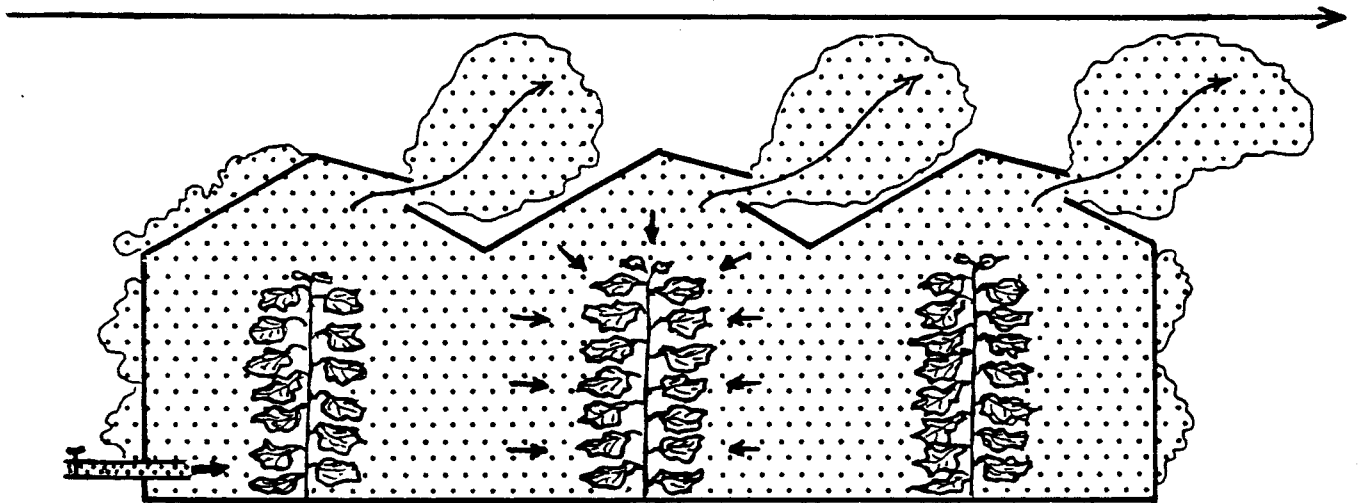


ISBN = 2133.5

Euroop

# Berekeningen aan CO<sub>2</sub>-verbruik



E.M. Nederhoff

Intern verslag nr. 44

augustus 1984,

Proefstation voor Tuinbouw onder Glas, Naaldwijk.

2215527

## DOEL VAN DIT VERSLAG

Het doel van dit intern verslag is m.b.v. cijfermateriaal een bijdrage te leveren aan het kwantitatieve inzicht in het proces van CO<sub>2</sub>-dosering in kassen. Tevens is het bedoeld om te illustreren hoe door gebruik van simulatietechnieken een vrij gecompliceerd proces snel doorgerekend kan worden.

Voor de berekeningen is onder andere gebruikt gemaakt van een fotosynthese model van het CABO, dat een klein gedeelte vormt van een veel complexere simulatie modellen die daar worden ontwikkeld. Met een dergelijk uitgebreid model wordt op het CABO de CO<sub>2</sub>-behoefte dynamisch berekend, waarbij met veel factoren rekening wordt gehouden. Voor de berekeningen in dit verslag is om praktische redenen een vereenvoudigd model gebruikt. In deze vorm is het model niet bruikbaar voor (economische) optimalisatie van de CO<sub>2</sub>-dosering.

## SAMENVATTING

In dit verslag wordt een rekenprogramma beschreven waarmee het mogelijk is het totale koolzuur-verbruik van een kas met gewas te berekenen. Het totale verbruik bestaat uit lek- en ventilatieverliezen en koolzuuropname door het gewas (fotosynthese). Beide processen worden onder andere beïnvloed door het CO<sub>2</sub>-nivo, dat op zijn beurt weer afhankelijk is van lekverliezen, fotosynthese en van eventuele dosering.

Met dit model kan het verbruik, de efficiency van dosering en het uiteindelijk CO<sub>2</sub>-evenwichtsnivo berekend worden in verschillende situaties (verschillende windsnelheden, lichtintensiteiten, raamopeningen, doseerhoeveelheden). De juistheid van de simulatieresultaten hangt uiteraard af van de mate waarin de processen bekend zijn.

Bij wijze van voorbeeld is het bovengenoemde uitgewerkt voor een bepaalde kas met gewas, waarvoor gekozen is een modern Venlo-warenhuis met een net volgroeid komkommengewas. De berekende resultaten liggen in dezelfde orde van grootte als enkele "standaard" praktijkcijfers, die echter maar zeer globaal het CO<sub>2</sub>-verbruik en het evenwichtsnivo aangeven.

## 1. INLEIDING

Bij veel teelten onder glas wordt op grote schaal koolzuurgas (CO<sub>2</sub>) toegediend met het doel de produktie positief te beïnvloeden. Het toedienen is noodzakelijk om de CO<sub>2</sub>-concentratie op een bepaald nivo te houden, wat nodig is om de fotosynthese voldoende hoog te laten zijn.

De toediening van CO<sub>2</sub> moet zodanig zijn dat het verbruik gecompenseerd wordt. Het verbruik wordt veroorzaakt door, ten eerste, de luchtuitwisseling met buiten (d.w.z. lek en ventilatie) en, ten tweede, door de CO<sub>2</sub>-opname door het gewas (fotosynthese). Ten derde kan het verbruik beïnvloed (verkleind!) worden door koolzuurgas dat uit de bodem vrijkomt. Het is mogelijk hiervan een schatting te maken, maar in dit rapport is de bodem-CO<sub>2</sub> buiten beschouwing gelaten (zie opmerking verderop). Wanneer de CO<sub>2</sub>-concentratie constant is, geldt daardoor deze balans voor CO<sub>2</sub>:

toegediende hoeveelheid = ventilatieverlies + fotosynthese

Het ventilatieverlies wordt bepaald door de ventilatiesnelheid en door het verschil in CO<sub>2</sub>-concentratie tussen kaslucht en buitenlucht. De ventilatiesnelheid hangt vnl. af van de mate van lekheid van de kas, de mate van raamopening en de windsnelheid buiten. De fotosynthese hangt vnl. af van het gewas zelf, van de lichtintensiteit en van de CO<sub>2</sub>-concentratie in de kaslucht. Het totale CO<sub>2</sub>-verbruik in een kas wordt dus beïnvloed door een zestal factoren. In dit rapport worden resultaten gegeven van berekeningen met een simulatiemodel. Berekend zijn het verbruik van CO<sub>2</sub> en de efficiency van CO<sub>2</sub>-toediening, onder verschillende omstandigheden.

Opmerking: Het niet meerekenen van CO<sub>2</sub> uit de bodem leidt in de meeste situaties niet tot grote fouten. Het is namelijk een verwaarloosbare hoeveelheid als de fotosynthese- en/of ventilatiesnelheid redelijk is. Het is zeker verwaarloosbaar wanneer in steenwol geteeld wordt en ook wanneer in grond geteeld wordt die niet overmatig bemest is. Alleen van een broeivuur of van een zwaar bemeste grond kan de CO<sub>2</sub>-afgifte zeer aanzienlijk zijn.

## 2. ACHTERGRONDEN VAN HET REKENMODEL

### 2.1 VENTILATIEVERLIEZEN

Ventilatie in kassen betekent uitwisseling van kaslucht met buitenlucht. De ventilatie kan uitgedrukt worden in m<sup>3</sup> lucht per m<sup>2</sup> kasoppervlak per tijdseenheid of in m<sup>3</sup> lucht per m<sup>3</sup> kasvolume per tijdseenheid. Dit laatste komt overeen met het aantal malen per tijdseenheid dat de kaslucht ververst wordt, en wordt daarom "ventilatievoud" genoemd. De voornaamste factoren die het ventilatievoud bepalen zijn:

1. mate van lek (kieren, al of niet afsluitende strips)
2. raamopening
3. windsnelheid buiten

Minder belangrijke invloeden zijn onder meer:

4. de ligging van de kas ten opzichte van andere bebouwing
5. de windrichting (relatieve richting ten opzichte van de gevels)
6. temperatuurgradient (alleen bij weinig wind)
7. aanwezigheid van condens in de kieren

In verschillende onderzoeken zijn relaties bepaald tussen ventilatie enerzijds en anderzijds de lekheid, raamopening en windsnelheid (Goedhart 1984, Nederhoff 1982, Bot 1983). Door Goedhart zijn metingen verricht in

verschillende Venlo-warenhuizen. Voor iedere kas is een eenvoudige, lineaire ventilatieformule bepaald. Hieruit is een algemene vergelijking voor Venlo-warenhuizen opgesteld, waarin alleen het lekgetal per kas verschillend is. De relatie luidt:

$$\text{ventilatievoud} = 0.07 * \text{windsnelheid} * (\text{raamopening} + \text{lekgetal})$$

De eenheden zijn: ventilatievoud in h-1, windsnelheid in m/s, raamopening in % en lekgetal in dezelfde eenheid, dus eveneens %. In de gemeten kassen was 100 % raamopening gelijk aan 66 cm (halfruits luchting). De lekgetallen kunnen uiteenlopen van minder dan 0.2 (in een zeer dichte onderzoekskas) tot 2 en meer in oudere kassen. Voor een modern warehouse is een lekgetal van 1 een redelijke waarde (Goedhart 1984). Dit betekent dat in een nieuwbouw kas het ventilatievoud bij gesloten ramen ongeveer 0.28 bedraagt bij gemiddelde wind (4 m/s) en 0.70 bij harde wind (10 m/s). Wil men het CO<sub>2</sub>-verbruik weten voor een zeer lekke resp. voor een zeer dichte kas, dan kan men de resultaten interpoleren die gevonden zijn met een kiertje lucht resp. met de luchtramen dicht en weinig wind.

De uitwisseling van CO<sub>2</sub> met de buitenlucht wordt beschreven door deze vergelijking:

$$\text{CO}_2\text{-verlies} = \text{ventilatievoud} * \text{CO}_2\text{-gradient} * \text{kashoogte}$$

De gebruikte eenheden zijn: ventilatievoud in h-1, CO<sub>2</sub>-gradient (het verschil in CO<sub>2</sub>-concentratie tussen kaslucht en buitenlucht) in ppm, de gemiddelde kashoogte in m en de gasdichtheid van CO<sub>2</sub> in g.m<sup>-3</sup>. Bij gebruik van deze eenheden moet het CO<sub>2</sub>-verlies vermenigvuldigd worden met de gasdichtheid en met 0.001 om het verlies in g.m<sup>-2</sup>.h-1 te vinden. Bij CO<sub>2</sub>-tekorten (CO<sub>2</sub>-nivo's in de kas beneden het CO<sub>2</sub>-nivo in de buitenlucht (ca. 330 ppm)) is de gradient negatief, waardoor het CO<sub>2</sub>-verlies negatief uitkomt. Dit negatieve CO<sub>2</sub>-verlies betekent dat in die situatie CO<sub>2</sub> van buiten naar binnen stroomt.

## 2.2 FOTOSYNTHESE

De (netto) fotosynthese wordt uitgedrukt in grammen CO<sub>2</sub>-opname door het gewas per eenheid grondoppervlak en per tijdseenheid. Drie factoren beïnvloeden in sterke mate de fotosynthesesnelheid, nl.:

1. gewas (soort, afmeting, konditie, plantdichtheid enz.)
2. lichtnivo in de kas (ook afhankelijk van de kas)
3. CO<sub>2</sub>-nivo.

Voor de berekening van de CO<sub>2</sub>-opname door het gewas, is gebruik gemaakt van een simulatiemodel voor fotosynthese, afkomstig van het CABO (Schapendonk en Gaastra 1984 en van Tilburg 1984). Het fotosynthesemodel is een klein onderdeel van gecompliceerdere modellen die op het CABO ontwikkeld worden (een model om de groei en produktie van komkommer te berekenen en een om gedetailleerd en dynamisch het CO<sub>2</sub>-verbruik te berekenen). Het fotosynthesemodel is vnl. gebaseerd op werk van Acock e.a. 1978. In een ander intern verslag zal de bruikbaarheid van het model besproken worden aan de hand van vergelijking van gesimuleerde en gemeten fotosynthesesnelheden.

In het model worden de bruto fotosynthese en daarna de netto fotosynthese berekend als funktie van de beïnvloedende factoren, nl.:

$$\text{bruto fotosynthese} = f(\text{CO}_2\text{-concentratie, lichtnivo, lichtuitdoving, bladdichtheid, bladaanpassing, fotosynthetische-efficiency})$$

netto fotosynthese = f ( bruto fotosynthese, plantgewicht,  
onderhoudsademhalingscoefficient, groeiconversiecoefficient)

Voor een gedetailleerde beschrijving wordt verwezen naar Van Tilburg 1984 en Schapendonk en Gaastra 1984. Voor de in te vullen parameters zijn de volgende waarden gekozen:

LAI	3
drooggewicht plant en vruchten	100 resp. 2
extinctiecoefficient	0.80
licht in kas	0.60 * licht (buiten)
gemiddelde lichtintensiteit in voorgaande week	0.80 * licht

Wanneer het lichtnivo beneden het lichtcompensatiepunt komt, of het CO<sub>2</sub>-nivo beneden het CO<sub>2</sub>-compensatiepunt, wordt door het CABO-model een fotosynthese berekend kleiner dan nul. Voor de berekeningen in dit verslag echter, wordt in die gevallen altijd een waarde 0 voor de bruto fotosynthese genomen. De situaties met CO<sub>2</sub>-afgifte worden hier dus buiten beschouwing gelaten.

Door de keuze van de parameters is het model slechts geldig voor een bepaald komkommengewas. Het kan echter iets algemener beschouwd worden nl. als globale indicatie van de CO<sub>2</sub>-opname door een jong, net volgroeid, hoog opgaand gewas onder verschillende omstandigheden.

### 2.3 TOTALE CO<sub>2</sub> VERBRUIK

Uit het voorgaande volgt dat het totale CO<sub>2</sub>-verbruik (de som van de CO<sub>2</sub>-afvoer door ventilatie en de CO<sub>2</sub>-opname door het gewas), een functie is van de volgende zes factoren:

CO<sub>2</sub>-verbruik = f (licht, CO<sub>2</sub>, windsnelheid, raamopening, kas, gewas)

In de berekeningen zijn voor alle factoren waarden ingevuld. Getracht is een representatieve kas met gewas te simuleren. Als een "gemiddelde" kas is een modern Venlo-warenhuis met een lekgetal 1 genomen en voor een "gemiddeld" gewas een volgroeid, jong komkommengewas met een LAI van 3 (m<sup>2</sup> blad per m<sup>2</sup> grond). Voor de lichtintensiteit zijn waarden tussen 0 en 500 W/m<sup>2</sup> ingevuld (licht is PAR, buiten gemeten). De hoogste waarde, 500 is zeer hoog voor Nederland. Aangenomen is dat de lichtintensiteit niet verandert, zelfs niet in enkele uren tijd, en dat de lichtintensiteit in de kas steeds 60% bedraagt van de buiten gemeten lichtintensiteit. Voor de windsnelheid zijn waarden tussen 0 en 12 m/s genomen en voor raamopening getallen tussen 0 en 20 % (= 13 cm). Voor de CO<sub>2</sub>-concentratie zijn in de eerste berekeningen vaste waarden ingevuld tussen 0 en 2000 ppm. In de tweede serie berekeningen is de CO<sub>2</sub>-concentratie variërend.

In de eerste serie tabellen (I) zijn bij vaste CO<sub>2</sub>-concentratie berekend: het lekverlies, de fotosynthese, het totale verbruik en de efficiency. Met efficiency wordt bedoeld de hoeveelheid koolzuur die door de planten opgenomen wordt als percentage van het totale verbruik, dus:

$$\text{efficiency} = \frac{\text{fotosynthese}}{\text{fotosynthese} + \text{lekverlies}} * 100 \%$$

## 2.4 EFFEKTEN VAN DOSERING

De resultaten van CO<sub>2</sub>-dosering staan in de tweede serie tabellen (II). Hierbij is uitgegaan van een startsituatie met 330 ppm CO<sub>2</sub> in de kaslucht. Voor een constant verondersteld lichtnivo en constante windsnelheid is berekend op welk evenwichtsnivo de CO<sub>2</sub>-concentratie uitkomt. Met tijdstappen van een minuut is doorgerekend wat de momentane CO<sub>2</sub>-concentratie is (onder invloed van lekverliezen en fotosynthese), hoe groot de fotosynthese is (o.a. afhankelijk van de CO<sub>2</sub>-concentratie) en hoe groot het lekverlies is (ook beïnvloed door de CO<sub>2</sub>-concentratie). Verder is steeds de efficiency berekend, dus de CO<sub>2</sub>-opname door de planten in % van het totale verbruik (= in % van de toegediende CO<sub>2</sub>).

Uit de berekeningen blijkt dat in een aantal situaties geen evenwicht bereikt wordt tussen CO<sub>2</sub>-aanvoer en -afvoer, althans niet binnen redelijke tijd. Bij een dosering die hoog is vergeleken met de opname en/of lekverliezen, blijft de CO<sub>2</sub>-concentratie erg lang stijgen. Pas na lange tijd (meer dan een etmaal!) wordt de afname even hoog als de aanvoer, doordat het lekverlies toeneemt met toenemende koolzuurconcentratie.

### Opmerkingen:

- In de tabellen is het evenwichtsnivo vermeld als dat binnen 10 uur werd bereikt. Wanneer dit niet het geval was, is de CO<sub>2</sub>-concentratie vermeld die na 5 uur in de kaslucht aanwezig was. Dit is aangegeven met een \*.
- Uiteraard is 5 uur (of 10 uur) niet erg realistisch. De lichtintensiteit blijft immers nooit zolang onveranderd, zoals in de berekeningen is aangenomen.
- Verder zijn, zowel in de eerste als in de tweede serie berekeningen (tabellen I en II), een aantal situaties slechts hypothetisch. Het zal bij voorbeeld in de praktijk nooit voorkomen dat de luchtramen dichtliggen, terwijl er zeer veel instraling is, of dat er gedurende lange tijd 2000 ppm CO<sub>2</sub> in de kaslucht aanwezig is, terwijl er 20 % luchting staat.

## 3. RESULTATEN

FIG. 1 : Koolzuur situaties in kassen

FIG. 2 : De efficiency van het CO<sub>2</sub>-verbruik in verschillende situaties

TAB. I : Tabellen van CO<sub>2</sub>-verbruik onder verschillende omstandigheden

TAB. II: Tabellen van evenwichtssituaties bij verschillende CO<sub>2</sub>-doseringen en verschillende omstandigheden.

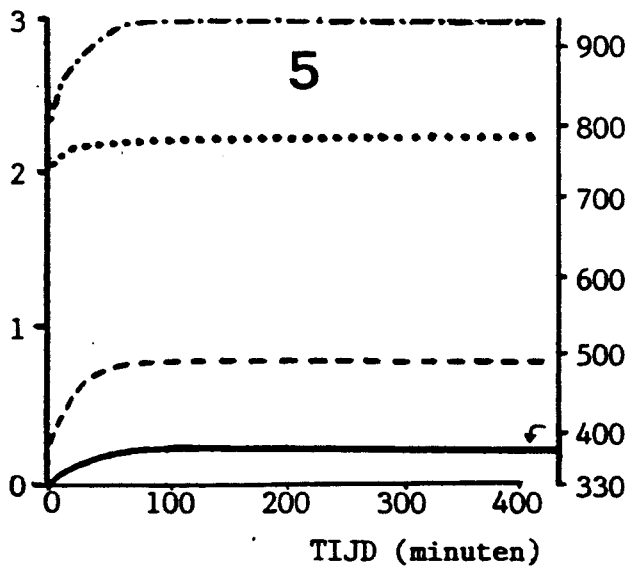
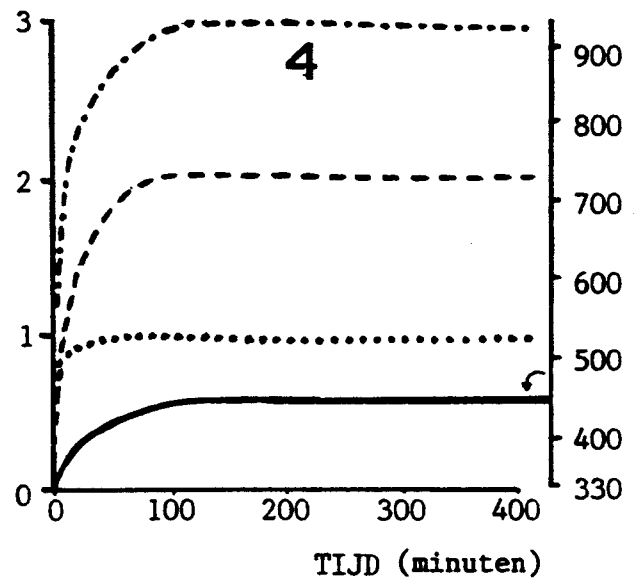
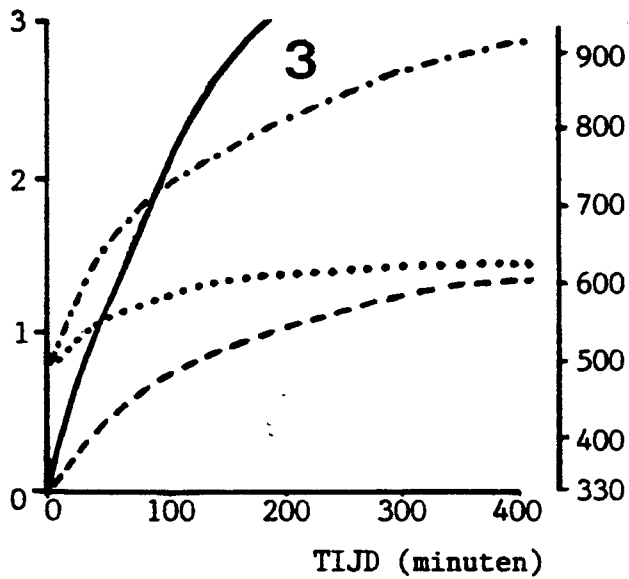
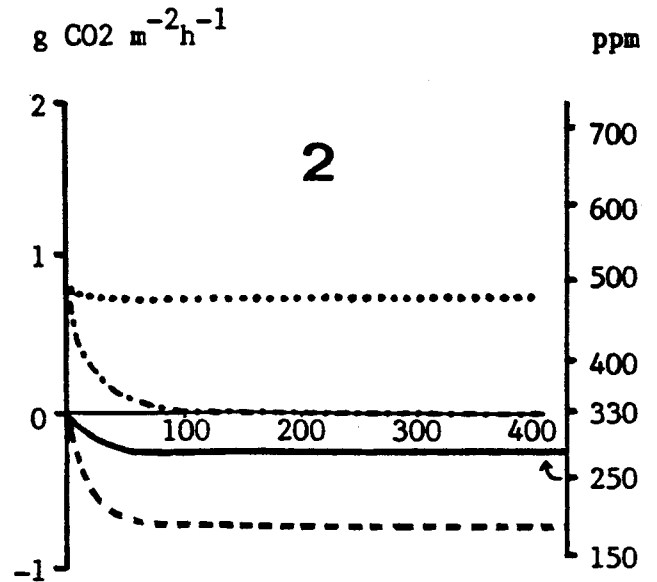
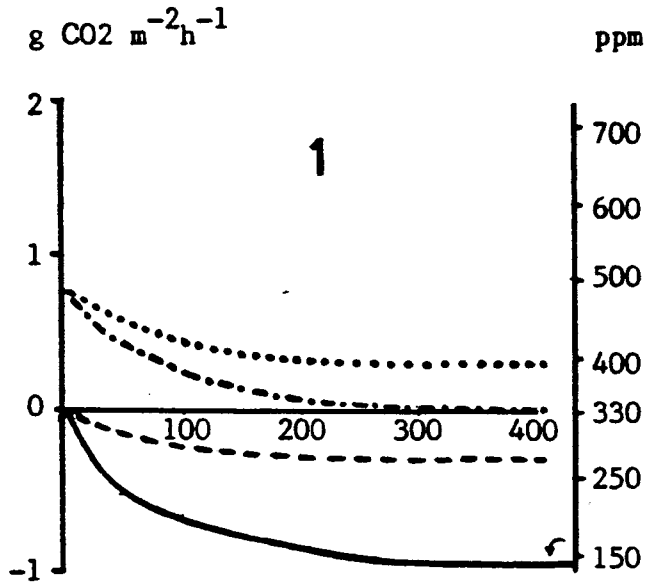


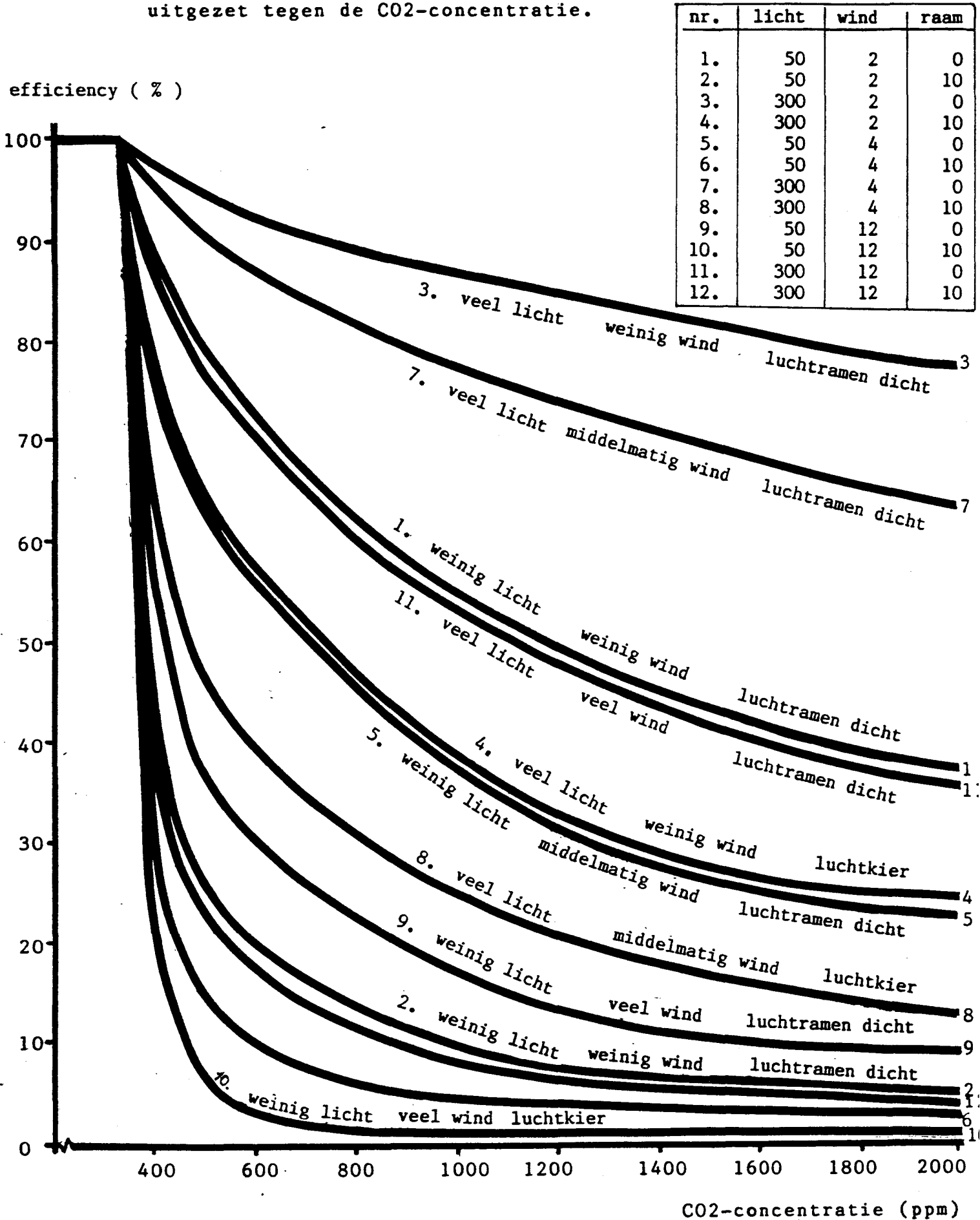
FIG. 1: KOOLZUURSITUATIES IN KASSEN

1. dosering 0, raam 0, licht 100
2. dosering 0, raam 10, licht 100
3. dosering 3, raam 0, licht 100
4. dosering 3, raam 10, licht 100
5. dosering 3, raam 10, licht 300

wind 4 m/s; verder zie tekst

- ..... fotosynthese ( $\text{g m}^{-2}\text{h}^{-1}$ )
- lekverlies ( " )
- . - . - . totaal verbruik ( " )
- CO<sub>2</sub>-concentratie (ppm)

**FIG. 2:** De efficiency van het CO<sub>2</sub>-verbruik in verschillende situaties, uitgezet tegen de CO<sub>2</sub>-concentratie.





TAB.I-a CO2 VERBRUIK bij 200 ppm CO2 en 0% raamopening

WS	LI	VV	LEKV	FOT	VERBR	EFF
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-
0.00	50.00	0.00	0.00	0.23	0.23	100.00
0.00	100.00	0.00	0.00	0.49	0.49	100.00
0.00	300.00	0.00	0.00	1.28	1.28	100.00
0.00	500.00	0.00	0.00	1.83	1.83	100.00
2.00	0.00	0.14	-0.11	0.00	-0.11	-
2.00	50.00	0.14	-0.11	0.23	0.12	100.00
2.00	100.00	0.14	-0.11	0.49	0.38	100.00
2.00	300.00	0.14	-0.11	1.28	1.17	100.00
2.00	500.00	0.14	-0.11	1.83	1.72	100.00
4.00	0.00	0.28	-0.22	0.00	-0.22	-
4.00	50.00	0.28	-0.22	0.23	0.01	100.00
4.00	100.00	0.28	-0.22	0.49	0.27	100.00
4.00	300.00	0.28	-0.22	1.28	1.06	100.00
4.00	500.00	0.28	-0.22	1.83	1.61	100.00
8.00	0.00	0.56	-0.44	0.00	-0.44	-
8.00	50.00	0.56	-0.44	0.23	-0.21	-
8.00	100.00	0.56	-0.44	0.49	0.05	100.00
8.00	300.00	0.56	-0.44	1.28	0.85	100.00
8.00	500.00	0.56	-0.44	1.83	1.40	100.00
12.00	0.00	0.84	-0.66	0.00	-0.66	-
12.00	50.00	0.84	-0.66	0.23	-0.43	-
12.00	100.00	0.84	-0.66	0.49	-0.17	-
12.00	300.00	0.84	-0.66	1.28	0.63	100.00
12.00	500.00	0.84	-0.66	1.83	1.18	100.00

Wind­nelheid m/s, ventilat­ievoud h-1, effici­ency (%),  
 LI is licht (PAR) buiten de kas in W/m<sup>2</sup>,  
 Lek­verlies, fotosynthese en verbruik in 8 CO2 m-2 h-1

TAB.I-c CO2 VERBRUIK bij 200 ppm CO2 en 10% raamopening

WS	LI	VV	LEKV	FOT	VERBR	EFF
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-
0.00	50.00	0.00	0.00	0.23	0.23	100.00
0.00	100.00	0.00	0.00	0.49	0.49	100.00
0.00	300.00	0.00	0.00	1.28	1.28	100.00
0.00	500.00	0.00	0.00	1.83	1.83	100.00
2.00	0.00	1.54	-1.20	0.00	-1.20	-
2.00	50.00	1.54	-1.20	0.23	-0.97	-
2.00	100.00	1.54	-1.20	0.49	-0.71	-
2.00	300.00	1.54	-1.20	1.28	0.08	100.00
2.00	500.00	1.54	-1.20	1.83	0.63	100.00
4.00	0.00	3.08	-2.40	0.00	-2.40	-
4.00	50.00	3.08	-2.40	0.23	-2.18	-
4.00	100.00	3.08	-2.40	0.49	-1.91	-
4.00	300.00	3.08	-2.40	1.28	-1.12	-
4.00	500.00	3.08	-2.40	1.83	-0.57	-
8.00	0.00	6.16	-4.80	0.00	-4.80	-
8.00	50.00	6.16	-4.80	0.23	-4.58	-
8.00	100.00	6.16	-4.80	0.49	-4.32	-
8.00	300.00	6.16	-4.80	1.28	-3.52	-
8.00	500.00	6.16	-4.80	1.83	-2.97	-
12.00	0.00	9.24	-7.21	0.00	-7.21	-
12.00	50.00	9.24	-7.21	0.23	-6.98	-
12.00	100.00	9.24	-7.21	0.49	-6.72	-
12.00	300.00	9.24	-7.21	1.28	-5.92	-
12.00	500.00	9.24	-7.21	1.83	-5.37	-

TAB.I-d CO2 VERBRUIK bij 200 ppm CO2 en 20% raamopening

WS	LI	VV	LEKV	FOT	VERBR	EFF
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-
0.00	50.00	0.00	0.00	0.23	0.23	100.00
0.00	100.00	0.00	0.00	0.49	0.49	100.00
0.00	300.00	0.00	0.00	1.28	1.28	100.00
0.00	500.00	0.00	0.00	1.83	1.83	100.00
2.00	0.00	2.94	-2.29	0.00	-2.29	-
2.00	50.00	2.94	-2.29	0.23	-2.07	-
2.00	100.00	2.94	-2.29	0.49	-1.80	-
2.00	300.00	2.94	-2.29	1.28	-1.01	-
2.00	500.00	2.94	-2.29	1.83	-0.46	-
4.00	0.00	5.88	-4.59	0.00	-4.59	-
4.00	50.00	5.88	-4.59	0.23	-4.36	-
4.00	100.00	5.88	-4.59	0.49	-4.10	-
4.00	300.00	5.88	-4.59	1.28	-3.30	-
4.00	500.00	5.88	-4.59	1.83	-2.75	-
8.00	0.00	11.76	-9.17	0.00	-9.17	-
8.00	50.00	11.76	-9.17	0.23	-8.95	-
8.00	100.00	11.76	-9.17	0.49	-8.68	-
8.00	300.00	11.76	-9.17	1.28	-7.89	-
8.00	500.00	11.76	-9.17	1.83	-7.34	-
12.00	0.00	17.64	-13.76	0.00	-13.76	-
12.00	50.00	17.64	-13.76	0.23	-13.53	-
12.00	100.00	17.64	-13.76	0.49	-13.27	-
12.00	300.00	17.64	-13.76	1.28	-12.48	-
12.00	500.00	17.64	-13.76	1.83	-11.93	-

Wind­nelheid m/s, ventilat­ievoud h-1, effici­ency (%),  
 LI is licht (PAR) buiten de kas in W/m<sup>2</sup>,  
 Lek­verlies, fotosynthese en verbruik in 8 CO2 m-2 h-1

3.I-e CO2 VERBRUIK bij 330 ppm CO2 en 0% raamopening

WS	LI	VV	LEKV	FOT	VERBR	EFF
00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-
00	50.00	0.00	0.00	0.38	0.38	100.00
00	100.00	0.00	0.00	0.78	0.78	100.00
00	300.00	0.00	0.00	2.01	2.01	100.00
00	500.00	0.00	0.00	2.88	2.88	100.00
00	0.00	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00
00	50.00	0.14	0.00	0.38	0.38	100.00
00	100.00	0.14	0.00	0.78	0.78	100.00
00	300.00	0.14	0.00	2.01	2.01	100.00
00	500.00	0.14	0.00	2.88	2.88	100.00
00	0.00	0.28	0.00	0.00	0.00	0.00
00	50.00	0.28	0.00	0.38	0.38	100.00
00	100.00	0.28	0.00	0.78	0.78	100.00
00	300.00	0.28	0.00	2.01	2.01	100.00
00	500.00	0.28	0.00	2.88	2.88	100.00
00	0.00	0.56	0.00	0.00	0.00	0.00
00	50.00	0.56	0.00	0.38	0.38	100.00
00	100.00	0.56	0.00	0.78	0.78	100.00
00	300.00	0.56	0.00	2.01	2.01	100.00
00	500.00	0.56	0.00	2.88	2.88	100.00
00	0.00	0.84	0.00	0.00	0.00	0.00
00	50.00	0.84	0.00	0.38	0.38	100.00
00	100.00	0.84	0.00	0.78	0.78	100.00
00	300.00	0.84	0.00	2.01	2.01	100.00
00	500.00	0.84	0.00	2.88	2.88	100.00

TAB.I-f CO2 VERBRUIK bij 330 ppm CO2 en 20% raamopening

WS	LI	VV	LEKV	FOT	VERBR	EFF
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-
0.00	50.00	0.00	0.00	0.38	0.38	100.00
0.00	100.00	0.00	0.00	0.78	0.78	100.00
0.00	300.00	0.00	0.00	2.01	2.01	100.00
0.00	500.00	0.00	0.00	2.88	2.88	100.00
2.00	0.00	2.94	0.00	0.00	0.00	0.00
2.00	50.00	2.94	0.00	0.38	0.38	100.00
2.00	100.00	2.94	0.00	0.78	0.78	100.00
2.00	300.00	2.94	0.00	2.01	2.01	100.00
2.00	500.00	2.94	0.00	2.88	2.88	100.00
4.00	0.00	5.88	0.00	0.00	0.00	0.00
4.00	50.00	5.88	0.00	0.38	0.38	100.00
4.00	100.00	5.88	0.00	0.78	0.78	100.00
4.00	300.00	5.88	0.00	2.01	2.01	100.00
4.00	500.00	5.88	0.00	2.88	2.88	100.00
8.00	0.00	11.76	0.00	0.00	0.00	0.00
8.00	50.00	11.76	0.00	0.38	0.38	100.00
8.00	100.00	11.76	0.00	0.78	0.78	100.00
8.00	300.00	11.76	0.00	2.01	2.01	100.00
8.00	500.00	11.76	0.00	2.88	2.88	100.00
12.00	0.00	17.64	0.00	0.00	0.00	0.00
12.00	50.00	17.64	0.00	0.38	0.38	100.00
12.00	100.00	17.64	0.00	0.78	0.78	100.00
12.00	300.00	17.64	0.00	2.01	2.01	100.00
12.00	500.00	17.64	0.00	2.88	2.88	100.00

Windsnelheid m/s, ventilatievoud h-1, efficiency (%),  
 LI is licht (PAR) buiten de kas in W/m<sup>2</sup>,  
 Lekverlies, fotosynthese en verbruik in g CO2 m-2 h-1

TAB.I-g CO2 VERBRUIK bij 500 ppm CO2 en 0% raamopening

WS	LI	VV	LEKV	FOT	VERBR	EFF
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-
0.00	50.00	0.00	0.00	0.50	0.50	100.00
0.00	100.00	0.00	0.00	1.02	1.02	100.00
0.00	300.00	0.00	0.00	2.68	2.68	100.00
0.00	500.00	0.00	0.00	3.90	3.90	100.00
2.00	0.00	0.14	0.14	0.00	0.14	0.00
2.00	50.00	0.14	0.14	0.50	0.65	77.90
2.00	100.00	0.14	0.14	1.02	1.17	87.75
2.00	300.00	0.14	0.14	2.68	2.82	94.94
2.00	500.00	0.14	0.14	3.90	4.04	96.47
4.00	0.00	0.28	0.29	0.00	0.29	0.00
4.00	50.00	0.28	0.29	0.50	0.79	63.80
4.00	100.00	0.28	0.29	1.02	1.31	78.17
4.00	300.00	0.28	0.29	2.68	2.97	90.37
4.00	500.00	0.28	0.29	3.90	4.19	93.18
8.00	0.00	0.56	0.57	0.00	0.57	0.00
8.00	50.00	0.56	0.57	0.50	1.07	46.85
8.00	100.00	0.56	0.57	1.02	1.59	64.16
8.00	300.00	0.56	0.57	2.68	3.25	82.43
8.00	500.00	0.56	0.57	3.90	4.47	87.23
12.00	0.00	0.84	0.86	0.00	0.86	0.00
12.00	50.00	0.84	0.86	0.50	1.36	37.01
12.00	100.00	0.84	0.86	1.02	1.88	54.41
12.00	300.00	0.84	0.86	2.68	3.54	75.77
12.00	500.00	0.84	0.86	3.90	4.76	81.99

TAB.I-h CO2 VERBRUIK bij 500 ppm CO2 en 5% raamopening

WS	LI	VV	LEKV	FOT	VERBR	EFF
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-
0.00	50.00	0.00	0.00	0.50	0.50	100.00
0.00	100.00	0.00	0.00	1.02	1.02	100.00
0.00	300.00	0.00	0.00	2.68	2.68	100.00
0.00	500.00	0.00	0.00	3.90	3.90	100.00
2.00	0.00	0.84	0.86	0.00	0.86	0.00
2.00	50.00	0.84	0.86	0.50	1.36	37.01
2.00	100.00	0.84	0.86	1.02	1.88	54.41
2.00	300.00	0.84	0.86	2.68	3.54	75.77
2.00	500.00	0.84	0.86	3.90	4.76	81.99
4.00	0.00	1.68	1.71	0.00	1.71	0.00
4.00	50.00	1.68	1.71	0.50	2.22	22.71
4.00	100.00	1.68	1.71	1.02	2.74	37.38
4.00	300.00	1.68	1.71	2.68	4.39	60.99
4.00	500.00	1.68	1.71	3.90	5.61	69.47
8.00	0.00	3.36	3.43	0.00	3.43	0.00
8.00	50.00	3.36	3.43	0.50	3.93	12.81
8.00	100.00	3.36	3.43	1.02	4.45	22.98
8.00	300.00	3.36	3.43	2.68	6.11	43.88
8.00	500.00	3.36	3.43	3.90	7.33	53.23
12.00	0.00	5.04	5.14	0.00	5.14	0.00
12.00	50.00	5.04	5.14	0.50	5.64	8.92
12.00	100.00	5.04	5.14	1.02	6.16	16.59
12.00	300.00	5.04	5.14	2.68	7.82	34.26
12.00	500.00	5.04	5.14	3.90	9.04	43.14

Windsnelheid m/s, ventilatievoud h-1, efficiency (%),  
 LI is licht (PAR) buiten de kas in W/m<sup>2</sup>,  
 Lekverlies, fotosynthese en verbruik in g CO2 m-2 h-1

TAB.I-i CO2 VERBRUIK bij 500 ppm CO2 en 10% raamopening

WS	LI	VV	LEKV	FOT	VERBR	EFF
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-
0.00	50.00	0.00	0.00	0.50	0.50	100.00
0.00	100.00	0.00	0.00	1.02	1.02	100.00
0.00	300.00	0.00	0.00	2.68	2.68	100.00
0.00	500.00	0.00	0.00	3.90	3.90	100.00
2.00	0.00	1.54	1.57	0.00	1.57	0.00
2.00	50.00	1.54	1.57	0.50	2.07	24.27
2.00	100.00	1.54	1.57	1.02	2.59	39.43
2.00	300.00	1.54	1.57	2.68	4.25	63.04
2.00	500.00	1.54	1.57	3.90	5.47	71.29
4.00	0.00	3.08	3.14	0.00	3.14	0.00
4.00	50.00	3.08	3.14	0.50	3.65	13.81
4.00	100.00	3.08	3.14	1.02	4.16	24.56
4.00	300.00	3.08	3.14	2.68	5.82	46.03
4.00	500.00	3.08	3.14	3.90	7.04	55.39
8.00	0.00	6.16	6.28	0.00	6.28	0.00
8.00	50.00	6.16	6.28	0.50	6.79	7.42
8.00	100.00	6.16	6.28	1.02	7.31	14.00
8.00	300.00	6.16	6.28	2.68	8.96	29.90
8.00	500.00	6.16	6.28	3.90	10.18	38.30
12.00	0.00	9.24	9.42	0.00	9.42	0.00
12.00	50.00	9.24	9.42	0.50	9.93	5.07
12.00	100.00	9.24	9.42	1.02	10.45	9.79
12.00	300.00	9.24	9.42	2.68	12.10	22.14
12.00	500.00	9.24	9.42	3.90	13.32	29.27

TAB.I-j CO2 VERBRUIK bij 500 ppm CO2 en 20% raamopening

WS	LI	VV	LEKV	FOT	VERBR	EFF
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-
0.00	50.00	0.00	0.00	0.50	0.50	100.00
0.00	100.00	0.00	0.00	1.02	1.02	100.00
0.00	300.00	0.00	0.00	2.68	2.68	100.00
0.00	500.00	0.00	0.00	3.90	3.90	100.00
2.00	0.00	2.94	3.00	0.00	3.00	0.00
2.00	50.00	2.94	3.00	0.50	3.50	14.38
2.00	100.00	2.94	3.00	1.02	4.02	25.43
2.00	300.00	2.94	3.00	2.68	5.68	47.19
2.00	500.00	2.94	3.00	3.90	6.90	56.53
4.00	0.00	5.88	6.00	0.00	6.00	0.00
4.00	50.00	5.88	6.00	0.50	6.50	7.74
4.00	100.00	5.88	6.00	1.02	7.02	14.57
4.00	300.00	5.88	6.00	2.68	8.68	30.88
4.00	500.00	5.88	6.00	3.90	9.90	39.40
8.00	0.00	11.76	12.00	0.00	12.00	0.00
8.00	50.00	11.76	12.00	0.50	12.50	4.03
8.00	100.00	11.76	12.00	1.02	13.02	7.86
8.00	300.00	11.76	12.00	2.68	14.67	18.26
8.00	500.00	11.76	12.00	3.90	15.90	24.54
12.00	0.00	17.64	17.99	0.00	17.99	0.00
12.00	50.00	17.64	17.99	0.50	18.50	2.72
12.00	100.00	17.64	17.99	1.02	19.02	5.38
12.00	300.00	17.64	17.99	2.68	20.67	12.96
12.00	500.00	17.64	17.99	3.90	21.89	17.81

Windsnelheid m/s, ventilatievoud h-1, efficiency (%),  
 LI is licht (PAR) buiten de kas in W/m<sup>2</sup>,  
 Lekverlies, fotosynthese en verbruik in g CO2 m-2 h-1

TAB.I-k CO2 VERBRUIK bij 1000 ppm CO2 en 0% raamopening

WS	LI	VV	LEKV	FOT	VERBR	EFF
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-
0.00	50.00	0.00	0.00	0.69	0.69	100.00
0.00	100.00	0.00	0.00	1.39	1.39	100.00
0.00	300.00	0.00	0.00	3.81	3.81	100.00
0.00	500.00	0.00	0.00	5.74	5.74	100.00
2.00	0.00	0.14	0.56	0.00	0.56	0.00
2.00	50.00	0.14	0.56	0.69	1.25	54.93
2.00	100.00	0.14	0.56	1.39	1.96	71.24
2.00	300.00	0.14	0.56	3.81	4.37	87.13
2.00	500.00	0.14	0.56	5.74	6.31	91.07
4.00	0.00	0.28	1.13	0.00	1.13	0.00
4.00	50.00	0.28	1.13	0.69	1.81	37.86
4.00	100.00	0.28	1.13	1.39	2.52	55.33
4.00	300.00	0.28	1.13	3.81	4.94	77.20
4.00	500.00	0.28	1.13	5.74	6.87	83.61
8.00	0.00	0.56	2.25	0.00	2.25	0.00
8.00	50.00	0.56	2.25	0.69	2.94	23.35
8.00	100.00	0.56	2.25	1.39	3.65	38.24
8.00	300.00	0.56	2.25	3.81	6.06	62.86
8.00	500.00	0.56	2.25	5.74	7.99	71.84
12.00	0.00	0.84	3.38	0.00	3.38	0.00
12.00	50.00	0.84	3.38	0.69	4.06	16.88
12.00	100.00	0.84	3.38	1.39	4.77	29.22
12.00	300.00	0.84	3.38	3.81	7.19	53.02
12.00	500.00	0.84	3.38	5.74	9.12	62.97

TAB.I-l CO2 VERBRUIK bij 1000 ppm CO2 en 5% raamopening

WS	LI	VV	LEKV	FOT	VERBR	EFF
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-
0.00	50.00	0.00	0.00	0.69	0.69	100.00
0.00	100.00	0.00	0.00	1.39	1.39	100.00
0.00	300.00	0.00	0.00	3.81	3.81	100.00
0.00	500.00	0.00	0.00	5.74	5.74	100.00
2.00	0.00	0.84	3.38	0.00	3.38	0.00
2.00	50.00	0.84	3.38	0.69	4.06	16.88
2.00	100.00	0.84	3.38	1.39	4.77	29.22
2.00	300.00	0.84	3.38	3.81	7.19	53.02
2.00	500.00	0.84	3.38	5.74	9.12	62.97
4.00	0.00	1.68	6.75	0.00	6.75	0.00
4.00	50.00	1.68	6.75	0.69	7.44	9.22
4.00	100.00	1.68	6.75	1.39	8.15	17.11
4.00	300.00	1.68	6.75	3.81	10.56	36.07
4.00	500.00	1.68	6.75	5.74	12.50	45.96
8.00	0.00	3.36	13.51	0.00	13.51	0.00
8.00	50.00	3.36	13.51	0.69	14.19	4.83
8.00	100.00	3.36	13.51	1.39	14.90	9.36
8.00	300.00	3.36	13.51	3.81	17.32	22.01
8.00	500.00	3.36	13.51	5.74	19.25	29.83
12.00	0.00	5.04	20.26	0.00	20.26	0.00
12.00	50.00	5.04	20.26	0.69	20.95	3.27
12.00	100.00	5.04	20.26	1.39	21.65	6.44
12.00	300.00	5.04	20.26	3.81	24.07	15.83
12.00	500.00	5.04	20.26	5.74	26.00	22.08

Wind snelheid m/s, ventilatievoud h-1, efficiency (%),  
LI is licht (PAR) buiten de kas in W/m<sup>2</sup>,  
LEKVERLIES, fotosynthese en verbruik in g CO<sub>2</sub> m-2 h-1

TAB.I-m CO2 VERBRUIK bij 1000 ppm CO2 en 10% raamopening

WS	LI	VV	LEKV	FOT	VERBR	EFF
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-
0.00	50.00	0.00	0.00	0.69	0.69	100.00
0.00	100.00	0.00	0.00	1.39	1.39	100.00
0.00	300.00	0.00	0.00	3.81	3.81	100.00
0.00	500.00	0.00	0.00	5.74	5.74	100.00
2.00	0.00	1.54	6.19	0.00	6.19	0.00
2.00	50.00	1.54	6.19	0.69	6.88	9.97
2.00	100.00	1.54	6.19	1.39	7.58	18.38
2.00	300.00	1.54	6.19	3.81	10.00	38.10
2.00	500.00	1.54	6.19	5.74	11.93	48.12
4.00	0.00	3.08	12.38	0.00	12.38	0.00
4.00	50.00	3.08	12.38	0.69	13.07	5.25
4.00	100.00	3.08	12.38	1.39	13.78	10.12
4.00	300.00	3.08	12.38	3.81	16.19	23.54
4.00	500.00	3.08	12.38	5.74	18.12	31.69
8.00	0.00	6.16	24.76	0.00	24.76	0.00
8.00	50.00	6.16	24.76	0.69	25.45	2.70
8.00	100.00	6.16	24.76	1.39	26.16	5.33
8.00	300.00	6.16	24.76	3.81	28.57	13.34
8.00	500.00	6.16	24.76	5.74	30.51	18.82
12.00	0.00	9.24	37.14	0.00	37.14	0.00
12.00	50.00	9.24	37.14	0.69	37.83	1.81
12.00	100.00	9.24	37.14	1.39	38.54	3.62
12.00	300.00	9.24	37.14	3.81	40.96	9.30
12.00	500.00	9.24	37.14	5.74	42.89	13.39

TAB.I-n CO2 VERBRUIK bij 1000 ppm CO2 en 20% raamopening

WS	LI	VV	LEKV	FOT	VERBR	EFF
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-
0.00	50.00	0.00	0.00	0.69	0.69	100.00
0.00	100.00	0.00	0.00	1.39	1.39	100.00
0.00	300.00	0.00	0.00	3.81	3.81	100.00
0.00	500.00	0.00	0.00	5.74	5.74	100.00
2.00	0.00	2.94	11.82	0.00	11.82	0.00
2.00	50.00	2.94	11.82	0.69	12.50	5.49
2.00	100.00	2.94	11.82	1.39	13.21	10.55
2.00	300.00	2.94	11.82	3.81	15.63	24.38
2.00	500.00	2.94	11.82	5.74	17.56	32.70
4.00	0.00	5.88	23.64	0.00	23.64	0.00
4.00	50.00	5.88	23.64	0.69	24.32	2.82
4.00	100.00	5.88	23.64	1.39	25.03	5.57
4.00	300.00	5.88	23.64	3.81	27.45	13.88
4.00	500.00	5.88	23.64	5.74	29.38	19.55
8.00	0.00	11.76	47.28	0.00	47.28	0.00
8.00	50.00	11.76	47.28	0.69	47.96	1.43
8.00	100.00	11.76	47.28	1.39	48.67	2.86
8.00	300.00	11.76	47.28	3.81	51.09	7.46
8.00	500.00	11.76	47.28	5.74	53.02	10.83
12.00	0.00	17.64	70.91	0.00	70.91	0.00
12.00	50.00	17.64	70.91	0.69	71.60	0.96
12.00	100.00	17.64	70.91	1.39	72.31	1.93
12.00	300.00	17.64	70.91	3.81	74.72	5.10
12.00	500.00	17.64	70.91	5.74	76.66	7.49

Wind snelheid m/s, ventilatievoud h-1, efficiency (%),  
LI is licht (PAR) buiten de kas in W/m<sup>2</sup>,  
LEKVERLIES, fotosynthese en verbruik in g CO<sub>2</sub> m-2 h-1

TAB.I-o CO2 VERBRUIK bij 2000 ppm CO2 en 0% raamopening

WS	LI	VV	LEKV	FOT	VERBR	EFF
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-
0.00	50.00	0.00	0.00	0.82	0.82	100.00
0.00	100.00	0.00	0.00	1.67	1.67	100.00
0.00	300.00	0.00	0.00	4.77	4.77	100.00
0.00	500.00	0.00	0.00	7.45	7.45	100.00
2.00	0.00	0.14	1.40	0.00	1.40	0.00
2.00	50.00	0.14	1.40	0.82	2.22	36.80
2.00	100.00	0.14	1.40	1.67	3.07	54.37
2.00	300.00	0.14	1.40	4.77	6.17	77.28
2.00	500.00	0.14	1.40	7.45	8.85	84.15
4.00	0.00	0.28	2.81	0.00	2.81	0.00
4.00	50.00	0.28	2.81	0.82	3.62	22.55
4.00	100.00	0.28	2.81	1.67	4.48	37.34
4.00	300.00	0.28	2.81	4.77	7.58	62.97
4.00	500.00	0.28	2.81	7.45	10.26	72.64
8.00	0.00	0.56	5.61	0.00	5.61	0.00
8.00	50.00	0.56	5.61	0.82	6.43	12.71
8.00	100.00	0.56	5.61	1.67	7.28	22.95
8.00	300.00	0.56	5.61	4.77	10.38	45.95
8.00	500.00	0.56	5.61	7.45	13.06	57.04
12.00	0.00	0.84	8.42	0.00	8.42	0.00
12.00	50.00	0.84	8.42	0.82	9.23	8.85
12.00	100.00	0.84	8.42	1.67	10.09	16.57
12.00	300.00	0.84	8.42	4.77	13.19	36.17
12.00	500.00	0.84	8.42	7.45	15.87	46.95

Windsnelheid m/s, ventilatievoud h-1, efficiency (%),  
 LI is licht (PAR) buiten de kas in W/m<sup>2</sup>,  
 Lekverlies, fotosynthese en verbruik in 8 CO2 m-2 h-1

TAB.I-q CO2 VERBRUIK bij 2000 ppm CO2 en 10% raamopening

WS	LI	VV	LEKV	FOT	VERBR	EFF
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-
0.00	50.00	0.00	0.00	0.82	0.82	100.00
0.00	100.00	0.00	0.00	1.67	1.67	100.00
0.00	300.00	0.00	0.00	4.77	4.77	100.00
0.00	500.00	0.00	0.00	7.45	7.45	100.00
2.00	0.00	1.54	15.43	0.00	15.43	0.00
2.00	50.00	1.54	15.43	0.82	16.25	5.03
2.00	100.00	1.54	15.43	1.67	17.10	9.78
2.00	300.00	1.54	15.43	4.77	20.20	23.61
2.00	500.00	1.54	15.43	7.45	22.88	32.56
4.00	0.00	3.08	30.86	0.00	30.86	0.00
4.00	50.00	3.08	30.86	0.82	31.68	2.58
4.00	100.00	3.08	30.86	1.67	32.53	5.14
4.00	300.00	3.08	30.86	4.77	35.63	13.39
4.00	500.00	3.08	30.86	7.45	38.31	19.45
8.00	0.00	6.16	61.72	0.00	61.72	0.00
8.00	50.00	6.16	61.72	0.82	62.54	1.31
8.00	100.00	6.16	61.72	1.67	63.39	2.64
8.00	300.00	6.16	61.72	4.77	66.49	7.17
8.00	500.00	6.16	61.72	7.45	69.17	10.77
12.00	0.00	9.24	92.58	0.00	92.58	0.00
12.00	50.00	9.24	92.58	0.82	93.40	0.87
12.00	100.00	9.24	92.58	1.67	94.26	1.77
12.00	300.00	9.24	92.58	4.77	97.36	4.90
12.00	500.00	9.24	92.58	7.45	100.03	7.45

Windsnelheid m/s, ventilatievoud h-1, efficiency (%),  
 LI is licht (PAR) buiten de kas in W/m<sup>2</sup>,  
 Lekverlies, fotosynthese en verbruik in 8 CO2 m-2 h-1

TAB.I-p CO2 VERBRUIK bij 2000 ppm CO2 en 5% raamopening

WS	LI	VV	LEKV	FOT	VERBR	EFF
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-
0.00	50.00	0.00	0.00	0.82	0.82	100.00
0.00	100.00	0.00	0.00	1.67	1.67	100.00
0.00	300.00	0.00	0.00	4.77	4.77	100.00
0.00	500.00	0.00	0.00	7.45	7.45	100.00
2.00	0.00	0.84	8.42	0.00	8.42	0.00
2.00	50.00	0.84	8.42	0.82	9.23	8.85
2.00	100.00	0.84	8.42	1.67	10.09	16.57
2.00	300.00	0.84	8.42	4.77	13.19	36.17
2.00	500.00	0.84	8.42	7.45	15.87	46.95
4.00	0.00	1.68	16.83	0.00	16.83	0.00
4.00	50.00	1.68	16.83	0.82	17.65	4.63
4.00	100.00	1.68	16.83	1.67	18.51	9.03
4.00	300.00	1.68	16.83	4.77	21.60	22.08
4.00	500.00	1.68	16.83	7.45	24.28	30.68
8.00	0.00	3.36	33.67	0.00	33.67	0.00
8.00	50.00	3.36	33.67	0.82	34.48	2.37
8.00	100.00	3.36	33.67	1.67	35.34	4.73
8.00	300.00	3.36	33.67	4.77	38.44	12.41
8.00	500.00	3.36	33.67	7.45	41.12	18.12
12.00	0.00	5.04	50.50	0.00	50.50	0.00
12.00	50.00	5.04	50.50	0.82	51.32	1.59
12.00	100.00	5.04	50.50	1.67	52.17	3.20
12.00	300.00	5.04	50.50	4.77	55.27	8.63
12.00	500.00	5.04	50.50	7.45	57.95	12.86

Windsnelheid m/s, ventilatievoud h-1, efficiency (%),  
 LI is licht (PAR) buiten de kas in W/m<sup>2</sup>,  
 Lekverlies, fotosynthese en verbruik in 8 CO2 m-2 h-1

TAB.I-f CO2 VERBRUIK bij 2000 ppm CO2 en 20% raamopening

WS	LI	VV	LEKV	FOT	VERBR	EFF
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-
0.00	50.00	0.00	0.00	0.82	0.82	100.00
0.00	100.00	0.00	0.00	1.67	1.67	100.00
0.00	300.00	0.00	0.00	4.77	4.77	100.00
0.00	500.00	0.00	0.00	7.45	7.45	100.00
2.00	0.00	2.94	29.46	0.00	29.46	0.00
2.00	50.00	2.94	29.46	0.82	30.28	2.70
2.00	100.00	2.94	29.46	1.67	31.13	5.37
2.00	300.00	2.94	29.46	4.77	34.23	13.94
2.00	500.00	2.94	29.46	7.45	36.91	20.19
4.00	0.00	5.88	58.92	0.00	58.92	0.00
4.00	50.00	5.88	58.92	0.82	59.73	1.37
4.00	100.00	5.88	58.92	1.67	60.59	2.76
4.00	300.00	5.88	58.92	4.77	63.69	7.49
4.00	500.00	5.88	58.92	7.45	66.37	11.23
8.00	0.00	11.76	117.84	0.00	117.84	0.00
8.00	50.00	11.76	117.84	0.82	118.65	0.69
8.00	100.00	11.76	117.84	1.67	119.51	1.40
8.00	300.00	11.76	117.84	4.77	122.61	3.89
8.00	500.00	11.76	117.84	7.45	125.29	5.95
12.00	0.00	17.64	176.75	0.00	176.75	0.00
12.00	50.00	17.64	176.75	0.82	177.57	0.46
12.00	100.00	17.64	176.75	1.67	178.42	0.94
12.00	300.00	17.64	176.75	4.77	181.52	2.63
12.00	500.00	17.64	176.75	7.45	184.20	4.04

Windsnelheid m/s, ventilatievoud h-1, efficiency (%),  
 LI is licht (PAR) buiten de kas in W/m<sup>2</sup>,  
 Lekverlies, fotosynthese en verbruik in 8 CO2 m-2 h-1

TAB. II-a: Evenwichtsituaties bij dosering van 0 g CO<sub>2</sub> m-2 h-1 bij verschillende windnelheden, lichtintensiteiten en raamopeningen.

WS	LI	RAAMOPENING 0 %				RAAMOPENING 1 %				RAAMOPENING 5 %				RAAMOPENING 10 %				RAAMOPENING 20 %							
		CONC	TIJD	FOTOS	EFF	CONC	TIJD	FOTOS	EFF	CONC	TIJD	FOTOS	EFF	CONC	TIJD	FOTOS	EFF	CONC	TIJD	FOTOS	EFF	CONC	TIJD	FOTOS	EFF
0	0	330	0	0.00	-	330	0	0.00	-	330	0	0.00	-	330	0	0.00	-	330	0	0.00	-	330	0	0.00	-
0	10	314	*	0.02	100	314	*	0.02	100	315	*	0.02	100	316	*	0.02	100	318	*	0.02	100	314	*	0.02	100
0	50	133	*	0.11	100	133	*	0.11	100	147	*	0.14	100	158	*	0.16	100	178	*	0.19	100	133	*	0.11	100
0	100	83	*	0.02	100	86	*	0.04	100	93	*	0.08	100	101	*	0.13	100	118	*	0.21	100	83	*	0.02	100
0	300	74	216	0.00	-	75	221	0.02	100	77	232	0.06	100	74	216	0.00	100	74	216	0.00	100	74	216	0.00	100
0	500	73	139	0.00	-	75	143	0.02	100	75	149	0.06	100	73	139	0.00	100	73	139	0.00	100	73	139	0.00	100
.1	0	330	0	0.00	-	330	0	0.00	-	330	0	0.00	-	330	0	0.00	-	330	0	0.00	-	330	0	0.00	-
.1	10	314	*	0.02	100	314	*	0.03	100	315	*	0.02	100	316	*	0.02	100	318	*	0.02	100	314	*	0.02	100
.1	50	135	*	0.11	100	138	*	0.12	100	147	*	0.14	100	158	*	0.16	100	178	*	0.19	100	135	*	0.11	100
.1	100	85	*	0.03	100	86	*	0.04	100	93	*	0.08	100	101	*	0.13	100	118	*	0.21	100	85	*	0.03	100
.1	300	75	219	0.01	100	75	221	0.02	100	77	232	0.06	100	74	216	0.00	100	74	216	0.00	100	74	216	0.00	100
.1	500	73	141	0.01	100	75	143	0.02	100	75	149	0.06	100	76	157	0.12	100	79	173	0.22	100	73	159	0.00	100
2	0	330	0	0.00	-	330	0	0.00	-	330	0	0.00	-	330	0	0.00	-	330	0	0.00	-	330	0	0.00	-
2	10	321	*	0.02	100	321	*	0.02	100	326	434	0.02	100	327	240	0.02	100	328	126	0.02	100	321	240	0.02	100
2	50	207	*	0.19	100	207	*	0.24	100	267	539	0.31	100	292	321	0.34	100	290	176	0.36	100	207	539	0.31	100
2	100	147	*	0.20	100	147	*	0.32	100	221	475	0.55	100	260	311	0.64	100	260	179	0.70	100	147	475	0.55	100
2	300	97	267	0.21	100	97	302	0.39	100	149	303	0.91	100	194	245	1.25	100	194	164	1.55	100	97	267	0.21	100
2	500	87	171	0.21	100	87	200	0.41	100	125	200	1.03	100	167	206	1.51	100	217	150	1.99	100	87	171	0.21	100
4	0	330	0	0.00	-	330	0	0.00	-	330	0	0.00	-	330	0	0.00	-	330	0	0.00	-	330	0	0.00	-
4	10	321	*	0.02	100	324	*	0.02	100	327	220	0.02	100	328	120	0.02	100	329	62	0.02	100	321	220	0.02	100
4	50	207	*	0.24	100	246	*	0.29	100	295	297	0.35	100	310	168	0.36	100	319	89	0.37	100	207	297	0.35	100
4	100	147	*	0.32	100	191	585	0.47	100	265	290	0.65	100	291	172	0.71	100	309	93	0.74	100	147	585	0.47	100
4	300	97	302	0.39	100	124	319	0.69	100	201	234	1.29	100	245	159	1.57	100	280	90	1.76	100	97	302	0.39	100
4	500	87	200	0.41	100	106	231	0.75	100	173	199	1.57	100	220	145	2.02	100	262	90	2.38	100	87	200	0.41	100
8	0	330	0	0.00	-	330	0	0.00	-	330	0	0.00	-	330	0	0.00	-	330	0	0.00	-	330	0	0.00	-
8	10	324	*	0.02	100	327	328	0.02	100	328	110	0.02	100	329	59	0.02	100	329	62	0.02	100	324	328	0.02	100
8	50	246	*	0.29	100	280	425	0.33	100	312	155	0.36	100	320	89	0.37	100	324	43	0.37	100	246	425	0.33	100
8	100	192	*	0.47	100	241	394	0.60	100	294	159	0.71	100	309	86	0.74	100	319	46	0.76	100	192	394	0.60	100
8	300	124	319	0.69	100	170	280	1.07	100	250	148	1.60	100	282	89	1.77	100	303	48	1.88	100	124	280	1.07	100
8	500	106	231	0.75	100	143	225	1.25	100	226	137	2.08	100	265	86	2.40	100	292	48	2.61	100	106	231	0.75	100
12	0	330	0	0.00	-	330	0	0.00	-	330	0	0.00	-	330	0	0.00	-	330	0	0.00	-	330	0	0.00	-
12	10	326	434	0.02	100	327	220	0.02	100	329	72	0.02	100	329	38	0.02	100	329	19	0.02	100	326	434	0.02	100
12	50	267	539	0.31	100	295	297	0.35	100	317	104	0.37	100	323	56	0.37	100	326	28	0.38	100	267	539	0.31	100
12	100	221	475	0.55	100	265	290	0.65	100	305	108	0.73	100	316	59	0.75	100	322	30	0.76	100	221	475	0.55	100
12	300	149	303	0.91	100	201	234	1.29	100	273	106	1.72	100	296	61	1.85	100	311	30	1.92	100	149	303	0.91	100
12	500	125	234	1.03	100	173	199	1.57	100	253	102	2.31	100	284	60	2.55	100	304	31	2.70	100	125	234	1.03	100

CONC = CO<sub>2</sub>-concentratie (ppm) bij evenwicht  
 of bij \*: na 300 min. vanaf aanvang dosering  
 TIJD = tijd (min.) nodig om van 330 ppm tot evenwichtsnivo te komen  
 \* = geen evenwicht bereikt binnen 600 min.  
 FOTOS = fotosynthese (g CO<sub>2</sub> m-2h-1) in evenwichtsituatie  
 EFF = efficiency (\*) van de CO<sub>2</sub>-dosering bij de evenwichtconcentratie

TAB. II-b: Evenwichtsituaties bij dosering van 3 g CO<sub>2</sub> m-2 h-1 bij verschillende windsnelheden, lichtintensiteiten en raamopeningen.

S	LI	RAAMOPENING 0 %				RAAMOPENING 1 %				RAAMOPENING 5 %				RAAMOPENING 10 %				RAAMOPENING 20 %							
		CONC	TIJD	FOTOS	EFF	CONC	TIJD	FOTOS	EFF	CONC	TIJD	FOTOS	EFF	CONC	TIJD	FOTOS	EFF	CONC	TIJD	FOTOS	EFF	CONC	TIJD	FOTOS	EFF
0	0	2830	*	0.00	-	2830	*	0.00	-	2830	*	0.00	-	2830	*	0.00	-	2830	*	0.00	-	2830	*	0.00	-
0	10	2754	*	0.11	100	2754	*	0.11	100	2754	*	0.11	100	2754	*	0.11	100	2754	*	0.11	100	2754	*	0.11	100
0	50	2241	*	0.83	100	2240	*	0.83	100	2240	*	0.83	100	2240	*	0.83	100	2240	*	0.83	100	2240	*	0.83	100
0	100	1692	*	1.61	100	1692	*	1.61	100	1692	*	1.61	100	1692	*	1.61	100	1692	*	1.61	100	1692	*	1.61	100
0	300	584	*	2.94	100	584	*	2.94	100	584	*	2.94	100	584	*	2.94	100	584	*	2.94	100	584	*	2.94	100
0	500	347	426	3.00	100	347	426	3.00	100	347	426	3.00	100	347	426	3.00	100	347	426	3.00	100	347	426	3.00	100
1	0	2787	*	0.00	-	2744	*	0.00	-	2585	*	0.00	-	2406	*	0.00	-	2101	*	0.00	-	2101	*	0.00	-
1	10	2712	*	0.11	53	2671	*	0.11	37	2517	*	0.11	17	2343	*	0.11	11	2048	*	0.11	11	2048	*	0.11	7
1	50	2208	*	0.83	91	2175	*	0.83	84	2054	*	0.82	65	1917	*	0.81	53	1687	*	0.81	53	1687	*	0.79	40
1	100	1669	*	1.61	97	1646	*	1.60	94	1561	*	1.58	84	1466	*	1.56	75	1305	*	1.56	75	1305	*	1.51	64
1	300	581	*	2.93	100	578	*	2.92	99	568	*	2.89	98	556	*	2.86	96	535	*	2.86	96	535	*	2.79	94
1	500	347	424	3.00	100	346	421	3.00	100	346	411	3.00	100	346	398	2.99	100	345	376	2.99	100	345	376	2.99	100
2	0	2129	*	0.00	-	1678	*	0.00	-	916	*	0.00	-	654	*	0.00	-	500	*	0.00	-	500	*	0.00	-
2	10	2075	*	0.11	7	1637	*	0.10	4	901	*	0.08	3	648	*	0.06	2	497	*	0.06	2	497	*	0.05	2
2	50	1707	*	0.79	41	1366	*	0.75	30	794	*	0.63	21	594	*	0.55	18	472	*	0.55	18	472	*	0.49	16
2	100	1320	*	1.52	65	1082	*	1.43	53	684	*	1.20	40	539	*	1.07	36	445	*	1.07	36	445	*	0.96	32
2	300	537	*	2.80	94	504	*	2.69	90	484	*	2.46	82	402	*	2.33	78	374	*	2.33	78	374	*	2.21	74
2	500	345	378	2.99	100	343	339	2.98	99	339	241	2.95	98	337	177	2.93	98	334	15	2.93	98	334	15	2.92	97
4	0	1677	*	0.00	-	1169	*	0.00	-	627	*	0.00	-	492	*	0.00	-	415	*	0.00	-	415	*	0.00	-
4	10	1637	*	0.10	4	1146	*	0.09	3	621	*	0.06	2	489	*	0.04	1	414	*	0.04	1	414	*	0.03	1
4	50	1366	*	0.75	30	984	*	0.68	24	573	*	0.54	18	466	*	0.48	16	402	*	0.48	16	402	*	0.44	15
4	100	1083	*	1.43	53	817	*	1.29	44	523	*	1.05	35	440	*	0.95	32	390	*	0.95	32	390	*	0.88	29
4	300	505	*	2.69	90	463	*	2.55	85	398	*	2.31	77	373	*	2.20	73	354	*	2.20	73	354	*	2.12	71
4	500	344	339	2.98	100	341	282	2.96	99	336	168	2.93	97	334	111	2.91	97	332	65	2.91	97	332	65	2.90	97
8	0	1169	*	0.00	-	774	*	0.00	-	478	*	0.00	-	411	*	0.00	-	372	*	0.00	-	372	*	0.00	-
8	10	1146	*	0.09	3	766	*	0.07	2	476	*	0.04	1	410	*	0.03	1	372	*	0.03	1	372	*	0.03	1
8	50	985	*	0.68	24	688	*	0.59	20	455	*	0.48	16	399	*	0.44	15	366	*	0.44	15	366	*	0.41	14
8	100	818	*	1.29	44	607	*	1.13	38	432	*	0.94	31	387	*	0.87	29	360	*	0.87	29	360	*	0.83	28
8	300	463	521	2.55	85	420	341	2.39	80	370	146	2.19	73	353	84	2.12	71	343	44	2.12	71	343	44	2.07	69
8	500	341	282	2.96	99	338	211	2.94	98	334	104	2.91	97	332	63	2.90	97	331	34	2.90	97	331	34	2.89	96
12	0	917	*	0.00	-	627	*	0.00	-	429	*	0.00	-	384	*	0.00	-	358	*	0.00	-	358	*	0.00	-
12	10	901	*	0.08	3	621	*	0.06	2	427	*	0.04	1	383	*	0.03	1	358	*	0.03	1	358	*	0.03	1
12	50	795	*	0.63	21	573	*	0.54	18	414	*	0.45	15	376	*	0.42	14	354	*	0.42	14	354	*	0.40	13
12	100	684	*	1.20	40	523	*	1.05	35	399	*	0.89	30	368	*	0.84	28	350	*	0.84	28	350	*	0.81	27
12	300	437	411	2.46	82	398	255	2.31	77	358	101	2.14	71	346	57	2.09	70	338	28	2.09	70	338	28	2.05	68
12	500	340	241	2.95	98	336	168	2.93	98	333	75	2.90	97	331	43	2.90	97	331	22	2.90	97	331	22	2.89	96

CONC = CO<sub>2</sub>-concentratie (ppm) bij evenwicht  
 of bij \*: na 300 min. vanaf aanvang dosering  
 TIJD = tijd (min.) nodig om van 330 ppm tot evenwichtsnivo te komen  
 \* = geen evenwicht bereikt binnen 600 min.  
 FOTOS = fotosynthese (g CO<sub>2</sub> m-2h-1) in evenwichtsituatie  
 EFF = efficiency (%) van de CO<sub>2</sub>-dosering bij de evenwichtconcentratie

TAB. II-c: Evenwichtsituaties bij dosering van 10 g CO<sub>2</sub> m-2 h-1 bij verschillende windnelheden, lichtintensiteiten en raamopeningen.

WS	LI	RAAMOPENING %				RAAMOPENING %				RAAMOPENING %				RAAMOPENING %							
		CONC	TIJD	FOTOS	EFF	CONC	TIJD	FOTOS	EFF	CONC	TIJD	FOTOS	EFF	CONC	TIJD	FOTOS	EFF	CONC	TIJD	FOTOS	EFF
0	0	8663	*	0.00	-	8663	*	0.00	-	8663	*	0.00	-	8663	*	0.00	-	8663	*	0.00	-
0	10	8567	*	0.13	100	8568	*	0.13	100	8567	*	0.13	100	8567	*	0.13	100	8567	*	0.13	100
0	50	7948	*	0.94	100	7948	*	0.94	100	7948	*	0.94	100	7948	*	0.94	100	7948	*	0.94	100
0	100	7207	*	1.94	100	7207	*	1.94	100	7207	*	1.94	100	7207	*	1.94	100	7207	*	1.94	100
0	300	4648	*	5.55	100	4649	*	5.55	100	4648	*	5.55	100	4648	*	5.55	100	4648	*	5.55	100
0	500	2851	*	8.17	100	2851	*	8.17	100	2851	*	8.17	100	2851	*	8.17	100	2851	*	8.17	100
0	0	8519	*	0.00	-	8379	*	0.00	-	7849	*	0.00	-	7250	*	0.00	-	6236	*	0.00	-
0	10	8425	*	0.13	28	8286	*	0.13	16	7203	*	0.13	6	7170	*	0.13	4	6167	*	0.13	2
0	50	7817	*	0.94	75	7688	*	0.94	60	6532	*	0.94	35	6655	*	0.93	24	5727	*	0.93	16
0	100	7088	*	1.94	87	6971	*	1.93	78	6037	*	1.93	55	6037	*	1.92	42	5200	*	1.89	30
0	300	4574	*	5.54	97	4501	*	5.53	94	2622	*	5.48	85	3919	*	5.43	76	3402	*	5.31	66
0	500	2810	*	8.14	99	2771	*	8.12	98	2622	*	8.01	93	2456	*	7.88	88	2179	*	7.63	82
2	0	6327	*	0.00	-	4819	*	0.00	-	2285	*	0.00	-	1411	*	0.00	-	896	*	0.00	-
2	10	6258	*	0.13	3	4767	*	0.12	2	2264	*	0.11	1	1401	*	0.10	1	892	*	0.08	1
2	50	5811	*	0.93	17	4433	*	0.91	12	2125	*	0.83	8	1331	*	0.75	7	860	*	0.65	5
2	100	5276	*	1.90	31	4034	*	1.85	23	1962	*	1.67	17	1250	*	1.50	15	823	*	1.30	13
2	300	3449	*	5.32	67	2690	*	5.09	56	1443	*	4.35	44	999	*	3.81	38	711	*	3.26	32
2	500	2204	*	7.66	83	1799	*	7.21	75	1116	*	6.03	60	840	*	5.28	53	639	*	4.54	45
4	0	4819	*	0.00	-	3127	*	0.00	0	1322	*	0.00	-	871	*	0.00	-	613	*	0.00	-
4	10	4767	*	0.12	2	3095	*	0.12	1	1313	*	0.09	1	867	*	0.08	1	611	*	0.06	1
4	50	4433	*	0.91	12	2891	*	0.87	9	1249	*	0.73	7	836	*	0.64	6	597	*	0.55	5
4	100	4034	*	1.85	23	2649	*	1.75	18	1176	*	1.47	15	801	*	1.28	13	581	*	1.11	11
4	300	2690	*	5.09	56	1856	*	4.68	48	951	*	3.73	37	696	*	3.23	32	534	*	2.79	27
4	500	1799	*	7.21	74	1349	*	6.52	66	808	*	5.18	52	627	*	4.50	45	502	*	3.91	39
8	0	3127	*	0.00	-	1813	*	0.00	-	826	*	0.00	-	600	*	0.00	-	471	*	0.00	-
8	10	3096	*	0.12	1	1798	*	0.10	1	822	*	0.07	1	599	*	0.06	1	471	*	0.05	1
8	50	2891	*	0.87	9	1696	*	0.79	7	795	*	0.63	6	585	*	0.55	5	464	*	0.48	4
8	100	2649	*	1.75	18	1578	*	1.59	16	763	*	1.26	12	570	*	1.10	11	457	*	0.97	9
8	300	1856	*	4.68	48	1208	*	4.10	41	669	*	3.16	32	525	*	2.76	27	436	*	2.46	24
8	500	1349	*	6.52	66	973	*	5.67	57	607	*	4.41	44	495	*	3.88	39	422	*	3.47	34
12	0	2285	*	0.00	-	1322	*	0.00	-	660	*	0.00	-	510	*	0.00	-	424	*	0.00	-
12	10	2264	*	0.11	1	1312	*	0.09	1	658	*	0.06	1	509	*	0.05	1	424	*	0.03	1
12	50	2125	*	0.88	8	1249	*	0.73	7	641	*	0.57	6	501	*	0.50	5	420	*	0.45	4
12	100	1962	*	1.67	17	1176	*	1.47	15	622	*	1.19	11	492	*	1.01	10	415	*	0.91	9
12	300	1443	*	4.35	44	951	*	3.73	37	565	*	2.88	29	464	*	2.56	25	402	*	2.32	23
12	500	1117	*	6.03	60	809	*	5.18	52	527	*	4.04	40	445	*	3.61	36	393	*	3.30	33

CONC = CO<sub>2</sub>-concentratie (ppm) bij evenwicht  
 of bij \*: na 300 min. vanaf aanvang dosering  
 TIJD = tijd (min.) nodig om van 330 ppm tot evenwichtsnivo te komen  
 \* = geen evenwicht bereikt binnen 600 min.  
 FOTOS = fotosynthese (g CO<sub>2</sub> m-2h-1) in evenwichtsituatie



## 4. DISKUSSIE

### 4.1 CO<sub>2</sub>-EVENWICHT IN VERSCHILLENDE SITUATIES

In fig. 1 is weergegeven hoe de evenwichtconcentratie tot stand komt bij enkele doseerhoeveelheden, raamopeningen en lichtintensiteiten. Aangenomen is dat deze omstandigheden niet veranderen in een paar uur tijd.

In fig. 1.1 is er geen dosering en geen luchting. Uitgaande van 330 ppm CO<sub>2</sub> in de kaslucht op tijdstip 0 zien we een daling van de CO<sub>2</sub>-concentratie (—) tot beneden 150 ppm. De fotosynthese (.....) neemt af ten gevolge van de dalende CO<sub>2</sub>-concentratie. Het lekverlies (----) is negatief, omdat de CO<sub>2</sub>-concentratie binnen lager is dan buiten. Er stroomt dus CO<sub>2</sub> van buiten naar binnen. Hoe lager het CO<sub>2</sub>-nivo in de kas wordt, hoe verder negatief het lekverlies. Het duurt heel lang voordat de instroming even groot is geworden als de fotosynthese. Doordat ze elkaar dan compenseren is het verbruik (-.-.-) nul geworden en is er een evenwichts CO<sub>2</sub>-nivo bereikt, dat op 144 ppm ligt. Na 300 minuten is er bijna evenwicht, maar het duurt twee keer zo lang, ruim 700 minuten, voordat het echt bereikt is.

In fig. 1.2 wordt ook niet gedoseerd maar wel gelucht. Er kan dus gemakkelijker CO<sub>2</sub> naar binnen stromen. Het stabiele evenwichtsnivo ligt nu hoger, op 290 ppm en het wordt veel sneller bereikt, al na 100 minuten bijna en na 170 minuten helemaal.

In fig. 1.3 wordt wel gedoseerd en de CO<sub>2</sub>-concentratie stijgt dus, als we uitgaan van 330 ppm op tijdstip 0. Bij stijgende CO<sub>2</sub>-concentratie stijgt ook de fotosynthese, tot een maximum van 1.5 g p. m<sup>2</sup> p. uur. Het lekverlies stijgt zolang de CO<sub>2</sub>-concentratie stijgt. Er wordt pas evenwicht bereikt als het totale verbruik (fotosynthese en lekverlies samen) precies even groot is als de dosering (3 g p. m<sup>2</sup> p. uur). Doordat de dosering zo hoog is, wordt het evenwicht pas na meer dan 20 uur bereikt. De concentratie is dan ruim 1200 ppm.

In fig. 1.4 is hetzelfde te zien, maar vanwege de raamopening is het lekverlies al snel vrij groot. De fotosynthese wordt niet zo hoog als in fig. 1.3, omdat het CO<sub>2</sub>-nivo niet zover kan stijgen. Na ruim 3 uur is er evenwicht bereikt dat op 440 ppm ligt.

In fig. 1.5 is het lichtnivo hoog, waardoor de fotosynthese groter is. Na 2.5 uur is er evenwicht op 373 ppm.

In de tabellen II zijn de berekende evenwichten bij vele andere situaties weergegeven.

### 4.2 HET BEREKENDE VERBRUIK

In de tabellen is het berekende CO<sub>2</sub>-verbruik beschreven van een "gemiddelde" kas met een juist volgroeid komkommengewas. Het verbruik varieert van ca. een halve gram p. m<sup>2</sup> p. uur (bij weinig licht en geen lekverlies) tot ver boven 100 g p. m<sup>2</sup> p. uur (bij veel ventilatie en veel dosering).

Enkele veel gehanteerde cijfers over CO<sub>2</sub>-verbruik in de praktijk zijn te vinden in de brochure van het proefstation "Aspekten van CO<sub>2</sub>-dosering". (blz 40-41). Volgens die brochure moet er 25 m<sup>3</sup> aardgas p. ha p. uur worden verstoekt om 1000 ppm te handhaven bij gesloten ramen. Dit komt overeen met 4.5 g CO<sub>2</sub> p. m<sup>2</sup> p. uur. Op een heldere dag bij geopende luchtramen moet volgens de brochure ca. 2.5 m<sup>3</sup> gas p. ha p. uur worden verstoekt (dit is 0.45 g CO<sub>2</sub> p. m<sup>2</sup> p. uur) om het buitennivo te handhaven.

Uit tabel I-k blijkt dat het eerste gegeven een bruikwaarde richtwaarde is voor de gekozen kas met gewas. Alleen bij harde wind en bij veel licht kan het verbruik groter zijn dan de vermelde 4.5 g CO<sub>2</sub> p. m<sup>2</sup> p. uur. Als in die situaties niet meer dan 25 m<sup>3</sup> gas verstoekt wordt, zal blijken dat het nivo van 1000 ppm niet gehaald wordt.

Het tweede gegeven (0.45 g CO<sub>2</sub> p. m<sup>2</sup> p. uur om het buitennivo te handhaven bij veel licht en luchting) klopt met deze berekeningen. Bij 20% luchting wordt zonder dosering een evenwicht bereikt dat iets beneden het buitennivo ligt. Bij 20 % luchting en 1 g p. m<sup>2</sup> p. uur dosering wordt een evenwicht bereikt iets boven het buitennivo (tabel II-a en II-b).

#### 4.3 DE EFFICIENCY

In fig. 2 is de efficiency weergegeven van koolzuur in verschillende situaties, uitgezet tegen de CO<sub>2</sub>-concentratie. Deze cijfers zijn afkomstig uit de tabellen I en II. Aangenomen is weer dat de lichtintensiteit, de windsnelheid, de raamopening en de CO<sub>2</sub>-concentratie constant zijn, m.a.w. dat er een dynamisch evenwicht is.

Volledige efficiency (100%) wordt alleen bereikt wanneer het CO<sub>2</sub>-nivo in de kas lager is dan buiten. Het lekverlies is dan nul (of zelfs negatief), want er stroomt juist CO<sub>2</sub> van buiten naar binnen. Zodra het CO<sub>2</sub>-nivo door dosering boven dat van de buitenlucht komt, daalt de efficiency vrij sterk.

Het hoogste is de efficiency bij veel licht, weinig wind en geen luchting. De fotosynthese is dan hoog en het lekverlies gering. Bij minder licht is het rendement direkt veel lager (zie b.v. lijn 1 t.o.v. lijn 3). Bij opening van de luchtramen daalt het rendement tot een derde à de helft (lijn 4 t.o.v. 3). Bij weinig licht, veel wind en een kiertje lucht is bij hogere CO<sub>2</sub>-concentratie de efficiency nog slechts één of enkele procenten.

#### 4.4 TENSLOTTE

Het is duidelijk dat het doseren tot hoge concentraties, zeker in situaties zoals laatst genoemde, erg duur is. Het kan echter in theorie toch economisch verantwoord zijn, als de opbrengst maar genoeg toeneemt door de CO<sub>2</sub>-dosering. Voor een antwoord op de vraag of er al of niet gedoseerd moet worden en tot welk nivo (b.v. voor toepassing in een regelprogramma), moet een economische optimalisatie worden uitgevoerd. Hiervoor moet nauwkeurig bekend zijn hoe een verhoging van de fotosynthese tot uitdrukking komt in een verhoging van de produktie. Vervolgens moeten de kosten van dosering en de baten van de extra produktie tegen elkaar afgewogen worden. Deze aspecten zijn niet verwerkt in het gebruikte model, maar wel in het uitgebreide model van het CABO (Schapendonk en Gaastra, 1984).

## 5. LITERATUUR

- Acock B., Charles-Edwards D.A., Fitter D.J., Hand D.W., Ludwig L.J., Warren Wilson J. and Withers A.C., 1978. The contribution of leaves from different levels within a tomato crop to canopy net photosynthesis: An experimental examination of two canopy models. *J. Exp. Bot.*, 29: 815-827.
- Bot G.P.A., 1983. Greenhouse climate: from physical processes to a dynamic model. Proefschrift LH, Wageningen.
- Goedhart M., Nederhoff E.M., Udink ten Cate A.J., Bot G.P.A., 1984. Methods and instruments for ventilation rate measurements. *Acta Hort.* 148: 393-400.
- Goedhart M., 1984. Ventilatiemetingen in kassen op het proefstation. Pers. meded. (intern verslag in voorbereiding).
- Hey e.a., 1984. Aspecten van koolzuurtoediening. Informatiereeks van het proefstation Naaldwijk, nr. 85.
- Nederhoff E.M., 1982. Meting van ventilatievoud in kassen onder praktijk omstandigheden. Doct. verslag vakgroep natuur- en weerkunde, LH, Wageningen.
- Schapendonk A.H.C.M. en Gaastra P., 1984. Physiological aspects of optimal CO<sub>2</sub>-control in protected cultivation. *Acta Hort.* 148: 477-484.
- Schapendonk A.H.C.M. en Gaastra P., 1984. A simulation study on CO<sub>2</sub>-concentration in protected cultivation. *Scientia Hort.* (in druk).
- Tilburg W. van, 1984. Een simulatiestudie: het effect van CO<sub>2</sub> op de groei en opbrengst van een komkommengewas onder glas. Doct. verslag vakgroep informatica, LH, Wageningen.