

Effektiv användning av naturgas i trädgårdsnäringen

Delprojekt 1



SYDKRAFT



FUD 87

FORSKNING • UTVECKLING • DEMONSTRATION

EFFEKTIV ANVÄNDNING AV NATURGAS
I TRÄDGÅRDSNÄRINGEN

DELPROJEKT 1

Stockholm 1988-09-05

THEORELL + VBB ENERGIKONSULTER AB

Lars Bernhardsen / Göran Fermbäck

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

	Sid
1. SAMMANFATTNING	1
2. PROJEKTBEKRIVNING	2
3. CO ₂ -GÖDSLING MED NATURGAS	3
3.1 Inledning	3
3.2 Systembeskrivning av CO ₂ -göds- ling	3
3.3 Gaskoncentrationer	6
3.4 Kostnader för CO ₂ -gödsling	8
3.5 Tidigare erfarenheter	9
4. ELPRODUKTION MED GASMOTOR	11
4.1 Bakgrund	11
4.2 Systembeskrivning, dimensione- ring	11
4.3 Skattereglernas inverkan på energipriset	14
4.4 Lönsamhetsbedömning av gasmotorn före utbyggnad av växthuset	15
4.5 Beräkning av energikostnad under vintermånad	18
4.6 Beräkning av energikostnad under sommarmånad	19
4.7 Lönsamhetsbedömning av gasmotorn efter utbyggnad	20
4.8 Slutsatser	21
5. PANNANLÄGGNINGEN	22
5.1 Beskrivning av systemet	22
5.2 Pannanläggningens verkningsgrad	23
5.3 Mätutrustning och genomförande av mätprogram	24
5.4 Indirekt uppskattning av pannans verkningsgrad	25
6. FORTSATT ARBETE	27
6.1 CO ₂ -gödsling	27
6.2 Gasmotorers lönsamhet	27

Bilaga 1	Projektbeskrivning
Bilaga 2	CO ₂ -gödsling
2.1	Utdrag ur tidskriften Gartner Tidende angående NOx-bildning
2.2	Tillverkarinfo, Puripher CarbO-safe
2.3	Installationsexempel

1. SAMMANFATTNING

Detta projekt har genomförts av Theorell + VBB Energikonsulter AB på uppdrag av Swedegas, Sydkraft och Helsingborgs Energiverk och i enlighet med projektbeskrivningen i Bilaga 1. Syftet har varit att belysa hur naturgas kan användas på ett effektivt sätt inom växthusnäringen och vi har närmare studerat koldioxidgödsling med rökgaser, samtidig el- och värmeproduktion samt pannanläggningens effektivitet.

Koldioxid tillsätts normalt i små kvantiteter till växthus med syftet att öka produktionen. Koldioxidtillförseln sker normalt från gasflaskor eller en tank med flytande kolsyra men kan också ske med hjälp av rökgaser från en naturgaseldad panna. Den senare metoden medför att andra oönskade ämnen såsom NO_x och CO tillförs växthusluften men koncentrationen ligger långt under det av Arbetarskyddsstyrelsen föreskrivna gränsvärdet. Metoden är vanlig i både Holland och Danmark.

Studien av kombinerad el- och värmeproduktion med hjälp av en gasmotor visar att detta koncept inte är lönsamt med dagens energipriser och de beskattningsregler som gäller för växthus. Gasmotorn ger ett årligt driftöverskott som dock inte räcker för att bära investeringskostnaden. Med dagens gaspriser behövs ett elpris kring 40 öre/kWh exklusive skatt för att motorn skall bli lönsam. Däremot kan gasmotordrivna generatoraggregat vara lönsamma i andra sammanhang än i samband med produktion av belysningssel och värme för växthus.

Pannanläggningens verkningsgrad bör mätas genom en indirekt mätmetod på grund av att energin tas ut via flera vattensystem och en direkt mätning blir därför både dyr och komplicerad att genomföra. Mätningen bör genomföras i samband med att en eventuell CO_2 -gödsling med rökgaser installeras.

2. PROJEKTBESEKRVNING

Målsättningen är att få ett demonstrationsprojekt hos K.E. Petterssons Handelsträdgård för CO₂-gödsling med rökgaser från en naturgaseldad panna och en naturgasdriven gasmotor för både el- och värme-produktion.

Ovanstående demonstrationsprojekt har delats in i 3 st delprojekt enligt bifogat program i Bilaga 1, varav föreliggande delprojekt utgör den första delen.

Syfte

Det första delprojektet har följande syften:

1. Att undersöka möjligheterna för användning av rökgaserna från en naturgaseldad panna för CO₂-gödsling i växthus.
2. Att undersöka de ekonomiska förutsättningarna för att producera både el och värme med en naturgaseldad gasmotor vid en handelsträdgård.
3. Att beskriva hur mätningar på en befintlig naturgaseldad panna med kondensavgaskylare kan utföras för att bestämma systemets verkningsgrad.

3. CO₂-GÖDSLING MED NATURGAS

3.1 Inledning

Koldioxids (CO₂) positiva inverkan på fotosyntesen hos växter har varit känd i 60 år. Men det dröjde ända tills 60-talet innan det tekniskt-praktiskt blev möjligt att tillämpa CO₂-gödsling i växthus. På grund av en dålig kunskap om systemen blev det en trög start men de positiva resultaten från flera anläggningar har medfört att CO₂-gödsling idag är allmänt tillämpad.

CO₂ kan tillföras på flera sätt, t ex tillförsel av ren CO₂ från en flaska. Detta har dock visat sig vara ett relativt dyrt sätt att tillföra CO₂, varför man tidigt i Holland och England använde sig av gas-, petroleum- eller fotogenbrännare, vilka antingen placerades direkt inne i växthuset eller också leddes avgaserna in i växthuset från en panna placerad utanför växthuset.

I mitten av 70-talet upptäcktes att brännare med en flamtemperatur över 1100°C bildade kväveoxider (NO_x) från luftens naturliga kväve- och syreinhåll. I första steget bildas NO, vilken sedan inom några timmar ombildas till NO₂. Detta medför att halten NO oftast är större än för NO₂, se Kapitel 3.4, där resultat från tidigare utförda utländska mätningar redovisas.

3.2 Systembeskrivning av CO₂-gödsling

Övergripande

Systemet, som är tänkt att användas, består av en befintlig naturgaspanna med kondensavgaskylare från vilken avgaserna tas ut i pannans avgaskanal och leds till växthuset med en separat fläkt (se Fig. 1). CO₂-halten i växthuset mäts kontinuerligt och vid för låga värden (under 600 ppm) tillsätts CO₂ med avgaserna från pannan. Systemet övervakas kontinuerligt med en detektor för oförbränt (CO) och en temperaturvakt. Vid signal från CO-detektorn eller temperaturvakten stoppas tillförseln av avgaser.

Tillförsel av CO₂

Avgaserna tas ut efter kondensavgaskylaren via ett T-stycke och en avstängningsventil (se Fig. 1)

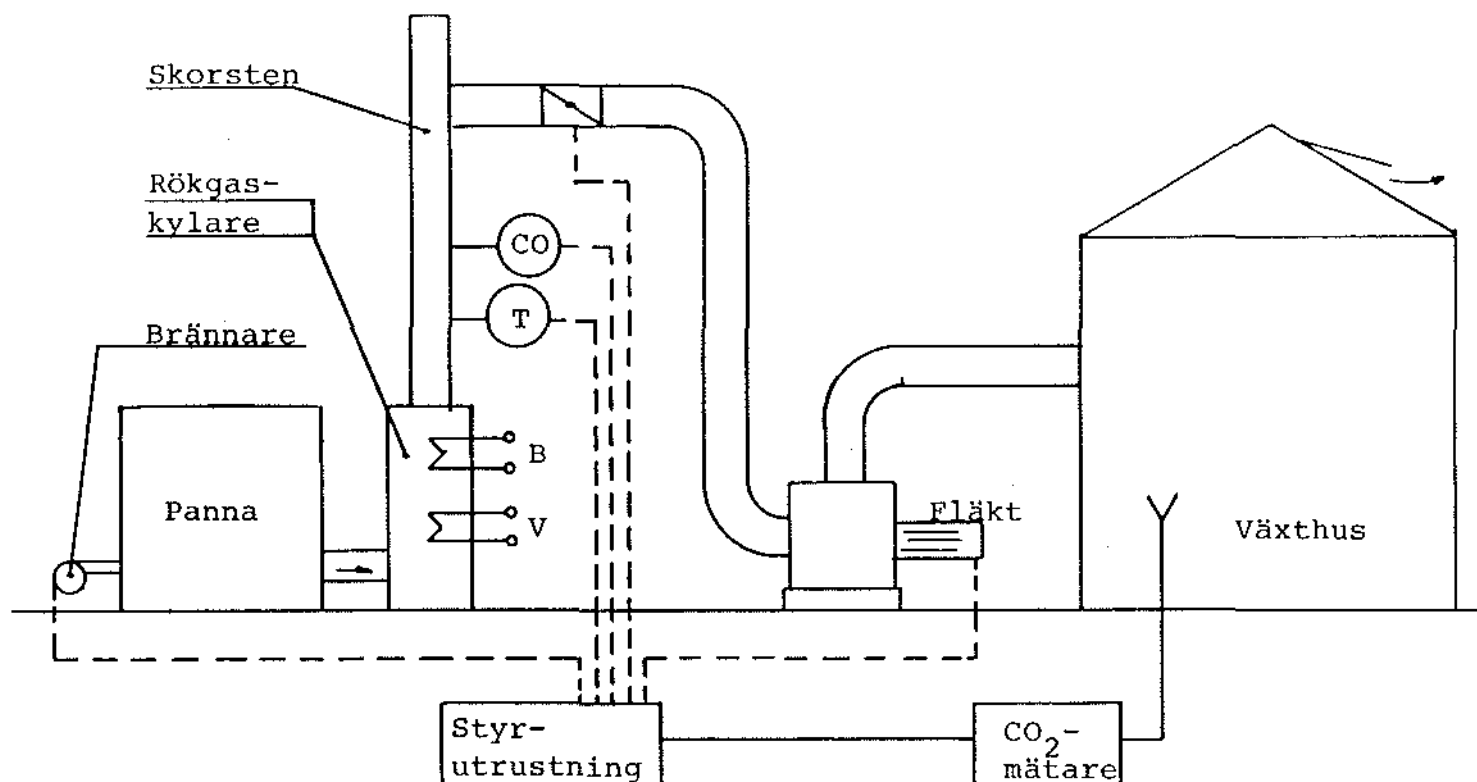


FIG 1. Systembeskrivning för CO₂-gödsling

Fläkten startar och spjället öppnar om

- a: CO₂-mätaren kallar på CO₂
- b: Pannans brännare går och har varit i drift i minst 2 minuter
- c: Temperaturen understiger 60°C
- d: Ingen CO detekteras

för att sedan transporteras via en fläkt i ett distributionssystem av PEM-rör. Fördelningen mellan växthusen styrs med hjälp av strypventiler. Vid planeringen av ett system för tillförsel av CO₂ bör följande nogt övervägas. Inga fickor får uppstå, där CO₂ och NO_x-koncentrationerna kan uppnå skadliga nivåer. Detta medför att tillförseln inte bör ske på en enda punkt utan bör fördelas över hela växthuset, t ex via en slang perforerad med små hål. Studier på Universitetet i Hannover av dylika slangar har visat, att slangdiametern bör överstiga 4 mm. Vid lägre diametrar kan fördelningen

bli ojämn på grund av tryckförluster i slangarna. I Kap. 3.4 beräknas diametrarna på rörsystemet. Beräkningen visar att minsta rördiametern ej får understiga 12 mm (antagen diameter 25 mm). Inga problem skall därför uppstå på grund av dessa tryckförluster.

Slangarna bör anbringas under borden eller direkt på marken. Detta på grund av att CO_2 är ca 35% tyngre än luft och därför först faller rakt ned på marken för att därefter snabbt fördela sig i huset. På detta sätt finns goda chanser att den tillförda CO_2 -n verkligen passerar genom plantorna, innan den föfloras på grund av ventilation och otätheter i växthuset.

Slutligen bör man försäkra sig om att motståndet i slangarna inte är större än att den mängd CO_2 , som krävs för att förse växthuset vid maximal förbrukning verkligen kan passera. Detta kan ge vissa problem i hus med tätt plantbestånd, då plantornas förbrukning av CO_2 här, vid god solinstrålning och rimligt hög temperatur, kan uppgå till $2 \text{ dm}^3 \text{ CO}_2/\text{m}^2$ och timme motsvarande $20\text{--}40 \text{ m}^3 \text{ rökgas}/1000 \text{ m}^2$.

I syfte att öka produktionen i växthuset kan CO_2 -koncentrationen ökas utöver den "naturliga", vilket innebär att ca $3 \text{ dm}^3/\text{m}^2$ och timme blåses in.

Inblåsningen av gas i växthuset sköts automatiskt av en speciell styrutrustning enligt följande sekvens.

- * CO_2 -koncentrationen är för låg (under 600 ppm)
- * pannan har varit i drift i minst 2 minuter
- * ingen av vakterna för CO eller temperaturen har löst ut

Inblåsningen avbryts sedan, när CO_2 -halten blivit 600 ppm.

Då avgaserna från pannan leds genom de oisolerade rören sjunker temperaturen under avgasernas daggpunkt. Kondensatet faller ut på rörens insida och rinner ned mot lågpunkter, där det avleds via vattenlås. Gasfördelningssystemet måste förläggas så att inga vattenpluggar bildas och så att kondensatet kan avledas.

Övervakning

Avgastemperaturen mäts kontinuerligt med hjälp av t ex en Pt-100 motståndstermometer. Om temperaturen överstiger 60°C, avbryts omedelbart CO₂-tillförseln. Vid temperaturer över 60°C kan slangarna i gasdistributionssystemet ta skada.

Det måste säkerställas att inga oförbrända beståndsdelar (exempelvis kolmonoxid, etylen) följer med avgaserna in i växthusen (se DIN 4793 och G 633).

Detta leder till att även mängden oförbrända beståndsdelar kontinuerligt mäts. För denna mätning används en halvledare, vars resistans ändras om det finns någon oförbränd rest i avgaserna. Om den uppmätta resistansändringen överstiger ett på förhand inställt referensvärde avbryts CO₂-tillförseln. Skulle halten oförbrända beståndsdelar inom en tidsperiod av 3-5 minuter sjunka under referensvärdet så återupptas CO₂-tillförseln, annars låses systemet i avstängt läge.

Referensvärdet ovan kan lägst ställas in på 15 ppm. (ppm = parts per million).

Enheten för CO-mätning har även en inbyggd självkalibrering (mot uteluft) samt en självtest, vilka kan utföras mellan 0-8 ggr/dygn.

För detektering av CO₂-halten kan en infraröd scanner användas och regleringen kan skötas av en LCC 1220 klimatcomputer.

Inblåsning av gas sker först sedan brännaren varit i drift under minst 2 minuter. Syftet med fördröjningen är att säkerställa en stabil förbränning innan avgaserna används för gödsling. Fördröjningen skapas med hjälp av ett tidrelä i styrutrustningen.

3.3 Gaskoncentrationer

Avgaser från naturgaseldade pannor

Avgaserna vid naturgaseldning innehåller ca 10,8 volymsprocent CO₂ och resten är kväve och vattenånga. Emissionen av oönskade ämnen har av utredningen Naturgas-Hälsa-Miljö uppskattats till:

Ämne	Mängd, mg/MJ	ppm
SO ₂	2	2,5
NO ₂	50	80
CO	50	80

Dessa uppskattningar baseras på den maximalt förekommande svavelhalten och på konventionella brännartyper. Räknar vi om dessa värden till den verkliga svavelhalten 7 mg/nm³ naturgas och antar att vi använder låg NO_x brännare får vi följande emissionsvärden:

Ämne	Mängd, mg/MJ	ppm
SO ₂	0,3	0,9
NO ₂	20	30
CO	30	50

Avgasflöde och koncentration i växthuset

För att ersätta växternas konsumtion av CO₂ och hålla en något förhöjd CO₂-halt kan det åtgå ca 3 dm³ CO₂/m² och timme. Växthuset är relativt väl tätade och vi räknar med en luftomsättning på ca 2 timmar. Växthuset har en genomsnittlig höjd på ca 4 meter, vilket innebär att varje kvadratmeter motsvarar 4 m³ luft. Med en tillsats av 3 dm³ CO₂/m² och timme erhålls följande avgasflöde

$$\dot{q} = \frac{0,003}{0,108} \text{ ca } 0,028 \text{ m}^3 \text{ avgas/m}^2 \text{ och timme}$$

Avgaskoncentrationer i växthuset kan beräknas enligt

$$\frac{0,003}{4 \times 0,5 \times 0,108} = 0,014 \text{ m}^3 \text{ avgas/m}^3 \text{ luft}$$

där:

luftvolym per m ² växthus	= 4 m ³
antal luftomsättningar per timme	= 0,5
CO ₂ -behov per m ² växthus	= 0,003 m ³
CO ₂ -koncentration i avgaserna	= 0,108

Med ovanstående avgaskoncentration erhålls följande halter av de ämnen som är intressanta:

Ämne	ppm (Gränsvärde)	ppm (NGHM)	ppm (Verkl)
SO ₂	2	0,035	0,013
NO ₂	2	0,7	0,42
CO	35	1,12	0,70

Observera att all NO_x här är beräknad som NO_2 . I verkligheten är drygt hälften NO , vilket ökar marginalen mot gränsvärdet. NGHМ anger värden enligt Naturgas-Hälsa-Miljö medan verkl. anger de värden, som erhålls med den verkliga svavelhalten och en låg NO_x -brännare.

3.4 Kostnader för CO_2 -gödsling

Investeringskostnaderna kan uppskattas enligt följande (se Fig. 1):

CO_2 -scanner och styrutrustning	30 000
Fläkt	32 000
CO -detektor	7 000
Rörsystem	10 500
Avstängningsventil	8 000
Montagekostnad + div. (ca 25%)	22 500
	ca 110 000

Kostnaden för rörsystemet ovan är beräknad på följande sätt.

Från naturgaspannan dras en stamledning mot växthusen. Från stamledningen dras sedan förgreningsrör till varje växthus.

Önskat rökgasflöde är beräknat till $3 \text{ m}^3/1000 \text{ m}^2$ växthus och timme. Tillåten hastighet i rören är 10 m/s .

Detta ger följande rördiametrar

stamledning 35 mm, antag 110 mm
förgreningsrör 12 mm, antag 25 mm

Stamledningens längd uppskattad till 200 m à 50 kr/m och förgreningsrören till 50 m à 6 kr/m, ger rörkostnaden 10 500 kr.

Driftkostnaderna för detta system anses bestå av endast elkraft till motorer och elektronik, vilket är försumbart.

I det befintliga systemet (dvs. utförsel av ren CO_2 från tank) uppgår driftkostnaderna till ca 100 000 kr/år (tankhyra samt förbrukning av CO_2).

Investeringskostnaderna kan således vara återbetalda på 1-1,5 år. Kan befintlig CO_2 -scanner utnyttjas blir återbetalningstiden kortare än ett år.

3.5 Tidigare erfarenheter

Avgasernas inverkan på växterna

De undersökningar, som tidigare utförts, visar alla att CO_2 -gödsling har en positiv inverkan på alla växter. En torrvikts ökning på 21-80% har kunnat registreras för tomater och på 25-100% för sallad. Men den i Kap. 3.1 omnämnda bildningen av NO_x har visat sig ha rakt motsatta effekter. Capron och Mansfield (1977) visade, att tomatplantornas fotosyntes kraftigt minskade, då plantorna utsattes för 0,6 ppm NO (parts per miljon) och 0,2 ppm NO_2 . Mortensen (1985) visade att CO_2 -gödslingens positiva effekter helt försvann, då tomatplanter utsattes för 1000 ppm CO_2 och 0,70 ppm NO_x . Anderson och Mansfield (1979) rapporterade dock, att unga tomatplanter kan dra nytta av en NO_x -koncentration på 0,6 ppm i det fall NO_x -halten i jorden är låg.

Rosenberg, Wiel och Larson (1969) slutligen visade, att en restprodukt från förbränning av naturgas kunde vara etylen (C_2H_4). Undersökningar hos Glasshouse Crops Research Institute i Littlehampton har visat, att en 4-dagars exponering vid 0,5 ppm C_2H_4 kan ge skadliga effekter på 40% av beståndet.

Uppmätta värden i befintliga växthus

Enligt Law (1982) och Hand (1983) har man uppmätt NO_x -koncentrationer på 0,3-0,7 ppm vid förbränning i gas-, petroleum- och fotogenbrännare i England. Dessa uppgifter stämmer väl överens med danska undersökningar, Saxe och Christensen (1984).

Saxe (1987) undersökte 6 danska växthus. Brännarna var i samtliga 6 fall placerade inuti växthusen och avgaserna blåstes rätt ut i växthuset. För fyra av dessa fall var primärsyftet CO_2 -gödsling. Ett av växthusen använde brännaren som enda uppvärmningskälla och det sista växthuset använde brännaren för kombinerad CO_2 -gödsling och värmetillförsel.

För de växthus som hade CO₂-gödsling som primärsyfte (nr 1-4 i tabell nedan) redovisas ett dygnsmedelvärde för NO och NO₂ enligt:

	1	2	3	4	5	6
CO ₂ ppm	1085	1710	1080	1110	2375	7415
NO ppm	0,475	0,265	0,235	0,185	2,040	1,660
NO ₂ ppm	0,100	0,170	0,060	0,060	0,770	0,750

De två övriga växthusen, där nr 6 har uppvärmning som primärsyfte, uppvisade högre koncentrationer, såväl för NO, NO₂ som för CO₂.

För hus nr 6 kan vi konstatera extremt höga koncentrationer. De toxiska gränsvärdena är för:

CO₂ = 5000 ppm
 NO₂ = 25 ppm
 NO = 5 ppm

Enligt Saxe kan man konstatera att de lägsta NO_x-koncentrationerna finns i de system, där primärsyftet är enbart CO₂-gödsling. Mätresultaten visar att NO-halten varierar mellan 0,2 och 0,5 ppm och NO₂-halten mellan 0,06 och 0,17 ppm.

Vad angår etylen så anger Hand (1982) att koncentrationer på 0,02 till 1 ppm har uppmätts i engelska växthus.

4. ELPRODUKTION MED GASMOTOR

4.1 Bakgrund

En handelsträdgård kräver ganska mycket el för belysning av växterna, vilket kan medföra höga driftskostnader. Ett sätt att minska dessa kostnader kan vara att installera en gasdriven elgenerator.

En gasdriven elgenerator har en verkningsgrad vid elgenereringen på ca 35%, vilket medför att vi för att erhålla lönsamhet, samtidigt måste kunna utnyttja energin i kylvattnet och avgaserna för t ex uppvärmning. På detta sätt kan totalverkningsgraden bli 80-86% enligt tillverkare. I de beräkningar som här utförts har totalverkningsgraden antagits till 80%.

4.2 Systembeskrivning, dimensionering

Teknisk beskrivning

Anläggningen består av en gasmotor (Ottomotor) kopplad till en generator och utrustad med automatik för infasning samt övervakningsutrustning. Ottomotorn är den mest lämpade gasmotorn inom det effektområde, som är aktuellt för växthus 100 kW till 1 MW.

Anläggningen är tänkt att kopplas in parallellt med befintligt system på såväl el (inköpt elkraft) som på värmesidan (naturgaspanna).

El- och värmebehov

Följande är känt:

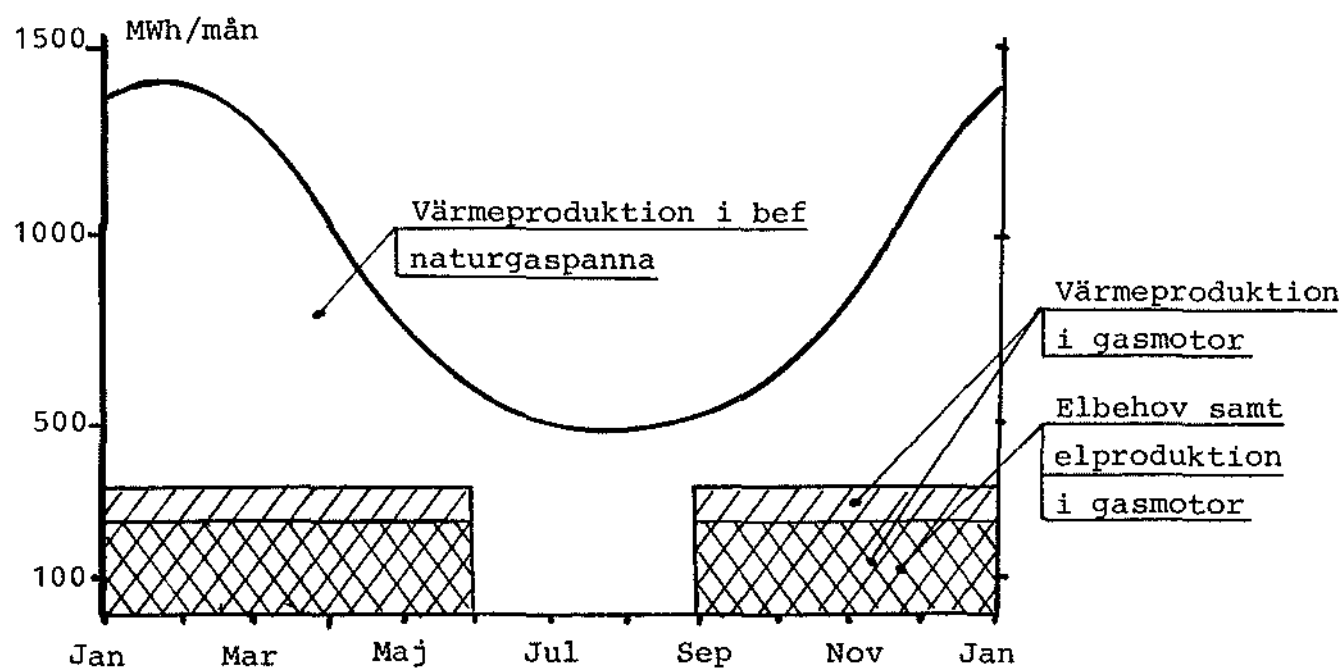
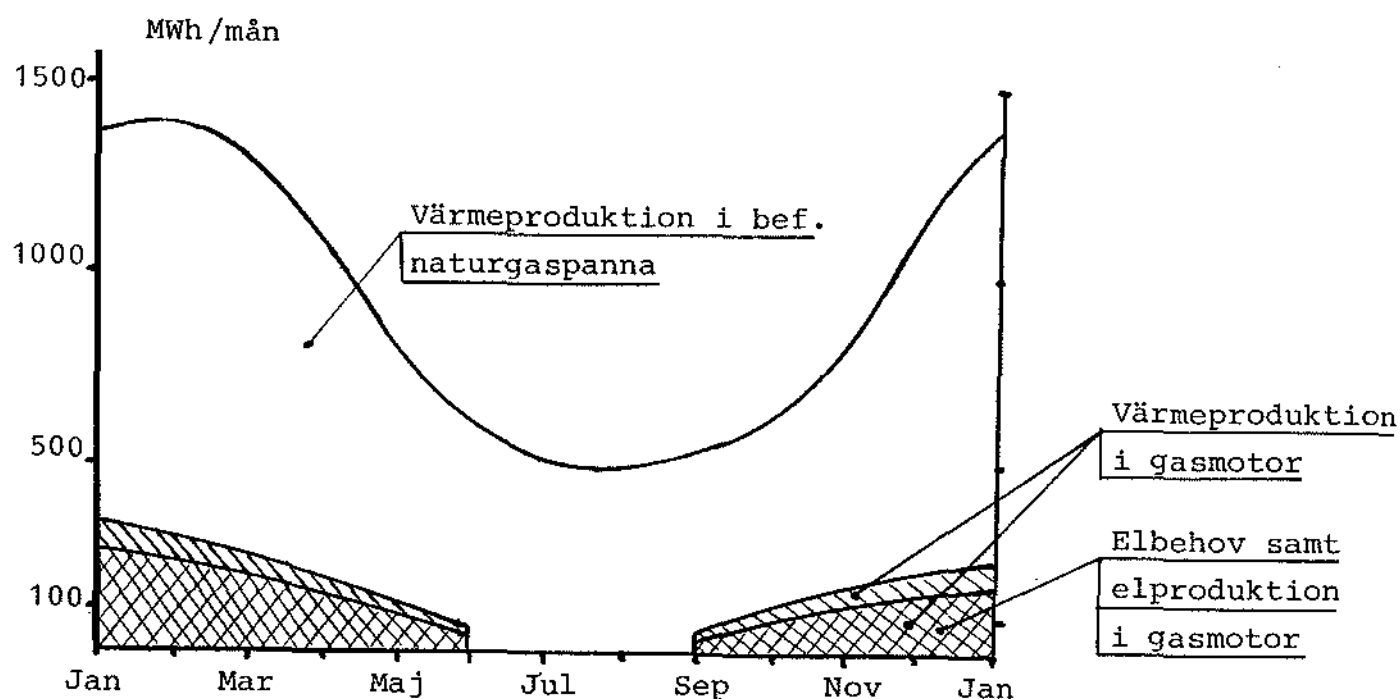
- * Växternas behov av belysning varierar under perioden september-maj 1986 enligt Fig. 3 Under perioden juni-aug behöver växterna ingen extra belysning.
- * Effektbehovet för växtbelysningen varierar mellan 450-700 kW_{el}
- * Värmebehovet varierar mellan 540 MWh_v/mån på sommaren och 1340 MWh_v/mån på vintern.

- * En utbyggnad av belysningsanläggningen beräknas vara klar 1988. Vid denna utbyggnad ökas energibehovet för växtbelysning enligt Fig. 4. Det ökade effektbehovet förorsakas av att ytterligare några växthus förses med belysning. Belysningens uppgift är att förlänga den tid på dygnet, då växternas fotosyntes pågår.

Tekniska data, gasmotor

Dimensionerande faktor vid val av gasmotor är effektbehovet för växtbelysningen, vilket medför följande:

Eleffekt (fullast)	700 kW
(minlast)	ca 400 kW
Värmeeffekt (fullast)	940 kW
(minlast)	540 kW
Totalverkningsgrad	ca 80 %
Elverkningsgrad	ca 35 %
Temp. avgas	400°C
Temp. kylvatten ut	80 ±5°C



4.3 Skattereglernas inverkan på energipriset

Antaget gaspris exkl skatt	91,6 kr/MWh
Gasskatt	28,5 kr/MWh

Ovanstående gasskatt gäller rent allmänt vid köp av naturgas. För en gasmotor gäller dock andra regler och speciellt om denna försörjer ett växthus.

Vid produktion av el i en gasmotor skall elskatt (72 kr/MWh) betalas på den av gasmotorn producerade uppmätta elenergin.

Detta gäller då effekten vid elproduktionen överstiger 100 kW. Är effekten lägre än 100 kW är produktionen skattebefriad.

Om gasmotorn nu försörjer ett växthus skall man endast betala elskatt på 25% av den producerade elenergin. Detta på grund av att man anser att 75% av den elenergi som går till belysning övergår till värmeenergi i växthuset och sålunda inte skall beläggas med elskatt utan med skatt som gäller för värmeproduktion (se nedan).

Med hjälp av kvoten mellan den uppmätta elproduktionen och elverkningsgraden får vi nu fram tillförd energi för elgenerering. Denna mängd dras från den totalt tillförda energimängden och vi har den energimängd som tillförs gasmotorn för värmeproduktion. Till denna skall vi nu lägga 75% av energin från elproduktionen (enligt ovan) och vi har den totala energimängden som åtgår för värmeproduktion. På denna energimängd skall man för växthus betala endast 15% av gällande energi-

skatt. För detta fall vid naturgas ger detta en skattesats av $0,15 \times 28,5 = 4,28$ kr/MWh.

Det totala gaspriset vid uppvärmning i växthus blir därmed $91,6 + 4,28 = 95,88$.

I korthet kan vi skriva att följande skatteregler gäller för elgenerering i en gasmotor till ett växthus

- * för den del av gastillförseln som åtgår för värmeproduktion skall man betala 15% av gällande energiskatt
- * elskatt skall betalas på 25% av den uppmätta producerade energin. Resterande 75% av elproduktionen skall hänföras till uppvärmning med dess skattepålägg.

4.4 Lönsamhetsbedömning av gasmotorn före utbyggnad av belysningsanläggningen

Före den i Kap. 4.2 omnämnda utbyggnaden av växt-husen har vi följande situation:

Totalt energibehov (se Fig. 3)

el	450-700 kW	ca 1 300 MWh/år
värme		ca 10 800 MWh/år

Av gasmotorn producerad energi

el	450-700 kW	ca 1 300 MWh/år
värme	600-940 kW	ca 1 750 MWh/år

Årlig kostnad på grund av investering

Investeringskostnad ca $5\,000 \text{ kr/kW}_{el} = 3\,500 \text{ kkr}$
(effektbehov 700 kW)

Avskrivningstid	5 år
Realränta	6%

Detta ger en annuitetsfaktor på 0,237 och en års-kostnad av

$$K_I = 0,237 \times 3500 = 830 \text{ kkr.}$$

Kostnaderna för gaspannan har inte tagits med i kalkylen. Orsaken till detta är att pannan behövs oberoende av om gasmotorn installeras eller ej. Den måste också dimensioneras för växthusens maximala värmebehov i bägge fallen.

Årlig energikostnad

Den årliga energikostnaden för gasmotorn blir

$$K_e = \frac{1300}{0,35} \times 91,6 + 0,25 \times 1300 \times 72 + 0,75 \\ \times 1300 \times 4,28 + (1300/0,35 - 1300/0,8) \times 4,28 \\ K_e = 376,7 \text{ kkr}$$

Tillkommer energikostnad för kompletterande uppvärmning med en naturgaseldad panna ($\eta = 0,92$)

$$K_v = (10800 - 1750) / 0,92 \times 95,88 \\ K_v = 943,2 \text{ kkr}$$

Tillkommer även årlig kostnad för drift och underhåll, 140 kkr

Total årlig kostnad för gasmotorn

$$K_T = 830 + 376,7 + 943,2 + 140 \\ K_T = 2289,9 \text{ kkr}$$

Årlig kostnad för befintligt system

Gasmotorns totala årliga kostnad skall jämföras med årlig kostnad vid befintligt system.

Årlig energikostnad för värmeproduktion i naturgaseldad panna ($\eta = 0,92$).

$$K_v = (10800/0,92) \times 95,88 = 1125,5 \text{ kkr}$$

Årlig kostnad för elbehovet

Handelsträdgården har avbrytbart kontrakt, vilket medför att ingen effektagift erläggs. Avbrytbart kontrakt innebär även att man under perioden november-mars endast betalar låglastpris på uttagen energimängd. För övrig tid antas att trädgården får betala höglastpris, eftersom växtbelysningen sker under dagtid.

Fast avgift	6 000 kr/år
Abonnemangsgift	42 000 kr/år
Indextillägg	30 000
Energiavgift	
nov-mars 855 MWh à 180 kr	154 000 kr/år
apr, sep, okt 395 MWh à 180 kr	71 000 kr/år
maj 50 MWh à 140 kr	7 000 kr/år
(jun-aug ingen belysning)	
elskatt	
0,25 x 1300 x 72 + 0,15 x 0,75	
x 1300 x 72)	<u>33 900 kr/år</u>
	343 900 kr år

Total årlig kostnad för befintligt system

$$\text{Kr} = 1125,5 + 343,9 = 1469,4 \text{ kkr}$$

Den årliga kostnaden för växthuset ökar således med ca 50% om en gasmotor inköps.

Krav på investeringskostnad för lönsamhet

Om vi kan bortse från investeringskostnaden så får vi ett överskott på

$$1469,4 - 140 - 943,2 - 376,7 = 9,5 \text{ kkr/år}$$

Med en annuitetsfaktor på 0,237 enligt tidigare medför detta att investeringskostnaden måste understiga $24,6/0,237 = 40 \text{ kkr}$ eller 57 kr/kW_{el} för att lönsamhet skall erhållas (att jämföras med den verkliga kostnaden = 5000 kr/kW_{el}).

Krav på elpris för lönsamhet

För lönsamhet måste den totala elkostnaden överstiga

$$2289,9 - 1125,5 = 1164,4 \text{ kkr/år}$$

Med de fasta avgifterna och energibehovet enligt ovan får vi att elpriset (exklusive skatt) måste överstiga 817 respektive 635 kr/MWh (att jämföras med aktuellt pris 180 respektive 140 kr/MWh).

Elpriset som funktion av gaspriset visas i Fig. 5 (sid 28) för några olika investeringskostnader.

4.5 Beräkning av energikostnader under vintermånad

Antag enligt Figur 3 att elproduktionen är ca 236 MWh_{el} under januari månad. Detta ger en värmeproduktion av ca 318 MWh_v i gasmotorn.

Värmebehov för månaden 1 350 MWh

Total energikostnad för gasmotoralternativet

Kostnad för elproduktion i gasmotor

$$K_v = 236/0,35 \times 91,6 + 0,25 \times 236 \times 72 + 0,75 \times 236 \times 4,28 + (236/0,35 - 236/0,8) \times 4,28$$

$$K_v = 68,3 \text{ kkr}$$

Kostnad för kompletterande värmeproduktion i naturgaspanna

$$K_v = (1350 - 318)/0,92 \times 95,88 = 107,5 \text{ kr}$$

Drift och underhåll 140/12 = ca 12,0 kkr

Total kostnad för gasmotor

$$K_T = 68,3 + 107,5 + 12,0 = \underline{187,8 \text{ kkr}}$$

Energi-kostnad vid befintligt system

Värmeproduktion med naturgaspanna

$$K_v = (1350/0,92) \times 95,88 = 140,6 \text{ kkr}$$

Inköp av el

$$\text{Energi-kostnad } 236 \times 10^3 \times 0,18 = 40,5 \text{ kkr}$$

$$\text{Del av fasta kostnader} \quad 6,5 \text{ kkr}$$

$$\text{Elskatt} \quad \underline{\text{ca } 6,2 \text{ kkr}}$$

$$\underline{193,8 \text{ kkr}}$$

4.6 Beräkning av energikostnader under sommarmånad

Enligt Figur 3 har vi ett elbehov av ca 100 MWh under maj månad och ett värmebehov av 600 MWh.

Total energikostnad för gasmotoralternativet

Kostnad för elproduktion i gasmotor

$$K_v = 29,0 \text{ kkr}$$

Kostnad för kompletterande värmeproduktion i naturgaspanna

$$K_v = (600 - 135)/0,92 \times 95,88 = 48,4 \text{ kr}$$

Med drift och underhåll enligt tidigare får vi en total kostnad på

$$K_T = 29,0 + 48,4 + 12,0 = \underline{89,4 \text{ kkr}}$$

Energipriser vid befintligt system

Värmeproduktion med naturgaspanna

$$K_v = (600/0,92) \times 95,88 = 62,5 \text{ kkr}$$

Inköp av el

$$\text{Energi kostnad } 100 \times 10^3 \times 0,14 = 14,0 \text{ kkr}$$

$$\text{Del av fasta kostnader} \quad 6,5 \text{ kkr}$$

$$\text{Elskatt} \quad + 2,6 \text{ kkr}$$

$$\underline{85,6 \text{ kkr}}$$

4.7 Lönsamhetsbedömning av gasmotorn efter utbyggnad

I framtiden kommer inga avbrytbara kontrakt att tillåtas vid elabonnemang, utan effekttariff kommer att tillämpas. Detta medför att vi efter den i kap 4,2 omnämnda utbyggnad av växthusen erhåller en ny situation.

Av gasmotorn producerad energi, se Figur 4.

el 700 kW 12 h/dygn, 9 mån	2 300 MWh/år
värme 940 kW, 12 h/dygn, 9 mån	3 080 MWh/år

Årlig energikostnad

$$K_e = \frac{2300}{0,35} \times 91,6 + 0,25 \times 2300 \times 72 + 0,75 \times 2300 \times 4,28 + (2300/0,35 - 2300/0,8) \times 4,28$$

$$K_e = 666,4 \text{ kkr}$$

Kompletterande uppvärmning i naturgaspanna

$$K_v = (10800 - 3080)/0,92 \times 95,88$$

$$K_v = 804,3 \text{ kkr}$$

Total årlig kostnad

Drift och underhåll samt investeringskostnad enligt tidigare ger årlig kostnad

$$K_T = 830 + 666,4 + 804,3 + 140$$

$$K_T = 2440,7 \text{ kr}$$

Årlig kostnad för befintligt system efter utbyggnad

Kostnaden skall jämföras med inköp av el. I framtiden tillåts inga avbrytbara kontrakt utan effekttariff tillämpas, vilket medför följande:

Årlig kostnad vid inköp av el

Fast avgift			6 000 kr/år
Abonnemangsavgift			42 000 kr/år
Indextillägg			35 000 kr/år
Energiavg. (bel. 12 h/dygn)			
nov-mar	125 MWh/mån	à 315 kr/MWh	196 900 kr/år
	132 "	à 180	118 800 kr/år
apr, sep, okt	120 MWh/mån	à 180	64 800 kr/år
	132 "	à 140	55 440
maj	120 "	à 140	16 800 kr/år
	132 "	à 105	13 860
elskatt			60 000 kr/år
			609,6 kr/år

Kostnad för uppvärmning

$$K_v = (10800/0,92) \times 95,88 = 1125,0 \text{ kkr}$$

Total årlig kostnad

$$K_T = 1125,0 + 609,6 = 1734,6 \text{ kkr}$$

Krav för lönsamhet

Om vi bortser från investeringkostnaden får vi här ett överskott på

$$1734,6 - 140 - 804,3 - 666,4 = 123,9 \text{ kkr}$$

Med en annuitetsfaktor på 0,237 enligt tidigare medför detta att investeringskostnaderna måste understiga 522 kkr eller 747 kr/kW_{el} för att lönsamhet skall erhållas.

Alternativt måste elpriset (exklusive skatt) uppgå till 697, 398 respektive 310 kr/MWh (att jämföras med aktuella priser på 315, 180 respektive 140 kr/MWh) för att lönsamhet skall erhållas, se fig 5 (sid 28).

4.8 Slutsatser

Beräkningen visar att det ej är lönsamt att investera i en gasmotor på grund av den höga investeringskostnaden.

Under förutsättning att ingen hänsyn behöver tas till investeringskostnaden kan det bli något billigare att vintertid producera el med en gasmotor än att inköpa elen. Sommartid blir det dyrare att producera el med gasmotorn jämfört med att köpa el.

5. PANNANLÄGGNINGEN

5.1 Beskrivning av systemet

Gaspannan i Fig. 1 är av typ Parca Virbex S med en effekt på 3600 kW. Pannan är försedd med en brännare typ Weishaupt G10. Anläggningen har ett systemgodkännande från gasleverantören. Efter pannan finns en kondensavgaskylare med 2 kylslingar. En föruppvärmning av bevattningsvattnet och en för värmesystemets retur, se Figur 6 nedan.

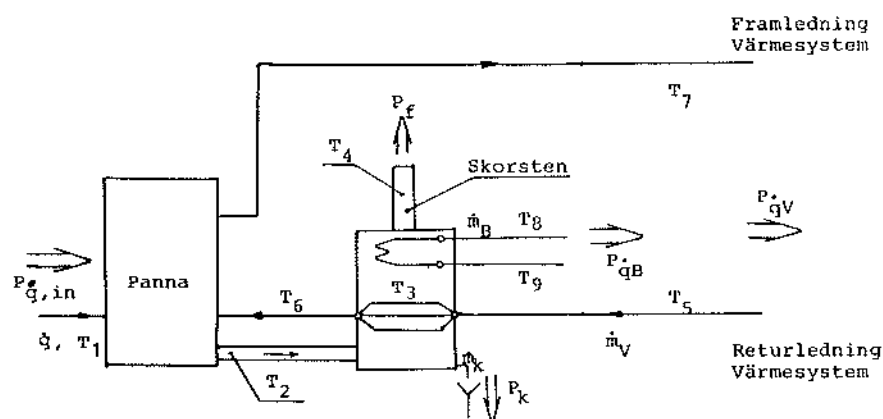


FIG. 6

Styrning och reglering

Värmesystemet styrs på följande sätt, se Fig. 7.

Framledningstemperaturen höjs från 70 till 90°C mellan kl 06.00-10.00. Detta styrs av ett tidur i brännarna.

Vid varje växthus finns en trevägsventil, vilken styrs av temperaturen i växthuset (önskat värde ca 20°C).

Vid en ökning av temperaturen i växthuset stryps flödet till växthuset och flödet förbi växthuset ökar. På grund av detta kan relativt höga returtemperaturer erhållas.

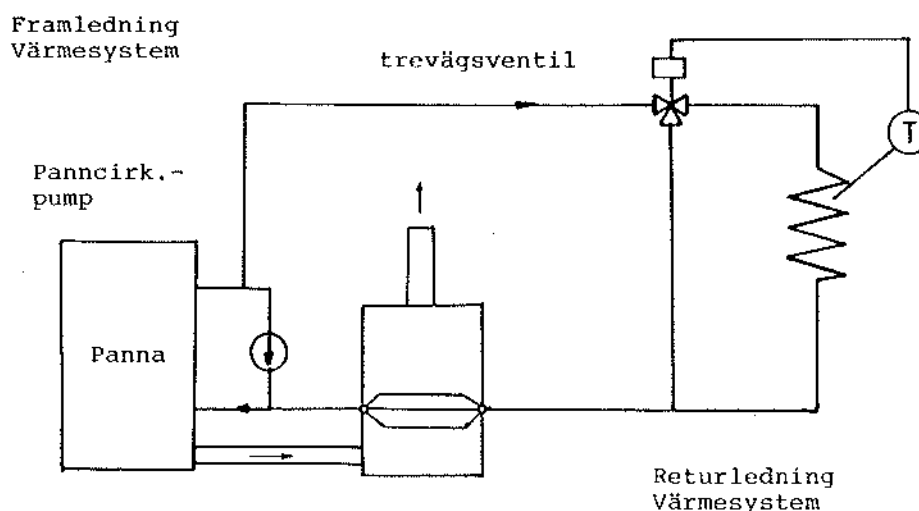


FIG 7. Värmesystemet

5.2 Pannanläggningens verkningsgrad

Verkningsgraden för pannanläggningen är känd från tillverkaren, men verkningsgraden är beroende av fram- och returtemperaturerna i både värme- och bevattningsystemen. Dessa temperaturer varierar vilket medför att även verkningsgraden varierar. Verkningsgraden för pannanläggningen bör därför kontrolleras.

Följande effektbalans kan ställas upp, se figur 6.

$$\dot{P}_{\dot{q}_{in}} - \dot{P}_{\dot{q}_v} - \dot{P}_{\dot{q}_B} - P_f - P_k = 0$$

där

$$\dot{P}_{\dot{q}_B} = \dot{m}_B \times C_{p_B} \times (T_9 - T_8)$$

$$\dot{P}_{\dot{q}_v} = \dot{m}_v \times C_{p_v} \times (T_7 - T_5)$$

$$\dot{P}_{\dot{q}_{in}} = \dot{q}_g \times H_i$$

$$P_f = \dot{q}_{rg} \times C_{p_{rg}} \times (T_4 - T_{uteluft})$$

$$P_k = \dot{m}_k \times c_{p_k} \times (T_k - T_1) + \dot{m}_k \times r$$

$\dot{m}$ = flöde, kg/s

$\dot{q}$ = flöde, m³/s

C_p = värmekapacivitet, kJ/kgK (resp kJ/m³K)

H_i = bränslets undre värmevärde, kJ/m³

r = vattnets ångbildningsvärme, kJ/kg

index B = Bevattning

v = Värmesystem

g = naturgas

rg = rökgas

k = kondensat

f = rökgasförlust

Verkningsgraden för hela systemet kan nu sättas upp som

$$\eta = \frac{P_{\text{nyttig}}}{P_{\text{in}}} = \frac{(P_{\dot{q}_B} + P_{\dot{q}_v})}{P_{\dot{q}_{\text{in}}}}$$

För att kunna bestämma verkningsgraden för pannanläggningen måste således följande flöden och temperaturer mätas:

- * naturgasflödet med dess värmevärde
- * flödet till bevattningsvattnet samt temperaturerna på fram- och returledningen
- * flödet till värmesystemet samt temperaturerna på fram- och returledningen

5.3 Mätutrustning och genomförande

Ovanstående 3 flöden och 4 temperaturer mäts kontinuerligt under t ex 1 vecka. Mätningen bör ske så att alla 7 mätpunkterna avläses samtidigt i ett visst tidsintervall. Detta för att kunna göra effektbalanser.

Följande mätsystem kan tänkas. Som temperaturgivare används utanpåliggande motståndstermometrar, vilka klamras fast på utsidan av de rör där temperaturerna skall mätas.

Som flödesgivare används induktiva flödesgivare. Dessa avger en signal var 10-15:e sekund. Signalen

består av ett antal pulser, där antalet pulser är beroende på den mängd som passerat givaren.

Signaler från flödesgivaren kopplas till en liten datalogger, vilken har till uppgift att samla på inkommande värden.

Till denna datalogger kan vi ansluta signalsladdarna från de 3 flödesgivarna samt även de 4 temperaturgivarna.

Styrningen av dataloggern sker från en mikrodator. Mikrodatorn är programmerad så att den avläser dataloggern med ett visst tidsintervall (minsta möjliga tidsintervall 1 min). Samtidigt med avläsningen nollställs dataloggern så att den är redo att på nytt börja samla på värden.

De flöden som datorn avläst medelvärdesbildas så att ett flöde i m^3/s respektive kg/s erhålls. Från dessa flöden och temperaturer kan vi nu i datorn beräkna effekterna och verkningsgraden innan samtliga värden lagras.

Eventuellt kan ovanstående mätutrustning kombineras med en mätning av klimatdata. Detta för att undersöka och dokumentera hur pannanläggningens verkningsgrad beror på t.ex. uteluftens temperatur.

5.4 Indirekt uppskattning av pannanläggningens verkningsgrad

Den i Kap. 5.3 redovisade mätmetoden kräver att flödesgivare och temperaturgivare monteras in i systemen. Temperaturgivarna kan vara av utanpåliggande typ, vilka klamras fast på utsidan av rören. För flödesgivarna däremot krävs att ingrepp görs på rörledningarna. Detta anses ofta vara en olycklig lösning, varför pannanläggningens verkningsgrad istället uppskattas med en indirekt metod. Vid denna indirekta metod utgår man från en rökgasanalys, från vilken rökgasernas energiinnehåll enkelt med hjälp av rökgastemperaturen kan beräknas.

Strålningsförlusterna P_s uppskattas genom att temperaturen på pannans yttervägg uppmäts och förlusterna via kondensvattnet P_k uppskattas genom att mäta såväl vattenflödet (med metoden hink och klocka) som temperaturen på kondensvattnet. Följande ekvationer kan ställas upp:

$$P_f = \dot{q}_g \times q_{tot} \times C_{p_r} \times (T_4 - T_{uteluft})$$

$$P_k = \dot{m}_k \times C_{p_k} \times (T_k - T_1) + \dot{m}_k \times r$$

$$P_s = A_1 \times \epsilon \times \alpha \times \sigma \times T^4$$

$$P_{\dot{q}_{in}} = \dot{q}_g \times H_i$$

där A_1 = pannans area, m^2

ϵ = emissionsfaktor

α = absorptionsfaktor

σ = Stefan-Boltzmanns konstant, $kW/(m^2 K^4)$

T = absoluta temperaturen, K

q_{tot} = total mängd förbränningsgaser per mängd naturgas, m^3/m^3 gas

Den indirekta verkningsgraden kan slutligen beräknas enligt

$$\eta_{ind} = \frac{P_{\dot{q}_{in}} - P_f - P_k - P_s}{P_{\dot{q}_{in}}}$$

$$P_f = \dot{q}_g \times q_{tot} \times C_{p_r} \times (T_4 - T_{uteluft})$$

$$P_k = \dot{m}_k \times C_{p_k} \times (T_k - T_1) + \dot{m}_k \times r$$

$$P_s = A_1 \times \epsilon \times \alpha \times \sigma \times T^4$$

$$P_{\dot{q}_{in}} = \dot{q}_g \times H_i$$

där A_1 = pannans area, m^2

ϵ = emissionsfaktor

α = absorptionsfaktor

σ = Stefan-Boltzmanns konstant, $kW/(m^2 K^4)$

T = absoluta temperaturen, K

q_{tot} = total mängd förbränningsgaser per mängd naturgas, m^3/m^3 gas

Den indirekta verkningsgraden kan slutligen beräknas enligt

$$\eta_{ind} = \frac{P_{\dot{q}_{in}} - P_f - P_k - P_s}{P_{\dot{q}_{in}}}$$

6. FORTSATT ARBETE

6.1 CO₂-gödsling

Innan ytterligare arbete läggs ned på en demonstrationsanläggning för CO₂-gödsling bör frågan om direkt användning av rökgaser från naturgasförbränning utredas.

För att initiera arbetet kan denna rapport presenteras för teknikkommittén inom Gasföreningen. Teknikkommittén utreder sedan frågan och tar fram underlagsmaterial via Värmeforsk. Frågor som bör utredas vidare är:

1. Regler och förordningar i andra länder, som styr direkt användning av rökgaser i olika processer.
2. Sammanställning av gjorda mätningar på koncentrationerna av oönskade ämnen vid befintliga anläggningar.
3. Kartläggning av de applikationer, där människor kan påverkas av rökgaserna från naturgaseldning.
4. Sammanställning och bedömning av de tekniker som finns för att begränsa människors exponering för NO_x och CO.
5. Utarbetande av förslag till regler för direktanvändning av naturgas.

6.2 Gasmotorers lönsamhet

Orsaken till att gasmotorer är olönsamma i växthus är de speciella skatteregler, som gäller för odlare. I andra sammanhang kan gasmotorer visa bättre lönsamhet och det fortsatta arbetet bör inriktas på att identifiera dessa.

Exempel på lönsamma applikationer kan vara:

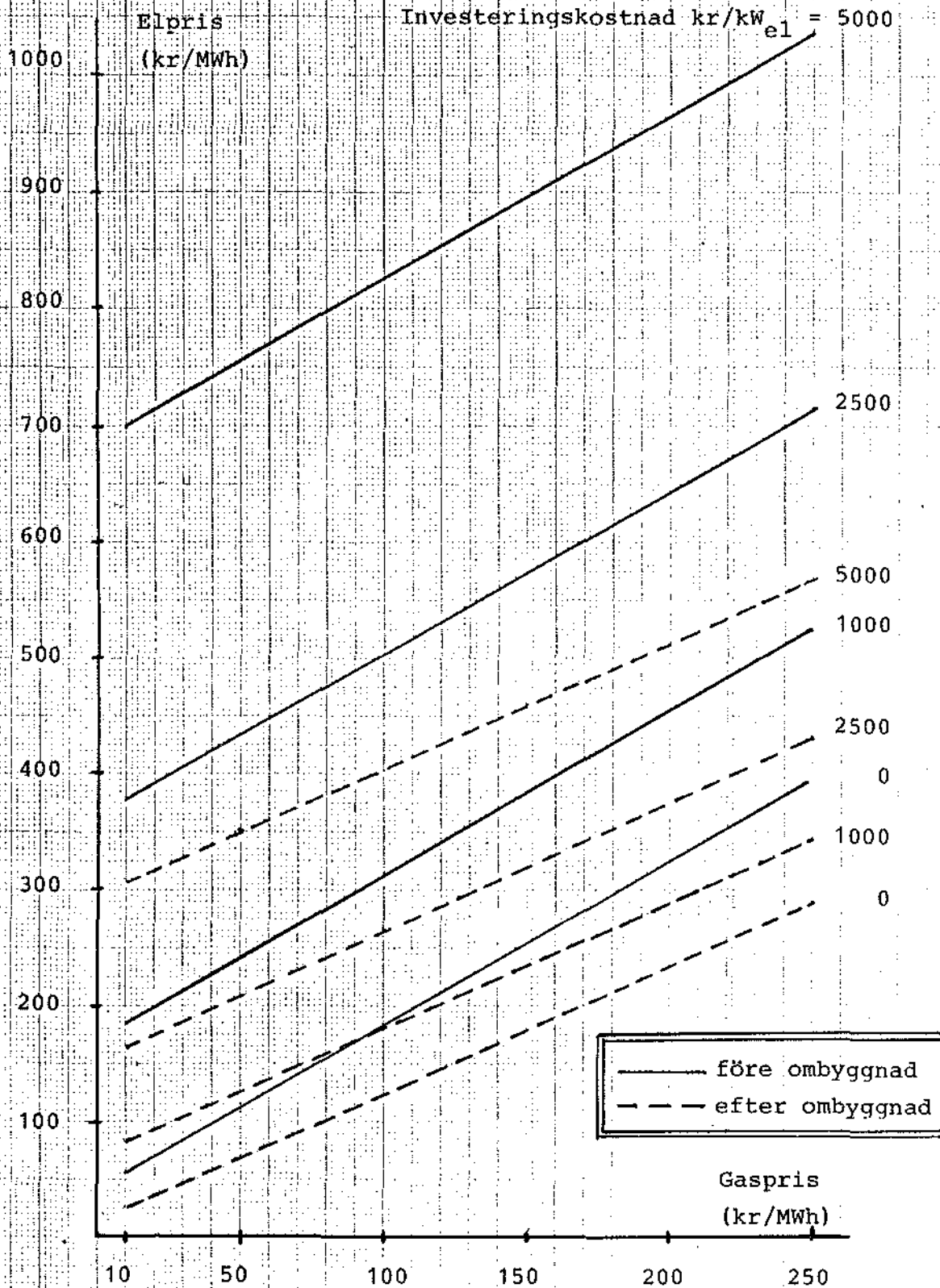
1. Reservkraftaggregat på sjukhus.
2. Direkt drift av stora pumpkompressorer eller liknande.
3. Max. effektbegränsare på en större industri.

Syftet med detta arbete är att fastlägga under vilka ekonomiska förutsättningar vad avser gas och elpriser som en gasmotorkombi är lönsam i olika sammanhang. Projektet är i första hand intressant för Swedegas och gasdistributörerna.

Beräkning av minsta tillåtna elpris
(låglast vintertid) som funktion av
naturgaspriset, vid 4 olika invest-
eringskostnader.
Priser exkl. energiskatter.

Fig 5

LB 88-09-05



Bilaga 1

Effektiv användning av naturgas i trädgårdsnäringen

Syfte med projekten:

1. Att beskriva och genom mätningar verifiera hur naturgas kan användas på ett effektivt sätt inom trädgårdsnäringen.
2. Att undersöka möjligheterna att använda rökgaser från naturgaseldning för CO₂-gödsling i växthus.
3. Att dokumentera de ekonomiska förutsättningarna för att producera både el och värme med ett gaseldat generatoraggregat för användning i en handelsträdgård.

Genomförande:

Delpjekten genomförs i tre steg med följande arbetsmoment:

Steg 1 * Pannanläggningen dokumenteras vad gäller utförande och funktion.

- * Dokumentation av utländska erfarenheter och upprättande av mätprogram för CO₂-anläggningen. Systemval och kostnadsberäkning för CO₂-anläggningen.

- * Upprättande av mätprogram för pannan.

- * Dimensionering och kostnadsanalys av generatoraggregat.

Steg 2 * Inköp och installation av CO₂-anläggning.

- * Mätningar på panna och CO₂-anläggningen under en längre period.

- * Utvärdering och dokumentation av mätningarna.

Steg 3 * Utarbetande av en slutrapport och ett presentationsmaterial som beskriver anläggningen och mätresultaten.

Kvælstofilter i CO₂-berigede væksthuse

Planters trivsel i væksthuse er afhængig af en række forhold: vand, lys, næringssalte, temperaturen, patogener, CO₂, luftbevægelse samt evt. luftforurening. De første fem faktorer styrer man med stor sikkerhed i danske væksthuse, mens vor viden, hvad angår de sidste tre faktorer, stadig er for mangelfuld, mener Henrik Saxe, Institut for Plantefysiologi, Den Kgl. Veterinær & Landbohøjskole.

CO₂-berigelse af væksthushatmosfæren har i dag en generel udbredelse, men der findes flere strategier for denne berigelse. Det bliver stadig mere almindeligt med CO₂-berigelse fra tryktanke eller flaskebatterier, men afbrænding af kulbrinter (gas og renset petroleum) direkte i væksthuset er endnu en udbredt praksis, især ved grønsagskulturer. Færdiggørelsen af naturgasnettet betyder, at der nu rettes fornyet interesse mod gas-brændere, både i forbindelse med direkte opvarmning og til CO₂-berigelse. Man kan imidlertid ikke foretage en afbrænding direkte i væksthuset uden at forurene atmosfæren med NO_x (NO + NO₂), idet den høje brændertemperatur får luftens naturlige indhold af kvælstof (N₂) og ilt (O₂) til at forbinde sig til NO. Brændstoffets N-indhold er i den sammenhæng uden betydning. NO iltes i løbet af nogle timer til NO₂.

Tidligere undersøgelser har klart demonstreret, at flere af vore populære potteplanter og almindelige væksthushjørnsager ikke tåler nitrosegasser (ref. 3, 4, 5, 6), i de koncentrationer (1 ppm NO) man måtte formode, at væksthushvædere kunne producere (ref. 7).

Målinger af CO₂, NO- og NO₂-koncentrationer

For at skabe større klarhed over, hvilke NO_x -koncentrationer der typisk findes i danske gartnerier, gennemførte jeg i februar måned 1987 en række sammenhængende målinger af CO_2 , NO og NO_2 i seks forskellige gartnerier landet over. Alle gartnerierne anvendte afbrænding af gas eller flydende brændstof med brændere, der var monteret direkte i væksthuset. De fleste steder drejer det sig primært om et CO_2 -tilskud, dog var en enkelt gartner både interesseret i CO_2 -tilskuddet og i varmegevinsten, og en anden udelukkende interesseret i varmegevinsten.

Gartnerierne adskilte sig med hensyn til huskonstruktion og -størrelse, plantekulturer, brændertyper og brændstof. I nogle huse var der installeret CO₂-måler-automatik i forbindelse med brænderne, i andre fandtes kun styring med døgnur. Forskellighederne til trods tror jeg, at de undersøgte huse repræsenterer nogle typiske værdier af CO₂- og NO_x-koncentrationer under danske driftsforhold i vintermånederne. Det er i al fald første gang, nævnte gas-kombinationer er målt i større omfang i danske gartnerier.

Fælles for alle målingerne er, at der blev målt kontinuertligt i mindst et døgn, idet koncentrationerne af de forskellige gasser i husenes atmosfære varierede betydeligt med tiden på døg-

Begreber & udtryk

CO = Kullite = kulmonoxyd = carbonmonoxyd; giftig for menneske-er
 CO_2 = Kullveilt = kuldioxyd = carbondioxyd;
 0.035% = 350 PPM i alm. luft.
 N_2 = Kvælstof = nitrogen; 80% i alm. luft.
 O_2 = It = oxygen; 20% i alm. luft.
 NO_x = NO (nitrogenmonoxyd) + NO_2 (nitrogendioxyd) =
 nitrose gasser = nitrogenoxyder = kvælstofiller, } ca. 50 PPM
 i byluft.
 PPM = Parts per million = 1 liter pr. 1000 m³.
 PPB = Parts per billion = 1 ml. pr. 1000 m³.

net. Typisk kørte brænderne kun en del af døgnet. Da det var vinter, var vinduerne normalt lukkede, men i døgnets løb blev gaskoncentrationerne modificeret af faktorer som vindhastighed og -retning, lys (påvirker fotosyntesen) og NO_x-oplaget og luftfugtighed.

Måleprinsipperne ved emissionsmålingerne var:

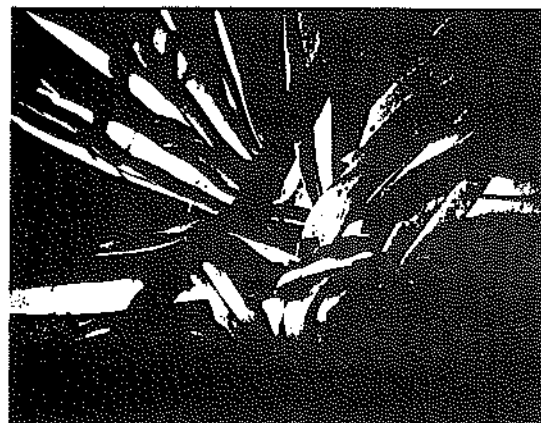
Kvälstofoxider (NO, NO_x): Kemiluminiscens (MonitorLabs)

Carbondioxid (CO₂): Infrarød (Siemens Uras/DGT-scanner)

Carbonmonoxid (CO): Infrarød

De enkelte målinger fremgår i øvrigt af det efterfølgende.

Figur 3:
Brune pletter på orchideblade, muligvis fremkaldt af NO_x.



Fredensborg

Hos Hans Christiansen i Fredensborg dyrker man orchideer i et 13×34 m (= 442 m²) væksthuse opført sommeren 1985. Huset er kraftigt skygget og opvarmes dels ved varmtvandsrør og dels v.h.j.a. et Privabrænder-system, der i en prøveperiode fra 1. september 1986 til 1. marts 1987 var opsat af HNG/Dansk Naturgas A/S. Der var monteret to 30 kW-Privabrændere (DA3, figur 1) i diamentralt modsatte hjørner, med brænderåbning i husets længderetning. Brænderne var monteret med en fælles termostatsstyring, der holdt temperaturen på 20°C med $\pm 2^\circ\text{C}$ tolerance. Dette førte naturligvis, at brænderne var periodisk aktive, overvejende om natten. Der var desuden monteret en override-styring via en Priva-CO₂-måler, der sikrede, at brænderne blev slået fra, hvis CO₂ skulle overstige 5000 ppm. Dette var uog ikke tilfældet i de to døgn, målingerne stod på.

Brændersystemet i orchidegartneriet er det første og hidtil eneste forsøg i Danmark på kommerciel udnyttelse af naturgas til direkte opvarmning og CO₂-berigelse i væksthuse. Der foreligger imidlertid nogle eksperimentelle undersøgelser af gasdrevne IR-paneler til opvarmning, beskrevet i en rapport, udarbejdet af DEG (ref. 8).

Fra et centralt placeret målepunkt beliggende ca. 14 m fra hver af brændermundingerne blev der målt CO₂, NO og NO_x-koncentrationer over to døgn. Gassernes rumlige fordeling blev undersøgt ved en senere lejlighed.

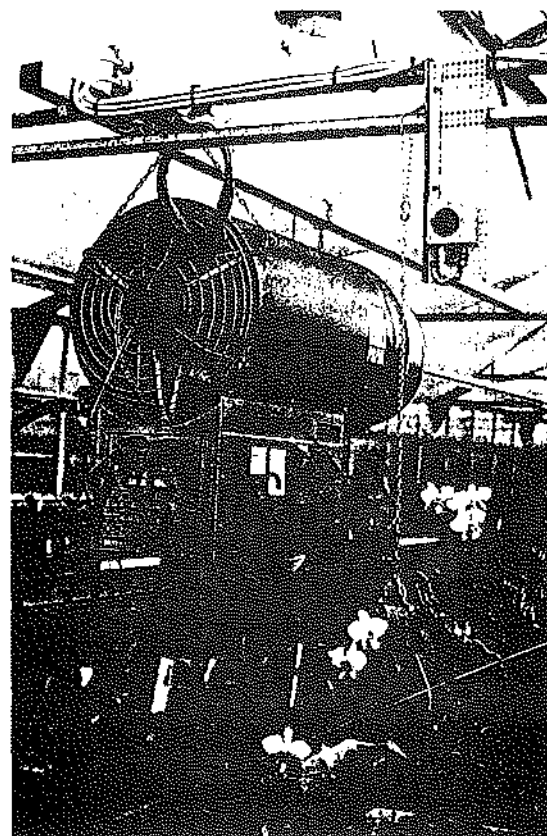
Gartneren fandt, at planterne i det berigede væksthuse trivedes bedre end

sædvanligt. Småplanter i formeringen samt væksten af luftrodder var særligt begunstiget. Fordelen skyldes formentlig CO₂, der blev fundet i en gennemsnitlig dagkoncentration på 1835 ppm (tabel 1).

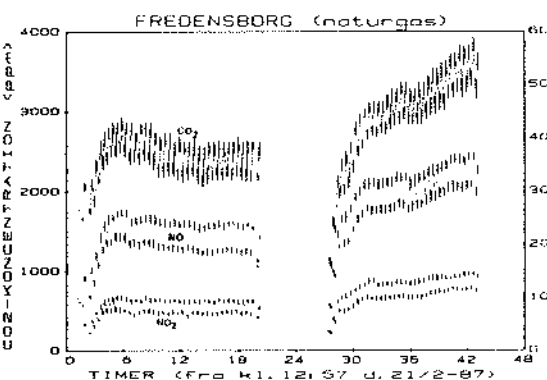
Samtidig var der imidlertid en væsentlig mængde NO og NO_x. Det fremgår af figur 2, at naturgasbrænderne aktiveredes 37 gange (å 8,6 minutter) i løbet af første nat og 34 gange (å 11,6 minutter) i løbet af den anden nat. Grunden til, at brænderne kørte i længere perioder og med kortere intervaller (16 minutter imod 22 minutter) den anden nat, er, at udendørstemperaturen var lavere. CO₂, NO og NO_x når derfor større koncentrationer.

Trods en gennemsnitlig NO_x-koncentration på over 2 ppm (tabel 1) fandtes der på orchideerne efter gartnerens vurdering ingen tydelige skader, som med sikkerhed kunne tilskrives det nye Priva varme- og CO₂-system. På nogle enkelte orchidearter fandt man dog nogle brune pletter på bladene (fig. 3), som man ikke havde set før naturgasanlæggets installation. Pletterne mindede meget om brænder-fremkaldte skader set under lignende forhold (ref. 7). Man skal i den sammenhæng huske på, at flere orchideer er C(rassulacean)-A(cid)-M(etabolism) planter. CAM-planter har kun åbne stomata (spalteåbninger) om natten og vil derfor overvejende optage kvælstofilter i denne periode.

Målt umiddelbart ved brænderåbningerne fandt vi i snit 27,8 ppm NO, 30,1 ppm NO_x, 4,7 CO₂ og 32 ppm CO (ref. 9). Dette er lavere NO_x og CO-værdier, end man kender det for



Figur 1: 30 KW Priva naturgasbrænder DA3 installeret i Orchidegartneri i Fredensborg.



Figur 2: Døgnvarianten af CO₂, NO og NO_x i et 442 m² Orchidevæksthuse i Fredensborg, delvis opvarmet med to naturgasbrændere.

mange andre atmosfæriske brændere.

Halveringstiderne i lys var i gennemsnit 85 minutter for NO, 62 minutter for NO₂ og 146 minutter for CO₂. Dette afspejler dels omsætning af NO til NO₂, dels opløsning af NO₂ og CO₂ i vand, dels udsivning fra huset, og dels biologisk omsætning af CO₂. Tallene antyder, at husets tæthed er overordentlig god, svarende til et luftskifte på 2-3 timer.

Tabel 1: Gennemsnitlige gaskoncentrationer i CO₂-berigede danske væksthuse

Gennemsnitlige koncentrationer CO ₂ ppm/NO _x ppb		Fredens- borg	Haslev	Karl- lunde	Vejle	V-Alle- sted	Ran- ders
Døgn	CO ₂ ppm	2375	1085	1710	1080	1110	7415
	NO ppb	2040	475	265	235	185	1660
	NO ₂ ppb	770	100	170	60	60	750
10 t dag	CO ₂ ppm	1835	1310	2080	1180	975	7760
	NO ppb	1280	400	685	345	160	1475
	NO ₂ ppb	465	155	230	100	70	620
14 t nat	CO ₂ ppm	2760	900	1505	1020	1200	7220
	NO ppb	2585	150	360	175	200	1775
	NO ₂ ppb	990	60	120	40	60	820
Min.	CO ₂ ppm	730	710	1095	415	645	4055
	NO ppb	355	40	165	40	95	525
	NO ₂ ppb	120	20	55	10	25	150
Maks.	CO ₂ ppm	3950	1945	2420	1990	1320	13500
	NO ppb	3775	655	890	800	335	2990
	NO ₂ ppb	1500	255	390	220	105	1760

Vejle

Kurt Bækgård i Vejle har siden 1972 anvendt lavtryk-lamelgasbrændere (fig. 4, 0,03 bar gastryk, Nordisk Gas-teknik) forsynet med Kosan propan. Brænderne efterses årligt, og gartneren sørger jævnligt for at fjerne spindelvæv o.l. fra dysen. Der var monteret to brændere i et 20×100 m (= 2000 m²) hus på hver sin side af husets længdeakse, og gasmåleudstyret blev placeret lige mellem brænderne - ca. 8 m fra hver. Huset er fra 1972 og har varmtvandsrør.

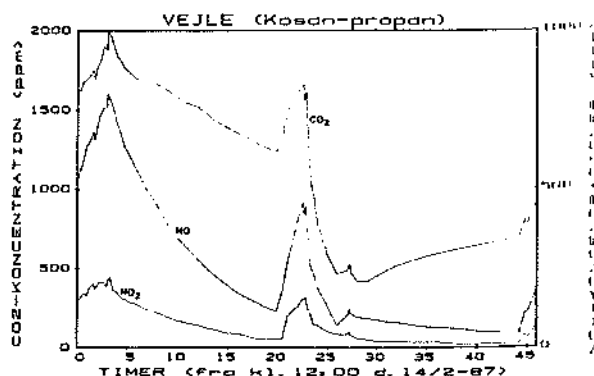
I de 15 år, Kurt Bækgård har dyrket tomater, har brænderne fungeret uden riftsproblemer, og han har aldrig set skader af CO₂-berigelsen, heller ikke nær brænderne.

Brænderne er styret af et tænd/sluk-ur, og de kører hver dag kl. 8.00-15.30. I forsøgsmæssig interesse lod vi begge brændere fungere det første døgn, mens den ene blev afbrudt det efterfølgende døgn (fra time 24, figur 8). Gartneriet er højt beliggende, så blæst må tænkes at påvirke væksthuse-nes luftskifte. Der var imidlertid næsten vindstille begge måledage. Af større betydning for luftskiftet var derfor en ikke planlagt åbning af tagvinduerne. Den første dag var det skyet/sol, og husets temperatur nåede op på 28°C, men anden dag var det

klart solskin, og husets temperatur nåede lige over 30°C, hvilket fremprovokerede vinduesåbning time 23-26 (kl. 11-14).

Figur 8 viser, at det absolutte maksimum for alle gasser nås den første dag (maksimum kl. 15.30, time 3,5), efterfulgt af jævnt aftagende værdier hele natten. Næste morgen giver brænderen atter stigende gaskoncentrationer, indtil vinduerne åbner kl. 11. Det giver et brat fald i samtlige gasværdier. Den ene brænder, der er i funktion efter kl. 12, bringer ved åbne vinduer kun koncentrationerne en smule op, før den slukkes kl. 15.30. Da er også vinduerne lukkede, og CO₂ stiger i løbet af natten, mens NO og NO₂ falder. CO₂-stigningen skyldes respirationen hos de godt 1 m høje tomatplanter. Den tredje morgen går den ene brænder atter i gang, og CO₂ stiger i et passende tempo, der uden vinduesåbning ubesværet ville sikre de ønskede 1000 ppm. Det kan anbefales at starte brænderen en time tidligere.

For så vidt man kan opnå en tilstrækkelig god CO₂-fordeling, må det antages, at en enkelt gasbrænder ville være tilstrækkelig i det beskrevne væksthuse. Når planterne bliver større, og deres fotosyntese gør krav på væsentligt mere CO₂, er man nået hen på foråret, hvor hyppige vinduesåbninger gør spørgsmålet om sommer-CO₂



Figur 8: Døgnvariation af CO₂, NO og NO₂ i et 2000 m² (tomat) væksthuse i Vejle med lamelgasbrænder. Første døgn lukkede vinduer og 2 brændere, andet døgn en brænder og åbne vinduer i nogle få dagtimer.

til det aktuelle problem (ref. 1, 10). Ved om vinteren kun at anvende en enkelt brænder, ville man også reducere kvælstofilterne og dermed muligheden for usynlige væksthæmninger. Koncentrationen af kvælstofilter må dog siges at være relativt lav.

Værdierne i tabel 1 giver koncentrationen af gasserne set over de to døgn tilsammen, mens figur 8 viser den klare forskel på de to dage.

Vejle-Allested

I Svend & Helge Nielsens gartneri ved Vejle-Allested på Fyn dyrker man pervejende Hibiscus på det henvend 1.000 m² store glasdækkede areal. Husene har varmtvandsrør, og i alle de år, man har anvendt CO₂-gødskning, har man brugt propan-brændere (BP-propan). Da anlægget var nyt, og man endnu ikke havde tilstrækkelig erfaring med driften af systemet, forekom der nogle gange et mindre gasudslip ved dårlig tænding og ujævn brænding. Det gav tab af knopper. Men siden da har man holdt godt øje med systemets drift og har nu kørt problemfrit i mange år. Gartneriet i Vejle-Allested er således blandt de største pottaplanteproducenter, der har bibeholdt direkte afbrænding i forbindelse med CO₂-gødskningen. Tilfredsheden med propanbrænderne er endog så stor, at man agter at fortsætte med gasafbrændingen fremover i uændret form.

Anlægget kørte kl. 5.00-22.00 året rundt, og der blev givet tilskudslys i aftentimerne. Brænderne on-off-styres

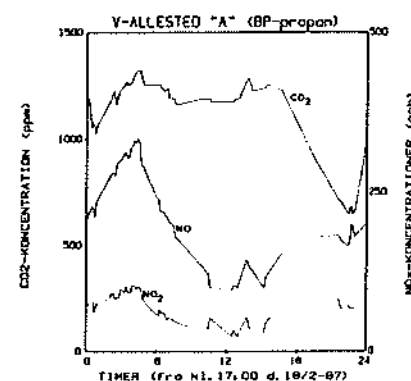
i dag af en DGT CO₂-scanner og afbrydes på vindueskontakter. Der var dog ingen vinduesåbning, mens målingerne stod på.

Figur 9 viser Shell-brænderen (køkkenblustypen) fra 1975, der gav CO₂ til det 20×145 m (= 2900 m²) store hus, hvor der blev målt kuldioxid og kvælstofilter i et døgn. Huset var gartneriets nyeste, med glas i taget og acrylkanalplader i sidevæggene. Det var altså et meget tæt hus. Målingerne foregik ca. 10 meter fra brænderen, idet den rumlige fordeling af gasserne blev undersøgt selvstændigt ved en senere lejlighed.

CO₂-styringen er den bedste blandt samtlige undersøgte huse, da en CO₂-scanner holder den gennemsnitlige koncentration meget nær de ideelle 1000 ppm (tabel 1). Samtidig ser vi, at kvælstofilterbelastningen er undersøgelsens absolut laveste. Det fremgår imidlertid af figur 10, at CO₂-koncentrationen i de lyseste dagtimer (time 17-22 1/2) kl. 10.00-15.30 er jævnt faldende. Den eneste brænder i det meget store hus kan altså ikke følge med planternes fotosyntese. Ved dagens

slutning når CO₂ et minimum på 645 ppm, og koncentrationen er under de ideelle 1000 ppm helt fra kl. 11.30 om formiddagen. Man bør overveje at anvende mere end én gasbrænder i det undersøgte hus. Hvis ellers brændernes funktion er korrekt, burde en forøgelse af brænderantallet være risikofrit. For mens Hibiscus er meget følsom for uforbrændt gas, er den modstandsdygtig over for i al fald

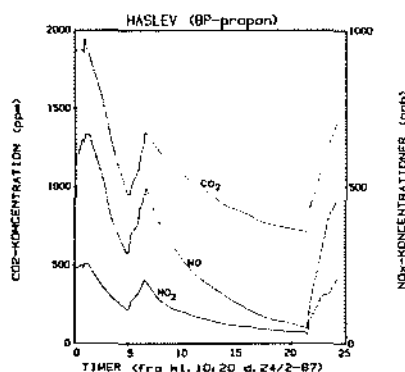
Figur 10: Døgnvariation af CO₂, NO og NO₂ i 2900 m² (hibiscus) væksthuse i Vejle-Allested med Shellbrænder (hus A).



Haslev

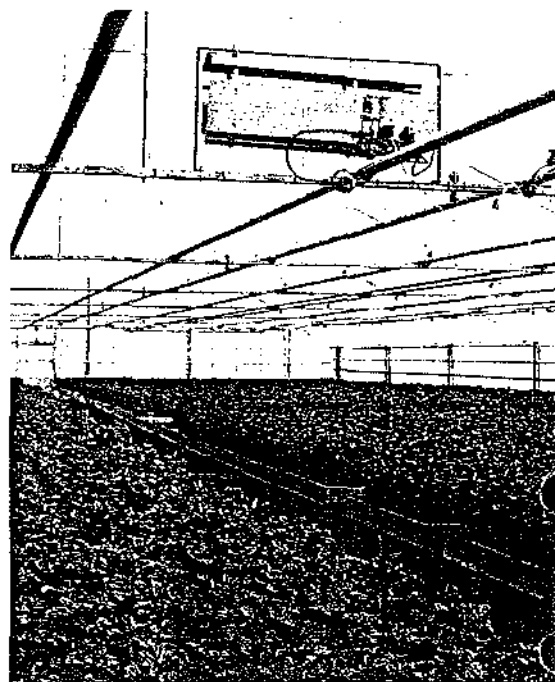
Hos Jørgen Larsen i Haslev blev der få dage før luftmålingerne udsat agurkeplanter i et 20×65 m (= 1300 m²) stort aluminiumshus, opført 1967. Huset opvarmes med varmtvandsrør (minimum nattemperatur 21°C), og NO₂-berigelsen leveres af en lamelbrænder fra 1970 (figur 4), der kører på »højt blus« og er forsynet med BP-propangas fra flaske. Lamelbrænderen startes af et ur i perioderne 8.00-12.00 og 15.30-17.00. Brænderen efter-sees årligt. Gartneren, der har dyrket agurker siden husets opførelse, har kun en enkelt gang set brænder-forårsagede skader på planterne. De skyldtes dengang udsivende gas ved lav blå flamme.

Der blev målt CO₂, NO og NO₂ fra et centralt punkt i huset, ca. 8 m fra den centralt placerede brænder. CO₂ nåede et niveau på 1310 ppm i daggen-nemsnit, mens NO og NO₂ tilsammen nåede op på 555 ppb om dagen, hvilket er den højeste NO_x-værdi målt i de undersøgte væksthuse med gasbrænder-dere dedikeret til CO₂-berigelse (tabel



Figur 5: Døgnvariation af CO₂, NO og NO₂ i et 1300 m² (agurk) væksthuse i Haslev med lamelgasbrænder.

1). Det kan anbefales, at gartneren reducerer CO₂-tilskuddet på den årstid til to trediedele, hvorved NO_x-koncentrationerne reduceres tilsvarende. Reduktionen bør finde sted ved en kortere brændetid om formiddagen, hvor CO₂ når op på det dobbelte af de normalt anbefalede 1000 ppm (figur 5). En årstidsuafhængig dosering kan opnås ved at styre brænderen med en CO₂-scanner.

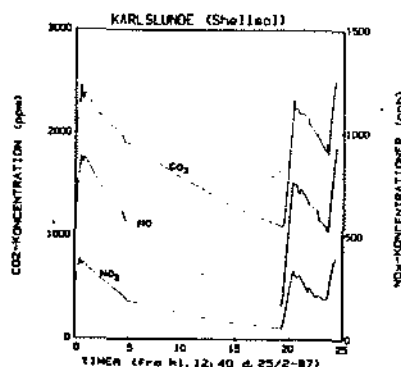


Figur 4: Lamelbrænder over Hibiscus i Vejle-Allested. Samme type i Vejle og i Haslev.

Karlsunde

Hos Brd. Commerou i Karlsunde har man brugt Priva petroleumsbrændere (figur 6) siden 1972. Der anvendes flydende Shellsol som brændstof. Man har erfaring for, at det er helt afgørende, at tankvognen, der udbringer brændstoffet, ikke er forurenet med urene brændstoffer. Bortset fra et sådant uheld har man i 15 år anvendt Privabrændere til Chrysanthemum-kulturer uden synlige problemer. I det undersøgte hus, der er 20×100 m (= 2000 m²) og stammer fra 1972, havde man netop udsat agurkeplanter ('Dali-bor'). Der blev opvarmet med varmtvandsrør, så brænderen fungerede primært for CO₂-berigelse.

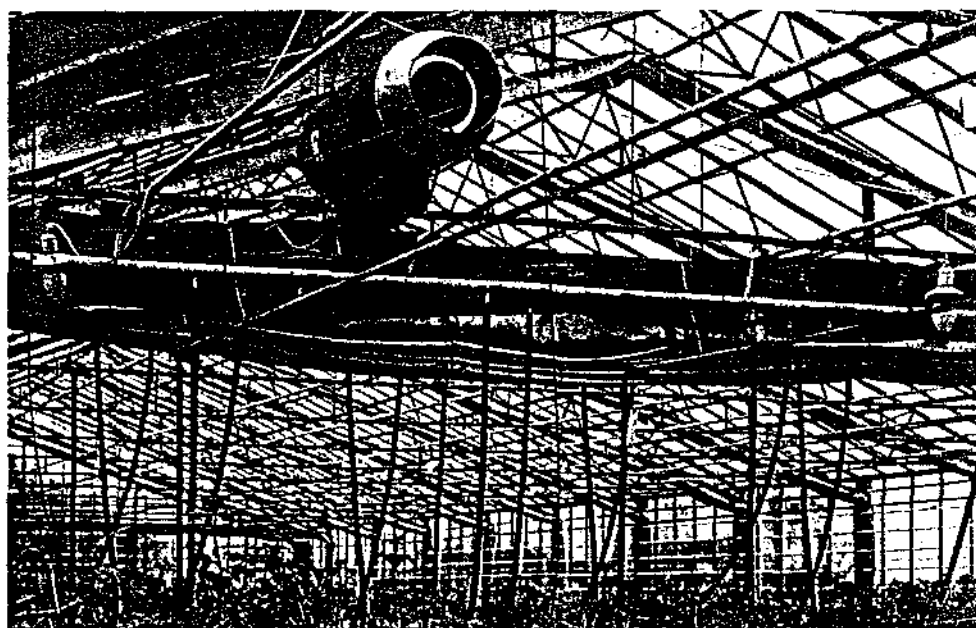
Figur 7: Døgnvariation af CO₂, NO og NO₂ i et 2000 m² (agurk) væksthuse i Karlsunde med petroleumsbrænder.



Der blev målt CO₂, NO og NO₂ midt i huset, ca. 8 meter fra brænderen, som var anbragt centralt i huset mellem midtergangen og nordvæggen. Gassernes rumlige fordeling i huset blev undersøgt ved en senere lejlighed. Brænderen er meget kraftig og kørte derfor kun i korte perioder to gange om dagen styret af et ur, kl. 8-9 og kl. 12-13. Det fremgår af figur 7, at

CO₂ med fordel kunne halveres ved kun at aktivere brænderen én gang i døgnet. Med den ringe plantemasse opnår CO₂ et urimeligt højt maksimum på 2420 ppm, mens dag-gennemsnit er over 2000 ppm. Kvælstoffilterne når samtidig nogle værdier (tabel 1), der for visse planter vil kunne fremkalde væksthæmninger (ref. 3, 4, 5, 6), dog oftest uden synlige tegn.

Figur 6: Priva petroleumsbrænder i gartneri (agurk) i Karlsunde.

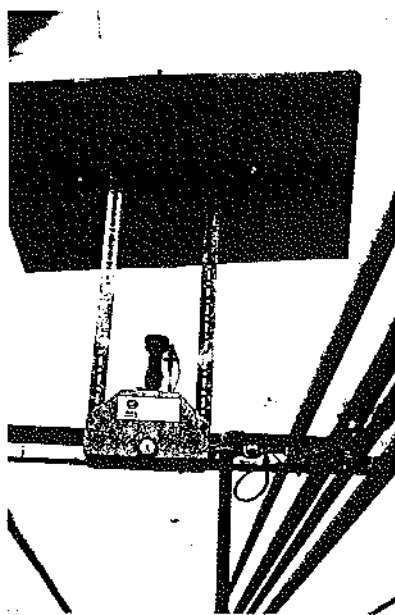


1 ppm NO ved langtidseksponering (ref. 3), skønt fotosyntesen påvirkes ved korttidseksponering (ref.

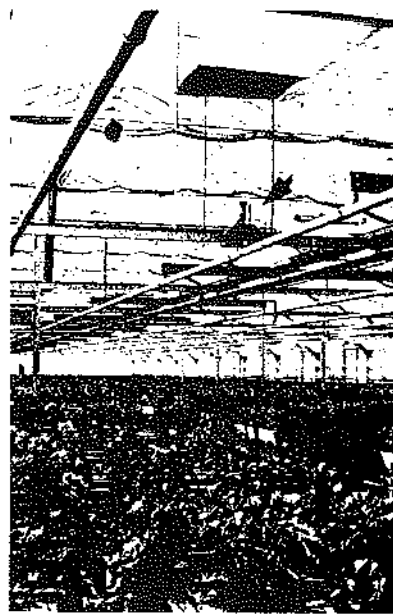
I aften timerne stiger CO₂ og NO_x parallelt (figur 10). Dette viser, at der produceres mere CO₂ end planternes fotosyntese kan forbruge ved det relativt svage kunstlys. Det må derfor anbefales, at brænderen slukkes allerede kl. 17 i stedet for kl. 22.

Bemærk, at NO_x-værdierne falder i løbet af natten (figur 10), når brænderen ikke kører, mens CO₂-værdierne er konstante grundet planternes respiration. Faldet i NO_x-værdierne antyder, at huset har et luftsifte på 4-6 timer og altså er dobbelt så tæt som det tidligere omtalte væksthuse i Fredensborg. Tilsvarende stiger NO_x-værdierne i dagtimerne, mens CO₂ er aftagende grundet planternes fotosyntese.

CO₂ og NO_x blev også målt i tre af gartneriets andre huse, men kun i korte perioder, bl.a. i forbindelse med en undersøgelse af gassernes rumlige fordeling. Det fremgik, at CO₂ sidst på eftermiddagen lå på 950 ppm i hus B, der er et 20 × 40 m (= 800 m²) hus med lamelbrænder (fig. 4), 1250 ppm i hus C, der er et 20 × 55 m (= 1100 m²) hus med Shell køkkenblusbrænder (fig. 9), og 1600 ppm i hus D, der er et 20 × 90 m (= 1800 m²) hus med Shellbrænder - alle målt 8-10 meter fra brænderen. Dette er altså væsentlig højere end i



Figur 9:
A: Shell køkkenblusgasbrænder over Hibiscus i Vejle-Allested.



B: Shell køkkenblusgasbrænder forsyner hus A på 2900 m² med CO₂, dog utilstrækkeligt ved høje lysintensiteter.

det først undersøgte hus (A) på 2900 m³. Husene B, C og D er da også mindre, og brændernes kapacitet derfor tilstrækkelig.

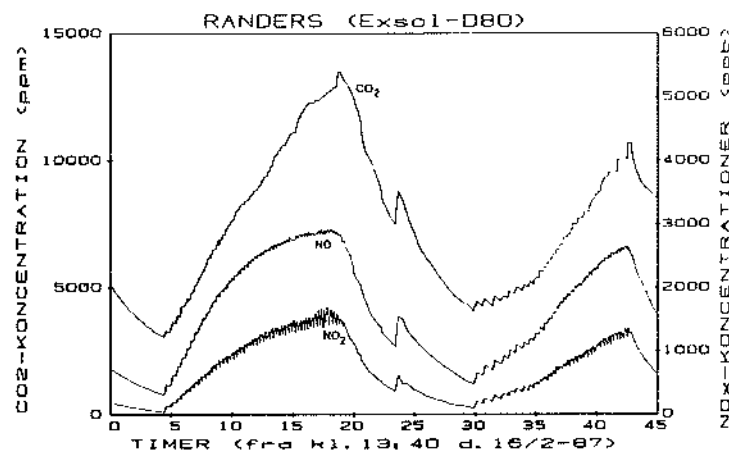
Gartneriets DGT-scanner måler typisk CO₂ længere fra brænderen end i de foreliggende målinger og styrer husets CO₂-gødskning efter dette signal. Da der kan forekomme stabile CO₂-koncentrationens-gradienter i

husets længderetning på flere hundrede ppm (beskrevet i en senere artikel) er det muligt at forstå, at man kan finde CO₂-koncentrationer nær brænderen, der ligger noget over de af scanneren tilstræbte 1000 ppm. I forhold til den senere undersøgte rumlige fordeling af husenes CO₂ må det dog konkluderes, at scanner-målepunkterne er rimeligt placeret.

Randers

På Vasens Planteskole i Randers dyrkede man Clematis i et 1000 m² stort hus fra 1981. Huset var ikke forsynet med varmtvandsrør, men to Privabrændere (fra 1985) skulle sikre, at nattemperaturen aldrig nåede under 4-5°C (frostsikring). Da planterne i år var lidt sene, havde man desuden besluttet at holde en minimum dagtemperatur på 12°C frem til 1. marts, og derfra muligvis 16°C.

Privabrænderne var monteret midt i huset med munden vendt hver sin vej i husets længderetning. De arbejdede med flydende brændstof, Exsol-D80, og var så kraftige, at de på en 15 minutters prøvekörsel (figur 11, time 23) kunne hæve dagtemperaturen i huset fra 17,5°C til 27,5°C. Brænderne arbejdede med 20% udeluft, og lufttilførslen foregik døgnet rundt, også når brænderne ikke kørte. Da brænderne var termostattyrede, kørte de fortrinsvis om natten (figur 11); om dagen bragte solvarmen jo nemt temperatu-



Figur 11:
Døgnvariation af CO₂, NO og NO₂ i et 1000 m² væksthuse i Randers med to petroleum-brændere til frostsikring af Clematis-kulturer.

ren over 12°C. De dage i februar, hvor jeg målte CO₂ og NO_x i væksthuse, var der hård natterfrost (ned til -10°C), og nattemperaturen i huset lå mellem 1 og 2°C målt i niveau med planterne. Termostaten var altså placeret for højt i huset, hvor den følte den noget varmere luft svarende til de indstillede 4-5°C.

Som det fremgår af tabel 1 og figur 11, forekom der ekstremt høje CO₂- og NO_x-koncentrationer. CO₂ nåede helt op på 13.500 ppm eller 1,35%, med et døgn gennemsnit på 7.415 ppm! De toksiske grænseværdier er for CO₂: 5000 ppm, for NO: 25 ppm og for NO₂: 5 ppm. Det må konkluderes, at de arbejdshygiejniske forhold med hensyn

til CO₂ ikke overholder arbejdstilsynets normer. NO_x-niveauerne overholder ganske vist arbejdstilsynets nuværende grænseværdi, men koncentrationerne er betænkeligt høje. Hvis det er nødvendigt at arbejde i husene i perioder, hvor brænderne er periodisk aktive, bør man kontrollere CO₂ og NO_x-koncentrationerne og om nødvendigt beskytte sig med passende åndedrætsværn. Det er ikke tilstrækkeligt at afbryde brænderne, mens man arbejder i huset. Gartnerimedhjælperne afbrød for øvrigt netop brænderne fra time 19-23 (kl. 9-13), mens de arbejdede i huset, men det var, fordi de fandt, at brænderne støjede for meget. Arbejdsgiveren er gjort opmærksom på disse forhold. Det skal tilføjes, at det er relativt sjældent, der arbejdes i huset om vinteren.

Den høje CO₂-værdi skyldes ikke en interesse for CO₂-gødskning, idet der kun sjældent vil være årstidsmæssigt sammenfald mellem brænderaktivitet (november-april) og aktive grønne blade på Clematisplanterne. Den tilførte CO₂ er heller næppe af nytte for planterne. De høje NO_x-værdier er på den anden side også ret uskadelige for de få gamle blade. Clematisplanterne har på nævnte årstid. Det er i al fald konstateret, at de kom fint i vækst med forårets komme, og brænderne sikrede, at man var fri for vinter(frost) skader.

Konklusion

Det må konkluderes, at koncentrationerne af nitroser gasser i CO₂-gød-

skede væksthuse i Danmark er yderst varierende. Koncentrationerne er lavest, hvor man anvender simple gasbrændere udelukkende med det formål at forøge atmosfærens CO₂-indhold. Den sikreste måde, hvorved man kan minimere koncentrationen af de nitroser gasser, er i øvrigt ved at anvende en CO₂-scanner (som i Vejle-Allested). Man opnår samtidig den mest økonomiske CO₂-koncentration.

Man kan med held anvende større brændertyper, som f.eks. Priva naturgas- eller petroleumsbrænder, men de skal da enten anvendes i meget store huse, eller driftsperioden skal begrænses væsentligt. Den store brændertype bør ikke eller kun delvis anvendes til opvarmning, og kun hvor man ikke dyrker NO_x-følsomme kulturer. Hvis den styres af en CO₂-scanner, bør man først undersøge, om hyppige start og stop påvirker atmosfærens indhold af uforbrændte kulbrinter.

Man bør kende mere til CO₂- og NO_x-gassernes fordeling i væksthuse med brændere. Dette vil blive behandlet i en efterfølgende artikel.

Der savnes desuden mere viden om forskellige planters følsomhed for nitroser gasser under danske forhold, specielt en række grønsager af de sorter, vi anvender i dag. Sådanne studier er for tiden i gang som et mindre pilotprojekt ved Institut for Plantefysiologi, Landbohøjskolen.

Henrik Saxe

Undersøgelserne var støttet af Statens Jordbrugs- og Veterinærvidenskabelige Forskningsråd, Teknologisk Institut (Dansk Naturgas A/S), Dansk Gartneriteknik og kulsyrefabrikken Union. Målingerne i Fredensborg foregik i samarbejde med Carl-Otto Rachlitz, Teknologisk Institut.

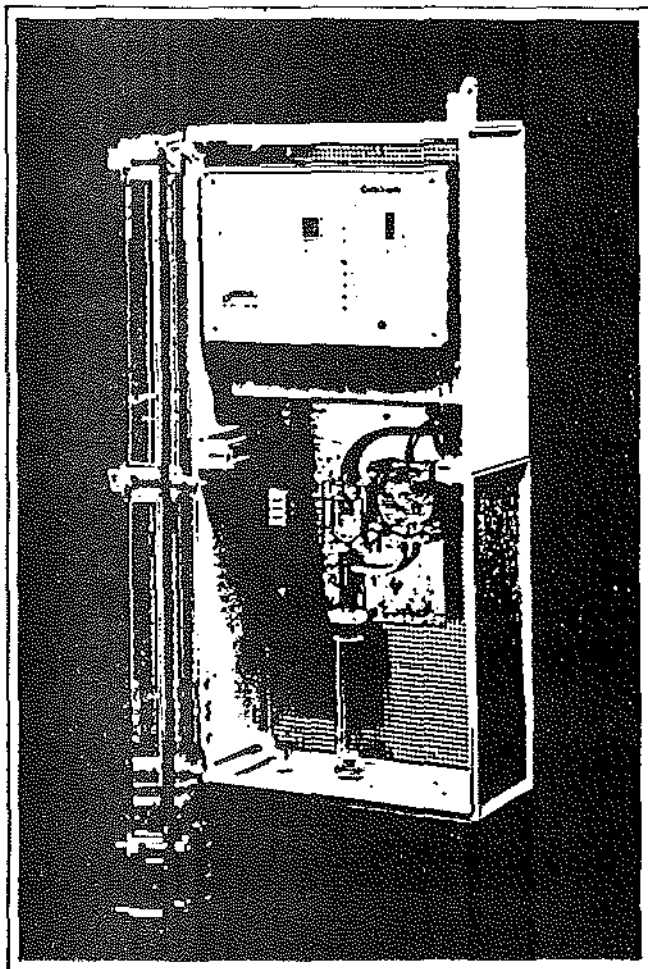
Litteratur

1. H. Saxe et al. (1985) Sommer-CO₂ til tomater. *Gartner Tidende* 51: 1655-1657.
2. H. Saxe & McCall, D. (1987) Danlep-ventilation til tomater. *Gartner Tidende* 5: 114-115.
3. Saxe & Christensen, O. V. (1985) Skjult vækstreduktion af pottplanter i CO₂-gødskede gartnerier. *Ugeskrift for jordbrug* 50: 1371-1376.
4. L. M. Mortensen (1985) Nitrogen oxides produced during CO₂ enrichment. I. Effects on different greenhouse plants. *The New Phytologist* 101: 103-108.
5. L. M. Mortensen (1985) Nitrogen oxides produced during CO₂ enrichment. II. Effects on different tomato and lettuce cultivars. *The New Phytologist* 101: 411-415.
6. N. van Berkel, Wolting, H. G. & Romartel, E. A. M. van (1985) Schadelijke bijwerking van NO_x bij CO₂ doseren. *Tuinderij* (august).
7. H. Saxe (1981) NO_x-vækstreduktion ved CO₂-gødskning i væksthuse. *Ugeskrift for Jordbrug* 126: 406-409.
8. Dansk Erhvervsgartnerforening (1986) Naturgas-rapport om anvendelsen i væksthushagartneri.
9. C.-O. Rachlitz (1987) NO_x, CO₂ og CO-målinger i naturgasfyret væksthuse. Rapport 241K. Teknologisk Institut, Tåstrup.
10. H. Saxe & McCall, D. (1987) Sommer-CO₂ til tomater 1986. *Gartner Tidende* 5-1987: 109-111.
11. Saxe (1986) Effects of NO, NO₂ and CO₂ on net photosynthesis, dark respiration and transpiration of pot plants. *The New Phytologist* 103: 185-197.

TEMANUMMER om økologisk jordbrug

Gartner Tidende nr. 47, der udkommer torsdag den 19. november, har som tema: Økologisk jordbrug.

Annoncer, der specielt ønskes optaget i dette nr., bedes venligst indsendt torsdag den 5. november.



PURIPHER B.V.

Puripher CarbO-safe

CONTENTS	page no./drawing no.
Introduction	2
Description of frontal view	3
Picture of frontal view	4
Technical data	5
Installation	6, 7
Working	8, 9
Check on CO2 dosing	10
Settings	11, 12
How to effect setting changes	13
Explanations on settings	14
Operation and maintenance	15
Basic set up with condenser	16
Basic set up without condenser	17
Dimensioned sketch	F 2533

Introduction .

DOSE SENSIBLY

MEASURE ANY UNBURNT MATTER

The Puripher CarbO-safe is an electronic device that not only reacts to any unburnt matter in the form of CO gas but also to all other gases that may be present in case of incomplete combustion.

It is an established fact that gases other than CO gas may pose a greater danger to the crops. That is why it is recommended to apply Puripher CarbO-safe for better protection.

The Puripher CarbO-safe has a built-in self test with which the device is regularly gauged.

As a result the Puripher CarbO-safe is very reliable.

In activating the Puripher CarbO-safe the flue gas valve of the CO₂ set is closed through a control first. In the event the combustion is restored, the flue gas valve will be opened.

Should the CarbO-safe continue to measure unburnt matter then an alarm is triggered off after a certain waiting time (3-5 minutes), the CO₂ dosing set is put out of operation and locked.

If CO₂ dosing installations do not feature a flue gas valve, the ventilator is immediately switched off after the detection of unburnt matter.

Should the combustion be restored within the waiting time then the ventilator will be switched on again. Otherwise the set is locked and an alarm is triggered off.

The Puripher Carbo-safe is an indispensable measuring instrument and protective device in case the CO₂ dosing installation is used.

Frontal view

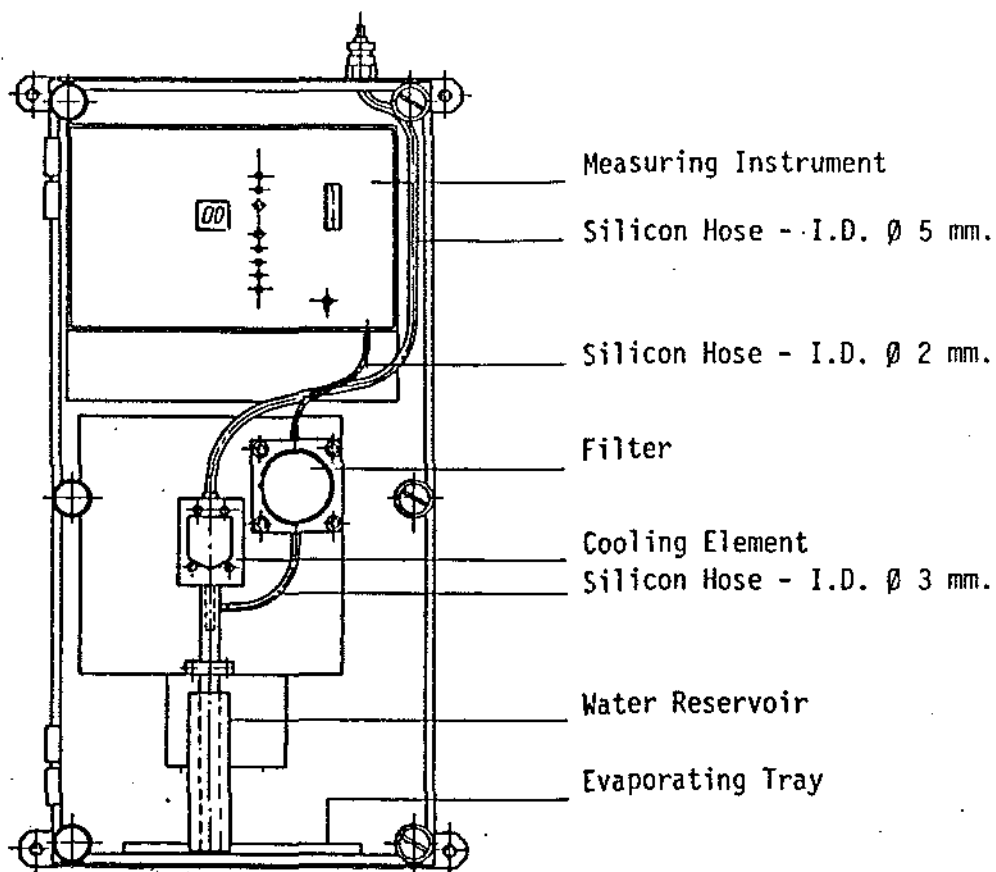
The front of the Puripher CarbO-safe features :

A display for : continuous indication of the value of the measured concentration of unburnt matter.
It is a 2 digit display and may thus indicate a range from 0 to 99

Pilot lamps for : - operation of the cooling element
- indication of the self test period
- zero adjustment in connection with trouble/faults
- indicating unburnt matter in case the set level is exceeded
- indicating pump malfunction
- indicating cooling element malfunction

Switches for : - switching on power supply
- a self test to adjust the zero adjustment
- restoring the device after a fault

An optical check on the through-flow of the sampled gas.



Technical data

Measuring principle : semi-conductor
Measuring range : 0 - 99 ppm, above this the display will blink.
Read out : 2 digit display
Analoguous output : sensitivity - 10 mV/ 1 ppm
signal : loadability - 10 Kohm/V
The output signal has a potential of + 12V with respect to earth.
Settings re level : 15 - 30 - 60 - 100 ppm
self test : 2.9 h - 5.8 h - 11.6 h - 23.3 h - none
waiting time : 164 s - 328 s
Self test duration : 164 s
Switching outputs : 2 x potentialfree make-and-break contact
(max. 240V/2A Ohm load)
1 x 240V make-and-break contact
(max. 2A Ohm load)
Level signalling : red led in case of unburnt matter.
Protection : cooling element, water seal and filter.
Length of suction duct: as short as possible.

Connection data

Voltage : 220V , 10% - 50-60 Hz
Rated capacity : 10 VA
capacity of heating : 80 Watt
element
Operation check : blinking yellow cooling unit led.

Installation

Before installing the device the following instructions should be read carefully :

- a. The Puripher CarbO-safe is a precision device and therefore it should be treated correspondingly.
- b. In order to achieve the shortest possible response time, the device should be located in the vicinity of the area where samples are taken.
- c. All of the measuring duct from the area of sample intake to the CarbO-safe box should be installed at an angle of 15° minimum so as to prevent water from accumulating in the measuring duct.

d-1 Device without flue gas condenser.

The measuring duct in the case of a device without flue gas condenser is of brass with a length of 1.5 meters measured from the funnel, and has an internal diameter of 5 mm.

The remaining measuring duct must be of hostalit having an internal diameter of 7 mm.

Any samples must be taken before the CO₂ dosing set is connected. (page 14 fig.6)

d-2 Device with flue gas condenser.

Samples should be taken after the flue gas condenser but before the CO₂ dosing set. The measuring duct in case of a device with a flue gas condenser is of hostalit with an internal diameter of 7 mm. (page 13 fig.5).

In both cases the measuring duct is connected with the flue

gas suction duct as supplied, with the aid of a piece of a silicon hose with an internal diameter of 5 mm.

In case of any bends and the like the hostalit measuring duct may be interrupted and be reconnected with a piece of silicon hose.

Also, the brass measuring duct may be wholly inserted into a hostalit pipe and be bent to fit.

- f. In cases in which it may be assumed that the ambient air is not CO free, a suction duct for the outside air should also be installed. In connection with the self test and the zero adjustment of the CarbO-safe. This suction duct should be fixed such that no water may accumulate and run to the CarbO-safe.
- g. The water reservoir must be completely filled before operation while the device is switched off, after the measuring duct has been installed.
- h. When putting the device into operation one should see to it that the water will not reach the filter. This indicates that the measuring duct is clogged.
Immediately switch off the device and check the measuring duct.

HANDLE WITH CARE

Operation

The Carbo-safe is constantly taking samples of the flue gases via a built-in pump system.

Before the sampled gas is introduced into the instrument it is, first of all, cooled off, dried and then purified. Subsequently, it is suitable to be measured.

For the measurement a semiconductor is used which undergoes a change in resistance if there is any unburnt matter in the flue gas. A change in current follows from this. This change, after amplification, is compared with a predetermined value. When this value is exceeded the Carbo-safe will respond.

There are four activation levels in total which may be predetermined internally. (Refer the chapter on Settings)

In order to ensure maximum dependability notwithstanding the great sensitivity of the Carbo-safe an automatic calibration is included in the programme.

This calibration (which is also a self test at the same time) causes a new zero adjustment to be effected.

During this self test, outside air is sucked in and fed along the measuring transducer. The Carbo-safe checks the zero adjustment and adjusts this if necessary.

If the zero adjusting is not going well because, for example, the sensor is defective then the Carbo-safe indicates zero adjustment, triggers off an alarm and prevents the CO₂ dosing set from being switched on.

Internally, the repeat time of the self test may be set.

(Refer the chapter on Settings).

The Carbo-safe indicates when a self test is carried out.

At all times a test may be made by pressing the self test button.

No dosing of CO₂ will take place during the self test.

When there is a fault in the suction system (for example, a clogged filter) the through-flow meter will drop below minus.

The CarbO-safe will now indicate that there is a pump failure.

Behind the cooling unit on the brass plate a heating element is mounted. This heating element will be in operation as soon as the temperature in the box has dropped below 5°C. The condensed water in the water seal will thus be prevented from freezing.

If, after all, the temperature will drop below 2°C then the CarbO-safe will be automatically switched off. As a result, there will be an indication of pump and cooling unit failure. The cooling led will keep blinking though, but only in another frequency (rhythm)

In case of any faults the CarbO-safe will trigger off an alarm signal and any CO₂ dosing will be prevented.

Check on the CO2 dosing

Should the permitted level of unburnt matter be exceeded, the flue gas valve in the flue gas supply pipe to the CO2 set will be immediately closed. In the event this exceeding is only momentary because the combustion is restored again then the flue gas valve will be reopened and any CO2 dosing will take place again.

If the level of unburnt matter in the flue gases continues to be above the permitted value, as measured, then, subject to the internal settings, the device will be switched off, the CO2 dosing ventilator locked and the fault indicator triggered off after approximately 3 to 5 minutes.

In other words as long as too high a value is measured with respect to any unburnt matter the flue gas valve of the CO2 set will remain closed, and during the waiting time no noxious gases will be sucked in by the CO2 set.

There is also the possibility, after the first activation, to have the CO2 ventilator switched off simultaneous with the closing of the flue gas valve. If the combustion is not restored, the CO2 dosing ventilator will be locked and the fault indicator be triggered off after the waiting time.

Settings

The Puripher CarBo-safe allows for three internal settings;namely,

1. Periodic self test

After the termination of any dosing period a self test with zero adjustment will take place.

However,if the device has been in operation for a considerable time,it is desirable to have it carry out a self test periodically.

The CO-T printed circuit board allows for any settings to be made for this periodic self test.

There are five settings :

2.9.h

5.8 h

11.6 h

23.3 h

no periodic self test

If the Carbo-safe is set at 5.8 h then it will carry out a self test every 5.8 h.

The device is preset at 11.6 h

2. Waiting time prior to alarm

The waiting time prior to alarm is the time between the activation of the Carbo-safe and the triggering of the alarm.

There are two settings for the waiting time :

164 s

328 s

The CO-T printed circuit board allows for any settings to be made as to the waiting time prior to alarm.

The device is preset at 328 s.

3. Activation level

The activation level is the value of any measured unburnt matter, at which level the CarbO-safe must respond.

There are four settings :

15 ppm

30 ppm

60 ppm

100 ppm

The CO-A printed circuit board allows for any settings to be made as to the activation level.

The device is preset at 30 ppm.

How to effect setting changes

See to it that the power supply is switched off and ensure that there is no voltage in the device.

Usually, any power voltage comes from the CO₂ dosing installation.

The front plate is mounted with four corner screws.

Undo them and carefully remove the front plate. (Be careful with the caps of the self test restore pushbutton).

There are four printed circuit boards in the box. A ground printed circuit board and three plug-in printed circuit boards.

The designations of the three plug-in printed circuit boards are from left to right : CO-A , CO-T , CO-P (page 11 fig. 2)

The CO-A printed circuit board allows for the activation level settings to be made.

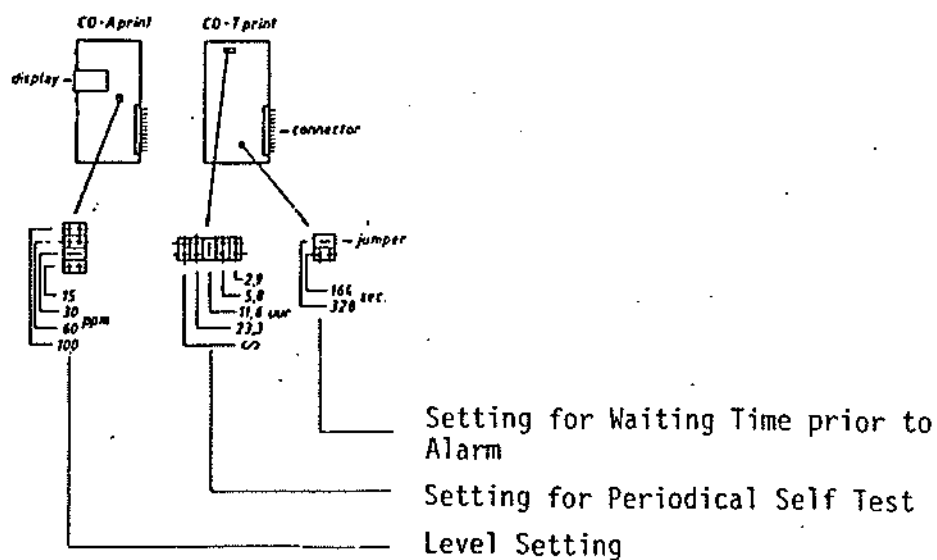
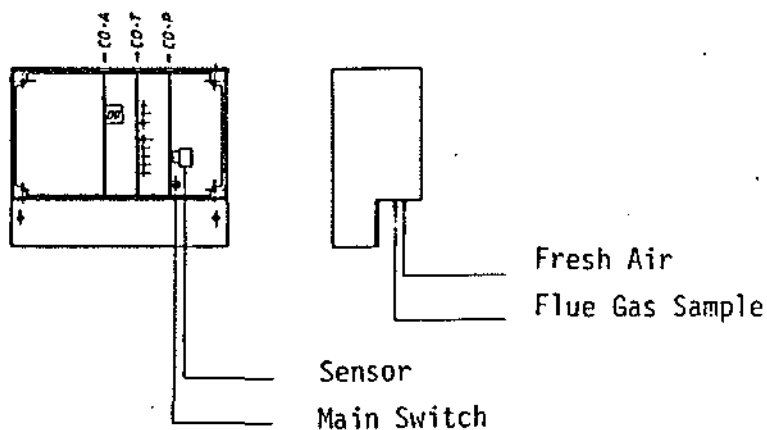
The CO-T printed circuit board allows for the periodic self test and waiting times settings to be made.

Take out the desired printed circuit board by carefully pulling at it. Relocate the jumper concerned and carefully slide the printed circuit board back in.

Mount the front plate and the Puripher CarbO-safe is ready for use again.

HANDLE WITH CARE BECAUSE THE PURIPHER CARBO-SAFE IS A PRECISION MEASURING INSTRUMENT.

Explanations on settings



ation

operation of the Puripher CarbO-safe is relatively simple.

order to have access to the actual measuring instrument one
ld, first of all, rotate the three turning knobs on the right
side on the front side of the door making half a turn to the
. After opening the door the Puripher CarbO-safe can be
ated.

dip switch right below on the front plate with the lettering
and "O" serves for switching the power supply of the
O-safe on and off.

yellow pressure switch with the lettering "SELF TEST" allows
any a manual self test with a possible zero adjustment.

red pressure switch with the lettering "RESTORE" allows for
device to be restored after a fault. After having pressed the
ore pushbutton the CarbO-safe will automatically revert to
test.

cause of the trouble may be traced in the chapter on working.

tenance

eriodic maintenance is necessary for the Puripher CarbO-safe.
the round filter in the box is dirty then one may clean this
elf and in the following manner.

t undo the four screws on the filter.

ve the filter and rinse this in clean tap water.

r the filter has been dried it can be fitted again.

to it that the rubber gasket is properly seated so that no
e air may be sucked in.

new filters and gaskets may be ordered from Puripher.

rior to
f Test

Operation

The operation of the Puripher CarbO-safe is relatively simple.

In order to have access to the actual measuring instrument one should, first of all, rotate the three turning knobs on the right hand side on the front side of the door making half a turn to the left. After opening the door the Puripher CarbO-safe can be operated.

The dip switch right below on the front plate with the lettering "I" and "O" serves for switching the power supply of the CarbO-safe on and off.

The yellow pressure switch with the lettering "SELF TEST" allows for any a manual self test with a possible zero adjustment.

The red pressure switch with the lettering "RESTORE" allows for the device to be restored after a fault. After having pressed the restore pushbutton the CarbO-safe will automatically revert to self test.

The cause of the trouble may be traced in the chapter on working.

Maintenance

No periodic maintenance is necessary for the Puripher CarbO-safe.

If the round filter in the box is dirty then one may clean this oneself and in the following manner.

First undo the four screws on the filter.

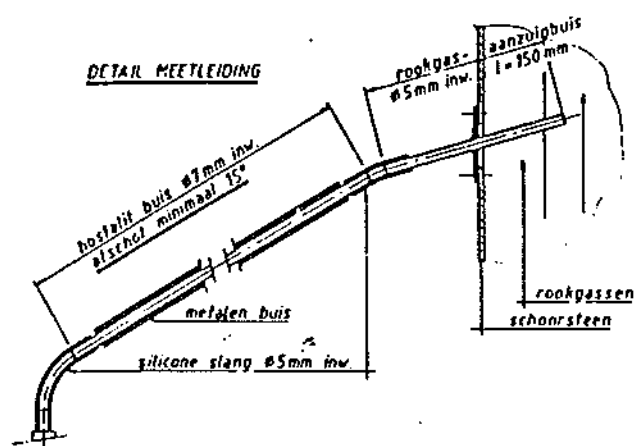
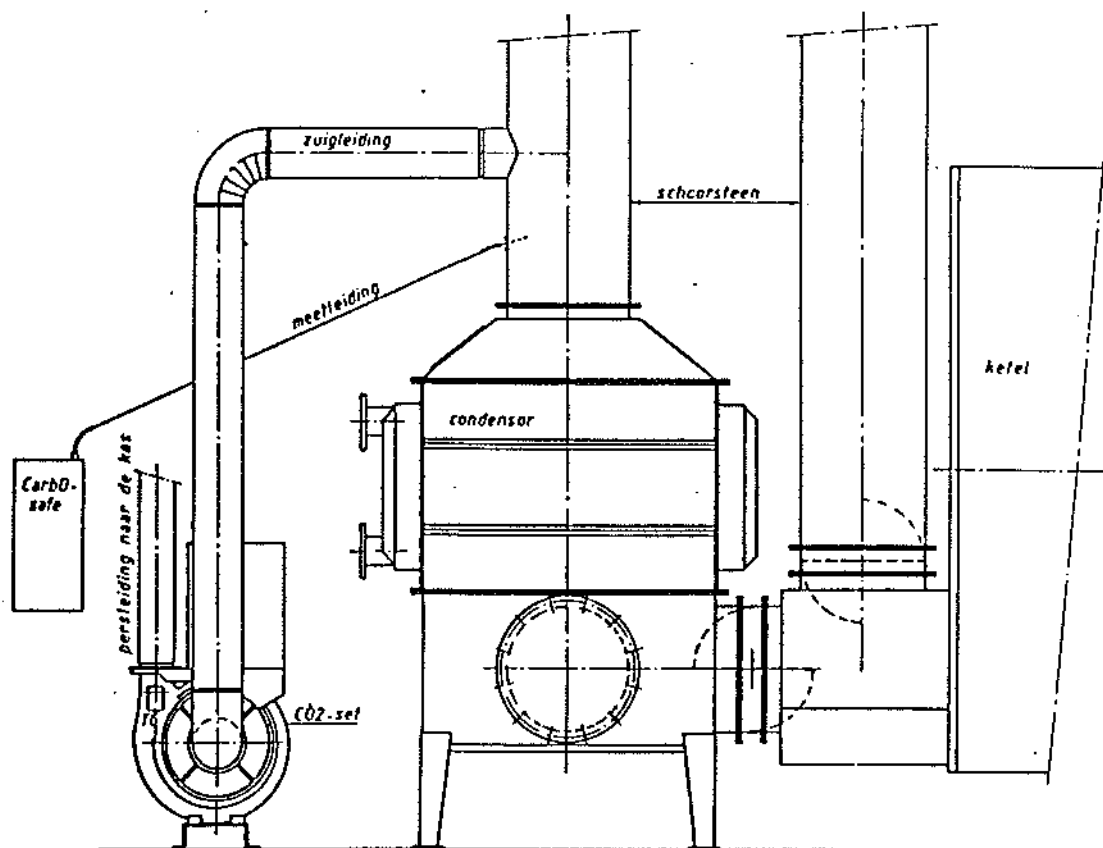
Remove the filter and rinse this in clean tap water.

After the filter has been dried it can be fitted again.

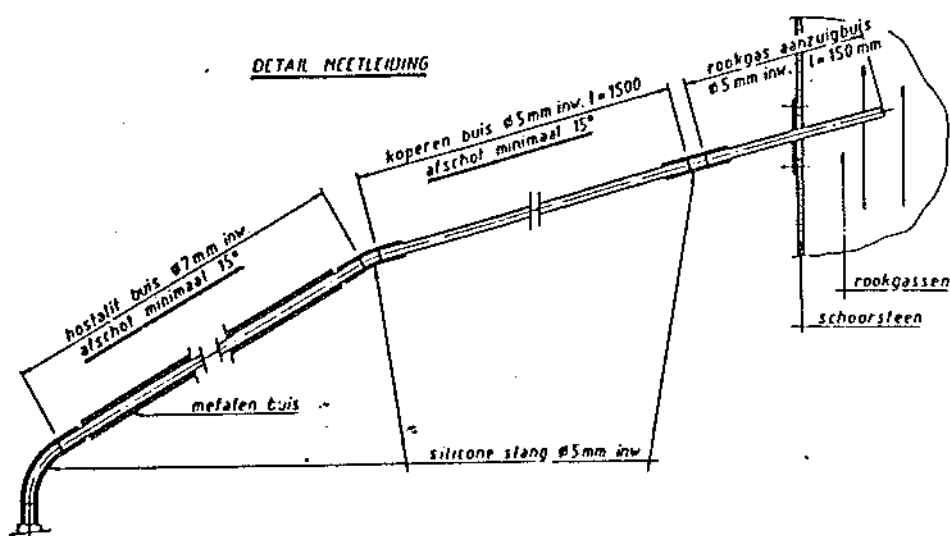
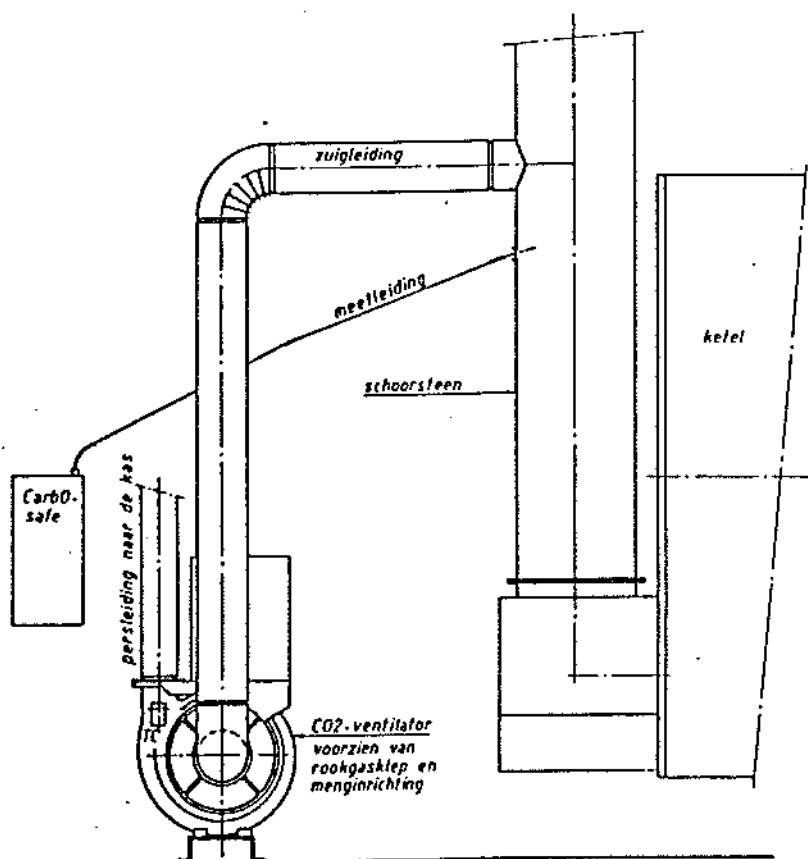
See to it that the rubber gasket is properly seated so that no false air may be sucked in.

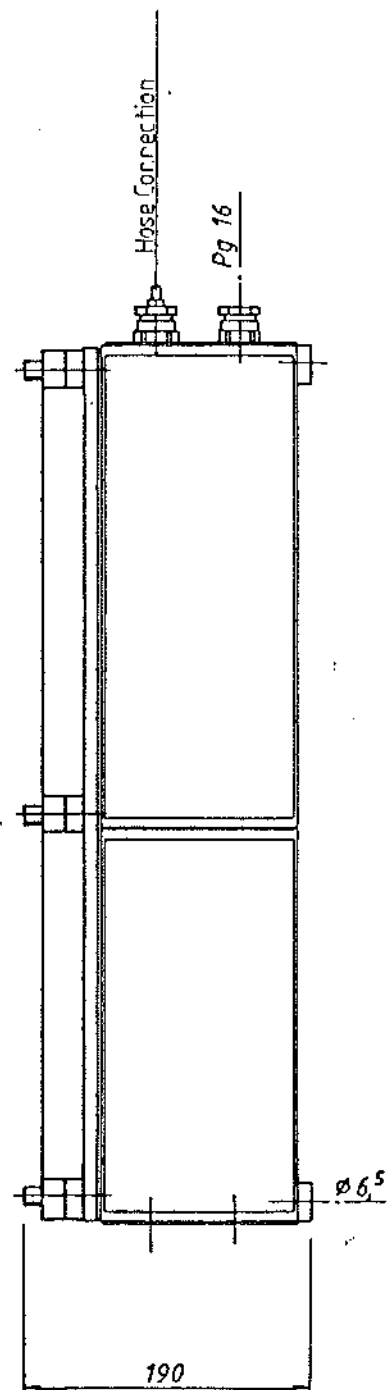
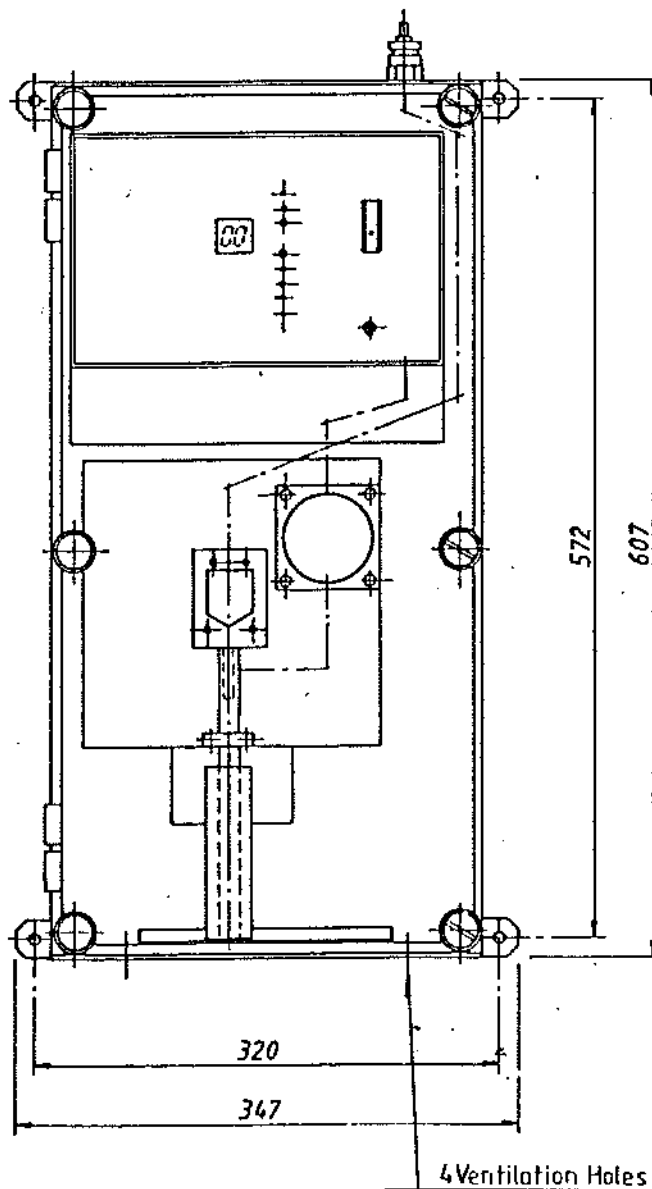
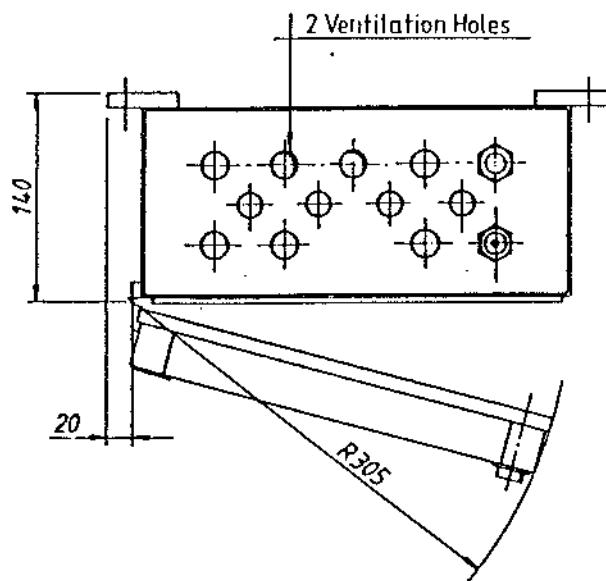
Any new filters and gaskets may be ordered from Puripher.

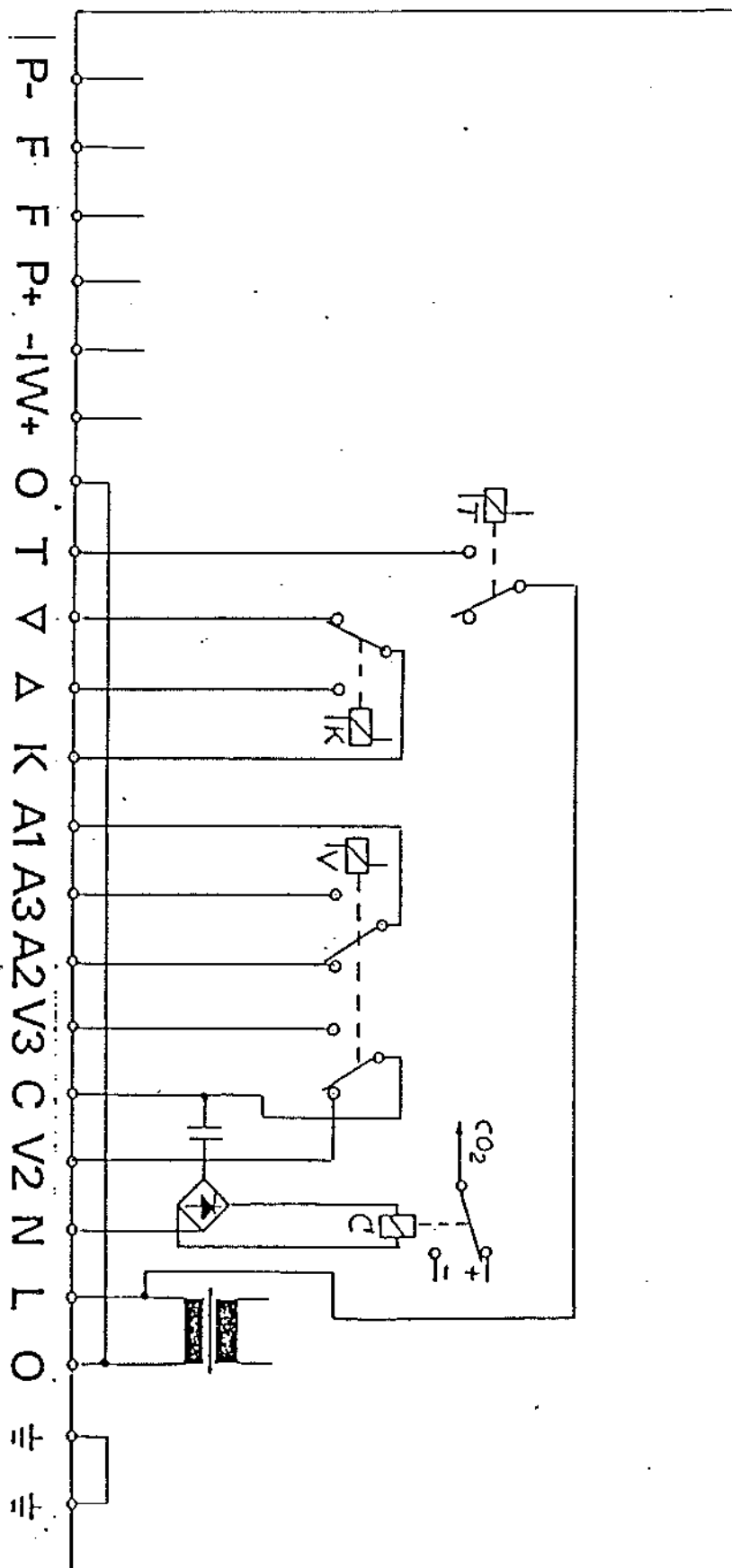
Basic set up with condenser



Basic set up without condenser



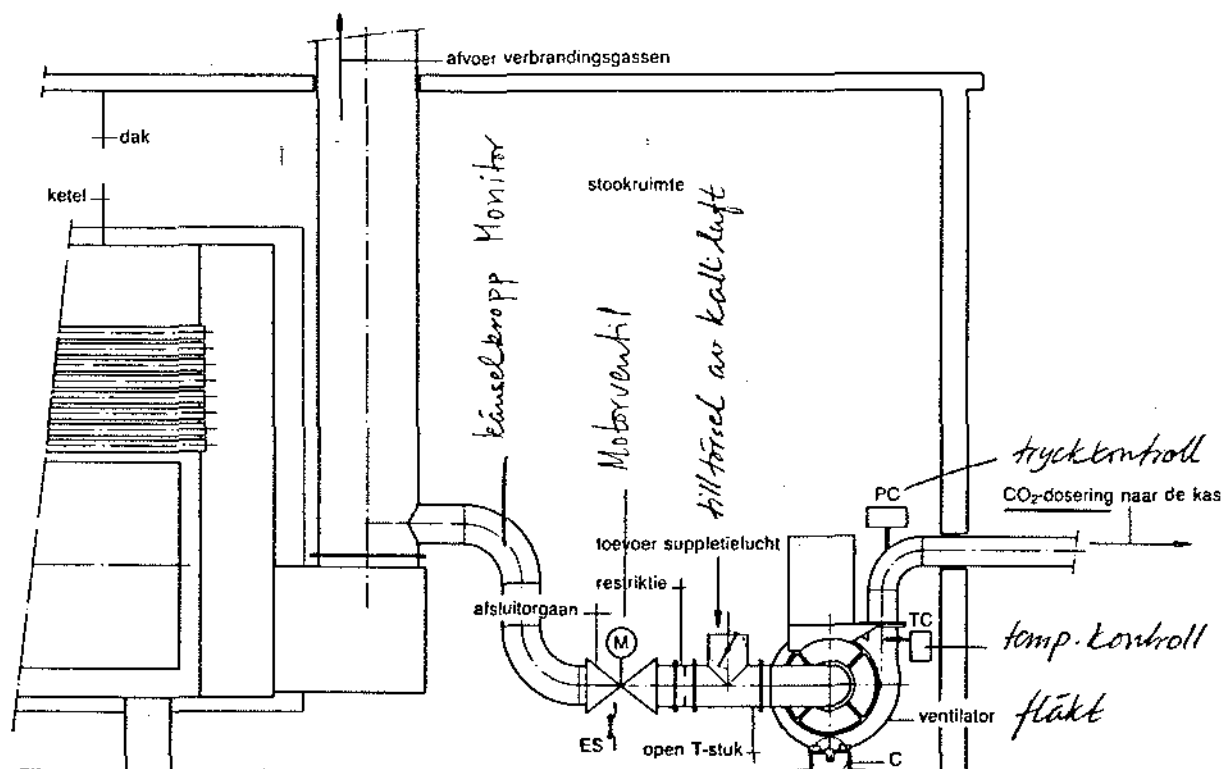




Opstellingsvoorbeeld III

CarbO2-set serie ND geïnstalleerd achter een ketelinstallatie zonder rookgascondensor.

CO₂-dosering utan rökgas kylare



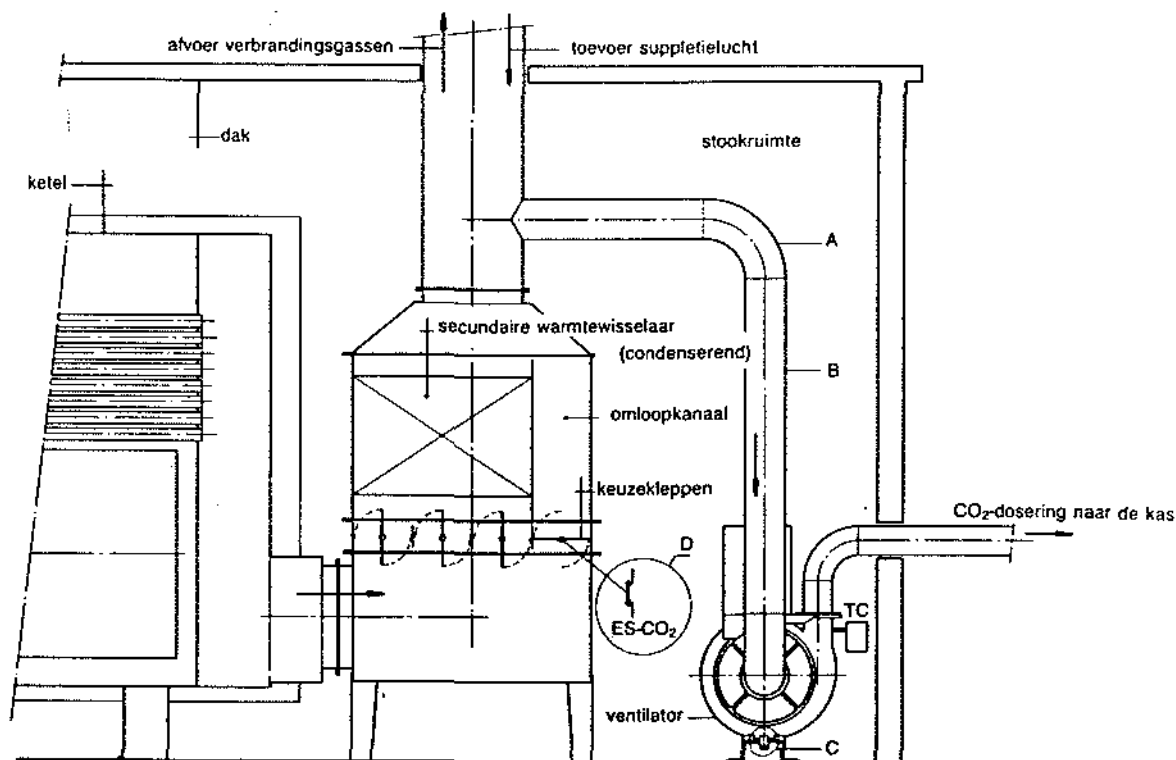
B en D - voorzieningen zoals omschreven bij opstellingsvoorbeeld I en II zijn hierbij niet van toepassing.

C. De ventilator zodanig monteren, dat het condenswater via het aangebrachte afvoerpijpje kan worden afgevoerd.

Opstellingsvoorbeeld II

CarbO2-set serie CD geïnstalleerd achter een ketelinstallatie met een rookgascondensor voorzien van een by-pass (omloopkanaal).

CO₂-dosering met rookgasbyline



A. De verbinding tussen de verbrandingsgasafvoer en de kas via het CO₂-concentratieapparaat dient een geheel gesloten systeem te zijn zonder enige open verbinding met de stookruimte.

B. Bij voorkeur in de aansluiting van het rookgas-kanaal naar de CO₂-set, een vertikaal naar beneden gericht pijpstuk op te nemen als warmteslot (bij stilstaande ventilator).

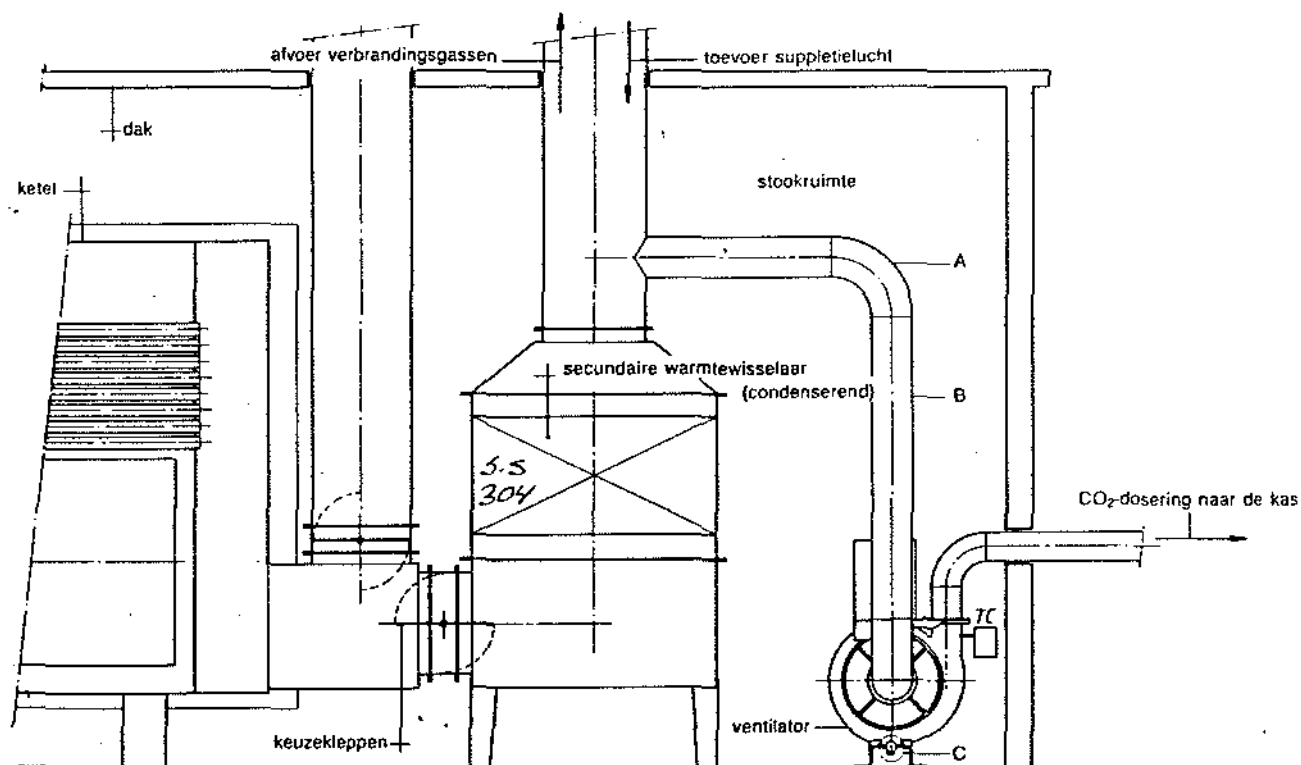
C. De ventilator zodanig monteren, dat het condenswater via het aangebrachte afvoerpijpje kan worden afgevoerd.

D. Indien de CO₂-dosering zodanig op het verbrandingsafvoersysteem is aangesloten, dat de verbrandingsgassen naar keuze via de secundaire warmtewisselaar danwel via een omloop rechtstreeks bij de CO₂-doseringsaftakking kunnen komen, dan dient een EXTRA eindschakelaar ES-CO₂ aangebracht te worden die de CO₂-doseerinstallatie blokkeert wanneer de rookgascondensor niet in gebruik is.

Opstellingsvoorbeeld I

CarbO2-set serie CD geïnstalleerd achter een ketelinstallatie met rookgascondensor, voorzien van dubbele rookgasafvoer.

CO₂-dosering met rookgasanalyse



- A De verbinding tussen de verbrandingsgasafvoer en de kas via het CO₂-concentratieapparaat dient een geheel gesloten systeem te zijn zonder enige open verbinding met de stookruimte.
- B Bij voorkeur in de aansluiting van het rookgaskanaal naar de CO₂-set, een vertikaal naar beneden gericht pijpstuk op te nemen als warmteslot (bij stilstaande ventilator).
- C De ventilator zodanig monteren, dat het condenswater via het aangebrachte afvoerpijpje kan worden afgevoerd.