glipor och springor där värmen läcker ut under vintern. Dörrarna blir dessutom svåra att stänga. Själva dörren eller porten är i sig dessutom så dåligt isolerad att den läcker ut mycket värmeenergi.

Tabell 3: Egenskaper för några vanliga ytterskal. Värdena är ungefärliga och U-värdet tar inte hänsyn till läckage eller förluster genom marken. Dubbelskiktade material minskar kondensationsförlusterna och ökar behovet av fuktventilation vilket man måste ta hänsyn till vid en mer noggrann beräkning. Priserna är ungefärliga och beror på vilka volymer man köper.

Ytterskal	U-värde W/(m ² • °C)	Ljusgenom- % NY (% 5 år)	Livslängd år	Prisrelation %	Brand- tålighet	Slag- tålighet
Glas 4 mm	7,0	90 (90)	> 20	65 kr/m ²	God	Dålig
Glas 2 • 4 mm	4,0	81 (81)	> 20	130 kr/m ²	God	Dålig
Polykarbonat 10 mm	4,0	72 (72)	> 10	140 kr/m ²	God	God
Polykarbonat 16 mm	3,5	74 (74)	> 10	220 kr/m ²	God	God
Akryl 16 mm	3,5	81 (81)	> 10	250 kr/m ²	Dålig	Dålig
Akryl 32 mm	2,5	74 (74)	> 10	ingen uppgift	Dålig	Dålig
PE-folie 0,2 mm	8,0	86 (80)	> 5	15 kr/m ²	Dålig	God
PE-folie 2 • 0,2 mm	4,5	74 (64)	> 5	30 kr/m ²	Dålig	God
Väggpanel 50 mm	0,5	0	> 10	300 kr/m ²	God	God

Det är därför bättre att redan från början investera i industridörrar/-portar som är tillverkade av galvaniserat stål, som har betydligt bättre styvhet. Industridörrarna/-portarna är dessutom bättre isolerade och har rejäla gummilister som tätar mot karm och mark/golv.



Figur 20. Exempel på industriport.

Ventilation

Ventilationen är viktig i växthusen, eftersom den dels används för att ventilera bort övertemperaturer, och dels för att ventilera ut fukt. Den är därmed en viktig del i fuktstyrningen.

Ventilationen sker så gott som uteslutande med hjälp av ventilationsluckor inock. I en del äldre fribärande sadeltakshus, monterades även ventilationsluckor under takfoten. Luften får då bättre fart genom den bättre skorstenseffekten (varm luft stiger

uppåt och kall luft kommer in nertill). Sidoluckor ger en bra ventilation även under lite blåsigare förhållanden, då nockluckorna inte kan öppna lika mycket på grund av risken för vindskador.

I de enklaste båghusen finns ingen annan ventilation än den som uppstår då gavlarna öppnas. Den är oftast otillräcklig, särskilt om gavlarna inte ligger parallellt med vindriktningen. Ibland eftermonterar man fläktar i gavlarna, för att forcera luften genom växthuset, men det är en nödlösning, eftersom fläktarna mycket sällan har tillräcklig kapacitet och dessutom bullrar. Temperaturen i båghuset blir dessutom ojämn, med den lägsta temperaturen vid insuget och den högsta vid fläkten (utsuget).

Ett annat alternativ är att i båghusets topp, montera ett ventilationssystem som bygger på att plastfolien dras isär vid fogarna. Då blir ventilationen betydligt bättre, den är dessutom tyst och förbrukar inte en massa energi. Mer påkostade båghus har ventilationsluckor eller någon annan form av öppning, som tillval. Dessa monteras antingen i långsidan, som då öppnas, eller i nocken och består då av en eller två luckor. Man bör redan från början satsa på någon form av ventilation vid köpet av ett båghus.



Figur 21. Fribärande hus med nockventilation.



Figur 22. Fribärande hus med sidoventilationsluckor.

I venloväxthus förekommer enbart ventilationsluckor i nockarna. Dessa luckor löper inte längs hela nocken utan är betydligt kortare. Multispanhusen har också ventilationsluckor i taket. Det vanligaste är att luckorna är placerade i nocken. Beroende på fabrikat går luckorna hela vägen ner till rännaldalen, eller enbart ner på en del av taket, som på de fribärande husen. Fördelen med den lösningen är att snö inte ligger i vägen för luckorna när de ska öppnas vintertid. Normalt har multispanhusen enbart ventilationsluckor åt ett håll per nock. Luckan ska om möjligt riktas så att vinden inte får tag i luckan eftersom det kan orsaka stora skador.

Storm- och frostskydd

Stormskydd är i de flesta fall nödvändigt, för att förhindra att vinden orsakar skador på växthusen. De flesta styrsystem kan idag förse med *vindhastighets- och vindriktningsgivare*, som tvingar ner ventilationsluckorna som vetter mot vinden. Hus som ligger i lä av skog eller andra hus, liksom luckor på läsidan av nocken, kan ha högre vindhastighetsgräns än höga hus och luckor som vetter mot vinden. Ett riktvärde för luckor i lä är en gräns på 12 m/s. I vissa fall kan man behöva sätta ner stormskydden lågt, för att förhindra vinden från att slita för mycket i vävarna.

Frostskyddet är till för att skydda luckorna från att gå sönder om de frusit fast. Vid fuktig väderlek, eller då snö har smält på taket, bildas det mycket fukt på ventilationsluckornas kanter och lister under natten. När solen sedan kommer på morgonen, stiger temperaturen i växthuset och man vill ventileras. Om ventilationsluckorna öppnar i det här läget, finns det risk för att de har frusit fast och listerna eller luckorna slits sönder. Även här har moderna styrsystem utetemperaturgivare som går in och överstyr, så att ventilationsluckorna inte öppnar. Det är inte nödvändigt att sätta frostgränsen till 0 grader. Beroende på lokala förhållanden, kan frostgränsen vara lägre än 0 grader. Det gäller särskilt vid solsken.

Läckage från ventilationsluckor

Ventilationsluckornas svaga punkter är framför allt luftläckage då de är helt stängda. Orsaken är då oftast att tätningslisterna har gått sönder och fallit av. Luckorna kan bli sneda om något i mekaniken har kärvat och luckan därför dragits sönder. Motorena som används för att öppna och stänga luckorna är mycket starka och kan lätt dra sönder de mjuka aluminiumprofilerna som ventilationsluckan är gjord av.

Minst en gång per år, bör ventilationsluckorna ses över för att säkerställa att de sluter tätt. Samtidigt ska kuggstänger och andra rörliga delar i mekaniken smörjas. Som smörjmedel används ett som är godkänt för livsmedelsindustrin. Det blir nämligen höga temperaturer uppe i nocken och smörjmedlet kan då droppa ner på växterna. *Energiläckaget från en otät ventilationslucka har mätts upp vid Sveriges lantbruksuniversitet Alnarp, och då fann man att en springa med arean 0,1 m² läcker motsvarande 600 Wh/(m² • år).*



Figur 23. Båghus med sidoventilation. Plastfolien rullas upp på ett stål rör. Upprullningen kan ske antingen manuellt eller automatiskt. Som vind- och djurskydd är hela öppningen försedd med ett nät.

Uppvärmning

I moderna växthus är ett uppvärmningssystem nästan alltid nödvändigt. Uppvärmningen används dels för att hålla önskad minimumtemperatur men även för att styra ner luftfuktigheten. Moderna hus är oftast täta och dubbelskiktade täckmaterial minskar kondenseringen mot ytterskalet. En aktiv fuktstyr-

ning är därför nödvändig för att inte få problem med svampsjukdomar.

Valet av uppvärmningssystem står ofta mellan vattenburen respektive luftburen värme. Oavsett vilket system man väljer, är det viktigt att projekteringen tänks igenom noga. Ett dåligt planerat värmesystem orsakar onödigt stor energiförbrukning och ger ett ojämnt klimat. Luftburen värme är mycket snabb och effektiv och ger en exakt och jämn reglering av klimatet, men enbart om systemet är väl planerat. Friblåsande varmluft ska därför i de flesta fall undvikas.

Var värmeenergin ska komma från är nästa fråga. Det finns mycket att välja på och det är flera olika aspekter att ta hänsyn till: miljö, enkelhet, tillförlitlighet och ekonomi. Ingen värmekälla är bäst ur alla aspekter utan det måste bli en kompromiss. Förbränning av oljor och gas är det enklaste, men inte nödvändigtvis det miljövänligaste med undantag för biogas och bioolja. Vid odling året runt ställs helt andra krav på värmeenergikällan än om växthuset bara ska värmas några månader på våren. Då kanske olja i någon form, även om den är dyr, är bästa lösningen.

Pannanläggningen bör vara effektiv och oftast kan det färdiga värmesystemet göras effektivare än vad pannan är från fabrik. Exempelvis är en rökgaskylare nästan alltid en mycket lönsam investering, liksom en buffert-/ackumulatortank. Pannans effekt kan även minskas avsevärt om växthusets energiförbrukning minskas med vävar som dras för på natten. Då kan energiförbrukningen minskas med 20–30% på årsbasis (20–75% när den är fördragen).

Uppvärmningssystem

Värmen kan tillföras växthuset på flera olika sätt. De vanligaste är via vatten som avger värmen genom rör i växthuset och varmluft som blåses in i växthuset. Värme tillförs även via solstrålningen. En annan metod är infravärme, där värmen strålas mot växterna. Resultatet blir att lufttemperaturen kan hållas lite

lägre, eftersom värmen kommer dit den ska, på växterna, och energiförbrukningen minskar, enligt försök med ca 10%. Här behandlas enbart vatten- och luftburen värme eftersom system för infravärme i växthus inte marknadsförs i Sverige.

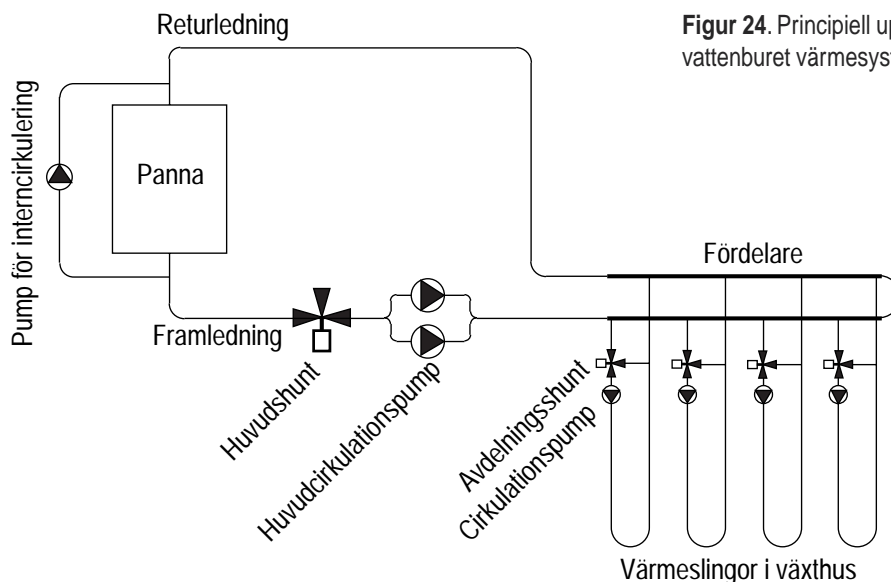
Vattenburen värme

Rörburen värme är vanligast. Den fanns redan i början av 1900-talet, men då med själv-cirkulationssystem, utan cirkulationspumpar. Ett väl dimensionerat system kan ofta ge en acceptabel jämnhet i värmen, men det blir inte lika bra som med ett väl dimensionerat luftburet system. Oftast behöver den rörburna värmen kompletteras med cirkulationsfläktar för att jämna ut skillnader i temperatur och luftfuktighet.

Även om det inte är nödvändigt, rekommenderas ändå att huvudmatningen förses med en egen shunt (blandningsventil), en s.k. huvudshunt. Huvudshuntens uppgift är att blanda returvattnet med framledningsvattnet, så att rätt vattentemperatur uppnås i huvudmatningen. Eftersom pannan ger en temperatur på minst 65 °C kan man i de flesta fall blanda den till betydligt lägre temperaturer i huvudmatningen, eftersom växthusens shuntar sällan behöver så varmt vatten. I de flesta fall efterfrågar slingorna i växthuset en vattentemperatur på 30–50 °C. Att då ha en temperatur i huvudmatningen som ligger betydligt över den, innebär värmeförluster i huvudmatningen.

Huvudcirkulationspumpen bör vara varvtalsreglerad. Om systemet består av tio olika slingor och bara en shunt kallar på värme innebär det onödigt stor elförbrukning att låta huvudcirkulationspumpen, som är dimensionerad för att förse tio slingor med vatten, gå för fullt bara för att leverera vatten till en slinga. Dessutom sliter det på huvudcirkulationspumpen som går sönder i förtid.

De små cirkulationspumparna i avdelningarna bör inte varvtalsregleras. De ska ju alltid pumpa runt samma mängd vatten i samma slinga, oavsett vattentemperatur. Om dessa varvtalsregleras finns risken att flödes hastigheten i rören blir så låg att temperatu-



Figur 24. Principiell uppbyggnad av ett vattenburet värmesystem.

ragivningen i rören blir ojämn med ojämnt klimat i avdelningen som följd. Däremot bör pumparna ha ett pumpstopp, så att de stängs av när det inte finns något värmebehov. Annars drar de onödigt mycket energi, pumparna slits och i de flesta fall kommer de att pumpa igenom en liten mängd varmvatten genom den stängda shunten vilket ger betydande energiförluster till ingen nytta.

Om produktionen ska stängas av vintertid, finns det alltid risk för att vattnet i värmesystemet fryser och spränger sönder rör, shuntar, panna m.m. Det vanligaste sättet att skydda sig är att hålla vattnet varmt i växthusen även då det inte är någon produktion. Metoden är dyr och inte särskilt miljövänlig. En mer ekonomisk och miljövänligare metod är att fylla i frostskyddsmedel i värmesystemet t.ex. propylenglykol. Propylenglykol är biologiskt nedbrytbart och giftfritt men ska ändå tas om hand som avfall och får inte släppas ut i avloppet. Det har dessutom smörjande egenskaper vilket är bra för pumpar och shuntar.

Alla rör som inte används för fördelning av värme i växthusen, så kallade matningsrör eller stammar, ska vara isolerade, även om de är dragna inne i växthusen. Värmen avges annars på fel plats och orsakar ojämnt klimat och onödiga värmeförluster.

Luftburen värme

Luftburen värme är inte lika vanlig som vattenburen värme trots att värme och torr luft kan fördelas betydligt jämnare med luftburen värme. Det kan dessutom ge snabbare klimatväxlingar än det vattenburna. En orsak till den luftburna värmens oförtjänt dåliga rykte, kan vara dåligt projekterade lösningar. Det finns en vanlig missuppfattning att varm luft sprider sig jämnt och fint i växthuset men så är det inte. Det är därför viktigt att varmluften fördelas jämnt i växthuset, där den behövs. Eftersom varm luft är lättare än kall luft, stiger den uppåt. Den varma luften ska därför spridas inne bland eller under växterna.

Grunderna i den luftburna värmen är ett kanalsystem som distribuerar den varma luften dit den behövs. Det sker enklast med hjälp av spirokanaler (luftkanaler i plåt). Själva fördelningen sker därefter från perforerade plastfolieslangar. Plastfolieslangarna är i ena änden anslutna till spirokanalen och går sedan ut under bordet, vid bordodling, eller mellan plantorna vid radodling av t.ex. tomat, gurka, melon och paprika.

För att undvika onödiga värmeförluster och ojämn värmefördelning i växthuset, bör spirokanalerna vara isolerade och skyddade mot väta, med t.ex. plast eller ett fuktavvisande isoleringsmaterial. Spirokanalerna ska inte ligga direkt på marken, utan helst på värmeisolerande distanser som t.ex. frigolit eller trä.

När plastfolieslangarna hänger inne bland växterna, som är fallet i radodlingar, ska hålen i plastfolieslangen vara så små som möjligt, diameter på 2–4

mm är lagom. Ju större hål desto längre kastlängd och den varma luften kastas då ut i gången där den snabbt försvinner upp i taket. Dessutom är det viktigt att luften bromsas upp så snart som möjligt för att inte blåsa direkt på växternas stammar. För att slangerna ska vara jämnt utspänd hela vägen från början till slut ska förhållandet mellan den totala hålarea och slangens tvärsnittsarea (total hålarea/tvärsnittsarea) vara mellan 0,5 och 1,0. I annat fall kommer luften att försvinna ut genom hålen i början och det kommer ingen luft i slutet. Därför går det inte att köpa färdigperforerade standardslangar.

Slangens diameter ska vara rätt anpassad efter fläktens luftflöde. För liten diameter ger en hög lufthastighet och för stor diameter ger låg lufthastighet. Vid längre slangavstånd kan det vara önskvärt med högre hastigheter, för att luften inte ska hinna kylas ner för mycket på sin väg genom slangerna. I spirokanaler eftersträvar man låga lufthastigheter för att undvika oljud, under 8 m/s är en vanlig gräns. Eftersom plastfolieslangarna är mjuka är det möjligt att tillåta högre lufthastigheter utan risk för oljud. Vid långa slangar, t.ex. vid 50 m långa tomatrader, tar det alltså varmluften 6–7 s att komma till slutet av raden, med hastigheten 8 m/s och mycket värme hinna försvinna ut genom plastfolieslangen på sin väg genom slangerna. Vid längre slangar kan det därför vara nödvändigt att låta de första 30 % vara utan hål. Värmeavgivningen från slangerna räcker till utan att någon luft behöver blåsas ut.



Figur 25. Luftburen värme vid odling på bord. Längs växthusets långsida, vid bordens kortsida, går en spirokanal. Vid varje bord finns ett uttag för en plastfolieslang.

Uppvärmning av jorden

Ett problem när man odlar i marken, är att den är för kall på våren. Lösningarna kan vara att börja odlingen senare eller att värma upp marken. Oavsett vilket bör grunden alltid vara isolerad, så som beskrivits tidigare. En isolerad grund håller kvar eventuell tillförd värme inne i växthusets jordvolym, så att vär-

men inte försvinner ut till marken och luften utanför växthuset. Men även den värme som tillförs marken via solstrålningen dagtid, kommer att stanna kvar i växthusets jordvolym.

De tre olika alternativen för uppvärmning av marken är

- elslingor
- vattenburen värme
- varmluft.

Elslingor är den sämsta metoden. Slingorna har en liten area och närmast slingan kommer marken att snabbt torka på grund av den höga temperaturen. Den torra jorden fungerar då som ett isoleringsmaterial och värmen har svårt att nå ut till den omkringliggande jorden. Vattenburen värme är ett bättre alternativ eftersom slangarna i marken har större area och då värmer upp jorden bättre.

Ett alternativ är att gräva ner perforerade rör i marken, t.ex. perforerade dräneringsrör, och blåsa ner varmluft. Luften kommer att pressas ut i jordvolymen och värmen sprider sig väl. Varmluften kan komma från en varmluftspanna, men det är även möjligt att blåsa ner den varma växthusluften, som bildas uppe i nocken soliga dagar, i markslangarna. Detta beskrivs mer i detalj längre fram.

Teknisk utrustning

Den tekniska utrustningen som används i samband med värmen, består av mer än bara en värmeproducent, panna. Det handlar lika mycket om att kunna ta tillvara på den värmen som pannan producerar, att styra hela anläggningen på rätt sätt och minst lika viktigt, att minska sin värmeförbrukning genom att minska värmeförlusterna.

Pannor

Pannans uppgift är att producera värme. Värmen kan antingen levereras till vatten eller till luft. Då värmen avges till vatten kan värmen sedan avges i värmör i växthuset, eller till luft via en aerotemper (en värmeväxlare som överför värme från vatten till luft).

Pannan kan producera värme på olika sätt, genom förbränning av bränslen eller via elektricitet. Framöver beskrivs bara förbränningspannor. Värmeproducenten består i sitt grundutförande av följande komponenter:

1. Brännare eller förugn – här blandas luft och bränsle och en förgasning sker.
2. Panna – där den slutliga förbränningen av gaserna från brännaren/förugnen, äger rum.
3. Värmewäxlare – där rökgaserna, efter fullständig förbränning, avger sin värme till vatten eller luft.
4. Skorsten – där rökgaserna lämnar anläggningen. Oftast ligger rökgastemperaturen runt 200 °C i en normal panna.

Beroende på typen av bränsle kan det behövas ytterligare komponenter.

Den momentana verkningsgraden på en modern panna ligger ofta mellan 85–95 %, beroende på bränsle. Det är viktigt att inte blanda ihop den momentana verkningsgraden med årspannverkningsgraden, som är betydligt lägre, bara 75–80 %. Det beror på att pannan alltid förlorar lite värme genom väggarna, genom otäta tilluftsspjäll på brännaren och genom att den står och varmhåller under soliga dagar då det inte behövs någon värme.

För att minska förlusterna ska man tänka på:

- att pannrummet alltid är isolerat, för att minska värmeförlusterna, och för att säkerställa att förbränningsluften är varm
- att alla rör i pannrummet är isolerade, så att inte värme avges i onödan där den inte behövs
- att skorstenen inte är isolerad i pannrummet, så att spillvärmen från skorstenen kommer pannrummet till godo
- att tilluftspjället på brännaren sluter tätt när brännaren är avstängd.

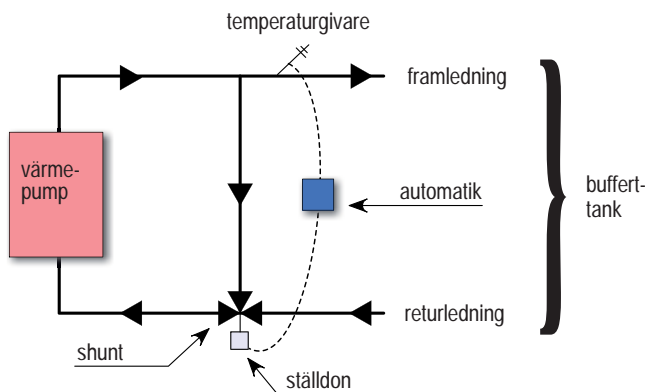
Dessutom kan man komplettera värmeanläggningen, för att ytterligare minska förlusterna t.ex. genom att installera en buffert-/ackumulatortank (se nedan) eller att installera en rökgaskylare mellan pannan och skorstenen.

Kombipannor som klarar av olika typer av bränslen, t.ex. ved, olja och el, rekommenderas inte för växthus eftersom de normalt har sämre verkningsgrad. Det är bättre att köpa två olika pannor för de bränslen man vill ha. Då finns också en panna i reserv ifall den ena skulle gå sönder.

Värmepumpar

Ett alternativ, eller ett komplement, till en panna är att installera en värmepump som värmekälla. Värmepumpen tar värme från ett medium och lämnar över den till ett annat medium, med en högre temperatur. T.ex. kan värmepumpen ta värme från uteluft eller grundvatten. Det innebär att värmepumpen pumpar energi från en låg temperatur till en högre temperatur, t.ex. från en uteluft på 10 °C till inneluft på 20 °C.

Värmepumpens värmefaktor anger hur mycket energi som den levererar i förhållande till hur mycket energi som värmepumpen förbrukar. Värmefaktorn beror mycket på temperaturskillnaden mellan mediet där värmen tas och mediet dit värmen ska lämnas. Om t.ex. en värmepump har en värmefaktor på 3, innebär det att om värmepumpen förbrukar 1 W kommer den att leverera 3 W värme. Det är viktigt att komma ihåg att tillverkarnas värmefaktorer anges vid vissa specifika temperaturer, som gäller under mycket speciella driftsförhållanden. Värmefaktorn kan vara både högre och lägre i den slutliga installationen. T.ex. har en luftvärmepump mycket bra värmefaktor, oftast över 3,5, på sommaren då det är varmt ute men en mycket låg värmefaktor vintertid, 1–2, då det är kallt ute. Grundvattenvärmepumpar har normalt samma värmefaktor året runt, eftersom grundvattnets temperatur inte varierar så mycket.



Figur 26. Exempel på inkoppling av värmepump för reglering av framledningstemperaturen. Eftersom en värmepump inte kan höja temperaturen på vattnet med mer än ca 10 °C, går det inte att bara strypa flödet genom värmepumpen för att höja framledningstemperaturen, flödet genom värmepumpen måste nämligen vara konstant. Lösningen blir att mäta framledningstemperaturen och om den är lägre än den önskade, så shuntas framledningen tillbaka till värmepumpens inlopp.

På grund av värmepumpens konstruktion och köldmediets egenskaper, kan en värmepump inte höja temperaturen mer än 10 °C. Om returvattnet, från växthuset, är 20 °C varmt, kommer temperaturen bara att höjas till 30 °C. Temperaturen kan sällan höjas över ca 55 °C. Det innebär att vid en normal inkoppling av en värmepump, kan man inte styra framledningstemperaturen. För att kunna göra det måste värmepumpen kopplas in på ett speciellt sätt, som visas i figur 26.

Buffert-/ackumulatortank

I vissa typer av värmesystem är en buffert-/ackumulatortank nästan nödvändig. Det gäller t.ex. fastbränsleeldade pannor, värmepumpar och solvärmesystem, men även pannor som eldas med olja eller gas kan vinna på en bufferttank. Den största vinsten ligger i att pannans effekt kan minskas kraftigt. Vid gaseldning, t.ex. med biogas, kan man koldioxidgödsla på dagen samtidigt som värmen sparas i tanken för användning under natten. Man utnyttjar då koldioxiden, istället för att bara släppa ut den på natten, och pannans effekt kan minskas, vilket är bra ur investeringssynpunkt.

Buffert-/ackumulatortanken ska dimensioneras så att pannan eller värmepumpen, kan fylla tanken under de timmar på dygnet då värme normalt sett inte behövs i växthuset, dvs. maximalt tolv timmar under dagen.

Om man inte ska odla under vintern bör man avskilja buffert-/ackumulatortanken från det övriga värmesystemet med hjälp av en värmeväxlare. Då kan man fylla resten av värmesystemet med propylenglykol så att det kan frysa. Pannan är fortfarande i drift för att hålla tanken frostfri (ca 5 °C). Även ackumulatortanken kan fyllas med propylenglykol, men det går då åt stora mängder.

Exempel på hur ackumulatortankens volym kan beräknas:

1. Hur mycket värme kan värmesystemet producera?

Pannan/värmepumpen har en effekt på 100 W. Tanken ska laddas under 12 h. Det innebär att tanken ska kunna ta om hand 1 200 kWh.

2. Hur mycket energi kan en kubikmeter vatten innehålla?

Vattnets energiinnehåll sätter vi till 1,14 kWh/(°C • m³)

Värmepumpens maximala temperatur är 55 °C. Vi antar att returtemperaturen från växthuset blir 35 °C.

Vi får då en temperaturskillnad på 55-35 = 20 °C. Det ger att varje kubikmeter vatten i tanken kan hålla 20 • 1,14 = 22,8 kWh.

3. Hur stor volym behöver tanken ha?

Energimängden som maximalt ska lagras är 1 200 kWh och varje kubikmeter vatten kan maximalt innehålla 22,8 kWh ger det att tankens volym ska vara 1 200/22,8 = 52 m³.

Ekvation för beräkning av volymen i en bufferttank. För enkelhetens skull räknas vattnets energiinnehåll vid 70 °C, eftersom detta är en bra genomsnittlig temperatur för växthussammanhang.

Ekvation 3. Buffertvolym

$$V_{\text{buffert}} = \frac{Q}{1,138 \cdot (t_{\text{full}} - t_{\text{tom}})}$$

En liggande bufferttank har normalt sin högsta punkt lägre än resten av värmesystemet, vilket gör att tanken är ett slutet tryckkärl och därmed måste besiktigas regelbundet. En stående tank, som är öppen upp till och där den högsta vattenpunkten befinner sig högre än det övriga värmesystemet, behöver inte besiktigas regelbundet. Det gör att en stående tank i de flesta fall är att föredra.

Styrning

Hela värmesystemet bör styras så att det tar hänsyn till växthusens faktiska energiförbrukning. Det innebär i praktiken att det blir datorsystemet som styr växthuset som även ska styra pannor, buffert-/ackumulatortank, huvudshunt och huvudcirkulationspump. Man kan räkna med att energiförbrukningen minskar med ca 10 % då samma datorsystem som styr växthuset, även styr pannorna.

Rökgaskylning

Ytterligare ett sätt att öka verkningsgraden i värmesystemet, är att installera en rökgaskylare. Tekniken kan variera mycket mellan olika modeller, men principen är densamma. De varma rökgaserna, ofta runt 200 °C varma, kyls ytterligare innan de släpps ut genom skorstenen. De bästa rökgaskylarna kyler rökgaserna ner till omkring 20 °C. Alla typer av pannor, olja, gas och fastbränslen, kan förses med rökgaskylare. Förutom att öka verkningsgraden i anläggningen, minskar rökgaskylarna utsläppen av bl.a. stoft och svavel. Även befintliga anläggningar kan förses med rökgaskylare.

Vävar

Förutom åtgärderna som effektiviserar energiutbytet från bränslet i pannrummet, är det även möjligt att minska den totala energiförbrukningen i växthuset. En av de mest effektiva åtgärderna är att installera vävar. Det finns olika typer av vävar:

- skugg- och energiväv
- mörklägnings- och energiväv
- fukt- och energiväv.

Det gemensamma för samtliga vävtyper är att de minskar effektbehovet och sparar energi. Effektbesparingen ligger mellan 20 och 75 % beroende på vävtyp. Skuggväven har den lägsta energibesparingen och mörklägningsväven har den högsta. Funktionen är den att den varma luften i växthuset förhindras i att komma i kontakt med de kalla väggarna, dvs. minska värmekonvektionen och genom att värmestrålningen från växter och inredning reflekteras tillbaka in i växthuset. Den viktigaste funktionen är att förhindra den varma luften att träffa de kalla ytterväggarna. Därför är det viktigt att vävarna är korrekt installerade, med kallrasfickor och utan glipor och otätheter mot väggarna. Vävarna ska ses över regelbundet och håll och revor lagas med speciell lagningsstejp för vävar.

Väven får inte skava mot rör eller ligga an för hårt mot kallrasfickornas kanter. Då skavs väven sönder och måste bytas i förtid. En korrekt installerad väv av god kvalitet ska hålla i åtta till tio år. Därför ska

eventuella häftklamrar som används för att fästa kallrasfickan mot vajern, vändas utåt, bort från väven och vara tillverkade av rostfritt stål.

Energikällor

Som nämndes i kapitlet för pannor, så finns det olika källor till värme. De flesta värmekällorna kommer från förbränning, men hit hör även solvärme, vind- och kärnkraft. Värmeenergikällorna kan delas in i olika kategorier: fast – flytande – gas, förnyelsebart – fossilt och praktiskt – opraktiskt. Normalt är flytande och gasbränsle mest praktiska även om vissa fasta bränslen i pelletsform även får anses som praktiska med den teknik som nu finns.

Närhet till bränslet och prisutveckling

Generellt kan man säga att fossila bränslen (naturgas, olja, kol, propan), kommer långt ifrån. De medför långa transporter och en osäkerhet beträffande leveranserna. Eftersom efterfrågan på olja är stor i förhållande till tillgången kommer priset på olja att variera kraftigt. Raffinaderikapaciteten är i dag underdimensionerad och kan inte ta hand om all olja som pumpas upp. Detta pressar upp priserna även om oljeproduktionen ökar.

Beträffande biobränslen är en tumregel, att ju mindre förädlade de är, desto kortare sträcka har de transporterats. Som exempel kan nämnas att skog på rot transporterats minst, medan etanol framställd av skogsråvara, kan transporteras över hela jorden. Ju mer ett bränsle kan transporteras, desto lättare är det att handla med det – det finns många potentiella köpare. Ett förädlat bränsle är dessutom lättare att nyttja, jämför här ved med t.ex. pellets eller etanol, vilket ökar antalet potentiella köpare. Ju mer förädlat ett bränsle är desto dyrare blir det.

Även skatterna påverkar prisutvecklingen på bränslen. Privatpersoner som köper beskattad olja är villiga att betala förhållandevis mycket för t.ex. pellets, eftersom deras jämförpris är olja med skatt. Trädgårdsföretag som köper nästan obeskattad olja, kan inte betala lika mycket för sin pellets innan oljan blir förmånligare. Därför kan du som trädgårdsföre-



Figur 27. Växthus sammanbyggda i block av modell Venlo.

tagare råka ut för det att företagsekonomiskt är för-
månligare att värma med olja, men privat värmer du
med pellets för då är den billigare.

Elen handlas idag fritt på den nordiska elbörsen.
Samtidigt sker det handel med el mellan de nordiska
länderna och södra Europa. Priserna i södra Europa
och Danmark, är betydligt högre än de svenska, vil-
ket leder till att de elproducerande bolagen hellre
exporterar sin el. För närvarande är överförings-
kapaciteten från Sverige till kontinenten begränsad.
Gradvis byggs överföringskapaciteten mellan
Sverige, Polen och Tyskland ut, vilket innebär att
mer elektricitet kan exporteras från Sverige. Det dri-
ver på sikt upp elpriserna.

Fossila bränslen

Fossil olja – är praktisk och säker. Tekniken är enkel
och tar liten plats. Nackdelen är att den fossila oljan
har en osäker prisutveckling. Dessutom bidrar den
fossila oljan med stora nettoutsläpp av koldioxid,
svavel och tungmetaller.

Naturgas – finns främst längs västkusten och i
liten omfattning i vissa trakter i Östergötland. Som
med all gas, är den praktisk och säker och tar liten
plats. Men som med oljan är tillgången i världen
främst lokaliserad till några få områden, vilket gör
prisutvecklingen osäker på sikt. Naturgasen släpper
ut mindre koldioxid än olja. Däremot släpper natur-
gasen inte ut några tungmetaller eller svavel.



Figur 28. Anläggning för halmeldning med panna och 200 m³
ackumulatortank. Foto: Johan Ascard.

Biobränslen

Torr flis – är idag ett av de billigaste bränslena.
Flisen kräver mycket plats och en del skötsel.
Däremot är en modern flisanläggning driftsäker och
bättre än sitt rykte. Fastbränslen kräver ofta cykloner
efter pannan och före skorstenen/rökgaskylaren, för
att ta bort stoft. Cyklonen är helt passiv och kräver
ingen skötsel, men tar givetvis plats i pannrummet.
Eftersom flis är ett förnyelsebart bränsle, ökar det

inte på koldioxidnivåerna i atmosfären. Detsamma
gäller nettoutsläppen av svavel och tungmetaller. I
en anläggning för torr flis kan man inte elda våt flis.

Våt flis – är i grund och botten ett material med
samma skötsel och utrymmeskrav som den torra flis-
sen. Detsamma gäller utsläppen. Däremot kräver
den våta flisen en annan typ av panna som inte klarar
av torr flis.

Träpellets – är ett mer praktiskt bränsle jämfört
med flis. På grund av den högre densiteten tar trä-
pellets bara en femtedel så stor plats som flisen och
dubbelt så stor plats som oljan, för samma mängd
energi. Pelletsanläggningen tar mindre plats än flis-
sen, eftersom frammatning och panna är mindre.
Miljöpåverkan är densamma som för flis.

Torv (stycketorv, briketter, pellets, fräs- och
smultorv). Torven är ett bra bränsle för inblandning
med andra biobränslen, så som flis, träpellets och
spanmål. Inblandningen minskar sintringen (aska
smälter och bildar beläggningar i eldstaden), rost
och påslag. Däremot rekommenderas inte torv som
enda bränslet eller vid höga inblandningar, eftersom
torvens höga svavelinnehåll då ställer krav på sva-
velrening av rökgaserna. Eftersom torv dammar
finns även risk för explosioner.

Ved – är ett av de billigaste bränslena och kostar
ungefär hälften av vad träflis kostar. Nackdelen med
ved är att den är arbetskrävande, både vid sågning
och vid klyvning, men även vid själva eldningen. En
vedpanna behöver fyllas på ungefär var tredje till var

För att snabbt få torr ved ska man tänka på att

- Stockarna ska randbarkas redan vid fällningen.
- Så snart som möjligt efter fällningen ska veden
sedan klyvas.
- Barkad och kluven ved torkar på en fjärdedel av
tiden jämfört med okluven och obarkad ved.
- Ett alternativ till randbarkning är att syrfälla
veden. Syrfällning innebär att virket fälls och
sedan får ligga så att barr och blad torkar ut
veden genom avdunstning. Därför sker syrfäll-
ningen lämpligen på våren i samband med, eller
strax efter, lövsprickningen. Metoden innebär
att veden har en fukthalt på 30 % redan efter 4–5
veckor.
- Veden ska lagras fritt luftat under tak med skydd
mot regn och fukt. Helst ska den lagras upp
tidigt under hösten för torkning under höst och
vinter.

Allt virke lämpar sig för uppvärmning, alltså
inte bara lövträd, utan även barrträd. Ek kräver
upp till tre års lagring innan det kan användas
för eldning, på grund av det höga innehållet av
syror. Det går att lukta på ekträt för att avgöra
när syrorna är borta.

- Det går att höra när veden är lagom torr genom
att slå två vedträn mot varandra. Då ska det
höras ett klart klingande, i motsats till fuktiga
vedklubbar som då har en dov dämpad smäll.

Tabell 4. Sammanfattning över de vanligaste bränslena i växthussammanhang, med energiinnehåll.

Bränsle	Energiinnehåll	Densitet	Koldioxid-netto
Eldningsolja 1 - E10	10 000 kWh/m ³	820-860 kg/m ³	2,69 ton/m ³
Eldningsolja 4	11 580 kWh/m ³	920-960 kg/m ³	2,88 ton/m ³
Naturgas	11,1 kWh/m ³	-	198 g/kWh
Biogas	5-8 kWh/m ³	-	0
Gasol	12 800 kWh/ton	2,03 kg/m ³	uppgift saknas
Flis, torr	925 kWh/m ³ 3300 - 3700 kWh/ton	-	0
Ved	4 000-4 500 kWh/ton	350 - 450 kg/m ³	0
Pellets	4 700-5 000 kWh/ton	550 - 700 kg/m ³	0
Briketter	4 600 kWh/ton	-	0
Bränslehavre	4 100 kWh/ton	520 kg/m ³	0
Rapsolja	9 700 kWh/m ³	900 kg/m ³	0
Etanol, ren	7 500 kWh/m ³	985 kg/m ³	0

Källor: Preem, Sydgas, JTI - Jordbrukstekniska institutet, Hushållningssällskapet, Jordbruksverket, Lunds tekniska högskola, Energiteknik Formler och tabeller, SI - Chemical Data.

fjärde timme, vilket gör den irrationell för större anläggningar. Men i mindre anläggningar, gärna med ackumulatortankar, kan veden ändå vara ett bra alternativ. Vedpannan kan då eldas under dagen och fylla ackumulatortanken med värme, som sedan används under natten. I större pannanläggningar spelar vedens fukthalt ingen större roll för värmeutbytet, men i mindre anläggningar är vedens fukthalt A och O, för ett gott värmeutbyte. Fukthalten ska vara runt 12–20 %. Färsk ved har en fukthalt runt 50 %.

Spannmål. Som spannmål räknas spannmålskärna av vete, korn, råg, rågvete och havre med skal men utan strå. Havre är något bättre än övriga spannmålsorter, eftersom det har högre energivärde per kg, är lättantändlig och ger mindre risk för sintring. Däremot ger havren något mer aska. Spannmålen ska vara torkad vilket innebär en fukthalt på 12–15 %. Spannmål är enkel att hantera, vilket gör den lämplig som bränsle i mindre anläggningar eller där det är ont om utrymme. Spannmål ska eldas i pannor anpassade för spannmål, vanliga pelletspannor kan normalt inte användas. Det är viktigt att använda bränslespannmål och inte foder- eller livsmedelsspannmål, eftersom man annars kan få problem med sintring. Sintringen minskas av inblandning av kalkstensmjöl eller osläckt kalk motsvarande 1–1,5 %, före den eldas. Även inblandning av torv minskar risken för sintring och rost. Risken för asksintring gör att en spannmålspanna kräver daglig tillsyn och regelbunden rengöring.

Växtolja finns idag i en rad olika kvaliteter. Det kan röra sig om rena pressade och processade oljor, så som rapsolja och rapsmetylester (RME), men det kan även röra sig om fett- och oljerester från livsmedelsindustrin. Normalt finns dessa restprodukter inte tillgängliga på den öppna marknaden, utan förbränns mycket nära anläggningen där de produceras. Om man använder biologiska oljor ska man tänka på

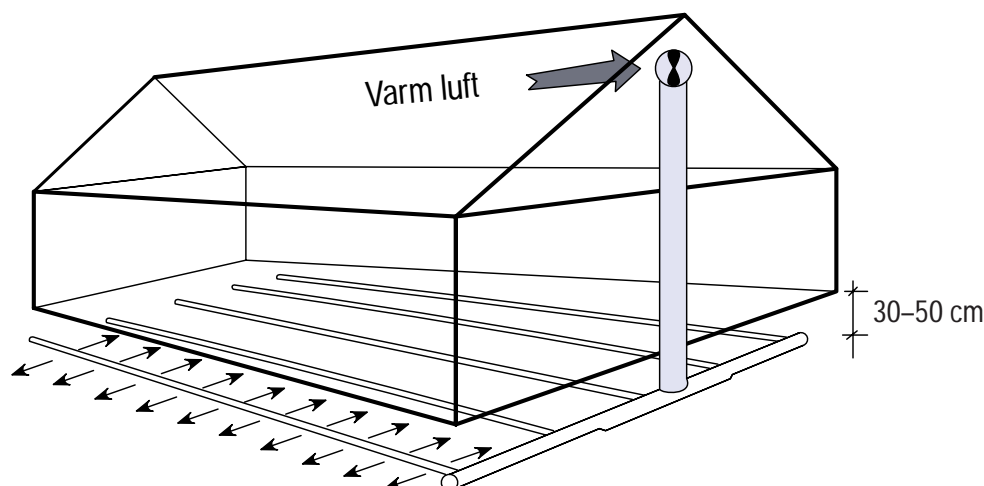
att inte alla pumpar, flödesmätare med mera klarar av biologiska oljor. Dessa komponenter bör i så fall bytas innan eldning med bioolja påbörjas.

Biogas är lika enkel och praktisk att använda som naturgas, med den skillnaden att den inte ger något nettotillskott av koldioxid till atmosfären. Utrustningen för biogas är likartad den som används för naturgas. Det är även möjligt att själv tillverka biogas på gårdsnivå, vilket kan vara intressant om man har tillgång till lämpligt avfall eller kan odla grödor utanför växthuset, som genom en bakterieprocess rötas till biogas. En fördel med biogas är att man samtidigt kan tillföra växterna koldioxid, genom att förbränna gasen på dagen då växterna behöver koldioxid och lagra värmen i ackumulatortankar, för användning på natten. Liksom för växtolja finns det speciella brännare som placeras inne i växthuset för koldioxidproduktion.

Övriga

Sol är en gratis energikälla och är faktiskt den största källan till energi i växthus. Problemet är att det kommer för mycket av den på sommaren och på dagarna och för lite på vintern och nätterna. Det är i dag fullt möjligt att lagra en del av den här överskottsvärmen i t.ex. marken under växthuset. Vid bordodling kan man t.ex. montera polyetenslangar under växthusborden och låta dessa vara förbundna med slangar i marken. Vattnet i slangarna under borden kommer då att värmas upp av den varma luften i växthuset och föra ner denna till den svalare marken, där den avges. På det här viset kan marken värmas upp åtskilliga grader under sommarhalvåret. På vintern använder man då samma slingor i marken för att ta upp värmen igen. Men eftersom temperaturen i marken troligtvis inte är mer än 16–18 °C, måste man låta vattnet passera en värmepump för att komma upp i användbara temperaturer.

Figur 29.Principiell skiss över system för värmning av marken på våren. En temperaturgivare vid fläkten skickar startsignal till fläkten att börja blåsa luft ner i marken, när lufttemperaturen är tillräckligt hög. Det vill säga varmare än marken. Kanalerna i marken kan vara dräneringsslang på ca 60 cm djup, så att den går fri för markbearbetningsmaskiner.



Om man har gott om plats utanför växthuset, är en enklare metod att helt enkelt använda sig av ytjordvärme. Det innebär att man gräver ner slangar i marken på 0,8–1,4 m djup. På sommaren värms marken upp av solen och på vintern tar en värmepump hand om värmen och höjer temperaturen till användbara nivåer för växthuset. Oavsett vilken typ av system för att ta tillvara solvärmen som man använder, måste man koppla in en väl tilltagen ackumulatortank, för att kompensera för värmepumpens långsamma reaktion.

Att satsa på speciella solvärmeelement är troligtvis inte ekonomiskt försvarbart. Enda fördelen med dessa är att de i så fall ger en hög vattentemperatur direkt, utan att gå över en värmepump.

Ett enkelt sätt att värma upp marken på våren, är att under taknocken i växthuset montera en fläkt som blåser ner den varma luften i marken. Sen vinter och tidig vår kan luften i ett växthus bli ganska så varm och lätt komma upp i 15–20 °C. Den varma luften kommer fläkten att blåsa ner i marken, där den fördelas genom perforerade rör. Marken värms då upp och man kan tidigarelägga sin plantering. Det man ska tänka på är att fläkten bara ska gå då lufttemperaturen är högre än marktemperaturen, annars kyls marken!

Uran och vattenkraft används för produktion av el. Elen kan sedan användas för att driva värmepumpar eller som direktverkande elektricitetsvärme. Att låta elen driva en värmepump gör att elen utnyttjas två till tre gånger effektivare än om den används för värmning direkt.

Vindkraft – ökar mycket och är ett bra alternativ på platser där vindförhållandena är bra. Vindkraftverken kan producera el, som är vanligast, eller varmvatten direkt, vilket inte är lika vanligt. Att bygga ett vindkraftverk för enbart egen produktion av elektricitet är knappast försvarbart idag, med tanke på investeringskostnaderna.

Bevattning

Vattnet används av växten på flera sätt:

- för att upprätthålla saftspänningen
- för transport av näringsämnen i marken till växtens rötter
- för transport av näringsämnen och energi inne i växten
- för växtens temperaturregulering.

Det är viktigt att bevattningssystemet är utformat så att växtens och odlarens behov uppfylls. Ett felaktigt bevattningssystem kan bli väldigt arbetskrävande och ta dyrbar tid i anspråk.

Begreppet bevattning innefattar många aspekter:

- valet av vattenkälla, varifrån ska vattnet tas
- hur ska vattnet distribueras till växterna
- hur kan vattnet bäst användas för näringstransporten till växtens rötter
- vilken temperatur ska vattnet ha och hur uppnås den
- hur ska överskottsvatten och överskott av näringsämnen kunna tas om hand
- hur ska överskottsvattnet behandlas innan det kan användas igen.

Behovet av vatten varierar med kulturen och klimatet. En varm torr sommardag i en gurkodling krävs upp till 5 liter per m² och dygn. Detsamma gäller för släktingar till gurkan, så som melon och squash. Tomat och paprika kräver som mest 4 liter per m² och dygn.

Dammar och cisterner

Oavsett om vattnet samlas i dammar eller cisterner bör dessa vara övertäckta för att hindra smuts att komma i vattnet. Blad, pollen och annat organiskt skräp kommer annars att brytas ner i vattnet och förbruka syre och ge upphov till organiska föreningar som kan påverka växterna negativt. En övertäckning minskar även alg tillväxten. Alger är ett problem eftersom de sätter igen filtren och höjer pH-värdet i vattnet.

Vattenkällor

Valet av vattenkälla är viktigt, men ibland är inte valmöjligheterna så stora, man får ta det som står till buds. I de flesta fall blir det så att det vatten man använder är en blandning av olika typer som regnvatten, dräneringsvatten och något mer.

Regnvatten är oftast ett mycket bra vatten. Det innehåller inga ämnen, typ karbonat, järn och mangan, som kan orsaka fällningar i bevattningsanläggningen. Regnvatten samlas upp på växthustaken och förs till en damm eller cistern. En fördel med regnvatten är att pH-värdet oftast är bra, i varje fall inte för högt. I vissa områden är regnvatten inte lämpligt för bevattning, beroende på luftföroreningar i luften som kommer med regnet. Analysera därför även regnvattnet.

Brunnsvatten ska alltid analyseras eftersom kvalitén varierar mycket från brunn till brunn. Särskilt höga pH-värden och innehåll av järn, mangan och karbonat kan orsaka problem i form av utfällningar som stoppar upp vattenflödet i droppslangar m.m. Även höga halter av klorid- och natriumjoner kan vara ett problem.

Ytvatten är vatten som tas från vattendrag, sjöar och bäckar. Ofta kan ytvatten innehålla mindre mängder av ämnen som orsakar fällningar än brunnsvatten, men däremot innehåller det humusämnen som förbrukar syre och som dessutom påverkar växterna negativt. pH-värdet är ofta på en acceptabel nivå. Det är direkt olämpligt att ta ytvatten i närheten av hagmark där det finns risk för att djurens avföring sprider bakterier till vattnet. Speciellt vid vattning ovanifrån kan dessa bakterier fastna på bladgrönsaker och sprida sjukdomar till människor. I fallet med ehec-smitta räcker det med en (1) bakterie för att smitta en människa.

Kommunalt vatten har oftast mycket jämn kvalitet och är fritt från smitta. Däremot kan klorhalten variera över tiden och detta kan medföra problem i odlingen. Kommunalt vatten har kontrollerat pH, vilket innebär att pH-värdet i de flesta fall behöver sänkas före bevattning.

Dräneringsvatten är det vattnet som inte fastnar i odlingssubstratet. Det måste enligt EU:s vattendirektiv tas om hand. Det bästa sättet är att återanvända vattnet i odlingen. Det dränerade vattnet innehåller ofta ganska mycket näring, ibland i oönskade koncentrationer, vilket gör att vattnet måste spädas ut med t.ex. regn- eller brunnsvatten. Vid odling i torv och jord, kommer dräneringsvattnet även att innehålla syreförbrukande ämnen. Det finns också en risk för att vattenburna skadegörare sprids i odlingen när överskottsvatten används.

Filtrering och annan vattenbehandling

Nästan allt vatten behöver behandlas på något sätt innan det kan användas. Den vanligaste behandlingen är mekanisk filtrering för att ta bort partiklar, i form av sandkorn, alger, växtfibrer och liknande. Annan behandling kan vara syresättning som är speciellt viktigt om vattnet står stilla i dammar eller

cisterner under längre tid. Då kan det samlas organiskt material i vattnet som ger upphov till en bakterieflora som förbrukar syre.

Mekaniska filter

Nätfiltret är den enklaste formen av filter och används då vattnet i praktiken är rent och fritt från föroreningar. Nätfiltret fungerar då som en extra försiktighetsåtgärd om något skräp skulle följa med vattnet.

Lamellfiltret är lämpligt då vattnet är mer förorenat. Lamellfiltret kan samla mer skräp än nätfiltret innan det behöver rengöras. En annan fördel med lamellfiltret är att det kan förses med automatisk rensning när filtret blir för igensatt.

Sandfiltren används när vattnet är kraftigt förorenat eller då det som ska filtreras bort är mycket fint, t.ex. alger. Sandfiltret kan fås med antingen manuell eller automatisk rening, så kallad backspolning. Efter ett sandfilter bör du alltid sätta ett nätfiltret för att fånga upp eventuella sandkorn.

Vid filtrering av återvunnet vatten, bör det uppsamlade vattnet först filtreras med ett påsfilter, som beskrivs längre fram, för att minska belastningen på det egentliga filtret.

Övriga behandlingsmetoder

Om vattnet behöver syresättas är det enklast att sätta vattnet i rörelse. Placera en liten pump i dammen eller cisternen, som pumpar runt vattnet så att det kommer i kontakt med vattenytan. Syresättning kan även ske i samband med att vattnet har filtrerats och ska mellanlagras i en cistern. Genom att låta vattnet släppas i ovanifrån och på vägen ner träffa en plan skiva (tallrik) av metall, kommer vattenstrålen att slås sönder och spridas ut åt alla håll. Det kommer då i god kontakt med luften och syresätts. Syresättningen har flera positiva effekter, dålig lukt tas bort, överskott av järn och mangan faller ut i kontakt med syre, liksom i viss mån överskott på karbonat. Syret är positivt för rötterna som förbrukar syre vid sin andning. Likaså finns det vissa växtskadegörare som inte trivs så bra i syrerika miljöer. Det finns även kommersiella syresättare som är lämpliga vid större mängder vatten eller för syresättning i dammar.

Om vattnet är förorenat av patogener, kan det vara aktuellt med en biologisk behandling. De olika metoderna behandlas inte här, men det som har använts längst tid och med vetenskapligt beprövad god effekt, är långsamfiltret. Ett långsamfilter kan du ganska enkelt bygga själv. Långsamfiltrets nackdel är att det tar stor plats, men effekten är god. Läs mer i Goda exempel på rening av returvattnet, Jordbruksinformation 4–2007.

Bevattningssystem

Bevattningssystemets uppgift är att fördela ut vattnet till växterna. Beroende på odlingsteknik: krukor, mark, hinkar, golv, rännor och amplar, är det olika

typer av bevattningstekniker som är aktuella. När man väljer teknik är det viktigt att tänka på hur bevattningstekniken påverkar arbetsituationen i företaget. Vissa system är mer arbetskrävande än andra.

Handvattning med slang

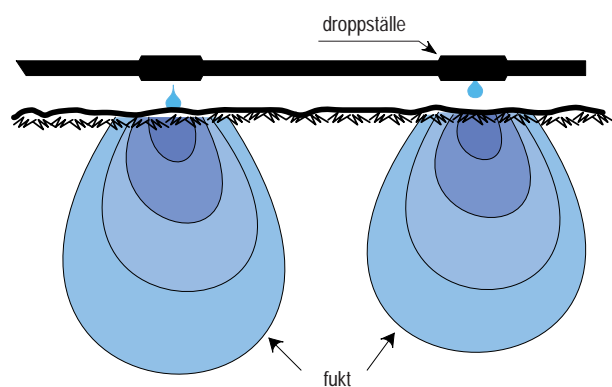
Handvattning med slang och stril, är en gammal metod som fortfarande används. Metoden är lämplig för små ytor med många olika växter med olika vattenbehov. Handvattning är mycket tidskrävande och bör bara användas i undantagsfall. Speciellt amplar, som ofta vattnas för hand, bör vattnas med droppbevattning istället, det är rationellare och ger jämnare vattning.

Droppbevattning

Principen för droppbevattningen är att vattnet tillförs långsamt droppvis, under lång tid. En logisk följd blir även att vattnet bara tillförs punktvis i stället för att hela markytan väts ner. Väl nere i marken kommer vattnet däremot att sprida ut sig över en större volym och täcker på så vis in plantans rotsystem. Fördelarna är flera:

- en torrare markyta minskar ogräset
- god tillgång till syre i marken
- inget vatten på bladen och minskad fukt i markytan minskar risken för svampangrepp
- minskad avdunstning, ingen vindavdrift och det faktum att vattnet endast kommer där plantan är, minskar vatten- och gödselmedelsförbrukningen
- den låga bevattningsintensiteten och det låga trycket gör det möjligt att använda små pumpar som är energisnåla.

Droppslangar finns i två olika utföranden, tjockväggig och tunnväggig droppslang. Den tjockväggiga droppslangen kan användas under flera år. Den är tåligare mot mekanisk skada som kan uppstå vid t.ex. nermyllning av gödselmedel eller ogrärensning. Den går även att hänga upp, slangen ligger då

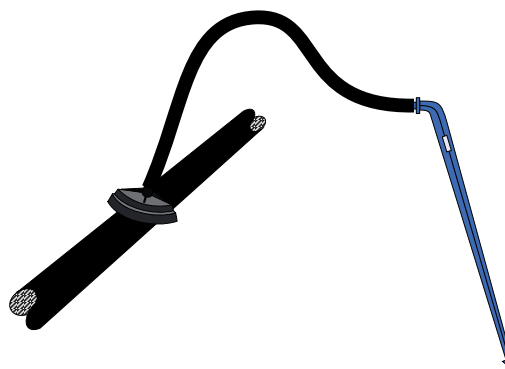


Figur 30. Skiss över principen för droppbevattning. Vattnet tillförs punktvis, vilket minskar fukt i ytan. Detta ger en torr markyta med lite ogräs. Nere i marken sprider sig vattnet runt droppstället.

ovanför jorden och är inte i vägen vid markarbeten. Den tunnväggiga droppslangen används oftast bara en säsong. Undantag är i odlingar, av t.ex. jordgubbar, där slangen är täckt av plast eller nermyllad och kan ligga kvar i flera år. Droppstället är uppbyggt av antingen separata labyrinter som monteras i slangen eller av labyrinter som skapas i samband med tillverkningen av slangen. Det senare har normalt inte samma noggrannhet som de separata labyrinterna.

Droppknappar, se figur 31, används när man önskar en mer exakt reglering av vattenmängden vid varje dropp eller när droppställena är ojämnt placerade. Droppknapparna är tryckreglerande, vilket innebär att de ger lika mycket vatten även vid långa slangsträckor och vid varierande pumptryck.

Variert pumptryck kan t.ex. uppstå om olika många bevattningsventiler är öppna vid de olika bevattningarna. Droppknappar är väl lämpade för bevattning av amplar och moderplantor för sticklingsproduktion.



Figur 31. Droppknapp med kapillärslang och pinne. Droppinnen placeras i närheten av växten.

Sprinkling och dysbevattning

I vissa fall ska vattnet spridas jämnt över en större yta för att höja luftfuktigheten eller för att fukta markytan. Sprinkling av marken används ofta i ekologisk odling eftersom tilläggs gödsling, t.ex. grönmassa, läggs på markytan och fukten påskyndar då nedbrytningen. Det finns olika typer av sprinklingsutrustning:

- de kan stå på pinnar en bit ovanför markytan och sprida vattendropparna i en rondell runt omkring centrum
- de kan vara placerade vid kanten av en bädd och sprida vattnet i en sektor på 90° eller 180° in i bädden
- de kan vara hängda ovanför växterna och sprida dropparna antingen cirkulärt eller i olika sektorer på 90° eller 180°.

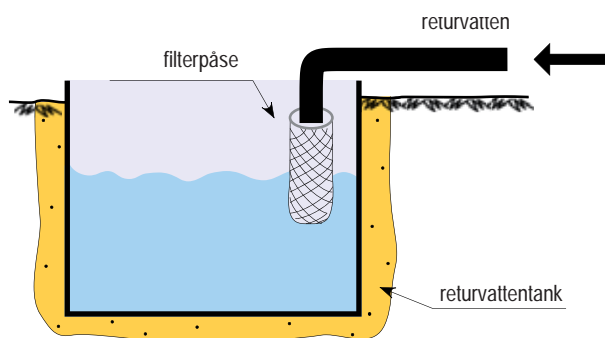
Ebb- och flodbevattning

Ebb- och flodbevattning innebär att krukans nedre del dränks med vatten. Vattnet stiger upp 0,5–2 cm från krukans botten, varefter överskottsvattnet dräneras bort. I vissa mycket exakta system kan man tillföra precis så mycket vatten som jorden suger upp, men detta är inte lika vanligt. Ebb- och flodbe-

vattning kan ske antingen på bord eller direkt på golvet. Oavsett hur man odlar är det viktigt att bord eller golv är helt plana.

För att förhindra att växterna suger för mycket vatten och därmed får syrebrist i rotzonen, är det viktigt att dräneringen av överskottsvattnet sker så fort som möjligt. Det har därför under senare år utvecklats speciella ebb- och flodventiler som snabbt dränerar bort vattnet. Principen innebär att man på olika sätt skapar en hävert effekt så snart påfyllningen av bordet upphör. Fyllning av bordet sker via en normalt ganska tunn vattenslang och dräneringen sker i en grövre slang för att få så snabb tömning som möjligt.

För att förhindra att för mycket jord och torv följer med dräneringsvattnet, kan man täcka bordsytan med tunn Fibertextduk som täcks med en perforerad bordsplastfolie med vit ovansida och svart undersida. När bordet är tomt rullas plastfolien enkelt ihop och töms på torvresten. Dessutom bör det alltid finnas en filterpåse på returvattenröret vid returtanken. Det räcker inte med en vanlig vävd filterpåse, utan påsen ska helst vara filtad och ta partiklar ner till 100 nm. Det bästa är att ha en extra påse i reserv för snabba byten. Den smutsiga filterpåsen kan då sköljas och därefter tvättas skonsamt i tvättmaskin.



Figur 32. Montering av filterpåsen i returvattenbassängen.

Rännbevattning

Vid rännbevattning står krukorna i en ränna som är något bredare än krukorna. I ena änden, som har ett ändstycke, tillförs vatten som därefter rinner till den andra änden där det tas om hand. För bästa flöde bör rännorna ha ett svagt fall. Rännbordens funktion är därför i princip lik ebb- och flodsystemets, krukans nedre del täcks med vatten som sedan suges upp i substratet via kapillärkrafter.

Det normala är att rännorna är placerade på bord i bordets längdriktning. Rännorna har ett inbördes avstånd på någon till några centimetrar som ger en mycket god luftväxling runt plantorna. Värmen som normalt tillförs under borden, kan enkelt stiga upp mellan rännorna till växterna. Energiförbrukningen minskar och luftfuktigheten sänks i plantskiktet, vilket minskar risken för svampsjukdomar. Ytterligare en fördel kan vara avståndet mellan rännorna, efter-

som man inte lockas att snåla med avståndet mellan plantorna, det säkerställer kvaliteten. Just detta kan också vara en nackdel, eftersom systemet inte blir lika flexibelt när det gäller placeringen av växterna, t.ex. när man rotar sticklingar eller sår i brätten.

Rännorna är normalt tillverkade i plast men plåt förekommer också. Det är viktigt rännorna har så få skarvar som möjligt. Skarvarna kan med tiden bli otäta och då rinner det ut vatten under bordet och växterna efter skarven kan torka ut. Det är även viktigt att vattnet som samlas upp filtreras innan det återanvänds. Precis som för med ebb- och flodsystemet bör du placera en filterpåse vid inloppet till returvattentanken.

Näringstillförsel via vattnet

I växthus är det vanligt med tilläggsgödsling till växterna. Näringen som finns i odlingssubstratet räcker ofta inte hela kulturtiden. Näring kan då tillföras med gödsel direkt på marken. En annan metod är att tillföra gödselmedel via vattnet. Vid tillförsel av organiska gödselmedel via vattnet är det största problemet partiklarna som sätter igen droppslangar och sprinklersystemen, ifall dessa inte är anpassade för partiklar i vattnet. I vissa fall krävs två olika bevattningssystem, ett för en exakt och jämn tillförsel av vatten och ett andra för en mindre exakt spridning av gödselmedel. Valet av gödselmedel och bevattningssystem är därför A och O. De blandare som bäst klarar av partiklar i vattnet är proportionalitetsblandarna och därför går bara de igenom här.

För att undvika igensättning måste bevattningssystemet med den färdiga koncentrationen av organiskt gödselmedel, filtreras. Lämplig filterstorlek är 0,1 mm. Eftersom organiska gödselmedel innehåller mycket partiklar kommer ett vanligt nätfilter snabbt att sättas igen, om det inte har en insats, Torpedo, som samlar skräpet i ena änden av nätfiltret. En bättre lösning är ett självrensande lamellfilter eller ett sandfilter. Nackdelen är då att de näringsrika partiklarna försvinner i samband med rensningen.

Ett annat alternativ är tepåsemetoden. Den går ut på att en stamlösning bereds i en särskild tank. En filterpåse, motsvarande den som används för filtrering av uppsamlat vatten, fylls med det organiska gödselmedlet och läggs i tanken. Vatten fylls på genom filterpåsen med gödselmedlet och den får därefter ligga och dra i vattnet. Lämplig koncentration (salthalt) mäts med en ledningstalsmätare. När ledningstalet har nått lämplig nivå, beroende på valet och mängden av gödselmedel, tas påsen upp ur vattnet. Innehållet i påsen kan spridas för hand till plantorna. Vattnet i tanken fungerar som en stamlösning och kan spädas till önskad koncentration. Någon ytterligare filtrering är normalt inte nödvändig, men det är ändå att rekommendera att ett nätfilter på 0,1 mm monteras före droppbevattningen. Man kan även vattna ut stamlösningen direkt, via droppbevattningen, och därefter vattna med rent vatten för att undvika för kraftig koncentration precis vid droppställena.



Figur 33. Installation av Dosatron proportionalitetsblandare. Med hjälp av ventiler väljer användaren vilket av de tre paren som ska användas. I varje par är blandarna monterade parallellt med varandra och suger upp olika gödselmedel.

Proportionalitetsblandare

Den enklaste och mest robusta metoden för inblandning av gödselmedel i vatten, är proportionalitetsblandaren. Tekniken finns i olika utföranden och fabrikat, t.ex. Dosatron, MSR, Dosmatic och Agrofert. Principen är enkel, vattenflödet avgör hur mycket gödselmedel som ska blandas in. Vid höga flöden blandas mycket in och vid små flöden blandas lite in. I vilken proportion som gödselmedlet ska blandas in ställs normalt in på ett vred.

Om man vill blanda in olika medel i samma giva med olika proportioner kan antingen en blandare som klarar av flera olika gödselmedel användas eller flera blandare kan monteras i serie. Vid mycket höga vattenflöden, som är större än vad en blandare klarar av, kan det stora flödet delas i flera mindre genom att flera blandare monteras parallellt istället.

Det är viktigt att tänka på att blandarens material är anpassat för de medel som ska doseras. Vissa medel kan vara aggressiva på vissa ämnen i blandaren. Det finns även mobila proportionalitetsblandare, anpassade för handvattning med vattenslang.

Bevattningsautomatik

För att minska arbetsbelastningen bör någon form av automatik styra när, var och hur länge bevattningen ska ske. Det finns idag flera olika typer av system för att automatiskt starta och stoppa bevattningen. Allt från enkla tidur med inbyggd magnetventil till datorsystem som klarar av att styra flera hundra magnetventiler. Vinsterna med bevattningsautomatik är flera, men främst att den sparar arbete. En bra bevattningsautomatik ger dessutom jämnare bevattning och vatten i rätt tid.

Uppvärmning av bevattningsvattnet

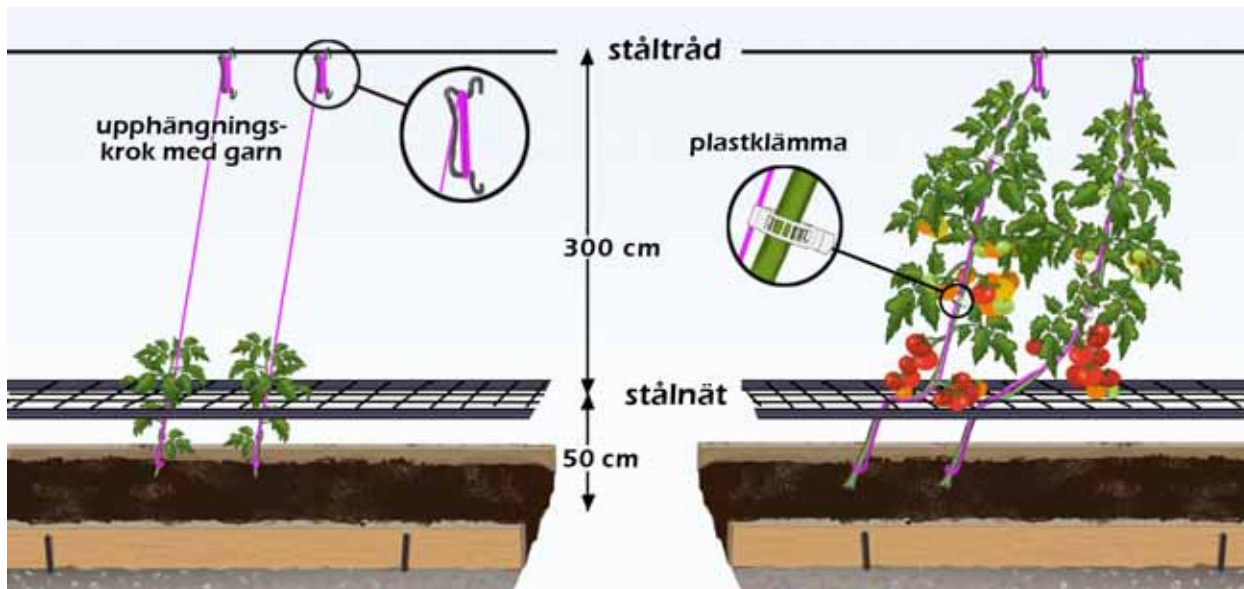
De flesta växterna som vi odlar i växthus föredrar vattentemperatur i närheten av luftens. Låga vattentemperaturer bromsar rötternas biokemiska aktivitet, vilket bromsar vatten- och näringsupptag och därigenom tillväxten. Att värma bevattningsvattnet innebär egentligen inte någon ökad energiförbrukning. Om vattnet förs in i växthuset kallt, kommer det att ta sin värme från luften i växthuset, som därmed kyls och måste värmas upp via det vanliga värmesystemet. Däremot vinner växterna på att vattnet är tempererat. Uppvärmningen kan ske på flera olika sätt:

- eluppvärmning, antingen direkt eller via en värmepump
- uppvärmning via pannan (olja, flis, pellets, gas etc.)
- via solen

Arbetsteknik

Att utföra arbetet med så liten arbetsinsats som möjligt är ett område där man kan spara allra mest i företaget. Även små arbetsmoment, men som är återkommande, kan visa sig vara några av de allra största tidtjuvarna. Därför bör man med jämna mellanrum genomföra tidsstudier på olika arbetsmoment, för att se vad som kan rationaliseras och förbättras. Ett av de arbetsmoment som tar allra mest tid är interna transporter.

En korrekt arbetsteknik förbättrar dessutom arbetsmiljön och minskar risken för skador och sjukskrivningar. I det här kapitlet behandlas främst tomatodlingens problem, men det är även tillämpligt på andra radkulturer så som gurka, paprika m.m. och krukväxter.



Figur 34. Tomatplantorna växer upp till tråden och läggs ner på ett nät allteftersom de blir för höga. Före nedläggningen har plantornas nedersta del bladats av. Illustration: Gunilla Wärnström.

Uppbindning och sänkning

Det normala vid tomatodling är att plantorna växer från marken upp längs ett garn. Garnet är fäst i en ståltråd som löper horisontellt 2–4 m ovanför golvet. Höjden beror på växthusets stålsidehöjd och kulturens längd. Två meter högt kan bara användas vid korta sommarkulturer, annars räcker avståndet från nät till ståltråd inte till för att plantan ska kunna utvecklas fullt ut med blommor och klasar. När plantan växt upp till tråden, flyttas kroken med garnet i

sidled, samtidigt som garnet förlängs. På så vis sänks plantan ner och tomatplantans nedre del kommer att lägga sig på marken eller på ett nät. Detta är nödvändigt eftersom en tomatplanta kan bli 10–20 m lång under en växtsäsong.

Det är viktigt att ståltråden är ordentligt fäst och spänd. Eftersom tomatplantorna är tunga, och ned-sänkningen och förflyttningen i sidled är ett tungt arbetsmoment, är det viktigt att tråden är så slät som möjligt. Var därför försiktig vid uppsättning av ståltråden så att den inte får veck.



Figur 35. Bild på klassisk tomatkrok med garn upplindat från leverantören.



Figur 36. Bild på enkel typ av plastklämma för fäste av planta mot garn.

Garnet som tomatplantan växer längs är syntetiskt och finns i olika kvaliteter. En del leverantörer har garn som är biologiskt nedbrytbart, vilket innebär att det kan kastas med plantorna på komposten när växtsäsongen är över. Annat garn är tåligare och bör därför separeras från grönmassan innan kompostering. Eftersom plantorna ska sänkas ner allt eftersom de växer, måste mer garn kunna släppas till under odlingsäsongen. Garnet är därför upplindat på tomatkroken som samtidigt fungerar som hållare och är fasthakad på den horisontella ståltråden.

Tomatplantan kan fästas mot garnet på olika sätt. Det vanligaste är olika typer av plastklämmor. Trots att klämmorna ser snarlika ut, skiljer de sig åt i hur de känns att arbeta med. Det är därför viktigt att testa olika leverantörer innan den slutliga modellen väljs.

Intern transport

Den interna transporten är ett av de mest tidskrävande arbetsmomenten. Det är därför viktigt att växthusens inbördes placering och placering i förhållande till lager och arbetsytor är väl genomtänkt. Interna transporter ska beaktas redan då det första växthuset byggs. Tänk på hur företaget ser ut när det är två eller tre gånger större än det är idag. Då blir de interna transportererna bra även längre fram när trädgården byggs ut.

Det kan t.o.m. vara nödvändigt att riva ner och flytta gamla växthus för att få en bättre transport inom företaget. En god intern transport innebär inte bara en lägre arbetsbelastning, utan ger också i många fall en bättre kvalitet p.g.a. bättre temperaturhållning, samt en bättre arbetsmiljö med mindre föroreningsskador och arbetsolyckor.

Tabell 5. Exempel på tidsåtgång för interna transporter. Två växthus/byggnader vägg i vägg respektive med ett avstånd på 50 m. Exemplet bygger på att det endast är personal som förflyttar sig mellan byggnaderna, t.ex. för att utföra olika arbetsmoment i de olika husen.

Avstånd mellan husen	50	m
Gånghastighet	80	m/min = 5 km/h
Antal personer	2	st
Antal förflyttningar/dag	4	st/dag Per person och dag.
Sträcka per dag T/R	800	m/dag
Antal arbetsdagar	200	dagar per år
Årlig sträcka	160 000	m
Tidåtgång per år	2 000	min
Timpris	250	kr/h
Kostnad per år	8 333	kr/år

Placering av byggnader

Det första att tänka på är placeringen av byggnaderna. Det är viktigt att avstånden mellan växthuset, arbetshallar, lager med mera är så korta som möjligt. Det är inte bara varor som ska förflyttas mellan byggnaderna utan även människor i samband med ändrade arbetsmoment, för att hämta saker m.m. Tänk även på att det ska vara lätt att ta sig till toaletterna.

Om däremot den ena byggnaden är ett växthus och den andra en packhall/lager bli ju antalet förflyttningar varje dag betydligt större och kostnaden skenar iväg. Redan vid 20 förflyttningar T/R per person och dag blir tidsåtgången 167 timmar per år!



Figur 37. Vagn för tomatodling och andra kulturer som drivs framåt av batteri.

Plock- och arbetsvagnar

Ett annat viktigt transportområde är transporten av produkter inne i växthuset och mellan byggnaderna. Även med en korrekt och genomtänkt placering av byggnaderna inbördes, förekommer många och långa transporter. Framför allt på grund av att växthuset i sig är ganska stora och i många fall långa.

I mindre företag är vagnar i någon form ett mycket flexibelt och kostnadseffektivt hjälpmedel. Det finns olika typer av vagnar, de som går på järnrör och de som går på gummihjul. De vanligaste är vagnarna



Figur 38. Hemmabyggt vagn som rullar på rör i taket. Vagnen kan användas i alla typer av odling både grönsaker och prydnadsväxter.

som går på järnrör. I odlingar med vattenburen värme används då värmerören som räls för vagnarna.

Vagnar med gummihjul används företrädesvis i odlingar med luftburen värme, men även här bör man lägga ut rör som räls. Vagnar som går direkt på marken har en stor tendens att välta, med arbetsskador som följd. Det är också mer rationellt med vagnar på räls, eftersom de kan köras fortare och inte behöver styras. Vagnarna kan vara antingen handdragna eller motordrivna. De handdragna vagnarna är billigast och är man händig med svetsen kan man enkelt svetsa ihop dessa själv. Med böjda rör kan man även klara av krökar för vidare transport in till packhallar, kylar m.m. Vagnar är speciellt lämpliga för radodlade växter som t.ex. tomat, gurka och paprika.

I grönsaksraderna används speciella arbetsvagnar. Vagnarna gör att man kommer upp i lämplig arbetshöjd i samband med t.ex. nedsänkning av tomatplantorna. Under skörden används vagnarna som plockvagnar. Tomma lådor, antingen det slutliga emballaget, eller plastlådor för den interna hanteringen, placeras på plockvagnarna och fylls i gångarna. På så sätt kan i de flesta fall, en hel rad plockas klart åt gången innan plockvagnen är full. Oftast har dessa vagnar någon form av elektrisk framdrivning som styrs uppifrån vagnens plattform. Vissa vagnar är elektriskt höj- och sänkbara.

Vid val av transporthjälpmiddel är det inte i första hand sträckan som produkten transporteras, som är intressant, utan vilken arbetstid som går åt vid transporten. En vagn som t.ex. går på jord är trögare att förflytta än en vagn som hänger på räls i taket, även om de lastar lika mycket produkter. Vagnen som går på räls i taket är då ett bättre alternativ eftersom den tar mindre tid i anspråk.

Rullbanor

Ett annat system som också är flexibelt är rullbanor. Rullbanorna är i sin enklaste form utan drivning. Produkten ställs på rullbanan, oftast i någon form av låda eller brätt, och skjuts för hand eller med hjälp av gravitationen genom en svag lutning på rullbanan. Rullbanor är mycket lämpliga för krukodlade växter, eftersom en rullbana kan monteras som en travers över borden. Traversen kan då skjutas över borden och placeras där man arbetar för tillfället. Produkterna placeras i lådor och rullar tack vare den svaga lutningen ut mot gången. Vid gången finns ett stopp så att lådorna inte åker av. Allt eftersom lådorna lossas av vid änden, kommer de återstående lådorna att rulla ner till änden. Systemet minskar bärandet mellan borden och minskar risken för skador på plantorna.

I en större grönsaksodling kan rullbanan monteras i huvudgången vid änden av raderna. Lådorna med produkter placeras därefter på rullbanan och skjuts därefter ut ur huset till sortering och packning.

Löpande band

I större anläggningar kan ett löpande band vara en ekonomisk och flexibel lösning. Löpande band kan användas både i krukväxtodlingar och i grönsaksodlingar. De löpande banden är motordrivna och kan förflytta produkter från i princip vilken punkt som helst i företaget till vilken som helst annan punkt. Till löpande band finns system för att stoppa bandet när en produkt kommer till änden, det finns 90-graders vinklar och system för att transportera produkterna både upp mot taket och ner mot golvet för att gå fri från dörrar. Det finns även bardisköppningar där en del av transportbandet lyfts upp vid passage och därefter fälls ner igen.

Arbetsmiljö

Arbetsmiljön är viktig, tyvärr slarvas det ofta med den. Utrustning placeras i första hand på enklaste sättet, utan tanke på arbetsmiljön. När vi pratar arbetsmiljö är det flera olika saker att tänka på:

- golvets/markens hårdhet
- buller
- temperatur
- drag
- halkolyckor
- tunga och/eller upprepade lyft.

När det gäller golvet ska det vara lätt att köra vagnar på och att hålla rent samtidigt som det ska vara lagom mjukt att gå på. Vid arbetsstationer kan man lägga på sviktande plast- eller trägolv just där man står och arbetar. Då får man samtidigt ett glidskydd. På ytor som är hårda och som används för transporter, bör man satsa på bra och sviktande arbetsskor.

Buller

I växthus är det sällan frågan om buller i sådan omfattning att det är skadligt för hörseln. Däremot kan det förekomma buller som i längden verkar trötande. De vanligaste bullerkällorna är cirkulationsfläktar och luftburna värmesystem. Det är viktigt att redan från början välja utrustning som bullrar lite. Jämför olika fläktars ljudnivåer med varandra innan inköp. Även placeringen av fläktarna är viktig. Om man arbetar det mesta av tiden i ena gaveln av växthuset, ska cirkulationsfläktarna givetvis placeras så att de flesta fläktarna är i den motsatta gaveln. Om cirkulationsfläktarna är monterade i serie kan de med fördel varvtalsregleras. Det sänker ljudnivån avsevärt.

Om man har ett luftburet värmesystem ska fläkt- och brännardelen placeras så långt bort från den delen av växthuset där man arbetar, som möjligt. Helst ska utrustningen placeras utanför växthuset, då kan det lättare byggas in i ett ljudisolerat rum. Spirokanaler ska isoleras med t.ex. mineralull och vit plastfolie eller aluminium. Detta minskar resonansen som uppstår i kanalerna samtidigt som det minskar värmeförlusterna genom spirokanalerna.

Temperatur

I de flesta fall arbetar man ute i kulturen och temperaturen måste anpassas efter denna. I de fall det är väldigt varmt eller väldigt kallt, kan kanske den interna transporten förbättras så att arbetstiden med obekvämlig temperatur minimeras. I bästa fall kan den interna transporten ordnas på så vis att arbetsstationer kan placeras i en avskild del av avdelningen eller i ett separat rum, där temperaturen kan anpassas efter personalen.

Försök att undvika att gå mellan varma och kalla utrymmen, t.ex. mellan växthus där man måste gå utomhus. Det är bättre att bygga en förbindelsehall mellan växthusen. Då undviker man temperaturväxlingar, minskar energiförlusterna, minskar drag från dörrar och får en bra arbets- och lageryta.

Drag kan uppstå i ett växthus på grund av fläktsystem, öppna ventilationsluckor, otäta eller öppna dörrar eller helt enkelt genom kallras från en kall vägg eller kallt tak. Vid stillastående arbete kan detta vara besvärande. Dörrar och portar ska givetvis tätas ifall de är otäta. Det bästa är att montera industridörrar och -portar redan när växthuset byggs. I gångar och arbetsytor kan en fast väv monteraras. En fast väv kommer inte bara att minska kallraset från taket, utan skuggar även mot värmestrålningen vid kraftigt solsken. Detta är bra, inte bara ur arbetsmiljösynpunkt, utan även för produkterna som står i gångarna i väntan på vidare transport.

Tunga eller upprepade lyft

Ett av de största arbetsmiljöproblemen i växthus är ständigt återkommande lyft. När det gäller bordodling är det viktigt att borden inte är för breda. Maximal bordbredd bör inte vara mer än 160 cm om man arbetar från båda sidorna och maximalt 80 cm om man bara arbetar från en sida.

När det gäller transporter bör man välja vagnar som är anpassade för underlaget och i möjligaste mån bör det vara hårdgjorda ytor där vagnarna ska köra. Vagnar som kör fast i löst underlag är inte bara ansträngande utan kostar även dyrbar arbetstid.

På platser där man arbetar ofta ska det vara möjligt för personal att kunna variera arbetshöjden. En varierad arbetshöjd kan åstadkommas på flera olika sätt. Man kan välja att ha en arbetsyta som är höj- och sänkbar, eller så kan man ha olika lådor att stå på.

Reglerteknik

Oavsett hur bra utrustningen är i övrigt, blir resultatet inte bra utan automatiserad klimatreglering. Beroende på vad som odlas och vilken typ av växthus och täckmateriel man har, behöver klimatregleringen var mer eller mindre avancerad. Reglertekniken har flera uppgifter, bl.a. ska den

- minska arbetet med klimatreglering
- förbättra produkternas kvalitet
- minska angrepp av skadegörare
- minska energiförbrukningen
- i vissa fall övervaka anläggningen.

Det finns två olika typer av reglerteknik, analog respektive digital styrutrustning. Den analoga utrustningen blir mer och mer ovanlig, eftersom den digitala, även i sin enklaste utformning, har bättre prestanda och oftast lägre pris.

Analog styrutrustning

Den analoga styrutrustningen är nästan alltid sämre i sin noggrannhet än digital reglering. Den är också begränsad i sin funktion och rekommenderas i de flesta fall inte till normal odling. Bland de analoga utrustningarna som fortfarande finns i en del växthus kan nämnas DGT Lumix Combi. I övrigt an-

vänds analog utrustning främst för enklare temperaturhållning i olika sammanhang och där är de ett prisvärt och väl fungerande alternativ.

Digital styrutrustning

Digital reglering har betydligt fler möjligheter och en mycket bättre noggrannhet än den analoga. De utökade möjligheterna har tyvärr i de flesta fall lett till att den blivit mer svåränvänd än den analoga, även om undantag finns. Digital utrustning kan vara allt från enkla regulatorer som reglerar temperaturen, till fullfjädrade datorsystem som styr och övervakar allt i företaget.

Den digitala utrustningen är betydligt känsligare för störningar i form av åska och spänningsvariationer på elnätet, än den analoga utrustningen och skydd bör finnas i anläggningen. En dator som styr ett eller flera växthus bör skyddas med en UPS (Uninterruptable Power System). UPS:en skyddar mot kortare strömavbrott, spänningsvariationer och till viss del mot åska.

Givare

Till reglerutrustningen, oavsett om den är analog eller digital, måste man koppla givare. Det är givarna som skickar information till reglerutrustningen om förhållanden i omgivningen. Eftersom det är givarna som ger information om omgivningen, blir styrningen inte bättre än vad givarna är och det är viktigt att regelbundet kontrollera och underhålla givarna. Felaktiga givarsignaler ger felaktig styrning. Beroende på vad som ska styras och typen av reglerutrustning, kan olika typer av givare kopplas in. Här behandlas de vanligaste förekommande givarna.

Temperatur

Temperaturgivaren är den vanligaste typen av givare och den finns på flera olika platser i anläggningen. Först och främst finns den inne i växthuset på minst en plats, för att mäta lufttemperaturen i växthuset. Dessutom kan den förekomma efter shunten om man har vattenburen värme. Där mäter den framledningstemperaturen så att den är rätt. Om datorn styr pannan har även pannan en eller flera temperaturgivare, så som framledning (stigare) och returledning. Det finns ofta även givare som mäter temperaturen ute. Den används, tillsammans med givaren för inomhustemperaturen, för att beräkna växthusets värmeenergibehov.

Temperaturgivarnas noggrannhet varierar med fabrikat och givartyp, men ligger normalt mellan +/- 0,1 och +/- 0,5 °C. Vissa givare måste kalibreras regelbundet och andra givare är kalibreringsfria. Vilken man föredrar är en smaksak, men det är inte något som påverkar kvaliteten i styrningen. Även om temperaturgivare är väldigt stabila och långlivade, bör de kontrolleras regelbundet enligt leverantörens anvisningar. En grov kontroll bör göras åtmin-



Figur 39. Temperatur- och luftfuktighetsgivare från DGT-Volmatic. Själva givarkropparna sitter inne i lådan, vilket är viktigt för att förhindra att solstrålningen ska påverka mätningen. Inne i lådan sitter en fläkt för att byta ut luften.

stone 1 gång per månad, oavsett om den är kalibreringsfri eller inte.

Det är viktigt att temperaturgivaren är placerad korrekt. Temperaturen ska mätas där du vill veta temperaturen. Därför ska temperaturgivaren inte placeras ovanför eller i närheten av värmerör eller andra värmekällor. För att värmestrålning från framför allt solen inte ska påverka mätningen ska givaren placeras i skugga, t.ex. i en ventilerad låda. Likaså ska givaren placeras där växterna är, eftersom det är deras klimat som ska regleras.

Luftfuktighet

Luftfuktigheten kan mätas på olika sätt. Det vanligaste sättet är att mäta den våta temperaturen. Den jämförs sedan med lufttemperaturen och luftfuktigheten räknas ut. Det andra sättet är en givare som mäter luftfuktigheten direkt, utan att mäta den våta och den torra temperaturen.

Att mäta luftfuktigheten med en våt och en torr temperatur innebär att den våta temperaturgivaren ständigt är våt. Vätan åstadkoms genom att en textilstrumpa träs över givaren. Textilstrumpans andra ände hänger ner i ett vattenbad och fungerar som en veke. Noggrannheten beror på temperaturgivarnas noggrannhet och på att vecken fungerar som den ska. Därför är det viktigt att använda så rent vatten som möjligt, helst destillerat vatten. Eftersom damm, kommer att fastna på vecken, och på sikt minska

vekens förmåga att suga vatten måste den bytas regelbundet, t.ex. varje månad. Metoden är säker och tillförlitlig så länge det finns ett schema för kontroll av temperaturer, påfyllning av vatten och byte av strumpa. Fördelen är framför allt att man själv kan kontrollera givarna.

Att mäta luftfuktigheten direkt har blivit vanliga-re de senaste åren, i och med att noggrannheten ökat och priset har sjunkit. Mätmetoden behöver inte samma underhåll som när man mäter med en våt och en torr givare, men har den nackdelen att man inte själv kan kontrollera givarens funktion. För detta krävs en speciell utrustning. Liksom för temperatur-givarna är det viktigt att placera mätutrustningen där du vill mäta fuktigheten, dvs. där växterna är.

Vindhastighet och vindriktning

Vindhastighetsgivarens uppgift är att mäta vindhastigheten vid växthuset. Vid höga vindhastigheter stängs ventilationsluckorna så att de inte blåser sönder. Detsamma gäller om väven är fördragen, då begränsas ventilationsluckornas öppning för att väven inte ska blåsa sönder. Vindhastigheten används av vissa datorsystem även för att beräkna den ökade förbrukningen av värmeenergi som uppstår vid höga vindhastigheter. Vindhastighetsgivarna är robusta och behöver normalt ingen skötsel.

Beroende på varifrån det blåser öppnas ventilationsluckor mer på läsidan, för att förhindra att vinden blåser rakt in i växthuset. Vinden kan annars orsaka skada på vävar, växter och på växthusets ventilationssystem. Vindriktningsgivarna är robusta och behöver normalt ingen skötsel. Kontrollera en gång per år att givaren inte sitter löst och då visar fel vindriktning. Kontrollera vilken vindriktning som datorn visar och se om det stämmer med den faktiska vindriktningen.

Ljus och strålning

Ljuskivaren har många viktiga funktioner. Här förklaras först några viktiga begrepp – ljus respektive synligt ljus.

- Ljus är all strålning inom våglängdsområdet 10 nm – 10^6 nm (1 000 000 nm).
- Synligt ljus är inom våglängdsområdet 380–780 nm. Det är bara det synliga ljuset som växterna kan använda till sin fotosyntes, det kallas även för PAR (Photosyntetic Active Radiation).

När det handlar om att mäta ljus finns ytterligare två viktiga begrepp – radiometrisk strålning respektive fotometrisk strålning. Den *radiometriska strålningen* mäter energin i ljuset (W/m^2) och den *fotometriska strålningen* mäter det synliga ljuset, och tar hänsyn till ögats känslighet för olika våglängder (lux). Det innebär att beroende på vad som ska styras så bör ljusstrålningen mätas på olika sätt och inom olika våglängdsområden.

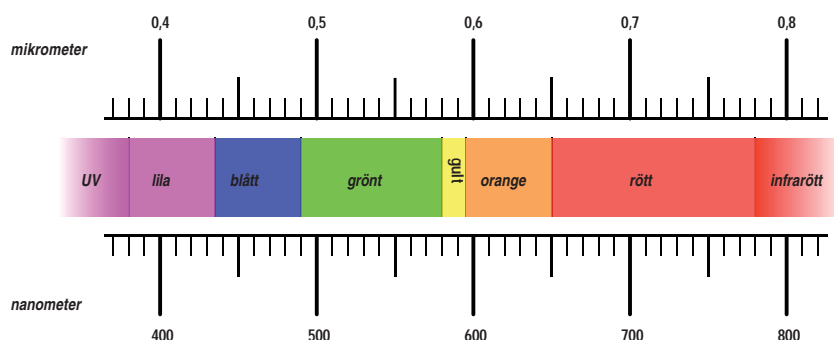
I växthus vill vi veta hur mycket ljus som växterna får till sin fotosyntes. Den ideala mätmetoden för det är att mäta antalet fotoner av det synliga ljuset, eftersom det är fotonerna som gör det möjligt för växten att binda koldioxid. Ljuset bör man därför mäta i micromol per sekund och m^2 inom PAR. Tyvärr är det sällsynt i växthussammanhang. En vanlig mätmetod är att mäta i lux, vilket tar hänsyn till ögats känslighet. Eftersom en växts känslighet för synligt ljus skiljer sig från ögats, är lux-mätning ganska vilseledande.

Vi vill även veta hur mycket energi som tillförs växthuset från solen. Vi vill då göra en rent radiometrisk strålning och mäter då strålningens värme i form av W/m^2 . Radiometriska ljuskivare är idag ganska vanliga och är ett bättre alternativ än luxgivare.

Oavsett typen av ljuskivare används den till flera olika funktioner i styrningen av klimatet. Den används för att avgöra när solen skiner och hur mycket, för att styra vävar och assimilationsbelysning. I datorsystem som styr bevattningen används ljuskivaren även för att avgöra när det är dags att starta en bevattning. Ljuset kan även användas för att påverka temperaturens börvärde (den önskade temperaturen), både beträffande uppvärmning och beträffande ventilation.

I tabell 6 visas omvandlingsfaktorer mellan olika ljusenheter. Eftersom ljusets sammansättning och energiinnehåll varierar mellan olika ljuskällor (sol, glödlampa, högtrycksnatrium m.m.) så är omvandlingen mycket ungefärlig. Skillnaden mellan t.ex. Privas och DGTs mätare ligger i att DGTs mätare mäter över ett mindre strålningsintervall, dvs. den mäter mindre av den strålning som växterna inte kan tillgodogöra sig för sin fotosyntes. Detta innebär inte någon kvalitetsskillnad mellan de olika givarna, men det är viktigt att känna sin egen givare och det går inte att ta kollegors ljusvärden och använda själv, såvida man inte har samma typ av givare. Värdena för högtrycksnatrium och metallhalogen gäller för

Figur 40. Bild över det synliga ljuset, vilket sammanfaller med de våglängder som växterna använder för sin fotosyntes (PAR).



Tabell 6. Ungefärliga omvandlingsfaktorer mellan olika ljusenheter.

Sol		Högtrycksnatrium	Metallhalogen		
Radiometriskt värde lux	Fotometriskt värde W/m ²				
	Priva Intégro		DGT-Volmatic	-	-
	Mulen dag	Solig dag	-	-	-
Faktor (•)	0,020*	0,010*	0,0068**	0,0023***	0,0028***
1000	20	10	7	2	3
2000	40	20	14	5	6
3000	60	30	20	7	8
4000	80	40	27	9	11
5000	100	50	34	12	14
6000	120	60	41	14	17
7000	140	70	48	16	20
8000	160	80	54	18	22
9000	180	90	61	21	25
10000	200	100	68	23	28
15000	300	150	102	35	42
20000	400	200	136	46	56
25000	500	250	170	58	70
30000	600	300	204	69	84
50000	1000	500	340	115	140
100000	2000	1000	680	230	280

* uppgifter från Priva B.V., 2006

** uppgifter från CMT AB, 2003

*** uppgifter från Poot Lichtenergie "Application Of Growlight In Greenhouses", 1984

den typen av givare som användes för att ta fram värdena. Se dem som en fingervisning om hur ljuset från olika ljuskällor ska värderas, snarare än som exakta värden.

Regn

Regngivarens funktion är att tala om när det regnar, så att ventilationsluckorna kan stänga för att förhindra att det regnar in. Regngivaren kan tillsammans med vindriktningsgivaren, skicka signaler så att ventilationsluckan som är vindutsatt stänger helt och ventilationsluckan på läsidan tillåts att öppna något.

Regngivaren är enkel i sin uppbyggnad. Två gaffelformade kopparplattor ligger nära varandra men utan kontakt. En elektrisk spänning läggs över de båda koppargafflarna. Vid regn landar vattendroppar på koppargafflarna och p.g.a. salter i vattnet, kommer en ström att ledas genom gafflarna. När det slutar regna kommer givaren att torka upp och förbindelsen mellan gafflarna försvinner och strömmen upphör. För att det inte ska ta för lång tid från det att det slutat regna tills dess att givaren torkar, innehåller regngivaren ett värmeelement för att påskynda upptorkningen.



Figur 41. Priva väderstation, med givare för ljus och regn (nederst) och vindriktning, vindhastighet och temperatur (överst).

Broschyren är en del i kurspärmen "Ekologisk odling i växthus" 2007/2008.

Jordbruksverket
551 82 Jönköping
Tfn 036-15 50 00 (vx)
E-post: jordbruksverket@sjv.se
Webbplats: www.sjv.se



Detta material har delvis
finansierats med EU-medlet