



TECHNISCH TALENT  
KRIJGT TOEKOMST  
mechanica/elektriciteit - hout - auto

VERY

TECHNICAL

INDEED

# INDUSTRIËLE WETENSCHAPEN

## Diesel versus Koolzaadolie

Leerling(en):  
Jeroen Deprez  
Brecht Vulsteke

Mentor:  
Mevr. De Laere M.

VTI Torhout Sint-Aloysius | Papebrugstraat 8a, 8820 Torhout  
Telefoon: 050 23 15 15 | Fax: 050 23 15 25  
E-mail: [vti@sint-rembert.be](mailto:vti@sint-rembert.be) | Site: <http://vtiweb.sint-rembert.be/>  
Site GIP'S 6IW: [www.gip6iw.be](http://www.gip6iw.be)

## Woord vooraf

Wij bespreken in onze geïntegreerde proef de ombouwing van een dieselmotor naar een motor die draait op koolzaadolie. Dit zullen we uitgebreid bespreken in de volgende bladzijden.

Voor deze G.I.P. werken we samen met het 7<sup>de</sup> jaar auto-elektriciteit. Het idee kwam van mevr. De Laere en dhr. Boone. Zij hadden begin september een reportage gezien op televisie over koolzaad en vonden dit een aantrekkelijk onderwerp. Het kwam dan ter spraken in school en wij waren direct geïnteresseerd om ons gedurende een jaar daarmee bezig te houden, het is namelijk een zeer actueel probleem. Wij deden de theoretische bespreking van het koolzaad, de olie en de ombouwing. Onze mentor is mevr. De Laere. Het 7<sup>de</sup> jaar autotechnieken deed dan de ombouwing zelf. Hun mentor is dhr. Boone.

In het begin van het schooljaar zijn we te weten gekomen dat er een school is in Duitsland die een heel project doet over biodiesel. We besloten samen met die school om samen te werken en onze informatie uit te wisselen, maar dat is dan toch niet gebeurt. De eerste week na de paasvakantie waren we wel uitgenodigd om te gaan naar hun school. Het was dan namelijk hun projectweek. Wegens praktische redenen zijn we niet kunnen gaan. Op onze opendeurdag zijn er wel 6 meisjes en 2 leerkrachten van Duitsland naar hier gekomen. Zij hadden ook een voorstelling voorbereid voor op de opendeurdag. Dit alles is zeer goed verlopen en het was een aangename ervaring.

De geïntegreerde proef hebben wij steeds aanzien als een kans om iets wetenschappelijks te bestuderen zoals men het op de industriële markt zou aanpakken. Maar we hebben natuurlijk geen ervaring genoeg om dit op eigen houtje te doen. Hierbij hebben we steeds veel steun gehad aan bepaalde personen. Daarom maken we in ons werk graag plaats om deze mensen te bedanken. We vermelden mevr. Miranda De Laere, onze mentor en de lezer van de G.I.P. op technisch vlak. Zij stond altijd paraat toen we vragen hadden en heeft gedurende heel het jaar zich hard ingezet voor ons werk. Daarnaast willen we ook dhr. Luc Boone bedanken voor zijn medewerking aan de praktische realisatie. Ook willen we onze titularis, dhr. Dirk Verhaeghe bedanken. Hij hielp ons met zeer veel proeven en andere hulp en gaf ons de nodige tips. We danken natuurlijk ook mevr. Joke Boeyden, die geheel onze geïntegreerde proef heeft verbeterd op taalkundig gebied. Tenslotte verdienen ook onze ouders een pluimpje: zij hebben ons achter de schermen bijgestaan in ieder moeilijk moment.

## Inhoudstafel

<b>1</b>	<b>EIGENSCHAPPEN VAN KOOLZAAD(OLIE)</b>	<b>6</b>
1.1	PRODUCTIE EN GEBRUIK VAN PLANTENOLIE EN ANDERE BIOBRANDSTOFFEN.	6
1.1.1	<b>Inleiding</b>	<b>6</b>
1.1.2	<b>Biobrandstoffen voor voertuigen</b>	<b>6</b>
1.1.3	<b>Rijden op PPO: Hoe doe je dat?</b>	<b>7</b>
1.1.4	<b>Wat kost het en wat levert het op?</b>	<b>8</b>
1.1.5	<b>De teelt van koolzaad:</b>	<b>9</b>
1.1.6	<b>Kwaliteitslabel:</b>	<b>9</b>
1.1.7	<b>Persen van het koolzaad:</b>	<b>10</b>
1.1.8	<b>Er zijn steunmaatregelen voor de landbouwers!!!</b>	<b>10</b>
1.2	VAN ZAAD TOT DE OLIE	11
1.2.1	<b>Het gewas koolzaad</b>	<b>11</b>
1.2.2	<b>Winterkoolzaad, Zomerkoolzaad</b>	<b>11</b>
1.2.3	<b>Teelttechniek van winterkoolzaad</b>	<b>11</b>
1.2.4	<b>Teelttechniek van zomerkoolzaad</b>	<b>15</b>
1.2.5	<b>Samengevat: Teelttechnische fiche</b>	<b>15</b>
1.2.6	<b>Het persen van de olie</b>	<b>16</b>
1.2.7	<b>Het warmpersen van koolzaad</b>	<b>17</b>
1.2.8	<b>Het koudpersen van koolzaad</b>	<b>18</b>
1.2.9	<b>Filteren van de ruwe olie</b>	<b>21</b>
1.3	PROEF: PERSING VAN KOOLZAAD	22
1.3.1	<b>Inleiding</b>	<b>22</b>
1.3.2	<b>Werking van onze proef</b>	<b>22</b>
1.4	VISCOSITEIT	24
1.4.1	<b>Wat viscositeit is</b>	<b>24</b>
1.4.2	<b>Invloed van de temperatuur op de viscositeit</b>	<b>24</b>
1.4.3	<b>De soort stroming</b>	<b>24</b>
1.4.4	<b>Meting van de viscositeit</b>	<b>25</b>
1.4.5	<b>De viscositeitsmeter</b>	<b>25</b>
1.4.6	<b>Onze meting</b>	<b>27</b>
1.4.7	<b>De viscositeit in een grafiek</b>	<b>30</b>
1.5	METING VAN DE SOORTELIJKE MASSA (P)	32
1.6	STOOKWAARDE	33
1.6.1	<b>Inleiding</b>	<b>33</b>
1.6.2	<b>Doel van de proef</b>	<b>33</b>
1.6.3	<b>Principe</b>	<b>33</b>
1.6.4	<b>Bespreking van de procedure</b>	<b>34</b>
1.6.5	<b>Beschrijving van de onderdelen van het toestel</b>	<b>36</b>
1.6.6	<b>Praktische werkwijze - meten calorische waarde:</b>	<b>38</b>
1.6.7	<b>De onderste verbrandingswaarde (stookwaarde):</b>	<b>39</b>
<b>2</b>	<b>VERBRANDINGSMOTOREN</b>	<b>40</b>
2.1	INDELING VAN DE VERBRANDINGSMOTOREN.	40
2.1.1	<b>Inleiding</b>	<b>40</b>
2.1.2	<b>Soorten verbrandingsmotoren volgens de werking</b>	<b>40</b>
2.2	DIESELMOTOR	41

2.2.1	<b>Algemeen</b>	<b>41</b>
2.2.2	<b>Voor- en nadelen van een dieselmotor</b>	<b>41</b>
2.2.3	<b>Vergelijking vierslagdieselmotor en vierslagbenzinemotor</b>	<b>41</b>
2.2.4	<b>Soorten verbrandingsmotoren</b>	<b>42</b>
2.2.5	<b>De opeenvolgende fasen bij een vierslagdieselmotor</b>	<b>42</b>
2.2.6	<b>Bespreking nokkenas en krukassen</b>	<b>45</b>
2.2.7	<b>De directe en indirecte inspuiting</b>	<b>47</b>
2.2.8	<b>De verstuivers</b>	<b>50</b>
2.3	<b>DE DIESELPOMP</b>	<b>52</b>
2.3.1	<b>Doel</b>	<b>52</b>
2.3.2	<b>De soorten</b>	<b>52</b>
<b>3</b>	<b>DE OMBOUWING</b>	<b>66</b>
3.1	<b>PRAKTISCHE REALISATIE VAN DE OPEL KADET</b>	<b>66</b>
3.1.1	<b>Inleiding</b>	<b>66</b>
3.1.2	<b>Gebruikte materialen om de wagen om te bouwen voor ppo:</b>	<b>66</b>
3.1.3	<b>Het principe schema van het mechanisch gedeelte</b>	<b>67</b>
3.1.4	<b>De koolzaadolietaank</b>	<b>67</b>
3.1.5	<b>De brandstofleidingen</b>	<b>68</b>
3.1.6	<b>De warmtewisselaar</b>	<b>68</b>
3.1.7	<b>Het elektrisch systeem</b>	<b>71</b>
3.2	<b>VERMOGEN EN RENDEMENT</b>	<b>74</b>
3.3	<b>VERMOGEN, RENDEMENT EN VERBRUIK</b>	<b>75</b>
3.3.1	<b>Inleiding</b>	<b>75</b>
3.3.2	<b>Berekeningen</b>	<b>75</b>
<b>4</b>	<b>INVLOED VAN KOOLZAADOLIE OP HET MILIEU</b>	<b>79</b>
4.1	<b>EMISSIES VAN HET WEGVERKEER IN BELGIE 1990-2030</b>	<b>79</b>
4.1.1	<b>Het wegverkeer blijft toenemen</b>	<b>79</b>
4.1.2	<b>Sterke daling luchtvervuiling</b>	<b>79</b>
4.2	<b>EMISSIES BIJ KOOLZAADOLIE</b>	<b>81</b>
4.2.1	<b>Inleiding</b>	<b>81</b>
4.2.2	<b>Schadelijk voor de gezondheid – reden tot ombouw</b>	<b>81</b>
4.2.3	<b>Kwaliteitsstandaard voor koolzaadolie als brandstof</b>	<b>82</b>
4.2.4	<b>PPO emissies in vergelijking met diesel</b>	<b>83</b>
4.2.5	<b>Rijden met koolzaadolie...en de geur van verse frieten</b>	<b>85</b>
4.2.6	<b>Emissies testen van onze Opel</b>	<b>85</b>
4.3	<b>RENTABILITEITSBEREKENING VAN DE TEELT VAN KOOLZAAD EN DIVERSE TOEPASSINGEN</b>	<b>86</b>
4.3.1	<b>Voorbeeld van berekening teeltkosten</b>	<b>86</b>
4.3.2	<b>Voorbeeld van saldoberekeningen voor de teelt van koolzaad met verwerking tot PPO op eigen bedrijf.</b>	<b>88</b>
4.3.3	<b>Saldo winterkoolzaad</b>	<b>89</b>
4.3.4	<b>Saldo zomerkoolzaad</b>	<b>90</b>
4.3.5	<b>Vergelijking saldo winterkoolzaad versus zomerkoolzaad</b>	<b>93</b>
<b>5</b>	<b>BIJLAGEN</b>	<b>95</b>
5.1	<b>BIJLAGE 1: ACTUELE ARTIKELS</b>	<b>95</b>
5.2	<b>BIJLAGE 2: TEKENINGEN VAN DE KOOLZAADOLIEPERS</b>	<b>105</b>

5.3	BIJLAGE 3: VERMOGENSTESTBANK + EMISSIETESTEN	115
5.3.1	<b>Vermogenstestbank</b>	<b>115</b>
5.3.2	<b>Emissietest</b>	<b>117</b>
6	<b>BESLUIT</b>	<b>118</b>
7	<b>BRONNEN</b>	<b>119</b>
8	<b>LOGBOEK</b>	<b>120</b>

# 1 EIGENSCHAPPEN VAN KOOLZAAD(OLIE)

## 1.1 PRODUCTIE EN GEBRUIK VAN PLANTENOLIE EN ANDERE BIOBRANDSTOFFEN.

### 1.1.1 Inleiding

Planten leken compleet vergeten als grondstof voor elektriciteitsvoorziening, voor de verwarming van huizen of als brandstof voor voertuigen en machines. Maar dit is volop aan het veranderen, zeker voor de teelt van energiegewassen zoals koolzaad voor de productie van PPO en bio-diesel. Dergelijke teelten zijn zeker nog geen goudmijn, maar bieden ook vandaag al een zeker rendement voor de akkerbouwer en een veelbelovend perspectief voor producenten en gebruikers van bio-brandstof.

Onze aarde warmt op als gevolg van de almaar stijgende CO<sub>2</sub> – emissies die vrijkomen bij de verbranding van fossiele brandstoffen. In Kyoto zijn de meeste landen akkoord gegaan om in ieder geval iets te doen aan deze uitstoot. In dit kader heeft de Europese Unie zich geëngageerd om tegen 2010 minimum 5,75% van onze voertuigenbrandstoffen te vervangen door hernieuwbare brandstoffen.

Plantenolie, biogas en bio-ethanol vormen een potentieel als hernieuwbare brandstof. De productie ervan is echter duurder dan de productie van fossiele brandstoffen. Om hernieuwbare brandstoffen te stimuleren is accijnsvermindering of -vrijstelling een noodzakelijk instrument om de concurrentie met fossiele brandstoffen aan te gaan.

### 1.1.2 Biobrandstoffen voor voertuigen

Biobrandstoffen voor voertuigen zijn vloeibare of gasvormige brandstoffen, gemaakt van biomassa. Ze kunnen dienen ter vervanging van fossiele brandstoffen, denk hierbij aan benzine, LPG of diesel.

Momenteel zijn de belangrijkste biobrandstoffen **PPO** (pure plantaardige olie), **biodiesel** en **bio-ethanol**.

Verder valt te denken aan biogas, bio-DME (dimethylether), biowaterstof, BTL (biomasto-liquid) en een aantal nog exotischer producten. Deze brandstoffen zijn nog volop in ontwikkeling en zullen we verder in deze G.I.P. niet meer behandelen.

**PPO** is olie geperst uit bijvoorbeeld koolzaad, zonnebloempitten of andere oliehoudende zaden. Deze olie kan rechtstreeks gebruikt worden in dieselmotoren met een aangepast brandstofsysteem.

**Biodiesel** ofwel Europese RME (rapeseed methyl ester) wordt vervaardigd door een chemische bewerking van koolzaadolie. Hierbij wordt aan de koolzaadolie een base opgelost in methanol of ethanol toegevoegd en op temperatuur gebracht. Er ontstaat dan biodiesel en als bijproduct glycerine. Ook een deel van de (m)ethanol komt weer vrij. Deze biodiesel

lijkt sterk op gewone diesel en kan tot 30% bijgemengd worden zonder aanpassing van de motor. Puur kan ook, maar dan moet de motor wel aangepast worden.

**Bio-ethanol** wordt geproduceerd door vergisting van zetmeel- en suikerhoudende gewassen zoals suikerbieten en graansoorten. Er wordt momenteel gewerkt aan een technologie waardoor ook de rest van de plant omgezet kan worden in ethanol. Dit gebruikte materiaal wordt lignocellulose genoemd. Hout en gras vallen ook onder deze noemer. Bio-ethanol kan gebruikt worden in benzinemotoren. Dit kan puur wanneer de motor hiervoor aangepast is, of bijgemengd in gewone benzine, zonder aanpassing van de motor.

→ Hieronder zien we enkele eigenschappen van PPO, Diesel, Biodiesel, Benzine en Bio-ethanol:

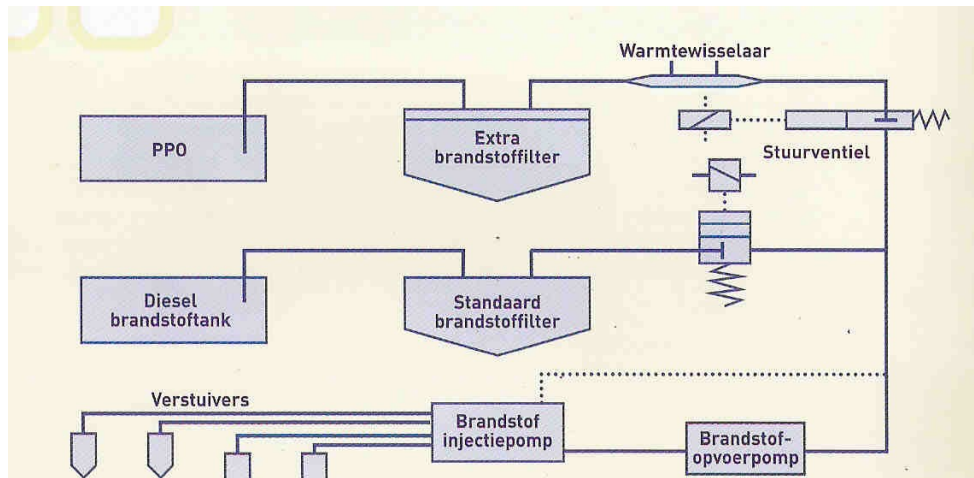
	Dichtheid (kg/l)	Viscositeit bij 20°C (mm <sup>2</sup> /s)	Cetaangetal	Octaangetal	Cloudpoint (°C)	Vlampunt (°C)	Zwavelgehalte (mg/kg)
PPO	0,92	74,0	40	-	-9 tot -15	220	<20
Diesel	0,84	5,0	50	-	-14	50-80	50
Biodiesel	0,88	7,5	56	-	-	120-135	<10
Benzine	0,76	0,6	-	92,0	-	<21	-
Bio-ethanol	0,79	1,5	-	>110	-	<21	-

Warmtewisselaar

### 1.1.3 Rijden op PPO: Hoe doe je dat?

PPO heeft een hogere viscositeit en vlampunt. Dit maakt het noodzakelijk om het brandstofsysteem van een dieservoertuig aan te passen. De meest voorkomende aanpassing wordt het “tweetanksysteem” genoemd (zie afbeelding hieronder). De motor wordt hierbij tijdens de start en warmloophase gevoed vanuit een kleine, extra dieselbrandstoftank. De oorspronkelijke tank wordt nu gevuld met PPO en neemt de brandstofvoorziening over nadat de motor de bedrijfstemperatuur bereikt heeft (handmatige of automatische omschakeling). Doordat de PPO in een warmtewisselaar op +/- 70°C gebracht wordt, zal nu de viscositeit en het vlampunt vergelijkbaar zijn met die van dieselbrandstof. Wel moet tijdig, voor het einde van de rit, weer teruggeschakeld worden op dieselbrandstof, zodat de PPO uit het hele brandstofsysteem gespoeld is en een koude start geen probleem meer is (niet nodig voor een korte stop). Naast een extra tank, brandstofstuurklep en warmtewisselaar maken ook extra brandstoffilters en een opvoerpomp deel uit van het systeem om een ongestoorde brandstoftoevoer met de gewenste eigenschappen te waarborgen.

→ Hieronder zien we het schema van het tweetanksysteem:



Het doel dat wij voor ogen hebben is eerst het tweetanksysteem bespreken en realiseren en dan overschakelen naar het eentanksysteem (starten én rijden op PPO). Hierover wordt verder in ons verslag nog uitgebreid gesproken.

#### 1.1.4 Wat kost het en wat levert het op?

**Koolzaad** telen is een rendabele activiteit voor de boer, zeker in vergelijking met de teelt van graangewassen. Zelf persen en verwerken van het koolzaad kan het rendement nog aanzienlijk verbeteren:

Verkoop van koolzaad	Basis	Resultaat in €/ha	Verkoop van olie	1 500 l/ha	
Opbrengst koolzaad per ha	4 500 kg/ha		Verkoop olie	75 ct/l	1125
Verkoop	220 €/ton		Perskoek	3 150 kg/ha	
Bruto		990	Verkoop perskoek	0,12 €/ha	378
Productiekost	750 €/ha	-750	Pers- en distributiekost	0,11 €/l	-165
Netto		240	Kost koolzaad		-750
Premie		400	Netto		588
<b>Totaal opbrengst verkoop van koolzaad</b>		<b>640</b>	Premie		400
			<b>Totaal opbrengst bij zelfverwerking</b>		<b>988</b>

De aanpassing van standaard dieselveertuigen voor gebruik van PPO met het zogenaamde tweetanksysteem vergt uiteraard ook een bijkomende investering. De prijsvorming in deze nieuwe bedrijfstak is nog weinig transparant en zal nog wijzigen als gevolg van een aantrekkelijke vraag. Momenteel ligt de totale kostprijs rond 3000€, maar voor zelfbouwers zijn ook voor lagere prijzen volledige ombouwkits op de markt.



### 1.1.5 De teelt van koolzaad:

Koolzaad is een inheems gewas dat al vele jaren geteeld wordt als oliebron. Als energieteelt voor motorbrandstoffen is dit de meest aangewezen teelt in Vlaanderen. De teelt vergt geen bijkomende investeringskosten in machines en kan ook in ons klimaat een zeer bevredigende oogst opleveren. Zaaïen gebeurt van half augustus tot half september voor winterkoolzaad en van maart tot half april voor zomerkoolzaad. Winterkoolzaad brengt wel tot 40% meer op dan zomerkoolzaad. Na de oogst, rond half juli, kan het koolzaad geleverd worden aan de graanhandelaar of kan de boer er zelf mee aan de slag.



### 1.1.6 Kwaliteitslabel:

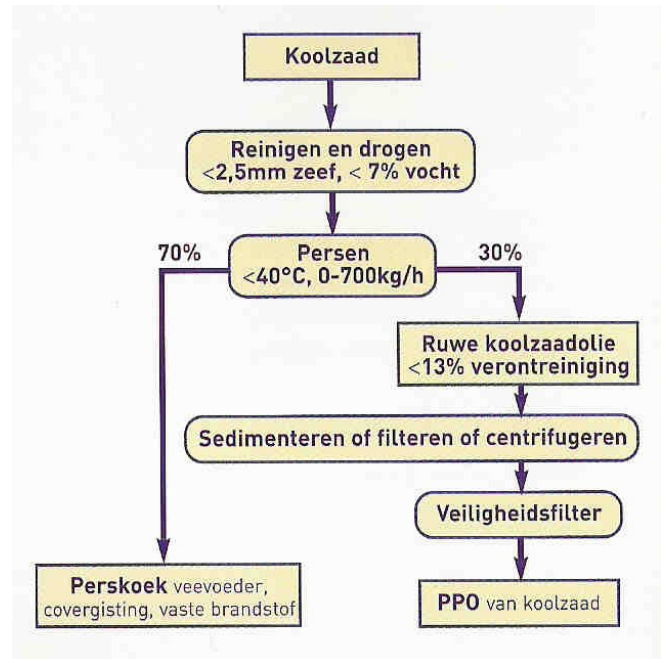
De ruwe plantenolie bevat tot 13% verontreiniging en kan op verschillende manieren (sedimenteren, filtreren of centrifugeren) gereinigd worden. De olie passeert dan nog een veiligheidsfilter om de laatste deeltjes te verwijderen en is dan in principe geschikt voor gebruik als PPO. Deze moet aan bepaalde kwaliteitseisen voldoen, zoals die bijvoorbeeld vastgelegd zijn in de zogenaamde “Weihestephaner Standard”. Momenteel wordt gewerkt aan een Europese norm en een systeem om deze kwaliteit in België te waarborgen.

1.1.6.1 Met het kleinschalig zelf verwerken van koolzaad, alleen of vanuit een coöperatie, zijn heel wat voordelen te behalen, vergeleken met industriële verwerking:

- vlakbij de plaats van productie;
- korte keten, zonder tussenhandel, dus meer winst;
- niet alleen olie maar ook perskoek met een hogere voedingswaarde;
- lage investering;
- tot zesmaal minder energieverbruik per verwerkte ton koolzaad;
- geen gebruik van chemische oplosmiddelen;
- weinig afvalwater;
- lage logistieke kosten en nauwelijks veiligheidsmaatregelen nodig;
- kleine transportafstanden en stimulering van de lokale economie;
- flexibele productie, aan te passen aan andere soorten oliehoudende zaden;
- extra toegevoegde waarde in het buitengebied.

### 1.1.7 Persen van het koolzaad:

Het is erg belangrijk dat bij dit zogenaamde koud persen (zie schema hiernaast) de olie onder de 40°C blijft, zoniet wordt het fosforgehalte in de olie te hoog. De temperatuur mag ook niet te laag zijn omdat de hoeveelheid vaste stof dan toeneemt. Ongeveer een derde van het gewicht aan koolzaad wordt omgezet in een “ruwe olie”, de rest in perskoek. Deze perskoek is geschikt als veevoer en is een rijke bron van eiwitten en energie, maar kan ook gebruikt worden voor covergisting of als brandstof in een kachel of CV-installatie. We kunnen het koolzaad ook warm persen, maar dit proces is niet zo rendabel als koud persen omdat we dan meer energie nodig hebben om het te persen. Het koud en warm persen en de rendabiliteit zullen we nog uitvoerig bespreken verder in ons verslag.



### 1.1.8 Er zijn steunmaatregelen voor de landbouwers!!!

Koolzaad kan geperst worden op percelen die door de landbouwer als braak aangegeven worden in de verplichte braaklegging. De voorwaarde is dan wel dat het om koolzaad gaat dat niet als voeding gebruikt wordt. Daarnaast bestaat er de mogelijkheid om een extra Europese premie aan te vragen van 45€ als het koolzaad niet op braak gezet wordt, maar wel als energiegewas verwerkt wordt. Ook hier gelden de bovengeciteerde administratie- en controleregelingen. Wie zelf olie wil persen, moet weten dat er nog een reeks bijkomende regels zijn die je moet in de gaten houden. De gebruiker, in dit geval de automobilist of transporteur, kan momenteel nog niet genieten van enige vorm van financiële ondersteuning. Eens de toegezegde accijnsvrijstelling een feit is zal er wel een belangrijk prijsverschil kunnen ontstaan ten opzichte van de diesel en benzineprijzen.

## 1.2 VAN ZAAD TOT DE OLIE

### 1.2.1 Het gewas koolzaad

Koolzaad behoort samen met raapzaad en gewassen als mosterd, radijs en tuinkers tot de kruisbloemigen. Over het algemeen wordt met betrekking tot koolzaad in Europa altijd winterkoolzaad bedoeld. De andere variant, lentekoolzaad, komt eigenlijk alleen voor in gebieden met zeer koude winters (bijvoorbeeld in Canada en Scandinavië) of wanneer zeer vroeg in het voorjaar kan worden gezaaid. Voorbeelden zijn Zuid-Duitsland, Frankrijk, en delen van Engeland. Tot slot wordt zomerkoolzaad als 'noodgewas' geteeld, bijvoorbeeld wanneer winterkoolzaad uitwintert en niet uitkomt.

### 1.2.2 Winterkoolzaad, Zomerkoolzaad

Eigenschappen van Winterkoolzaad:

- **40% meer** korrelobbrengst dan zomerkoolzaad.
- Erosiebestrijdend doordat de winterbegroeiing de bodem bedekt houdt.
- Risico: duivenschade, vorstschade, slakkenschade
- Traditioneel gewas met voldoende gekende teelttechniek

Eigenschappen van Zomerkoolzaad

- 40% minder korrelobbrengst dan winterkoolzaad.
- Lage teeltkosten
- Gewas met weinig gekende teelttechniek
- Gebruik dierlijke mest mogelijk.

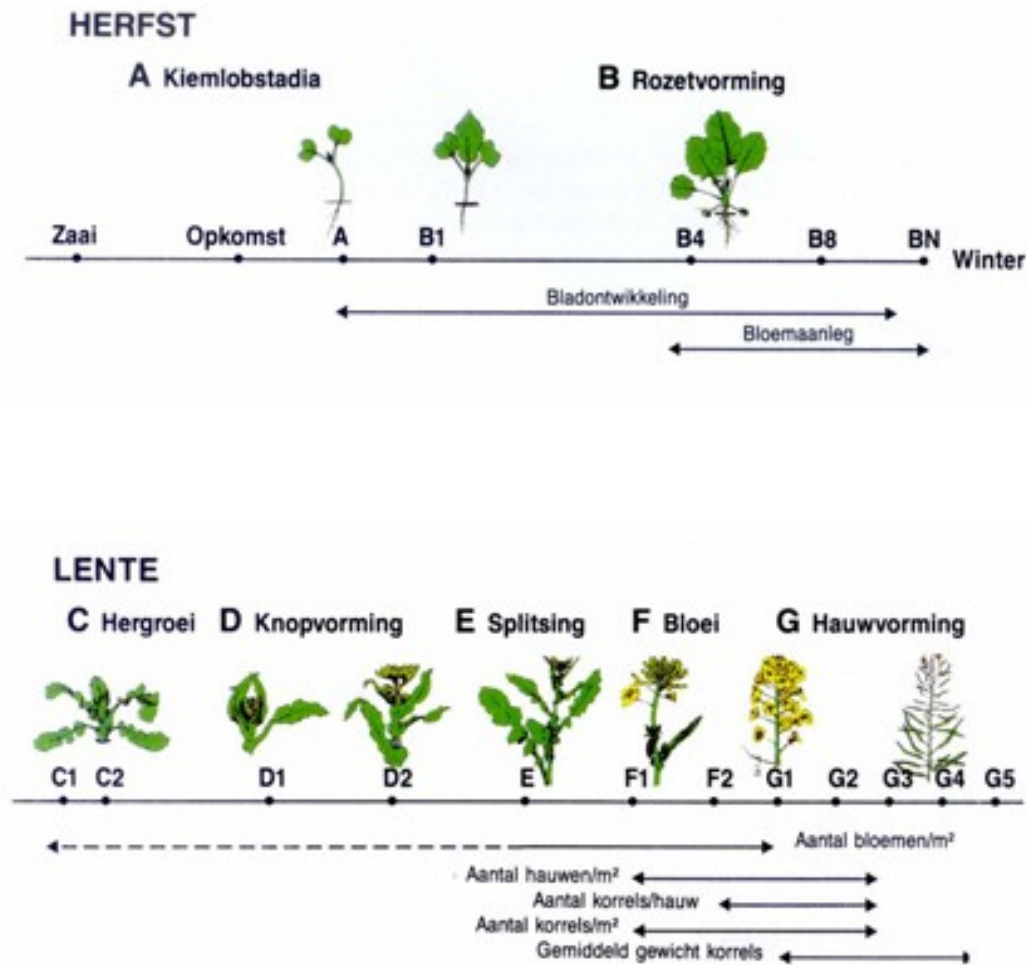
### 1.2.3 Teelttechniek van winterkoolzaad

#### **Uitzaai**

Bij de perceelkeuze voor de koolzaadteelt is het van belang te weten welke herbiciden er in de voorteelt werden toegepast, zeker als dit een graangewas betreft.

Koolzaad heeft een penwortel en verlangt een goede waterdoorlaatbaarheid van de bodem (goede structuur), daarom is diepploegen aangeraden. Vermijd gronden met slechte afwatering en een ploegzool. Een geslaagde koolzaadteelt vraagt verder een bodem die weinig onkruidzaden en wortelonkruiden bevat. Koolzaad geeft de hoogste opbrengsten op rijke gronden met een goede structuur, zoals kleigronden en gescheurd grasland.

figuur 1 : groeistadia koolzaad



Behalve op kleigronden kan koolzaad ook op andere grondsoorten, zoals leemgrond en goed vochthoudende zandleemgronden worden geteeld. Het gewas rijpt op deze gronden vaak vroeger af en levert dan iets fijner zaad op. Op zandgrond is er meer kans op *Alternaria*-aantasting. Het zaaibed dient fijn te zijn (vergelijkbaar als voor suikerbieten) met een diepte van 2 tot 6 cm. Een klassieke zaaimachine voor graan voldoet. Een latere zaaidatum (tot 15 september) verhoogt het oliegehalte. Later zaaien verhoogt het risico op uitwinteren en geeft bovendien een gevoelige daling van de zaadopbrengst.

**Zaaidichtheid, zaaitijdstip, plantdichtheid**

Voor de winter dient men een plantenbestand van 40 – 60 planten per m<sup>2</sup> na te streven. Dit levert planten op met 10 tot 12 gezonde bladeren. Het koolzaadveld gaat dan de winter in met een ideale gewashoogte van 15 tot 20 cm en een egale plantenverdeling. Afhankelijk van het duizendkorrelgewicht is er ongeveer 4 tot 5 kg zaaizaad nodig per ha. Naargelang de bodem- en weersomstandigheden minder goed zijn, dient de dosis verhoogd te worden. Zaaitijdstip: 20 augustus – 15 september.



Winterkoolzaad **einde splitsing** (met vorming van de verschillende individuele bloemtrossen) – begin bloei. Tot dit stadium kan een tweede stikstof fractie gegeven worden zonder risico op verlate afrijping.



Winterkoolzaad 50% **bloei** - koolzaad bloeit in de tros van beneden naar boven. Het ongelijkmatig bloeien van het gewas geeft de typische ongelijkmatige afrijping.



Winterkoolzaad volle bloei of **hauwvorming** - de onderste bloemen in de tros zijn reeds uitgebloeid en gaan over tot hauwvorming, de bovenste bloemen staan nog in knop. Bemerkt de aanwezigheid van enkele koolzaadglanskevers in het hart van de bloemen. Deze kever brengt in dit stadium echter geen schade meer toe aan het gewas.

## Zwadmaaien

In Nederland is de meest gebruikelijke oogstmethode het zwadmaaien, 1 tot 2 weken later gevolgd door het opraapdorsen. Bij zwadmaaien is het juiste tijdstip van groot belang. Wordt te vroeg gemaaid dan rijpt het zaad onvoldoende af wat de extractie van het zaad en de raffinage van de olie bemoeilijkt. Het in het zwad maaien gebeurt op het moment dat de middelste hauwen geel tot grijs-beige van kleur zijn. De zaden zijn dan niet meer groen, maar rood tot bruin. Dit werk gebeurt meestal met een zelfrijdende zwadmaaier. Deze levert uitstekend werk. Gemiddeld ligt de capaciteit op 1 ha of meer per uur. Er wordt gemaaid op een lange stoppel van ca. 20-25 cm om het zwad vrij van de grond te laten liggen. Hierdoor wordt het gelijkmatig drogen en afrijpen sterk bevorderd en op deze manier wordt ook voorkomen dat er hauwen op de grond liggen, en op die manier bij de oogst verloren kunnen gaan. Bij zwadmaaien moet bovendien de rijenafstand beperkt zijn, zodat het zwad tijdens het drogen voldoende door de stoppel wordt ondersteund.

Bij de methode zwadmaaien-opraapdorsen kunnen er verliezen optreden bij het maaien. Deze zijn meestal zeer gering. Indien het zwad te lang op het veld blijft liggen, kan er ook wat verlies optreden door het opspringen van de hauwen aan de bovenzijde van het zwad. Ernstig zaadverlies treedt op wanneer tijdens het in het zwad liggen een langere periode van slecht weer optreedt. In een zwad is de zaaduitval ten gevolge van wind beperkt. Wel kan de zaadkwaliteit onder vochtige omstandigheden snel teruglopen. Na ca. 10 dagen wordt het zwad gedorst. Hiervoor wordt een maaidorser gebruikt, die voorzien is van een opraapinrichting om zaadverlies tijdens het oprapen zoveel mogelijk te voorkomen. Te snel of te langzaam lopen van de opraper bij het opraapdorsen kan eveneens een bron zijn van zaadverlies.



Het zwadmaaien : de maaidorser is hier aan de linkervoorzijde voorzien van een kantmes van ca. 1,25 m lang om door het gewas te snijden

Het gemaaide koolzaad ligt te drogen in het zwad.



## 1.2.4 Teelttechniek van zomerkoolzaad

### Uitzaai

Zaaitijdstip: half maart tot half april. Ideale bodemtemperatuur: 8°C.

Zomerkoolzaad is in het kiemlaboratorium gevoelig voor temperaturen beneden de 3°C.

### Zaaidichtheid

5 tot 7 kg/ha. Naargelang de bodem- en weersomstandigheden minder goed zijn, dient de dosis verhoogd te worden. Zaaidiepte: tamelijk ondiep, namelijk 2 cm in fijne grond.

Plantdichtheid: 80 tot 120 plantjes per m<sup>2</sup>. (max. 150 plantjes per m<sup>2</sup>)

### Oogst

Zomerkoolzaad heeft een opbrengspotentieel van 3000 tot 3500 kg/ha.

De oogst van zomerkoolzaad vangt aan eind augustus, begin september (na de wintertarwe). Het oogsten kan gebeuren direct op stam met een traditionele maaidorser die best wordt uitgerust met een verticaal snijmes om het dorsverlies te reduceren.

## 1.2.5 Samengevat: Teelttechnische fiche

Teelttechnische fiche		
	Winterkoolzaad	Zomerkoolzaad
Voorvrucht	best na wintergraan	best na wintergraan
Rotatie	3 tot 4 jaar	3 tot 4 jaar
Zaaidatum	20 augustus - 15 september	half maart - half april
Zaaidichtheid	4 tot 5 kg/ha (40 tot 60 planten/m <sup>2</sup> )	5 tot 7 kg/ha (80 tot 120 planten/m <sup>2</sup> )
Rijafstand	25 cm	graanmachine, om beurt zaaipijp dicht
Opbrengst	oogst juli (voor wintertarwe) 4000 to 5000 kg/ha	oogst eind augustus (na wintertarwe) 3000 kg/ha

	winterkoolzaad	zomerkoolzaad
voorvrucht	best na wintergraan	best na wintergraan
rotatie	3 tot 4 jaar	3 tot 4 jaar
zaaidatum zaaidichtheid rijafstand	20 augustus – 15 september 4 tot 5 kg per ha (40 tot 60 planten/m <sup>2</sup> ) 25 cm	half maart – half april 5 tot 7 kg per ha (80 tot 120 planten/m <sup>2</sup> ) graanzaaimachine, om beurt zaaijijp dicht
pH	vanaf 6,5 - kalkminnend (knolvoet)	vanaf 6,5 - kalkminnend (knolvoet)
N-bemesting	180 E tot 200 E in 2 fracties 30% voor de winter 70% na de winter	15 ton runderdrijfmest, of : 120 E tot 140 E in 2 fracties : 30% eerste fractie = startfractie in fct van bodemvoorraad (analyse) 70% tweede fractie
fosfaat	100 tot 140 eenheden per ha	70 tot 90 eenheden per ha
potas	160 tot 240 eenheden per ha	120 tot 140 eenheden per ha
magnesium	80 eenheden kieseriet per ha	80 eenheden kieseriet per ha
zwavel	75 eenheden sulfaat (150 kg kieseriet)	75 eenheden sulfaat (150 kg kieseriet)
halm- verkorting	Moddus 1,2 l/ha herfst of voorjaar Ethefon 0,3 l + Horizon 0,5 l	normaal niet nodig
onkruid- bestrijding	erkende producten o.a. voor-zaai ingewerkt 2,5 l/ha Treflan voor-opkomst 1,7 – 2,0 l/ha Butisan S na-opkomst 2,0 – 3,0 l/ha Butisan S	erkende producten o.a. voor-zaai ingewerkt 2,5 l/ha Treflan voor-opkomst 1,7 – 2,0 l/ha Butisan S na-opkomst 2,0 – 3,0 l/ha Butisan S
ziekte- bestrijding	Sclerotinia : Ronilan 1,0 l/ha, Impact R 1,0 l/ha	eventueel 1 behandeling : juni minder gevoelig dan winterkoolzaad
insecten	aardvlo : Fastac 0,1 l/ha koolzaadglanskever, koolzaadsnuitkever, koolzaadaardvlo : erkende producten o.a. Fastac 0,15 l/ha, Fury 100 EW 0,1 l/ha,...	aardvlo : Fastac 0,1 l/ha koolzaadglanskever, koolzaadsnuitkever, koolzaadaardvlo : erkende producten o.a. Fastac 0,15 l/ha, Fury 100 EW 0,1 l/ha,...
slakken	producten op basis van metaldehyde of methiocarb (Mesurol)	producten op basis van metaldehyde of methiocarb (Mesurol)
vogelschade	vogelafweer	vogelafweer
opbrengst	oogst juli (voor wintertarwe) 4.000 tot 5.000 kg (6.000 kg)	oogst eind augustus (na wintertarwe) 3.000 kg per ha

### 1.2.6 Het persen van de olie

De productie van PPO omvat twee deelstappen:

1. Productie van de ruwe olie uit de zaden. Hiervoor zijn twee routes mogelijk:
  - a. Mechanische isolatie middels **koudpersen** (kleinschalige oliemolens).
  - b. Persen / extraheren: mechanische en fysisch-chemische isolatie middels een combinatie van pletten en persen en extraheren met oplosmiddelen; **het warmpersen** (grootschalige productie).
2. Raffinage van de olie om de ongewenste componenten te verwijderen



## 1.2.7 Het warmpersen van koolzaad

### Productie

Bij zogenaamde oliezaadfabrieken (bv. De oliefabriek Lichtervelde) worden de zaden mild geperst, waardoor een pulp met een relatief hoog gehalte aan olie overblijft. De resterende olie wordt vervolgens uit de pulp geïsoleerd middels extractie, waarvoor in de regel hexaan wordt gebruikt. Het overblijvende 'schroot' wordt licht 'getoast' om restanten hexaan te verwijderen en wordt vervolgens gepelletiseerd.

Met de combinatie van persen en extraheren wordt tot 98 % van de olie uit de zaden geïsoleerd. Bij dit rendement en bij een oorspronkelijke oliegehalte van 43 % in het koolzaad levert 3,3 ton koolzaad (de opbrengst van 1 ha) circa 1,2 ton olie op – rekening houdend met droge stof gehalte van de geogoste zaden.

### Werking van de pers

De werking van zo'n pers kunnen we niet achterhalen omdat deze informatie strikt geheim is. Dat respecteren we dan ook.

### Energiegebruik

Voor persen/extraheren worden in de literatuur de volgende energiegebruiken per ton gedroogd zaad genoemd:

- 350 – 580 MJ aardgas
- 30 – 35 kWh

### Emissies (= uitstoten)

Bij deze vorm van productie treden emissies naar lucht en water op. Het betreft met name emissies van organische stoffen naar water en van geurstoffen naar lucht. Informatie over de omvang van deze emissies ontbreekt vooralsnog.

Daarnaast zijn er directe emissies door ondervuring met aardgas. De daaraan gerelateerde emissies zijn geschat op basis van de aardgasconsumpties en volgende emissiefactoren:

- $\text{CO}_2 = 56 \text{ kg/GJ}$  (Groningen gas)
  - $\text{NO}_x = 50/\text{GJ}$
- ⇒ de geschatte emissies (naar lucht) zijn dan
- $\text{CO}_2 = 39 \text{ tot } 48 \text{ kg}$
  - $\text{NO}_x = 0,035 \text{ tot } 0,043 \text{ kg}$

### Kosten

Ook informatie over kosten met betrekking tot industriële installaties zijn zeer beperkt. Er kan hooguit worden afgeleid uit de huidige prijzen voor droog koolzaad, koolzaadschroot en koolzaadolie, dat de proceskosten ongeveer € 10/ton bedragen.

- Prijs voor droog koolzaad aan de poort van de fabriek schatten we op € 290/ton.
- De prijs voor geëxtraheerd schroot en geraffineerde olie bedragen respectievelijk €130/ton en €600/ton ± €100/ton.
- Droog zaad met een gemiddeld oliegehalte van 43% en een vochtgehalte van 8% geeft bij vrijwel volledige isolatie van de olie circa 390 kilo olie.
- De balans voor het proces zou dan zijn:  $(53\% \cdot 130 + 39\% \cdot 600) - 290 \pm €10/\text{ton}$  droog zaad.

- ⇒ Conclusie: De productiekosten zijn hooguit enkele tientallen € per ton PPO. Gezien de kosten van het koolzaad kunnen productiekosten niet worden gekarakteriseerd als een belangrijke kostenpost.

## 1.2.8 Het koudpersen van koolzaad

### Productie

De pers bestaat in de regel uit een schroefpers. Het koolzaad wordt toegevoerd door middel van een trechter waar men het koolzaad in giet. Het zaad komt dan in de schroef (zie foto rechts). Bij sommige typen persen wordt de uitlaatzone van de perspulp verwarmd om verstoppingen te voorkomen. De verkregen olie bevat nog enkele procenten vast materiaal, dat voor toepassing in voertuigen moet worden verwijderd door middel van filtering. De gereinigde olie dient bij voorkeur in een roestvrijstalen tank te worden opgeslagen om aantasting van het materiaal van de tank door de zuren in de olie te voorkomen en om degradatie van de olie onder invloed van licht te voorkomen.



De bedrijfsvoering van de pers is enerzijds gericht op een maximale isolatie van olie en anderzijds op een minimalisering van het gehalte *fosfor* en vaste deeltjes in de olie. Vaste deeltjes zijn ongewenst voor de beoogde toepassing als voertuigbrandstof en leiden tot extra olieverlies bij afscheiding. Fosfor komt voor in de olie c.q. het zaad in de vorm van fosforlipiden. De aanwezigheid daarvan in de olie maakt de olie gevoeliger voor oxidatieve afbraak en verhoogd de hydratiseerbaarheid (het vermogen om water op te nemen). Daarnaast is fosfor ook ongewenst voor de toepassing als voertuigbrandstof. Het kan afzettingen en verstoppingen in de motor veroorzaken en kan katalysatoren vergifigen. In de onderstaande tabel staat een indicatie over het belang van de parameters en hoe de bedrijfsvoering kan worden geoptimaliseerd.

	toerental persschroef ↑	Vochtgehalte zaad ↑	Temperatuur zaad ↑
Fosfor gehalte olie	↑	↑	↑
Doorzet	↑	↑	↓
Gehalte vast deeltje in olie	↑	↓	↓
opbrengst aan olie	↓	↓	↑
Energie verbruik	↑		↑

Met koud persen en filtreren wordt circa 75% van de olie uit de zaden als aparte fractie geïsoleerd. De rest blijft achter in de perspulp en in de filtercake. Bij dit rendement en bij een oorspronkelijk oliegehalte van 43% in het koolzaad levert 3,3 ton koolzaad (de opbrengst van 1 ha) circa 0,9 ton olie op – rekening houdend met het droge stof gehalte van de oogste zaden.



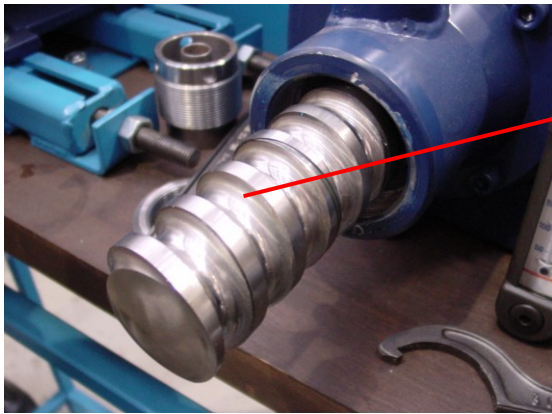
Persen om het koolzaad te persen



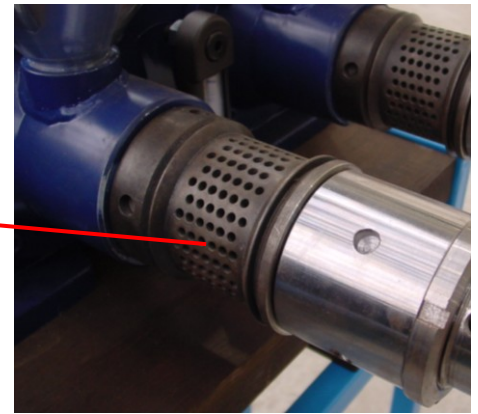
### Werking van de pers

Het koolzaad wordt in de pers gebracht door middel van een trechter (1). Het komt dan terecht in een spindel (2), die aangedreven wordt door de motor-reductor (3). De spindel duwt het zaad naar voor, waar het tegengehouden wordt door een kopstuk (4). Omdat het zaad niet langs voor naar buiten kan moet worden het tegen het tussenstuk (5) (waarin de spindel draait) geduwd. In het tussenstuk zitten er allemaal kleine gaatjes (6) die hoe verder je naar buiten gaat groter worden. Het zaad wordt dus door die gaatjes geduwd en geperst tot olie. Die gaatjes worden groter omdat het enorm veel warmte ontstaat wanneer het zaad geperst wordt tot olie. De zaadjes worden niet 100% geperst tot olie, er blijft altijd nog pulp over. Die pulp moet weg kunnen langs voren. In het kopstuk zit er een gat van ongeveer 10 mm diameter waardoor de pulp kan ontsnappen (7). Die pulp wordt gebruikt als veevoeder voor de dieren.

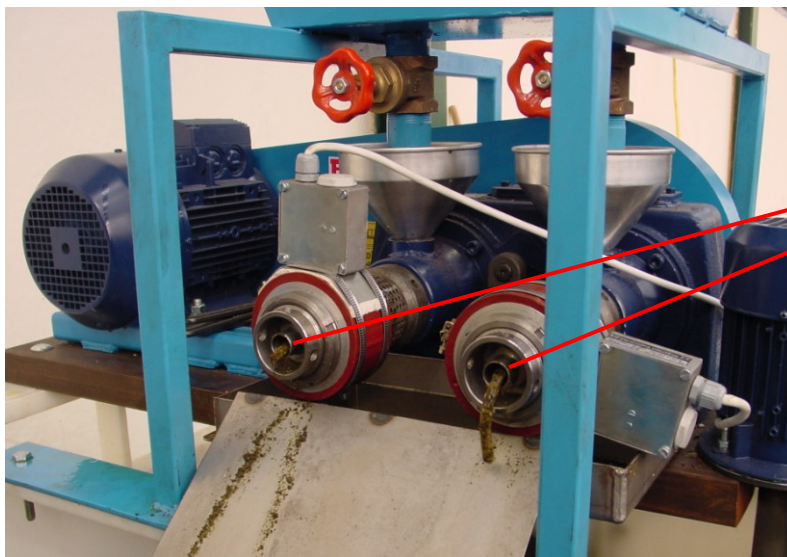




2



6



7

Om alles nog duidelijker te maken hebben we de pers getekend met het tekenprogramma solid-edge. Alle tekeningen van alle onderdelen van de pers kun je vinden in de bijlagen.

### **Energieverbruik**

Voor het energieverbruik van een complete kleinschalige installatie, exclusief droger, worden in de praktijk waarden gevonden van 20 kWh/ton droog zaad tot circa 90 kWh/ton droog zaad genoemd. Het energieverbruik blijkt sterk af te hangen van de opbouw van de installatie, met name van de motor waarmee de pers wordt aangedreven. Gemiddeld wordt in de praktijk circa 45 kWh/ton droog zaad verbruikt, wat vergelijkbaar is met de in gegeven indicatie van circa 35 kWh/ton.

### **Emissies**

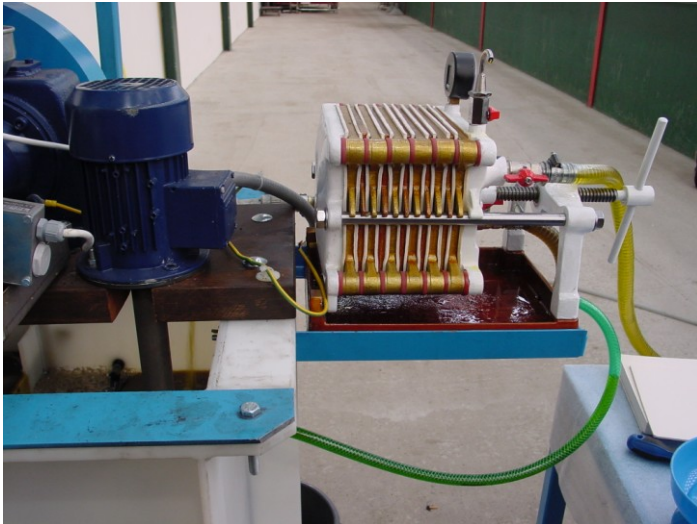
Voor zover bekend treden geen directe emissies naar lucht of andere vormen van milieubelasting op.

**Bezoek industriële persinstallatie bij Koen Adriaens: zie bijlage.**

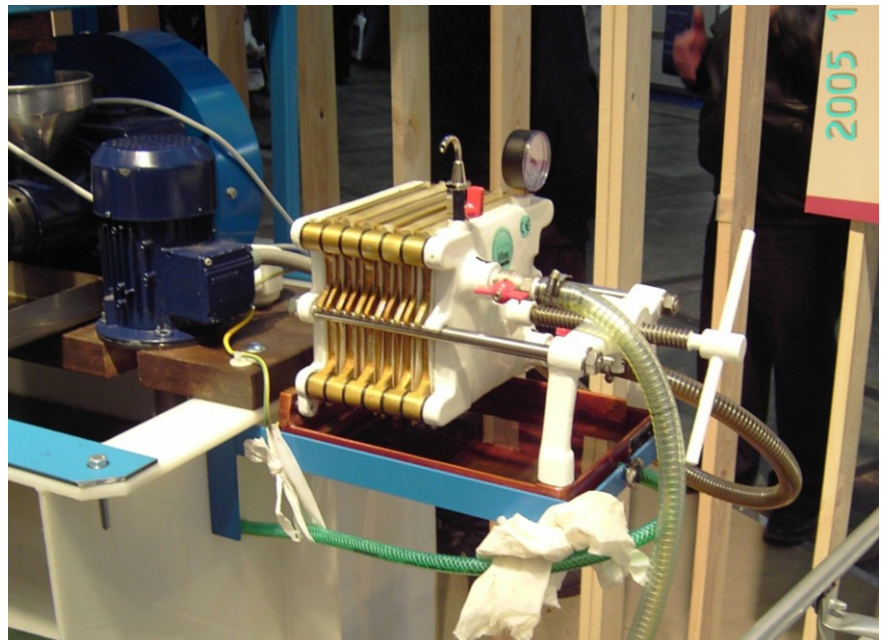
## 1.2.9 Filteren van de ruwe olie

### Waarom filteren?

Voor het gebruik van koolzaadolie in een wagen moet de olie uiterst zuiver zijn. Na de persing van het zaad is de olie nog niet zuiver genoeg. Er zitten nog altijd kleine deeltjes in de olie die een klontering in de dieselpomp in een wagen kunnen veroorzaken. Daarom moet de olie die uit de pers komt nog eens gefilterd worden.



Op deze foto's zie je een filterinstallatie die net na de pers staat, deze filter werkt met lamellen, tussen die lamellen zitten er velletjes filterpapier. Men pomp gewoon de olie door die lamellen en de onzuiverheden blijven achter.



## 1.3 PROEF: PERSING VAN KOOLZAAD

### 1.3.1 Inleiding

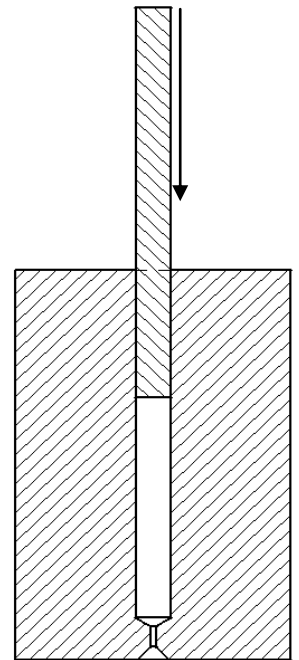
Het doel van deze proef is er achter komen hoeveel kracht we nodig hebben om zo'n zaadje te persen tot olie. Opmerking!: op een echte koolzaadpers is er een combinatie van druk en wrijving op de zaadjes. Bij deze proef laten we de wrijving achterwege.

### 1.3.2 Werking van onze proef

We nemen daarvoor een metalen cilinder met in het midden een gat. Dat gat heeft bij ons een diameter van 10 mm. Dat gat verkleint op het einde naar een diameter van 1 mm, wat ongeveer gelijkstemt met de diameter van de gaatjes van een echte koolzaadpers. Het grootste gat doen we ongeveer voor  $\frac{3}{4}$  vol met koolzaad. We duwen met een staaf die perfect in het gat past op het koolzaad.

We kunnen er ook gewoon op duwen met een hydraulische pers maar dan kunnen we de precieze druk niet weten. En het nut van deze proef is de juiste druk achterhalen.

Daarvoor hebben we een hefboomsysteem ontworpen (zie fig.2). De drukkracht op het drukpunt is juist 10 keer de kracht die op het einde van de hefboom hangt.



Figuur 1



Foto 1 : didactische opstelling van de pers in de meetkamer. Uitgevoerd onder toezicht van Dhr. Verhaeghe D.

Met een simpele berekening kunnen we dan gemakkelijk de drukkracht achterhalen die we nodig hebben om het koolzaad te persen.

Aan het uiteinde hangen we iedere keer schijven van 1 kg bij. Hoe meer gewichten er aan hangen hoe dieper de staaf zakt, en hoe meer de hefboom naar beneden gaat tot het drukpunt niet meer op de staaf drukt. Daarom hebben we onder de cilinder rondsels geplaatst.

Pas na 25 gewichten van 1 kg kwam er een druppel olie uit.

⇒ Aan het uiteinde: 25 kg gewichten = 25 N

⇒ Op het drukpunt:  $10 \cdot 250 \text{ N} = 2500 \text{ N}$

En we weten:

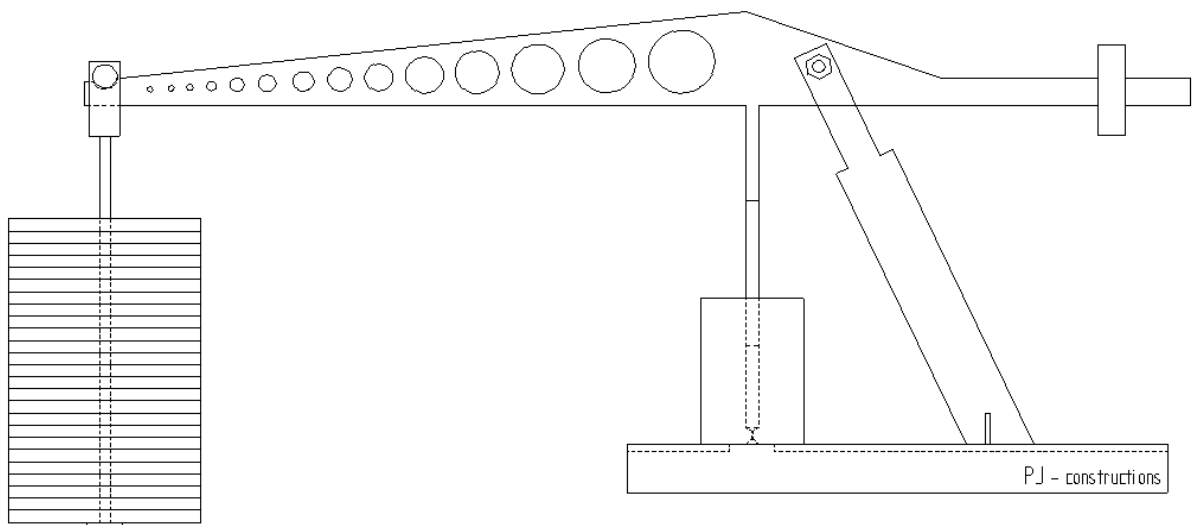
$$P = \frac{F}{A} \left[ \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \right]$$

De staaf heeft een diameter van 10 mm, dus:

$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{\pi \cdot 0,01^2}{4} = 7,85 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2$$

$$\Rightarrow P = \frac{F}{A} = \frac{2500}{7,85 \cdot 10^{-5}} = 318 \cdot 10^5 \text{ Pa} = \mathbf{318 \text{ Bar}}$$

We hebben dus een druk van 318 bar nodig om een koolzaad te persen tot olie. Olie persen op zo'n manier is zeker niet efficiënt, we hebben te veel verlies. Daarom is het beter om dat met een spindel te persen.



Figuur 2

## 1.4 VISCOSITEIT

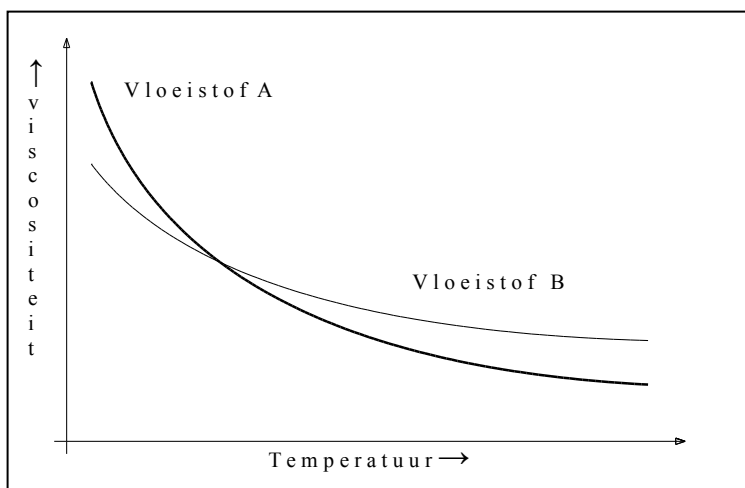
### 1.4.1 Wat viscositeit is

Viscositeit is de mate van vloeibaarheid van een vloeistof. In plaats van de benaming viscositeit gebruikt men wel andere, meer tot de verbeelding sprekende omschrijvingen. Men zegt dat de vloeistof stroperig is, taai, dik of dun is.

De viscositeit of vloeibaarheid is een gevolg van de weerstand die de vloeistof bij stroming ondervindt. Een vloeistof ondervindt weerstand door het stromen langs de wand van de buis (= uitwendige wrijving). Daarnaast is er ook inwendige wrijving, d.w.z. wrijving tussen de vloeistofdeeltjes onderling. Een vloeistof die een grote weerstand biedt tegen stroming, dus stroperig en taai is, heeft een hoge viscositeit. Een vloeistof die weinig weerstand biedt, dus dun is, heeft een lage viscositeit.

### 1.4.2 Invloed van de temperatuur op de viscositeit

De viscositeit van een vloeistof is afhankelijk van de temperatuur (en soms ook van de stroomsnelheid). Hoe hoger de temperatuur, hoe 'vloeibaarder' de vloeistof zal zijn en hoe lager de viscositeit. Voor iedere vloeistof is het verband tussen de temperatuur en de viscositeit verschillend (zie fig.).



*Fig. 1:* Verband tussen de viscositeit en de temperatuur van twee willekeurige vloeistoffen.

### 1.4.3 De soort stroming

#### Laminaire stroming

Bij laminaire stroming bewegen alle vloeistofdeeltjes in dezelfde richting. De deeltjes direct langs de wand stromen hierbij niet. De meer naar het midden gelegen deeltjes stromen steeds sneller. De weerstand tegen stroming is het gevolg van het langs elkaar glijden van de vloeistofdeeltjes.



### **Turbulente stroming**

Bij turbulente stroming bewegen de deeltjes niet allemaal in één richting, maar ook door elkaar. Door deze wervelingen worden tevens de deeltjes direct langs de wand meegenomen. Bij turbulente stroming wordt de weerstand tegen stroming nu nog groter door de wrijving van de vloeistofdeeltjes langs de wand. Over het algemeen zal men een vloeistof door een leiding, gezien de weerstand, bij voorkeur laminair laten stromen.

### **De stroming die optreedt**

Welke vorm van stroming zal optreden, is afhankelijk van de stroomsnelheid en de viscositeit van de vloeistof. Bij iedere vloeistof is dit anders.

## **1.4.4 Meting van de viscositeit**

### **Waarom meten we de viscositeit?**

De koolzaadolie is veel dikker, dus heeft ze op kamertemperatuur een hogere viscositeit dan diesel. Diesel is dus veel beter vloeibaar. De dikke koolzaadolie kan moeilijker door de dieselpomp en de verstuivers van de motor. Wanneer men de koolzaadolie opwarmt wordt die ook dunner en dus vloeibaarder, wat overeenkomt met een lagere viscositeit.

Hoe gaan we te werk? Eerst meten we de viscositeit van diesel op de temperatuur wanneer hij in de dieselpomp gaat. Daarna meten we de viscositeit van de koolzaadolie op verschillende temperaturen. We warmen de koolzaadolie op per 10°C en meten iedere keer de viscositeit. Wanneer we een viscositeit bekomen die even groot is als die van diesel, weten we tot welke temperatuur we de koolzaadolie moeten opwarmen.

## **1.4.5 De viscositeitsmeter**

### **De viscositeitsmeter**

De viscositeit kan op verschillende manieren worden gemeten. De meting die we gedaan hebben, hebben we gedaan met een uitstroomviscositeitsmeter. We meten de uitstroomtijd die een bepaalde hoeveelheid vloeistof nodig heeft om door een gaatje te stromen. In het verleden hebben zich verschillende onderzoekers bezig gehouden met deze bepaling van de viscositeit. Daar de viscositeit van vloeistoffen wordt beïnvloed door de temperatuur, dient tijdens de meting de vloeistof een bepaalde en constante temperatuur te hebben. Deze temperatuur dient bij de meetresultaten altijd worden vermeld. Voor een nauwkeurige bepaling is het noodzakelijk dat de stroming in de uitstroomopening laminair is en een constante snelheid heeft.

### **Graad Engler**

De graad Engler is de eenheid van viscositeit die vooral in West-Europese landen wordt toegepast. Onze viscositeitsmeting vindt plaats in de viscositeitsmeter van Engler (zie fig 2). De vloeistof, waarvan de viscositeit moet worden gemeten, bevindt zich in het vat A dat tot C is gevuld. Het is van groot belang dat de vloeistof in A een constante temperatuur heeft. Daarom is A omgeven door de vloeistofmantel B waarin zich gedestilleerd water bevindt. Met twee thermometers kan men zien of de temperatuur in A en B gelijk zijn. Zodra deze gelijk zijn en de gewenste temperatuur is bereikt, kan de meting beginnen. Het vat A heeft onderin een uitstroomopening, waardoor,

bij opening, de vloeistof in de kolf D stroomt. De vloeistof vult eerst het onderste gedeelte van de kolf. Op het ogenblik dat de sluitpen wordt uitgetrokken is er eerst nog turbulente stroming en nog geen constante snelheid. Wanneer de vloeistof aan de eerste merkstreep komt wordt de tijd gestart. Als het bovenste gedeelte tot aan de tweede merkstreep gevuld is, bevat het gedeelte precies 100 cm<sup>3</sup> en wordt de tijd gestopt. De tijd die nodig is om het bovenste gedeelte van de kolf tot aan de merkstreep te vullen wordt opgenomen. De tijd is bv. 200 s. De tijd die nodig is om de 100 cm<sup>3</sup> water eveneens door de kleine opening te laten stromen, is bv. 50s. Voor het bepalen van de viscositeit van de vloeistof deelt men de uitstroomtijd hiervan door die van water.

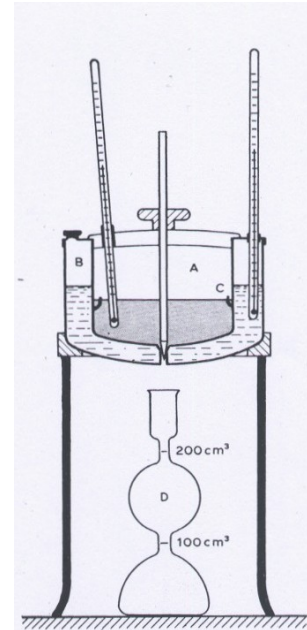


Fig 2: Viscositeitsbepaling volgens Engler

In ons geval is dit:  $\frac{200s}{50s} = 4$  De viscositeit is dan 4° Engler (4 °E).

Hoe dikker de vloeistof is, des te langer de uitstroom tijd zal zijn en dus hoe hoger de viscositeit is.

Via een tabel zetten we dan de waarden in °E om in cSt of mm<sup>2</sup>/s (zie fig 3).

**Tabel 1 Vergelijking van kinematische viscositeiten (ν)<sup>1)</sup>**

ν				ν				ν			
cSt	°E	RI	SSU	cSt	°E	RI	SSU	cSt	°E	RI	SSU
* 1,0	1,00	28,5	—	13,0	2,12	61	69,6	29	3,95	121	136,5
* 1,5	1,06	30	—	13,5	2,17	63	71,5	30	4,1	125	140,9
* 2,0	1,12	31	32,6	14,0	2,22	64,5	73,4	31	4,2	129	145,3
* 2,5	1,17	32	34,4	14,5	2,27	66	75,3	32	4,35	133	149,7
* 3,0	1,22	33	36,0	15,0	2,32	68	77,2	33	4,45	136	154,2
* 3,5	1,26	34,5	37,6	15,5	2,38	70	79,2	34	4,6	140	158,7
* 4,0	1,30	35,5	39,1	16,0	2,43	71,5	81,1	35	4,7	144	163,2
* 4,5	1,35	37	40,7	16,5	2,5	73	83,1	36	4,85	148	167,7
* 5,0	1,40	38	42,3	17,0	2,55	75	85,1	37	4,95	152	172,2
* 5,5	1,44	39,5	43,9	17,5	2,6	77	87,1	38	5,1	156	176,7
* 6,0	1,48	41	45,5	18,0	2,65	78,5	89,2	39	5,2	160	181,2
* 6,5	1,52	42	47,1	18,5	2,7	80	91,2	40	5,35	164	185,7
* 7,0	1,56	43,5	48,7	19,0	2,75	82	93,3	41	5,45	168	190,2
* 7,5	1,60	45	50,3	19,5	2,8	84	95,4	42	5,6	172	194,7
* 8,0	1,65	46	52,0	20,0	2,9	86	97,5	43	5,75	177	199,2
* 8,5	1,70	47,5	53,7	20,5	2,95	88	99,6	44	5,85	181	203,8
* 9,0	1,75	49	55,4	21,0	3,0	90	101,7	45		185	208,4
* 9,5	1,79	50,5	57,1	21,5	3,05	92	103,9	46	6,1	189	213,0
10,0	1,83	52	58,8	22,0	3,1	93	106,0	47	6,25	193	217,6
10,2	1,85	52,5	59,5	22,5	3,15	95	108,2	48	6,45	197	222,2
10,4	1,87	53	60,2	23,0	3,2	97	110,3	49	6,5	201	226,8
10,6	1,89	53,5	60,9	23,5	3,3	99	112,4	50	6,65	205	231,4
10,8	1,91	54,5	61,6	24,0	3,35	101	114,6	52	6,9	213	240,6
11,0	1,93	55	62,3	24,5	3,4	103	116,8	54	7,1	221	249,9
11,4	1,97	56	63,7	25,0	3,45	105	118,9	56	7,4	229	259,0
11,8	2,00	57,5	65,2	26,0	3,6	109	123,3	58	7,65	237	268,2
12,2	2,04	59	66,6	27,0	3,7	113	127,7	60	7,9	245	277,4
12,6	2,08	60	68,1	28,0	3,85	117	132,1	2)			

<sup>1)</sup> In het met \* gemerkte gedeelte van deze tabel is de omrekening uit de waarden in graden Engler (°E), seconden Redwood I (RI) of seconden Saybolt Universal (sSU) naar waarden in centistokes (cSt) onnauwkeurig. Van cSt naar de genoemde waarden is echter wel nauwkeurig.

<sup>2)</sup> Voor kinematische viscositeiten >60 cSt kan men de volgende herleidingsfactoren gebruiken:

1 cSt ≅ 0,132 °E	1 °E ≅ 7,58 cSt
1 cSt ≅ 4,08 RI	1 °E ≅ 31,01 RI
1 cSt ≅ 4,62 SSU	1 °E ≅ 35,14 SSU
1 RI ≅ 0,245 cSt	1 SSU ≅ 0,217 cSt
1 RI ≅ 0,0324 °E	1 SSU ≅ 0,885 RI
1 RI ≅ 1,13 SSU	1 SSU ≅ 0,0283 °E

Fig 3: Tabel om de waarden in °E ; RI ; SSU ; om te zetten in cSt

### 1.4.6 Onze meting

We hebben de viscositeitsproef gedaan op dinsdag 15 en 22 november '05.

Dhr. Verhaeghe had thuis een viscositeitsmeter van Engler (zie fig. 2). Alleen de kolf zoals op de figuur ontbrak, dus hebben we moeten improviseren. We gebruikten een gewone maatcilinder van 220 ml. Het probleem was dat de maatcilinder niet onder de viscositeitsmeter kon, dus hebben we de meter een beetje moeten verhogen (Foto1).

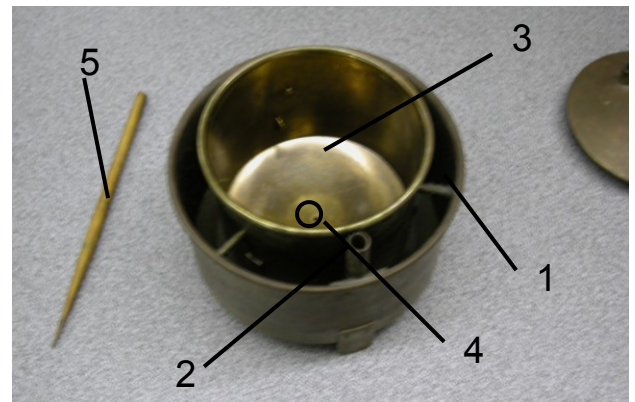
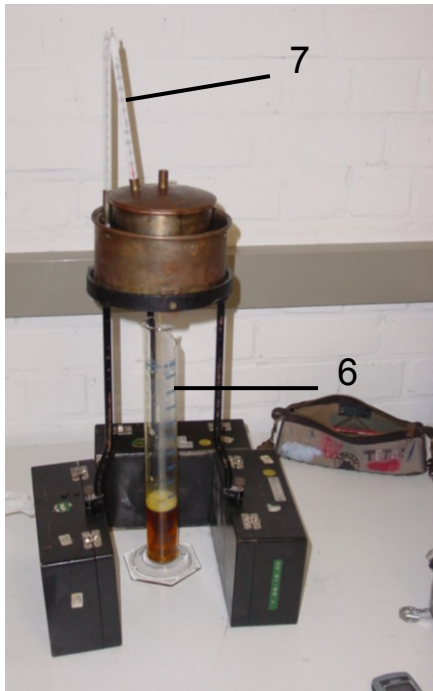


Foto 1: Viscositeitsmeter volgens Engler

#### Beschrijving toestel:

- 1) Mantel waar we het gedestilleerde water in doen om de koolzaadolie op temperatuur te krijgen/houden.
  - 2) Buisje om een thermometer in te plaatsen.
  - 3) Het vat waar we de koolzaadolie/diesel in doen.
  - 4) Het gaatje waar de vloeistof door stroomt.
  - 5) De pen om het gaatje gesloten te houden.
  - 6) De maatcilinder om de hoeveelheid vloeistof te meten.
  - 7) 2 thermometers, één voor het water, één voor de vloeistof.
- Om de viscositeit te bepalen moeten we dus de tijd meten om 100 ml van de vloeistof te laten doorstromen op een bepaalde temperatuur.
  - Om de viscositeit van koolzaadolie te weten moeten de doorstroomtijd van de olie delen door de doorstroomtijd van het water.

#### 1.4.6.1 De doorstroomtijd van het water meten

We warmen het water met een gasvuurtje op (Foto 2) tot op een temperatuur van ongeveer 95°C. We gieten het hete water in het vat van de meter. We zorgen dat de pen in het gaatje zit anders loopt het water er direct weer uit. Daarna zetten we het deksel erop en meten de temperatuur. Het water koelt zeer snel af, daarom warmden we het water op tot  $\pm 95^{\circ}\text{C}$ . Het water heeft nu 78°C. We nemen de pen weg zodat het water gaat lopen. We laten 50 ml water lopen en meten vanaf dan de tijd om 100 ml water te laten lopen. Het water dat in de maatcilinder is gieten we terug in het vaatje. We wachten totdat het water een temperatuur heeft van 70°C en we meten opnieuw de tijd. We meten dan nog eens de tijd bij 60°C, 50°C, 40°C, 30° en 25°C. Kouder dan 25°C konden we niet gaan want de omgevingstemperatuur was toen 25°C. Alle doorstroomtijden van het water staan in de volgende tabel (Zie tabel 1)

Temperatuur (°C)	25	30	40	50	60	70	78
Tijd (s) om 100 ml water te laten stromen	26,77	26,57	25,95	24,92	24,16	24,51	23,69

Tabel 1

#### 1.4.6.2 De doorstroomtijd van de koolzaadolie meten

We doen dit op dezelfde manier als met water. Het enige verschil is dat we geen 100 ml laten doorstromen, maar 20 ml. We laten eerst 30 ml doorstromen en vanaf dan meten we de tijd. We laten maar 20 ml doorstromen want de olie loopt veel trager. Het gaat vlugger wanneer we maar 20 ml nemen. Daarna vermenigvuldigen we dat getal met 5 om toch aan 100 ml te komen. In de volgende tabel staan de doorstroomtijden van de koolzaadolie (Zie tabel 2).

Temperatuur (°C)	29	40	45	50	60	70	82
Tijd (s) om 100 ml koolzaadolie te laten stromen	141,9	103,6	97,75	92,9	83,05	79,45	77

Tabel 2



Foto 2: opwarmen van de koolzaadolie



Foto 3: De temperatuur meten van de warme koolzaadolie

#### 1.4.6.3 Bepalen van de viscositeit in cSt of mm<sup>2</sup>/s

We delen de doorstroomtijd van de koolzaadolie door de doorstroomtijd van het water op dezelfde temperatuur.

Met behulp van de tabel (Zie 3) kan men °E omrekenen naar cSt, RI, of SSU.

$$\text{Bij } 30^{\circ}\text{C: } \frac{141,9}{26,57} = 5,34 \text{ }^{\circ}\text{E} = 40 \text{ cSt}$$

$$\text{Bij } 40^{\circ}\text{C: } \frac{103,6}{25,95} = 3,99 \text{ }^{\circ}\text{E} = 29,5 \text{ cSt}$$

$$\text{Bij } 45^{\circ}\text{C: } \frac{97,75}{25,46} = 3,84 \text{ }^{\circ}\text{E} = 28 \text{ cSt}$$

$$\text{Bij } 50^{\circ}\text{C: } \frac{92,9}{24,97} = 3,72 \text{ }^{\circ}\text{E} = 27 \text{ cSt}$$

$$\text{Bij } 60^{\circ}\text{C: } \frac{83,05}{24,16} = 3,44 \text{ }^{\circ}\text{E} = 25 \text{ cSt}$$

$$\text{Bij } 70^{\circ}\text{C: } \frac{79,45}{24,51} = 3,27 \text{ }^{\circ}\text{E} = 24 \text{ cSt}$$

$$\text{Bij } 78^{\circ}\text{C: } \frac{77,5}{23,69} = 3,27 \text{ }^{\circ}\text{E} = 23,5 \text{ cSt}$$

$$\text{Bij } 82^{\circ}\text{C: } \frac{77}{23} = 3,25 \text{ }^{\circ}\text{E} = 23 \text{ cSt}$$

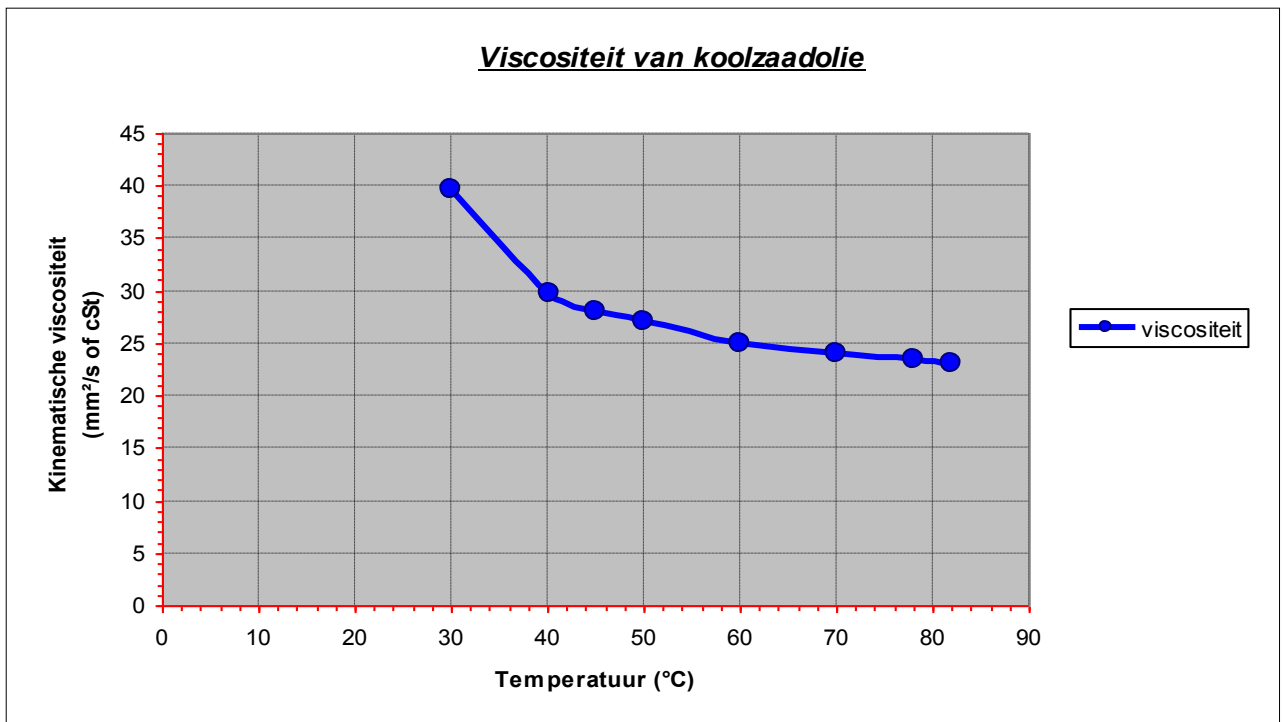
Al deze waarden kunnen we in een overzichtelijke tabel plaatsen.

Temperatuur	30°C	40°C	45°C	50°C	60°C	70°C	78°C	82°C
Viscositeit	40 cSt	29,5 cSt	28 cSt	27 cSt	25 cSt	24 cSt	23,5 cSt	23 cSt

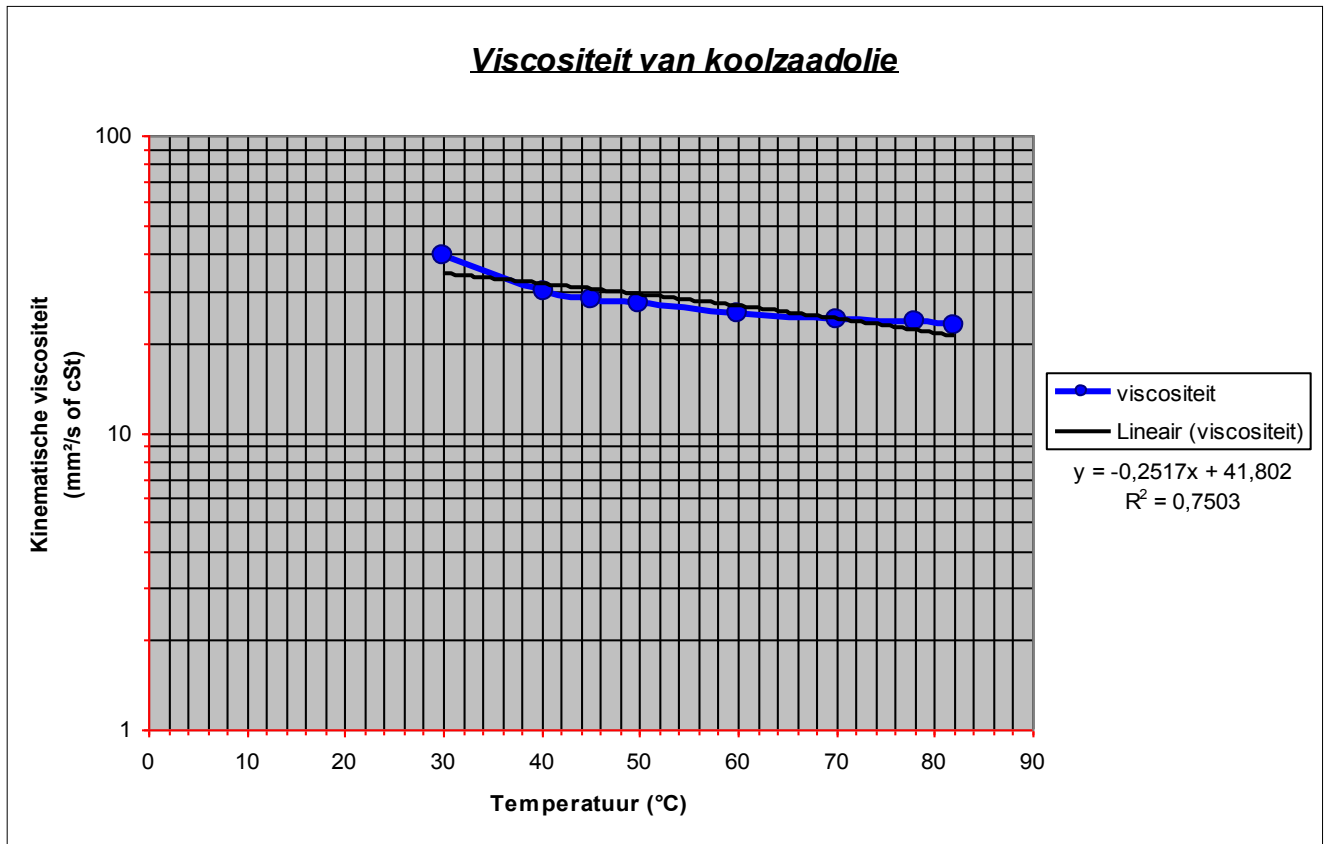
Tabel 3

#### 1.4.7 De viscositeit in een grafiek

We hebben de waarden van de tabel op de vorige pagina in een grafiek geplaatst.



Diezelfde grafiek kunnen we vereenvoudigd voorstellen door de y-as logaritmsch te doen verlopen.



## 1.5 METING VAN DE SOORTELIJKE MASSA (P)

Op 25 november 2005 hebben we in de labo's de soortelijke massa van koolzaadolie geme-

ten.  
We weten uit de informatie die we opgezocht hebben dat de soortelijke massa van de olie  $920 \text{ kg/m}^3$  is.

Om de soortelijke massa te bekomen moeten we de massa delen door het gewicht.

We nemen een maatkolf van een halve liter en vullen die met koolzaadolie. We wegen het glas met koolzaadolie. Opelet!: De massa van het leeg glas mag je er niet bij rekenen. We vermenigvuldigen de massa met twee omdat we de massa nodig hebben van 1 liter koolzaadolie en niet van  $\frac{1}{2}$  l koolzaadolie. We delen dat getal door 1l of  $0,001 \text{ m}^3$ .

$$\rho = \frac{m}{V} \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right]$$

- Massa van het glas: 149,40 gram.

-  $1\text{l} = 1 \text{ dm}^3$      $1000 \text{ dm}^3 = 1 \text{ m}^3$      $1 \text{ dm}^3 = 0,001 \text{ m}^3$

- m van het glas = 149,40 gr

- m totaal = 614 gr

-  $m = 614 \text{ gr} - 149,40 \text{ gr} = 464,6 \text{ gr}$  (voor  $\frac{1}{2}$  liter)  $\Rightarrow$  m (voor 1 liter) = 0,9292 kg

$$- \rho = \frac{m}{V} = \frac{0,9292 \text{ kg}}{0,001 \text{ m}^3} = \mathbf{929,2 \text{ kg/m}^3}$$



## 1.6 STOOKWAARDE

### 1.6.1 Inleiding

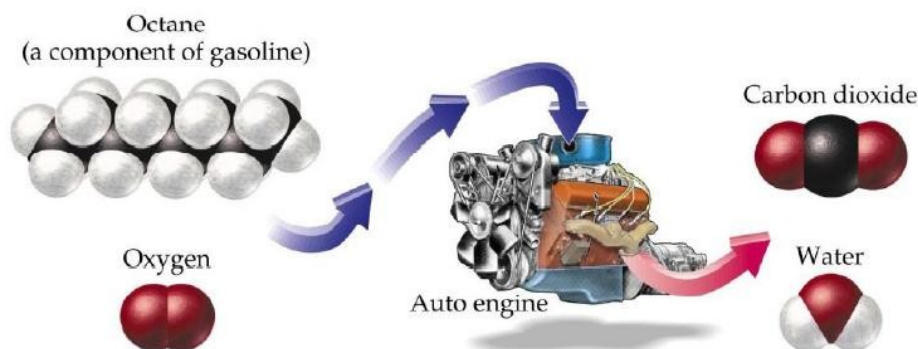
Ons doel is het bepalen van de stookwaarde van koolzaadolie. De stookwaarde is gelijk aan de onderste verbrandingswaarde. Dit is de energie die vrijkomt bij het verbranden van de brandstof. Deze hebben we nodig om het rendement en het vermogen van een motor te bepalen. We konden deze waarde gewoon opzoeken maar wij vonden het belangrijk om deze ook zelf te bepalen. Zo weten we ook specifiek de waarde voor de warmgeperste koolzaadolie die wij in school ter beschikking hebben. Hiervoor zijn we op maandag 9 januari 2006 naar de hogeschool in Oostende geweest. Daar hebben we samen met de professoren Peter D'hullster en Pol Coudeville deze proef uitgevoerd.

### 1.6.2 Doel van de proef

Via dit experiment willen we één van de karakteristieke eigenschappen van een brandstof bepalen; meer bepaald zijn bovenste verbrandingswaarde. Hiervoor wordt er courant gebruik gemaakt van een bomcalorimeter. (Met dit toestel vinden we zijn bovenste verbrandingswaarde!). Na deze proef kunnen we dan de onderste verbrandingswaarde (stookwaarde) berekenen.

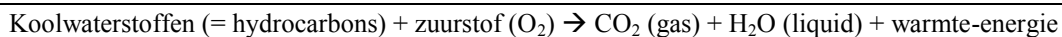
### 1.6.3 Principe

Brandstoffen moeten aan welbepaalde eisen voldoen die beschreven worden in de specificaties van de fabrikant. Eén van die eisen is dat de brandstof een hoge energie-inhoud bezit per eenheid van gewicht of volume. Als de brandstof verbrand wordt komt er energie vrij onder de vorm van warmte. Deze warmte-energie gekoppeld aan een enorme volumetoename zorgt ervoor dat chemische energie uit die geoxideerde moleculen via een ontploffing in de cilinderkop kan overgedragen worden op de zuiger. De zuiger start hierdoor een lineaire beweging die via de nokkenas omgezet wordt naar rotatie.



De warmte-energie die vrijkomt uit de brandstof bij de verbranding (het binden met luchtzuurstof) kunnen we meten dankzij de bomcalorimeter. In technische termen spreekt men hierbij van de verbrandingswaarde van de brandstof.

Bij die verbranding kan water vrijkomen als gas of als vloeistof. Komt water vrij als vloeistof dan spreken we van de bovenste verbrandingswaarde. Komt het water echter vrij als gas dan spreken we van de onderste verbrandingswaarde. Deze waarde is natuurlijk lager dan de bovenste verbrandingswaarde gezien een deel van de verbrandingswaarde gebruikt wordt om het water in gas om te zetten. Klassiek bepaalt men de bovenste verbrandingswaarde. Om de onderste verbrandingswaarde te kunnen kennen dient het waterstofgehalte van de brandstof bepaald te worden.



#### 1.6.4 Bespreking van de procedure

Er wordt gebruik gemaakt van het toestel “IKA C 4000 adiabatic”. Dit betekent eigenlijk dat we met dit toestel in staat zijn alle energie op te meten die door de verbranding aan het toestel wordt overgedragen (via nauwkeurige temperatuursveranderingen aan nauwkeurig gekende massa's met gekende warmte-inhouden).

We moeten dus eerst de waterwaarde  $W_w$  van de calorimeter bepalen. De waterwaarde van de calorimeter is het aantal Joule die nodig zijn om het calorimetervat en zijn inhoud  $1^\circ\text{C}$  in temperatuur te laten stijgen. Om deze waterwaarde te bepalen moeten we eerst een gekende massa stof verbranden waarvan we de bovenste verbrandingswaarde kennen. De ijk-stof die we hiervoor gebruiken is een blokje benzoëzuur (waarin een ontstekingsdraadje ingebed werd).



Het blokje benzoëzuur wordt gewogen (tot op 0,1mg nauwkeurig, zie foto) en daarna opgehangen boven een smeltkroesje uit kwarts. Om het benzoëzuur te kunnen ontsteken moeten we de uiteinden van het ontstekingsdraadje bevestigen aan de 2 elektrische geleiders. Hierdoor kunnen we straks, in de hermetisch afgesloten roestvrijstalen bom onder een overmaat zuurstof toch nog het blokje laten ontbranden.

Om er zeker van te zijn dat al het vrijgekomen water als vloeistof vrijgesteld wordt (bovenste verbrandingswaarde) zorgen we ervoor dat er in de calorimetrische bom een aan water verzadigde atmosfeer heerst (of dat de lucht in de bom geen waterdamp meer kan opnemen). Om dit te bereiken vullen we de bom met 5,0 ml water.

Om zeker een volledige verbranding te garanderen voegen we extra zuurstof toe. De norm geeft aan dat de bom dient gevuld te worden met zuurstof tot er hierin een druk heerst van 30 bar (of de druk die overeenkomt met 30 keer 76cm Hg). Het toestel waarmee dit gebeurt zien we hiernaast op de foto.

De bom wordt vervolgens in een inox vat geplaatst die



gevuld is met gedestilleerd water op een temperatuur van 25°C. Er moet vervolgens een tijdje gewacht worden om de ondergedompelde calorimetrische bom op dezelfde temperatuur te laten komen. Het toestel stuurt deze instelling.

Van zodra de temperatuur écht constant is (omdat er geen warmteoverdracht meer is) horen we een pieptoon. Op dit moment constateren we de “temperatuur” die het water op dit moment heeft op de digitale display van het toestel.

Vervolgens drukken we op de rode knop om het benzoëzuur te ontsteken waardoor de verbranding in de bom echt van start gaat. Hierdoor stijgt de temperatuur in de calorimeter. Een deel van de opgewekte warmte wordt door de calorimeter (dit is de waterwaarde  $W_w$ ) zelf opgenomen en een deel van de warmte wordt overgedragen naar het water in de emmer. Na een tijdje zal er opnieuw een thermisch evenwicht bereikt worden tussen de temperatuur in de bomcalorimeter en de temperatuur in het omringende vat. Als dit evenwicht bereikt wordt laat het toestel opnieuw een pieptoon horen en constateren we nogmaals de temperatuur op de display.

Uit de temperatuurstoename kunnen we gemakkelijk de  $W_w$  berekenen:

Met behulp van de formule:

$$\Delta U = \frac{\Delta t * (W_w + G * A) - B}{g}$$

Vinden we:

$$W_w = \frac{\Delta U * g}{\Delta t} - G * A$$

$$W_w = \frac{26435 * 1,1901}{3,382} - 1808,3 * 4,1801$$

$$W_w = 1743,395 J / ^\circ C$$

Vervolgens kunnen we de proef herhalen maar nu zullen we koolzaadolie verbranden. We vullen nu het smeltkroesje met een gekende massa (tot op 0,1mg) koolzaadolie.

Om de koolzaadolie te kunnen ontsteken maken we uit katoendraad een wijkje. Dit wijkje maakt contact met de 2 elektrische geleiders en zal dus elektrisch ontstoken worden en ontbranden. We drenken dit draadje in een vloeistof die de ontsteking zal bevorderen. Het brandende wijkje zal op zijn beurt de koolzaadolie ontsteken. De rest van de proef verloopt analoog aan het bovenstaande.

Nu willen we de bovenste verbrandingswaarde berekenen.

Hiervoor hebben we opnieuw de formule:

$$\Delta U_{(bovenstevrbr.)} = \frac{\Delta t(W_w + G * A) - B}{g}$$

Met:

$\Delta U_{(bovenstevrbr.)}$  : De bovenste verbrandingswaarde van het monster bij verbranding onder constant volume en bij de eindtemperatuur van het water in het calorimetervat. (kJ/kg)

$\Delta t$  : De temperatuurstoename van het water in het calorimetervat ten gevolge van de

verbrandingswaarde van het monster ( $^{\circ}\text{C}$ )  
 $W_w$  : de waterwaarde van de calorimeter ( $\text{J}/^{\circ}\text{C}$ )  
 $G$  : massa water in het calorimetervat (g)  
 $A = a$  : Soortelijke warmte van het leidingwater in het calorimetervat bij de gemiddelde watertemperatuur. ( $\text{J}/\text{g}$ ) bij een welbepaalde temperatuur.  
 $G$  : massa van de te verbranden stof (g)  
 $B$  : Som van de correcties voor gemeten warmtehoeveelheden die niet kunnen geklasseerd worden onder het begrip verbrandingswaarde (J) . De correctieterm B corrigeert voor de warmte-effecten veroorzaakt door:

- De verbranding van een gedeelte van het ontstekingsdraadje.
- De vorming van zwavelzuur.

Opm: De correctieterm B wordt bij het uitvoeren van deze proef niet opgemeten.

Berekening:

$$\Delta U = \frac{\Delta t * (W_w + G * a) - B}{g}$$

$$\Delta U = \frac{3,718 * (1743,395 + 1803,5 * 4,1801) - 0}{0,8567}$$

$$\Delta U = 40283,94 \text{ kJ} / \text{kg}$$

### 1.6.5 Beschrijving van de onderdelen van het toestel

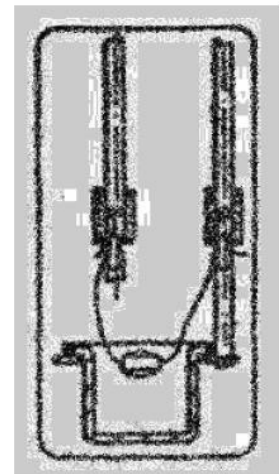
Hieronder zien we de bomcalorimeter in zijn geheel:



#### 1. De calorimetrische bom:

Met behulp van een calorimetrische bom wordt de bovenste verbrandingswaarde experimenteel bepaald. Dit gebeurt in een roestvrijstalen drukcilinder waarin we een gecontroleerde verbranding bij een constant volume en hoge druk (overmaat  $\text{O}_2$ ) laten doorgaan.

De bom wordt centraal in het calorimetervat gemonteerd. Het kroesje wordt in de ring tussen de elektrodes opgehangen. Het kroesje zelf is vervaardigd uit een niet-poreus, goed zuur- en vuurvast materiaal (bv. Kwarts). Boven het kroesje en onder het deksel is een metaalscherm gemonteerd dat dienst doet als warmteverde-



ler en als verdeler van de binnenstromende zuurstof tijdens het opvullen. Bij vaste monsters wordt er gebruik gemaakt van een ontstekingsdraad die in het monster ingewerkt is. De draaduiteinden worden aan de elektroden bevestigd zoals aangegeven op de onderstaande figuur.

### 2. Het calorimetervat:

Het calorimetervat is een roestvaste, stalen ovale cilinder die gevuld wordt met leidingwater tot aan de merkstreep. Rondom het calorimetervat is er nog een luchtlaag aanwezig. Op de bodem van de calorimeter zijn er afstandstukken aangebracht waarin dit vat (inslagen bovenaan naar voor) kan gefixeerd worden. De beugel van het vat wordt steeds naar je toe neergelegd. In het calorimetervat zelf zijn er eveneens afstandstukken gemonteerd waarop de bom kan gepositioneerd worden.

### 3. De calorimetermantel:

De calorimetermantel is een dubbelwandig vat met centraal een kuipvormige opening. In deze opening wordt het hierboven beschreven calorimetervat, voorzien van de calorimetrische bom, gemonteerd.

De kuipvormige opening wordt met behulp van een eveneens dubbelwandig deksel afgesloten. Het deksel kan je oplichten en verdraaien met behulp de knop die je op dit deksel terugvindt. De calorimeter en het deksel zijn volledig uit kunststof vervaardigd.

De mantel is gevuld met een elektrolyt. De concentratie van deze zoutoplossing is zodanig geconcentreerd dat de ampèremeter vooraan in het toestel tot ongeveer 9 schaaldelen uitwijkt bij stroomdoorgang.

Een centrifugaalpomp zorgt voor een intense circulatie van de pekels doorheen de mantel en het deksel. Het pompcircuit is voorzien van een spiraalvormige warmtewisselaar die aangesloten is op het leidingwaternet. Om voldoende koeling toe te laten wordt de koudetoevoer ook doorheen een ijsbad geleid.

Onderaan het deksel bevinden zich een roerder, twee uitschuifbare elektrodes en drie weerstandstemperatuurvoelers. De inschuifbare ontstekings elektrodes maken contact met het inlaatventiel en met de massa van de calorimetrische bom. De twee temperatuurvoelers zullen bij sluiting van het deksel respectievelijk ondergedompeld worden in het leidingwater waarmee het calorimetervat gevuld is. De andere temperatuurvoeler bevindt zich in het elektrolyt van de calorimetermantel. Beide temperatuurvoelers staan in verbinding met een brugschakeling.

Deze brugschakeling staat in voor de temperatuursregeling van de mantelvloeistof. Als de brugschakeling niet meer in evenwicht is, d.w.z. als de temperatuur van het leidingwater verschilt van deze in het calorimetervat, wordt door het mantelelektrolyt kortstondig elektrische stroom gestuurd die voor de opwarming van de pekels zorgt.

### 3. De zuurstoffles:

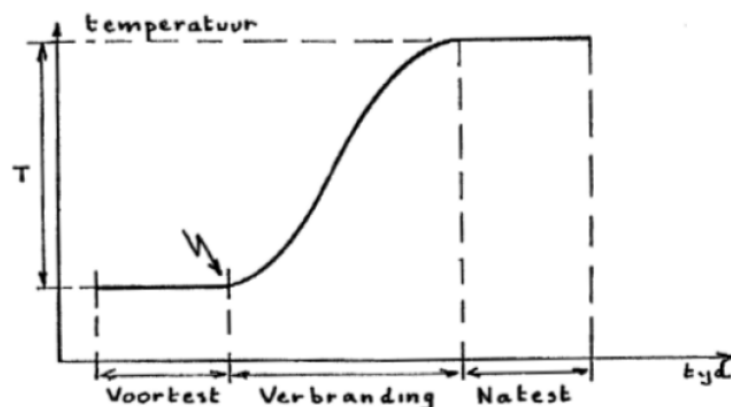
De verbranding van een vast of vloeibaar monster gebeurt in een overdruk atmosfeer van zuivere zuurstof. Deze zuurstof moet volledig vrij zijn van waterstof.

### 5. Het vulstation:

Dit toestel laat toe om op een handige en veilige manier de calorimetrische bom met zuurstof te vullen tot op een overdruk van 30 bar.

### 1.6.6 Praktische werkwijze - meten calorische waarde:

1. Open het deksel van de calorimeter en verwijder het calorimetervat. Maak dit droog en weeg het lege vat af tot op 0,1 gram.
2. Sluit het koelwater aan (ongeveer 2l/min). Laat dit water door een ijsbad lopen omdat de temperatuur ervan zeker niet hoger zou zijn dan 19°C.
3. Schakel de nog geopende calorimeter in via de hoofdschakelaar. Hierdoor treedt er een centrifugaalpomp (elektrolyt) in werking, de elektrolytverwarming moet functioneren (oscillerende ampèrepulsen), de roerder draait rond en er pinken drie gekleurde lampjes op het frontpaneel. Na enkele seconden horen we een bieptoon.
4. Laat het apparaat gedurende 1 uur stabiliseren.
5. Vul het calorimetervat tot de merkstreep met leidingwater van 25°C en monteer het vervolgens in het calorimetervat. De twee inslagen bovenaan zullen naar U gericht zijn. De beugel ligt hier bovenop.
6. Sluit het deksel en wacht 10 minuten
7. De temperatuursdrift van het leidingwater in het vat wordt nu automatisch gemeten. Pas als de temperatuursdrift toelaatbaar is kan naar stap 14 worden overgegaan. (groen knipperend verklikkerlichtje en het ophouden van het storende instellingssignaal)
8. Verwijder de schroefdop van de calorimetrische bom en ga na of zowel de binnenkant als de buitenkant als het deksel volledig droog en gereinigd zijn.
9. Controleer met de tester of de twee elektrodes NIET kortgesloten zijn.
10. Weeg het vaste monster waarin het nikkeline ontstekingsdraadje gemonteerd is (tot op 0,1 mg) en monteer het zoals voorgeschreven. De pastille moet dan precies in het kroesje liggen of hangen.
11. Breng met een bolpipet exact 5,00 ml gedeseioniseerd water in de bom. Dit is noodzakelijk om een verzadigde atmosfeer te garanderen waarin alle gevormde water condenseert. We willen immers de bovenste verbrandingswaarde kennen.
12. Schroef de bom dicht en ga met de tester na of er tussen beide elektroden wel degelijk een stroom kan vloeien. (Hier moet er dus kortsluiting zijn).
13. Vul de bom met zuurstof via het vulstation en laat hierbij de zuurstofdruk oplopen tot 30 bar overdruk.
14. Weeg het gevulde calorimetervat en ga na wat de exacte massa van het aanwezige leidingwater is.
15. Monteer de calorimetrische bom in het calorimetervat met de speciaal hiervoor voorziene houder. Monteer het geheel in het toestel. Sluit vervolgens het deksel van de calorimeter.
16. Het toestel zal nu semi-automatisch werken. De meting bestaat uit 3 perioden:  
De voortestperiode - de verbrandingsperiode - de natestperiode
17. De voortestperiode: de elektronica in het apparaat controleert automatisch de temperatuursdrift/tijd verhouding. Als deze kleiner of gelijk is aan 0,0012K/3min zal er een bieptoon klinken. Op dit signaal noteren we de aanduiding van de digitale temperatuursdisplay.
18. De verbrandingsperiode: het monster verbrandt en geeft zijn verbrandingsenergie af aan de calorimetrische bom, het leidingwater, het calorimetervat en de roerder en de temperatuursvoelers. Het elektrolyt wordt opgewarmd zodat er geen temperatuursverschil is over de luchtspleet tussen de calorimetermantel en het calorimetervat.
19. De natestperiode: er klinkt een pieptoon als de temperatuursdrift/tijd-verhouding kleiner is dan of gelijk aan 0,0012K/ 3 min. We noteren opnieuw de aanduiding van de digitale temperatuursdisplay. De meting is nu ten einde. Het deksel van de calorimeter kan nu geopend worden.



20. Haal de bom uit het water met de speciale houder en droog de bom af. Open langzaam het (holle) uitlaatventiel met behulp van een passende platte sleutel. Open de bom (eventueel via overdruk). Als de verbranding succesvol verlopen is zijn er geen monsterresten noch roet in de bom aanwezig.
21. Spoel grondig met gedestilleerd water de inhoud van de bom, kroesje en deksel. Breng alle waswaters met inbegrip van vaste stoffen kwantitatief over in een beker. Titreer de waswaters - indien gewenst - met 0,0866 N NaOH-oplossing tov methylrood indicator.
22. Indien wenselijk - recupereer de restanten van het ontstekingsdraadje en weeg ze af na drogen.
23. Droog de bom het calorimetervat en de elektroden, temperatuursvoelers en roerder grondig af.

## 1.6.7 De onderste verbrandingswaarde (stookwaarde):

### 1.6.7.1 Inleiding

We hebben nu zeer uitgebreid besproken hoe we aan de bovenste verbrandingswaarde gekomen zijn, maar eigenlijk hebben we de onderste verbrandingswaarde nodig. Dit is namelijk de stookwaarde. Nu kunnen we wel tamelijk kort de onderste verbrandingswaarde berekenen.

### 1.6.7.2 Hoe komen we nu aan de onderste verbrandingswaarde?

We weten nu dat  $\Delta H_{(\text{bovenste verbr.})} = 40,3 \text{ MJ/kg}$  is.

1Kg brandstof bestaat hoofdzakelijk uit uit  $\text{CH}_2$  dat vele keren herhaald wordt in de moleculen die in de koolzaadolie aanwezig zijn. De moleculaire massa van deze “brandbare bouwstenen” bedraagt 12 + 2 of 14 atoom massa eenheden.

Bij de verbranding (reactie met  $\text{H}_2\text{O}$ ) zal er later hieruit (uit  $\text{CH}_2$ ) evenveel mol  $\text{CO}_2$  ontstaan en evenveel mol  $\text{H}_2\text{O}$ .

In 1 kg brandstof (koolzaadolie) zal met een goede benadering  $1000/14 = 71$  mol  $\text{H}_2\text{O}$  vrijkomen. Dit zal  $71 \times 18$  (= molecuulmassa van water) gram water opleveren of 1,286kg  $\text{H}_2\text{O}$ . Dit is realistisch (want 1kg = 1 liter).

De laatste term uit de formule die moet in vermindering gebracht worden voor het berekenen van de onderste verbrandingswaarde of stookwaarde wordt dan ook  $C \times \omega$  of  $2,453 \times 1,286$  of met een goede benadering 3,15MJ/kg.

Dus nu kunnen we de stookwaarde bepalen!

Stookwaarde = bovenste verbrandingswaarde – energie nodig om water te verdampen

$$Hu = \Delta H_{(\text{bovenste verbr.})} - E_{\text{water}}$$

$$Hu = 40,3 \text{ MJ / kg} - 3,15 \text{ MJ / kg}$$

$$Hu = 37,15 \text{ MJ / kg}$$

## 2 VERBRANDINGSMOTOREN

### 2.1 INDELING VAN DE VERBRANDINGSMOTOREN.

#### 2.1.1 Inleiding

Vooraleer we een motor willen ombouwen moeten we natuurlijk eerst een motor grondig bestuderen. Een motor is een zuigermachine die energie in latente vorm omzet in mechanische energie. De scheikundige energie van de motorbrandstof vormt door verbranding met zuurstof uit de lucht, gas op hoge druk en temperatuur. De thermische energie die in dit gas opgehoopt zit, brengt bij de zuigermotor een zuiger in beweging (mechanische energie) die op zijn beurt de krukas doet draaien d.m.v. de drijfstaang.

De mechanische energie van deze roterende as kan allerlei machines aandrijven: compressoren, pompen, gereedschapsmachines, enz.

De meeste verbrandingsmotoren vind je echter terug in allerlei soorten voertuigen (bromfietsen, moto's, auto's, vliegtuigen, schepen, quads, enz.) en in land- en tuinbouwgereedschappen (grasmachines, boomzagen, enz.).

#### 2.1.2 Soorten verbrandingsmotoren volgens de werking

De belangrijkste types van zuigermotoren zijn:

- De mengselsamendrukkende motoren zoals de vier- en tweeslagbenzinemotoren,
- De luchtcomprimerende motoren zoals de vier- en tweeslagdieselmotoren,
- De draaizuigermotoren waarvan de wankelmotor het voorbeeld is.

In onze realisatie maken we gebruik van een dieselmotor, met name van een vierslagdieselmotor van een Opel Kadet (zie foto)



Foto : vierslagdieselmotor in de Opel Kadet



## 2.2 DIESELMOTOR

### 2.2.1 Algemeen

De dieselmotor, uitgevonden door Rudolf Diesel, is een verbrandingsmotor die werkt volgens het principe van zelfontbranding van een samengedrukt mengsel van brandstof en lucht. Hij werkt volgens het zuigerprincipe waarbij een ontbrandend mengsel de zuiger in de cilinder naar beneden drukt. De kracht wordt via een drijfstang en kruktap op de krukas overgebracht.

Het grote verschil met de benzinemotor is dat het mengsel vanzelf ontsteekt en er dus geen aparte ontstekingsinrichting nodig is, daarentegen is er altijd een apart inspuitsmechanisme vereist. (de dieselpomp)

Oudere dieselmotoren werken volgens een ander systeem, het indirecte principe. Hierbij wordt niet rechtstreeks boven de zuiger ingespoten, maar in een aparte voorkamer. Vaak wordt daar dan ook een gloeispiraal in geplaatst.

Tegenwoordig nemen de direct ingespoten diesels een steeds grotere plaats in in de automobielenindustrie. Het voordeel van deze modernere systemen is dat door de elektronische regeling van inspuitsmomenten en de hoeveelheid van de brandstof, de instoot van schadelijke gassen veel beter beheerst. Een nadeel is echter een relatief groter lawaai dat vooral bij oudere, grote bestelwagenmotoren bekend is. Tegenwoordig is de stand van de techniek zo hoog dat de dieselmotor niet meer onder hoeft te doen voor de benzinemotor. Het rendement van een dieselmotor is hoger dan dat van een benzinemotor. Daarom is het brandstofverbruik bij gelijkblijvende prestaties lager.

### 2.2.2 Voor- en nadelen van een dieselmotor

Het belangrijkste voordeel van een dieselmotor is het goedkoper verbruik wanneer je veel kilometers moet afleggen, want diesel is nog altijd goedkoper dan benzine.

Nadelen zijn:

- een dieselmotor heeft een hoge aankoopprijs
- de compressie – einddruk ligt veel hoger bij een benzinemotor, wat aanleiding geeft tot een mechanisch zwaarder uitgevoerde motor
- de dieselmotor draait met een lager toerental
- de motor ontwikkelt een lager vermogen bij een zelfde cilinderinhoud

### 2.2.3 Vergelijking vierslagdieselmotor en vierslagbenzinemotor

Een vierslagdieselmotor heeft zowel positieve als negatieve aspecten.

De voordelen zijn:

- voor een vierslagdieselmotor is er geen ontstekingsinstallatie nodig
- de uitlaatgassen zijn minder milieubelastend
- de brandstof is goedkoper

- vierslagdieselmotoren hebben een sterk motorisch koppel, deze is ongeveer constant bij een laag toerental
- de gemiddelde kracht op de zuiger is groter

Maar het spreekt voor zich dat geen enkele motor perfect is.

De nadelen zijn:

- wanneer je een vierslagdieselmotor wil aankopen, betaal je een hogere prijs.
- we hebben een zwaarder mechanisch uitgevoerd vermogen
- minder vermogen bij een zelfde cilinderinhoud
- bij een indirecte inspuiting gebruikt men een speciale voorgloeistartinstallatie
- men moet de motor even voorverwarmen maar door de hedendaagse technologie is dit van een minuut herleid tot enkele seconden.

## 2.2.4 Soorten verbrandingsmotoren

Het spreekt voor zich dat er meerdere soorten motoren bestaan.

We rangschikken de verschillende motoren volgens hun vorm:

1: de lijnmotor -> de cilinders worden in één lijn opgesteld

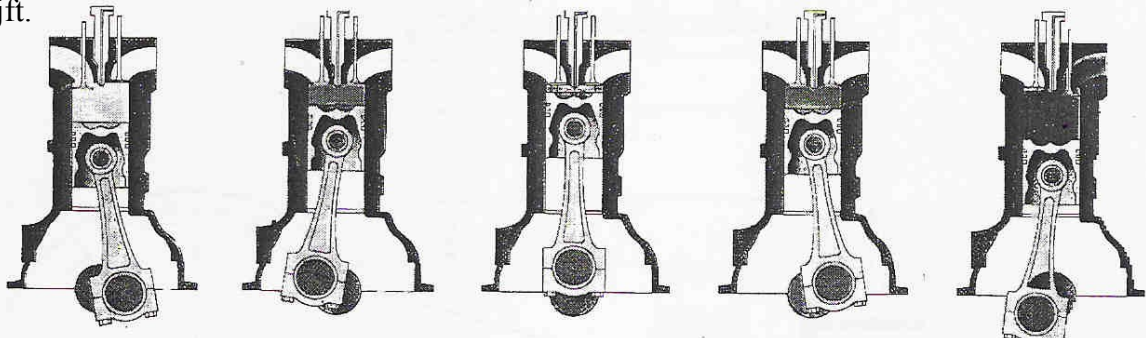
2: de V-motor -> de cilinders staan ten opzichte van elkaar in een V-vorm

3: de W-motor (zeer recent) -> de cilinders staan ten opzichte van elkaar in een W-vorm

=> De motor waarmee wij werken is een lijnmotor.

## 2.2.5 De opeenvolgende fasen bij een vierslagdieselmotor

In de dieselmotor (zie fig) wordt alleen lucht aangezogen gedurende de aanzuigslag. Tijdens de compressieslag wordt die lucht zeer warm (door de compressie-eindruk van 30 tot 40 bar krijg je een temperatuur van 500 tot 600°C). Een gedoseerde hoeveelheid dieselolie wordt op het juiste moment ingespoten en ontbrandt spontaan waardoor de arbeidsslag van de zuiger volgt. Tot slot heb je terug de uitlaatslag die de verbrandingsgassen naar buiten drijft.



1. Inlaatklep is open, uitlaatklep gesloten. Lucht komt de cilinder binnen en de inlaatklep sluit.

2. Beide kleppen zijn gesloten, de zuiger stijgt om de lucht samen te persen in de verbrandingskamer.

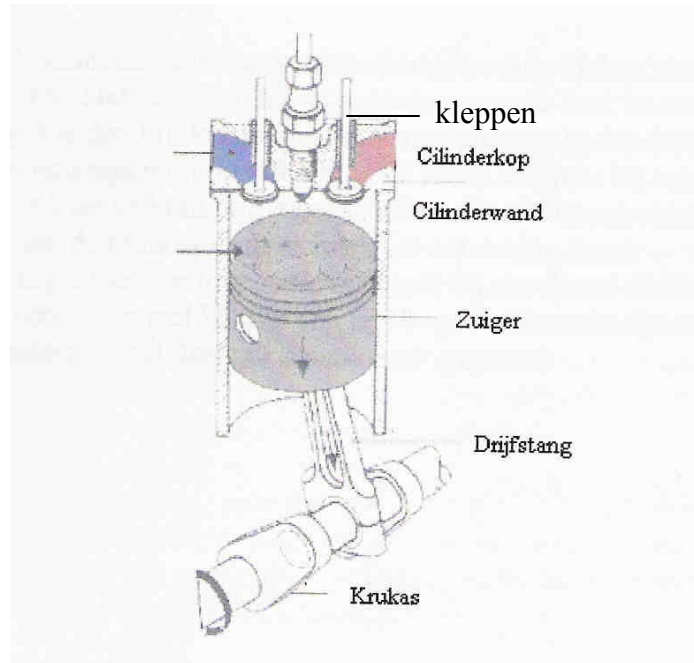
Juist vóór de maximale compressie wordt brandstof in de kamer gespoten en in de hete lucht verdampt.

3. De hitte ontsteekt het mengsel, expandeert en duwt daarop volgend de zuiger omhoog.

4. De zuiger bereikt het onderste dode punt en stijgt als de uitlaatklep opent, waarbij de gassen ontsnappen.

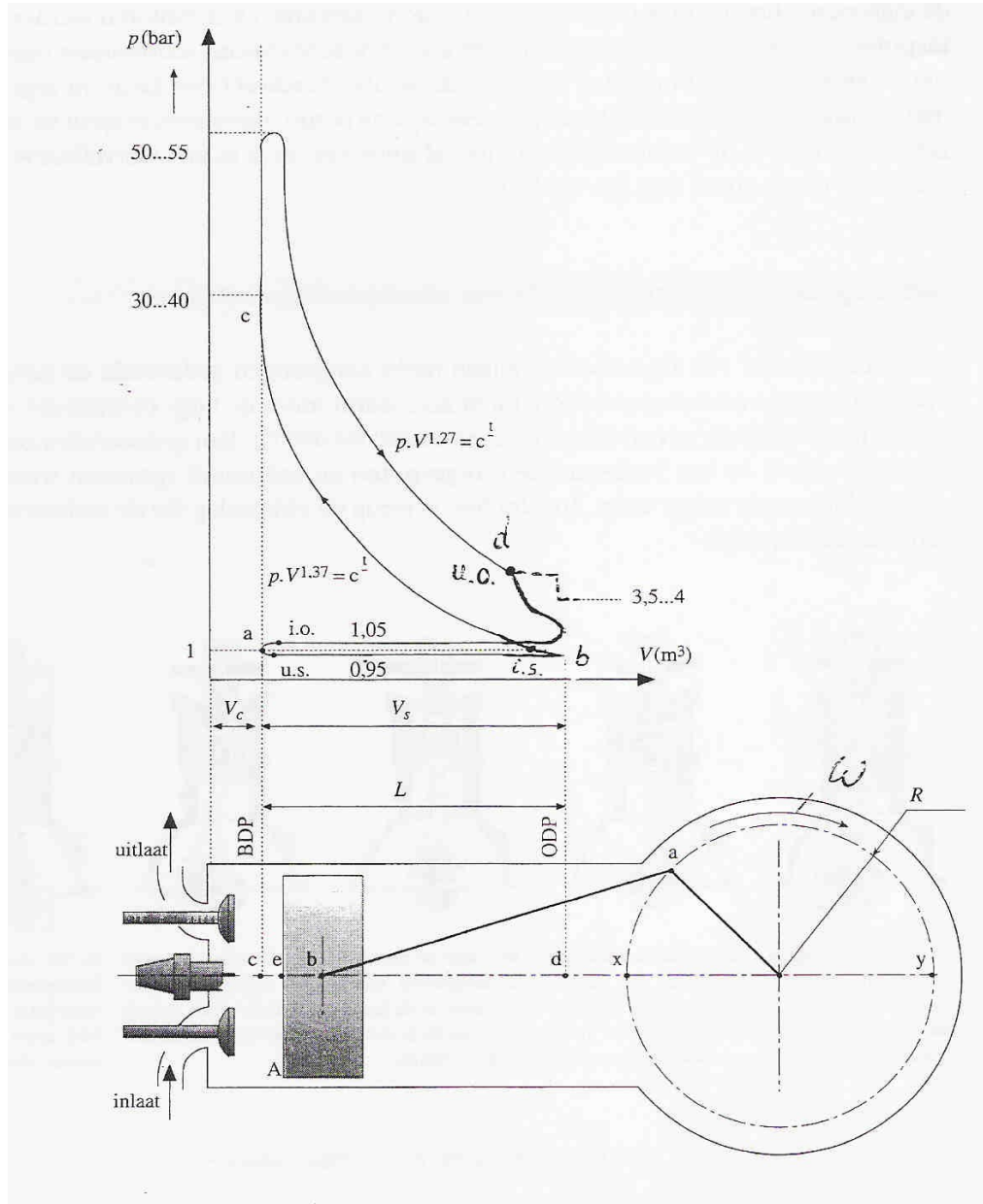
De ontstekingsapparatuur van de benzinemotor is hier volledig overbodig. De dieselmotor heeft dan wel een gecompliceerd inspuitsysteem nodig. Wanneer de brandstof indirect ingespoten wordt (in een wervelkamer) is een speciaal opwarmstartmechanisme nodig voor de koude start.

Hieronder zie je nog een vereenvoudigde voorstelling van een verbrandingsmotor:



## Het (p,V) – diagram

Wanneer je de vier slagen voorstelt in een diagram met als ordinaat (= Y-as) de p-as en als abscis (= X-as) de V-as dan ontstaat het (p,V)-diagram van een vierslagdieselmotor. Een dergelijk diagram vind je in onderstaande figuur.



*Het praktisch (p,V)-diagram van een vierslagdieselmotor*

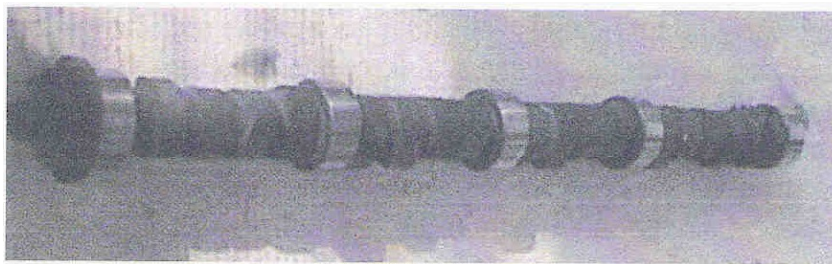
- ab = de inlaatslag
- bc = de compressieslag
- c = zelfontbranding van de dieselolie
- cd = de arbeidslag
- db = de zelfstandige uitlaat
- ba = de uitlaatslag

## Opmerking

- Bij een benzinemotor is de compressieverhouding kleiner dan bij een dieselmotor. Dat betekent dat de gecomprimeerde druk in een dieselmotor een stuk hoger is dan bij de benzinemotor met als gevolg dat deze hogere druk een hogere eindtemperatuur geeft. Dit is de reden waarom bij een benzinemotor een bougievonk de verbranding moet inleiden. De eindtemperatuur bij een diesel is zo hoog dat de brandstof uit zichzelf tot ontsteking komt.
- Als de zuiger haast in toppositie is, wordt bij een diesel de brandstof ingespoten via een verstuiver met behulp van een hogedrukbrandstofpomp (bij een benzinepomp wordt dan een bougievonk gegeven)

## 2.2.6 Bespreking nokkenas en krukassen

### 2.2.6.1 De nokkenas



*De nokkenas*

De nokkenas regelt het openen en sluiten van de kleppen. Deze zorgt ervoor dat de kleppen zich op de gepaste tijd openen of sluiten en gedurende de vereiste periode opengehouden worden om de vrije aan- en afvoer van de gassen mogelijk te maken. Deze bewegingen kunnen worden bereikt door een overbrenging vanuit de krukas via onder of bovenliggende nokkenas. De rotatie-snelheid van de nokkenas is altijd de helft van de rotatiesnelheid van de krukas. Dat komt doordat de nokkenas zijn hele cyclus in één omwenteling doorloopt en de krukas er twee omwentelingen overdoet om de zuiger vier slagen te laten maken. De nokkenas is van gesmeed staal of van gietijzer, machinaal bewerkt en daarna gehard, om een maximale slijtageweerstand voor de flanken van de nokken te verkrijgen. De onderlinge afstand van de nokken is in overeenkomst met de ontstekingsvolgorde.

### 2.2.6.2 De krukassen

Krukassen hebben geen directe invloed op het motorvermogen, maar ze moeten wel het geproduceerde vermogen transporteren. We spreken van het krukasmechanisme, omdat we de combinatie van krukas/ zuiger/ drijfstang bedoelen. De zuiger maakt een op- en neergaande beweging van de cilinder. Door de zuiger te verbinden met de krukas door middel van een drijfstang ontstaat een krukasmechanisme. Dit mechanisme zet dan de op en neer-

gaande beweging om in een draaiende beweging. Tegelijkertijd worden de krachten overgebracht op de krukas. Bij de constructie van de krukas wordt er rekening gehouden met het gewicht van het roterende gedeelte en het gewicht van het op- en neergaande gedeelte. Tegenover de kruktaap bevindt zich een contragewicht. De zwaarte van het tegengewicht wordt vermeerderd met 100% roterend gewicht plus een bepaald percentage van het oscillerende gewicht.

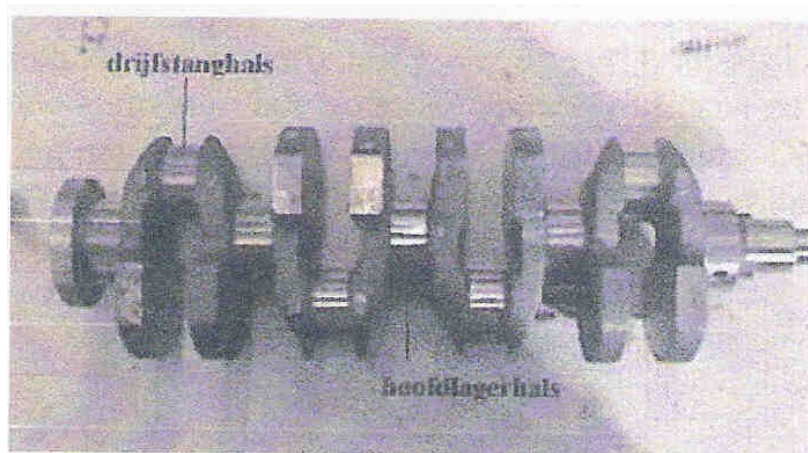
Wanneer er trillingen ontstaan, kost dat veel vermogen en wordt de levensduur van het materiaal korter. Trillingen zijn niet gewenst en moet men dus opheffen. Als we de motor, om welke reden dan ook, meer rendement willen laten leveren ontkomen we niet aan het balanceren van het krukasmechanisme.

Een krukas moet perfect gebalanceerd worden op milligrammen en daarna moeten de drijf- stangen en zuigers gemonteerd worden. Deze onderdelen hebben onderling de nodige grammen verschillen en daarom is het balanceren niet meer nodig . De zuigers worden door de fabriek met bepaalde gewichtstoleranties geleverd, maar het betreft hier toch enkele grammen. De drijf- stangen worden met een klein verschil van enkele grammen geleverd, maar dit is een verschil in totaalgewicht. Gaat men nu de drijf- stangen bij gedeelten wegen, blijkt dat de kop en de voet veel grotere verschillen vertonen. Dit maakt bij uitwerking veel uit, omdat het koggewicht deel uitmaakt van het op- en neergaande gewicht en het voetgewicht van het ronddraaiende gewicht.

We kunnen hiervan een voorbeeld geven:

Een luxeauto rijdt met een snelheid van 100km/u, bij deze snelheid is het toerental van de wielen ongeveer 1000 omwentelingen/min. Wanneer nu één van de voorwielen een onbalans van 10 gram heeft, voelt men het hele stuurmechanisme trillen, terwijl bij sommige snelheden de gehele wagen trilt. Krukassen van motoren draaien met een toerental van 5000 tot 14000 omwentelingen/min. De beweging van de trilling is bij de krukas kleiner dan bij het voorwiel, omdat de diameters van beide nogal verschillen, maar de frequentie is vele malen groter (toerental).

Hieronder zien we nog een foto van een krukas.



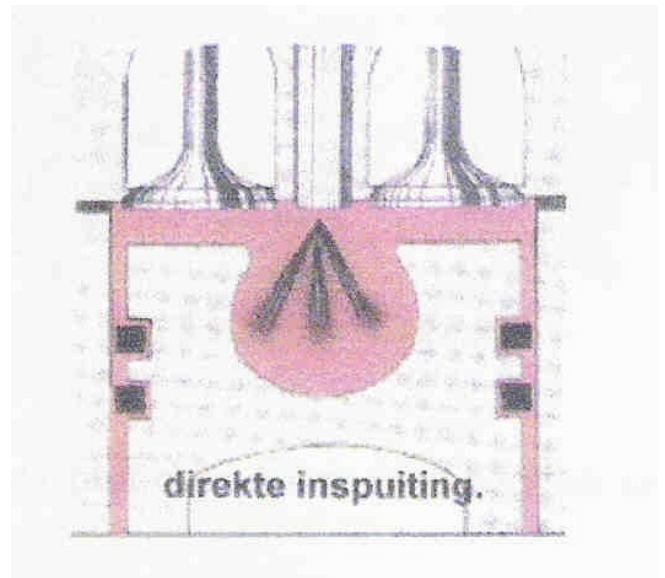
*krukas*

## 2.2.7 De directe en indirecte inspuiting

### 2.2.7.1 De directe inspuiting

Kenmerken:

1. De verstuiver staat rechtstreeks met de verbrandingskamer in verbinding.
2. De verbrandingskamer heeft een zo klein mogelijke wandoppervlakte zodat de warmteverliezen beperkt zijn. Daarom is de zuiger of de cilinderkop uitgehold. Deze vorm bevordert de werveling van de samengeperste lucht waardoor de verbranding vollediger is.
3. De verstuing gebeurt door een meergatsverstuiver (zie verder) en de verstuivingsdruk is hoog (150-300bar). Zo wordt de gasolie zeer fijn verstoven.



↑ Een piston bij een directe inspuiting

Voor- en nadelen ten opzichte van de indirecte inspuiting:

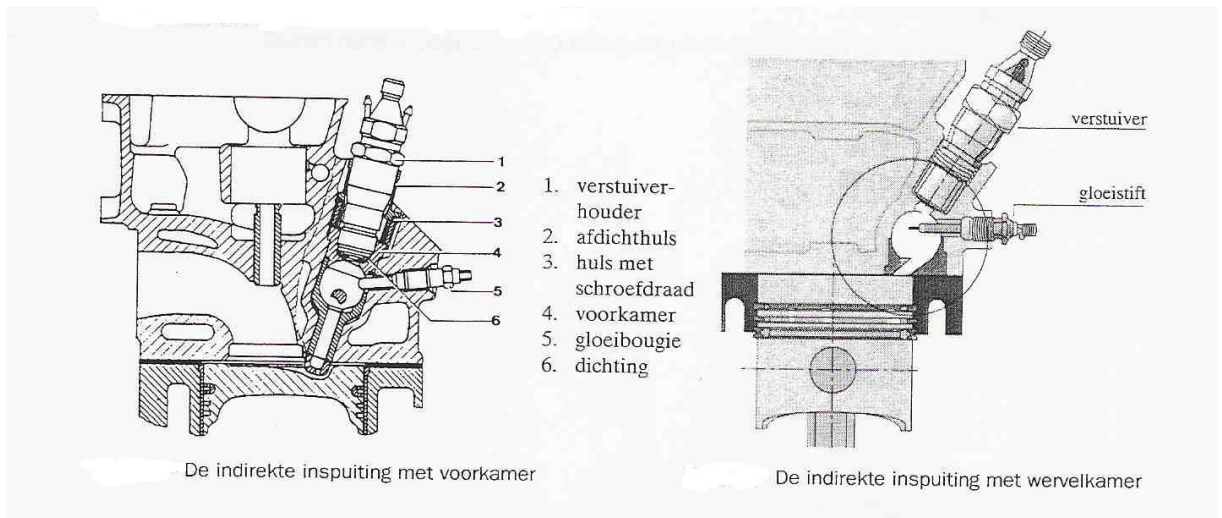
Voordelen:

1. De uitlaat van de verbrande gassen is vollediger.
2. Door de kleine wandoppervlakte zijn de warmteverliezen kleiner. Daardoor volstaat een lagere compressieverhouding en is het brandstofverbruik bijzonder laag.
3. De motor kan starten in koude toestand zonder voorverwarmen.

Nadelen:

1. De hoge inspuitdruk stelt hoge eisen aan de brandstofpomp en de verstuiver.
2. De meergatsverstuiver raakt vlugger verstopt dan de eengatsverstuiver.

## 2.2.7.2 De indirecte insputing



### a. Met voorkamer

#### Kenmerken:

De verbrandingsruimte bestaat uit twee delen, waarvan één deel door de voorkamer wordt ingenomen. Deze staat via enkele gaatjes in verbinding met de cilinderruimte. De voorstelling hiervan vind je in de linkse figuur hierboven.

#### Werking:

Tijdens de compressie wordt de lucht tot in de voorkamer geperst. De eengatsverstuiver spuit hierin alle brandstof. Wegens de beperkte hoeveelheid lucht in de voorkamer kan er slechts een deel van de gasolie ontbranden. Intussen verdampt een deel van de gasolie. De eerste ontbranding veroorzaakt een drukverhoging in de voorkamer zodat de rest van de brandstof met hoge snelheid naar de cilinder verstoven wordt en daar verder verbrandt. De verbranding gebeurt dus in 2 fasen en de voorkamer helpt de verstuiver bij het verstuiven van de gasolie.

### b. Met wervelkamer

#### Kenmerken:

De wervelkamer wordt in de cilinderkop aangebracht en beslaat bijna de gehele verbrandingsruimte. Hij is bolvormig en staat met een tangentiaal kanaal in verbinding met de cilinder. Alle ingespoten brandstof komt in de wervelkamer terecht. Een voorstelling hiervan vind je in de rechtse figuur hierboven.

#### Werking:

Tijdens de compressie wordt de lucht tangentieel in de wervelkamer geperst waardoor hij een snel ronddraaiende beweging maakt. Bij de ontbranding van de eerste brandstofstraal stijgt de druk in de wervelkamer boven deze van de cilinderruimte. De zuiger is intussen aan het dalen. De draaizin van de lucht in de wervelkamer keert om zodat de lucht en de brandstof, vermengd, met hoge snelheid door het verbindingskanaal naar de cilinder worden gestuwd.



Voor- en nadelen van de directe inspuiting:

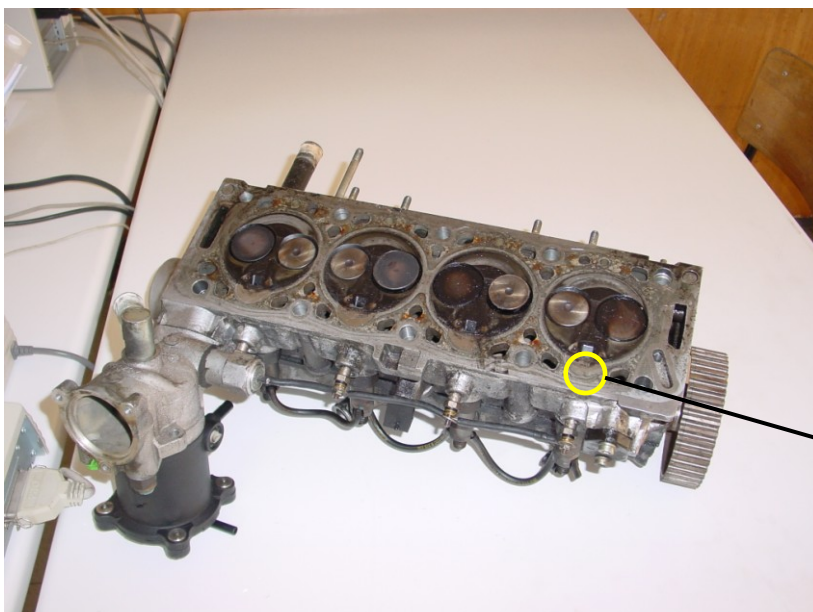
Voordelen:

1. een lagere verstuiwingsdruk (ongeveer 100bar)
2. hogere toerentallen van de motor zijn mogelijk
3. een onderverdeling van de verbrandingsruimte in een hoofdverbrandingskamer en een voor- of wervelkamer zorgt voor een rustig verbrandingsproces.

Nadelen:

1. er is bijna altijd een hulpmiddel nodig voor het starten wegens de warmteverliezen (een gloeibougie of een gloeiweerstand in de inlaat)
2. het rendement ligt lager, dus het brandstofverbruik hoger
3. de verbrandingsgassen blijven in de kamer achter. Hierdoor krijgen we een minder goede vulling
4. een hogere compressieverhouding eist een zwaardere startmotor.

Een piston bij een indirecte inspuiting met voorkamer



Een cilinderkop bij een indirecte inspuiting met wervelkamer

De wervelkamer

## 2.2.8 De verstuivers

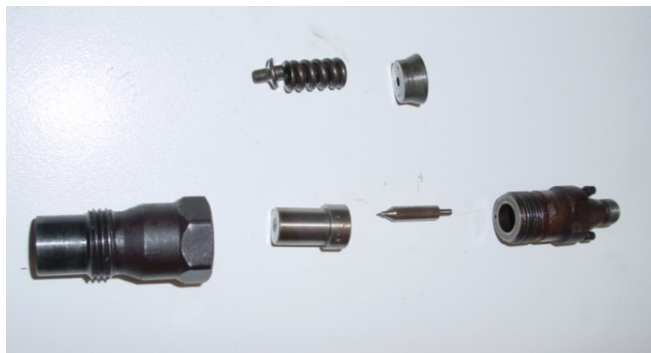
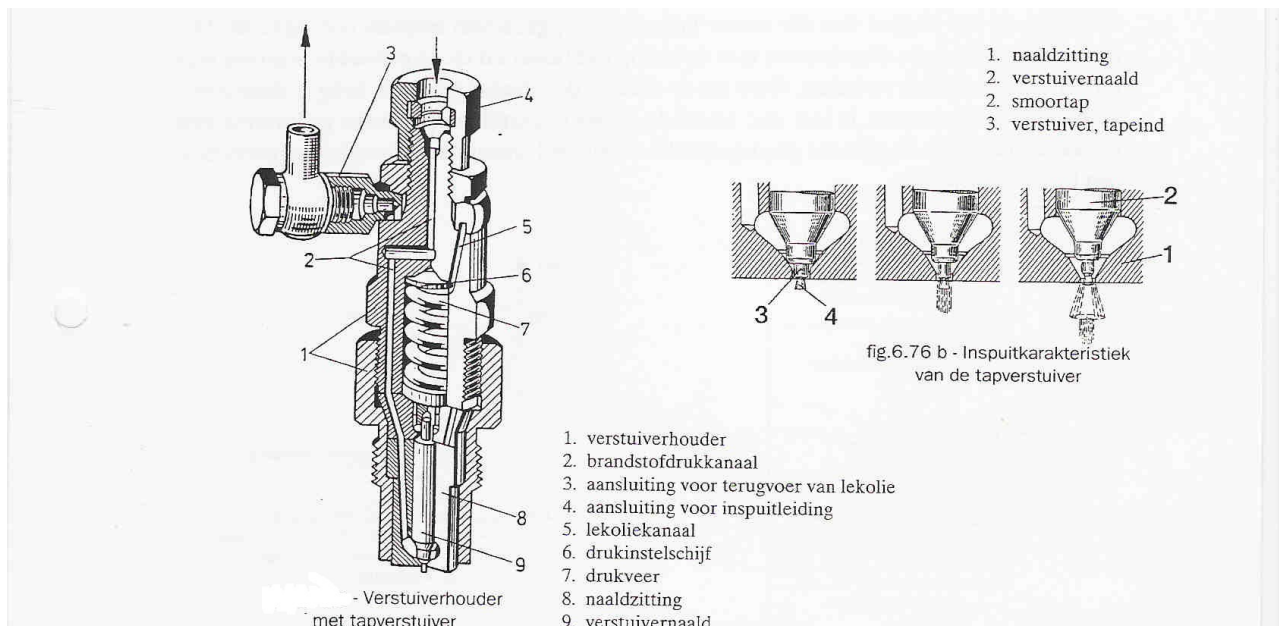
### Doel:

1. De gasolie onder de juiste inspuitdruk verstuiven.
2. De gasolie in een fijne nevel verstuiven.
3. De gasolie over de gehele verbrandingsruimte verdelen.

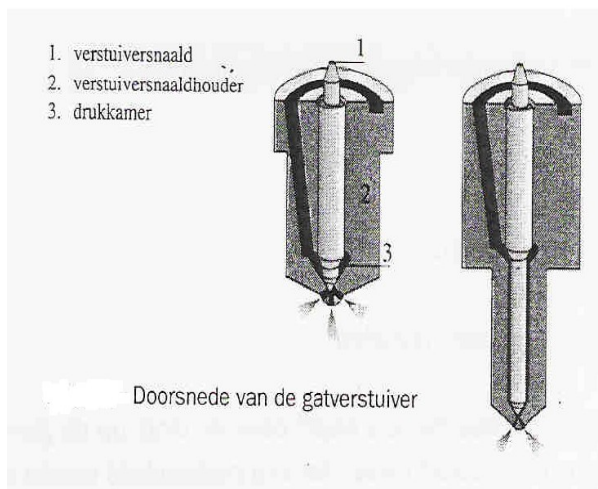
In de praktijk gebruiken we drukverstuivers waarbij een naald door de druk op de gasolie omhoog gelicht wordt. Naar de vorm van de naald maken we een onderscheid tussen tapverstuivers en gatverstuivers.

### 2.2.8.1 De tapverstuivers

De naald eindigt op een kegelvormige tap die door het verstuivergaatje steekt (zie foto hieronder). Door de vorm van de inspuittap wordt een voorinspuiting gerealiseerd. De verstuivernaald maakt bij het openen eerst een zeer smalle ringvormige spleet vrij die slechts weinig brandstof doorlaat. Bij het verder openen (veroorzaakt door het stijgen van de druk) wordt de doorstroombdoorsnede groter en pas op het einde van de naaldslag wordt de grootste hoeveelheid gasolie ingespoten. Deze verstuivers gebruik je in motoren met indirecte inspuiting.



### 2.2.8.2 De gatverstuivers



De naald heeft een scherpe kegelvormige top, doch het aantal en de richting van de gaatjes kan erg verschillend zijn afhankelijk van de vorm van de verbrandingskamer. Je spreekt in de praktijk van eengatverstuivers (bij indirecte inspuiting) en meergatverstuivers (bij directe inspuiting).



Een gatverstuiver

## 2.3 DE DIESELPOMP

### 2.3.1 Doel

- Een juiste, doch in te stellen hoeveelheid dieselolie door de verstuiver of injector naar de cilinder persen.
- Die juiste hoeveelheid brandstof op het juiste ogenblik naar de cilinder persen.
- Die hoeveelheid in een bepaalde tijd in de cilinder persen.

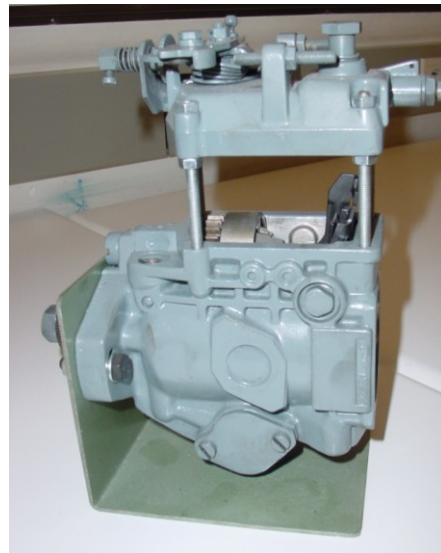
### 2.3.2 De soorten

Er zijn twee soorten dieselpomp:

- Lijndieselpompen
- Roterende dieselpompen



De Lijndieselpomp



De Roterende Bosch-dieselpomp

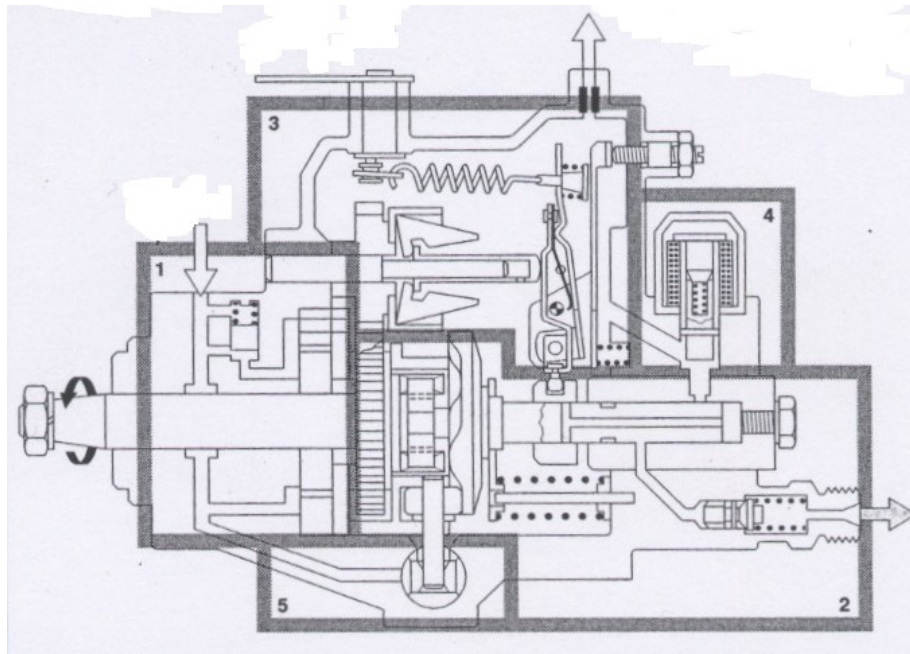
In de auto die we omgebouwd hebben zit een roterende Bosch-dieselpomp, dus bespreken we deze dieselpomp.

### 2.3.2.1 De roterende dieselpomp:

#### Inspuittechniek

In de verdelerinspuitpomp is in tegenstelling tot de lijndieselpomp ook voor motoren met meerdere cilinders slechts één pompcilinder en pomplunjer beschikbaar. De door de pomplunjer toegevoerde brandstof wordt door een verdelerkop over de met de motor cilinders corresponderende uitgangen verdeeld. De gesloten behuizing van de verdelerinspuitpomp bevat de volgende delen (zie volgende figuur):

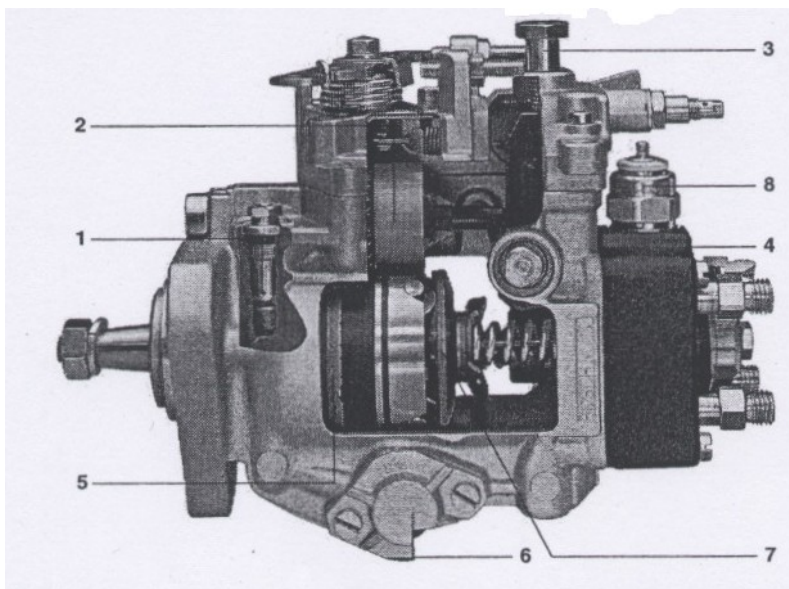
- Bladcel-opvoerpomp (1)
- Hogedrukpomp met verdeler (2)
- Mechanische toerentalregulateur (3)
- Stopzetklep en motorspecifieke aanpassingsvoorzieningen (4)
- Hydraulische inspuitmomentversteller (5)



#### Constructie

Op de in het pomphuis gelagerde aandrijfas van de verdelerinspuitpomp is de bladcel-opvoerpomp gemonteerd. Daarop steunt de rollenring, die niet met de aandrijfas is verbonden, maar ook in het pomphuis is gelagerd. Door de nokkenschijf, die tegen de rollen van de rollenring drukt en door de aandrijfas wordt aangedreven, wordt een draaislagbeweging opgewekt, die op de verdelerplunjer wordt overgedragen. De verdelerplunjer beweegt door een boring in de verdelerkop die aan het pomphuis is bevestigd. In de verdelerkop zijn de elektrische stopklep voor het onderbreken van de brandstoftoevoer, de afsluitplug met ontluchtingsschroef en de drukklep met de drukklephouder bevestigd. Is de verdelerinspuitpomp daarenboven van een mechanische stopklep voorzien, dan is deze in het reguleurdeksel gemonteerd. De aandrijfas (tandwiel met rubberen trillingsdemper) zorgt met behulp van een tandwielpaar voor de aandrijving van de reguleurunit. De reguleur-

unit is met centrifugaalgewichten en een regelmof uitgerust. Het reguleurmechanisme, dat is samengesteld uit een verstelhefboom, een starthevel en een klemhefboom, is in het pomphuis draaibaar gelagerd. Van hieruit wordt de positie van de van de regelschuif op de pompplunjer beïnvloed. Op de bovenkant de van het reguleurmechanisme grijpt de regelveer in, die via een verstelhefboom met de buitenliggende verstel hefboom is verbonden. De verstelhefboom is in het reguleurdeksel gelagerd, waarbij door de verstelhefboom de pompwerking wordt beïnvloed. Het reguleurdeksel sluit de verdelerpomp aan de bovenzijde af. Hierin zijn bovendien de regelschroef voor de vollasthoeveelheid, de overstromsmoring of de overstroomklep en de toerentalstelschroef gemonteerd. Aan de onderzijde van de verdelerinspuitpomp is dwars op de langsrichting van de pomp de hydraulische inspuitmomentversteller aangebracht. De werking daarvan wordt door de druk in de pomp, die door de bladcelopvoer pomp en de drukregelklep wordt bepaald, beïnvloed. Deze is aan beide zijden van de pomp door een deksel afgesloten.



1. Drukregelklep
2. Reguleurunit
3. overstromsmoring
4. verdelerkop en hogedruk-pomp
5. bladcelopvoer pomp
6. inspuitmomentversteller
7. nokkenschijf
8. elektromagnetische stop-klep

### Pompaandrijving

De dieselmotor drijft de verdelerpomp aan. Bij vierslagmotoren bedraagt het pomptoerental de helft van het krukstoerental van de dieselmotor, dus is dat gelijk aan het nokkenastoerental. De aandrijving van de verdelerinspuitpomp loopt volledig synchroon met de zuigerbeweging van de motor.

Deze starre aandrijving wordt tot stand gebracht door de toepassing van de distributieriem. Verdelerinspuitpompen zijn geschikt voor motoren met maximaal zes cilinders.

### Brandstoftoevoer

De brandstoftoevoer in een inspuitininstallatie met verdelerinspuitpomp, laat zich onderverdelen in een lagedruk- en een hogedrukgedeelte.

### 2.3.2.1.1 Lagedrukgedeelte

#### Brandstofleidingen

Voor het lagedrukgedeelte kunnen naast stalen leidingen ook flexibele leidingen met gevlochten stalen ommanteling worden gebruikt. Deze zijn moeilijk brandbaar en moeten zodanig worden geleid, dat mechanische beschadiging wordt voorkomen en dat druppelende of weggelekte brandstof niet kan ophopen en ontvlammen.

#### Brandstoffilter

Het hogedrukgedeelte van de inspuitpomp en de verstuivers zijn met een nauwkeurigheid van enkele duizendsten van een millimeter vervaardigd. Dit betekent dat verontreinigingen in de brandstof invloed kunnen hebben op de werking. Een slechte filtering kan schade



↑ De brandstoffilter in onze Opel Kadet

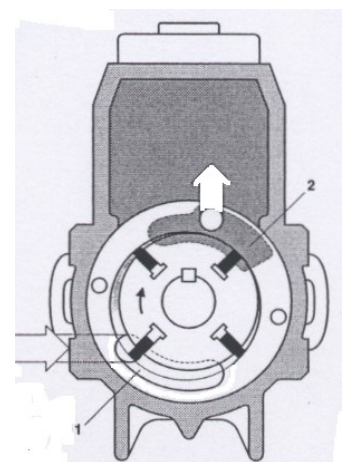
toebrengen aan de pompcomponenten. Het inzetten van een speciaal op deze eisen van de inspuitinstallatie afgestemde brandstoffilter is daarom de voorwaarde voor een storingvrij bedrijf en een lange levensduur. In brandstof kan water in gebonden of ongebonden vorm (bijvoorbeeld condenswatervorming tengevolge van temperatuurwisseling) voorkomen. Wanneer dit water in de inspuitpomp komt, wordt niet ontkomen aan schade door corrosie. Verdelerinspuitpompen hebben daarom brandstoffilters met waterafscheider.

Het water moet men af en toe aftappen. Met toenemende toepassing van de dieselmotor in de personenauto is er een

behoefte ontstaan aan een automatisch waterwaarschuwingssysteem. Dit laat via een waarschuwingsslamp zien, wanneer men water moet aftappen.

#### Bladcel-opvoerpomp

In de verdelerinspuitpomp is de bladcel-opvoerpomp (ook wel schottenpomp genoemd) geplaatst rond de aandrijfas en wordt door een spie meegenomen (zie figuur rechts). De rotor wordt omsloten door een excentrische ring, die in de behuizing is gemonteerd. De vier schotten van de rotor worden tijdens de draaibeweging door de optredende middelpuntvliedende kracht naar buiten tegen de excentrische ring gedrukt. Deze naar boven optredende beweging van de schotten wordt ondersteund door de brandstof, die zich in de gleuf tussen schot en rotor bevindt. De brandstof komt via de toevoerleiding in het aanzuigdeel van de verdelerinspuitpomp en via een niervormig uitgevoerde uitsparing onder de rotor, de schotten en de excentrische ring gevormde ruimte terecht. Ten gevolge van de draaibeweging wordt de brandstof, die zich tussen de bladen bevindt, naar de bovenste niervormige uitsparing

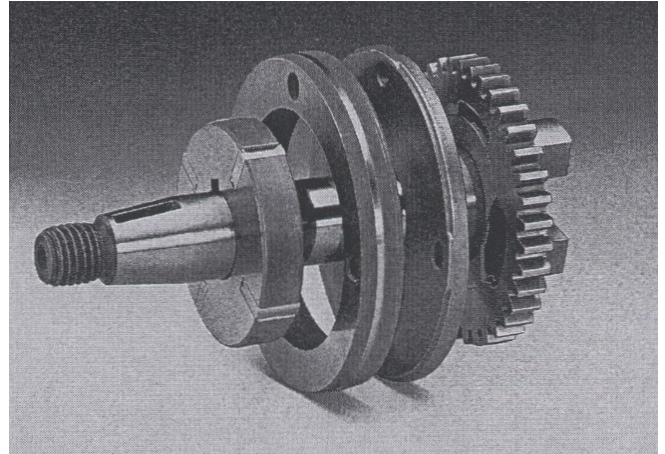


1. toevoerpoort
2. uitlaatpoort

gevoerd en via een opening in het pomphuis gedrukt. Tegelijkertijd komt een gedeelte van de brandstof via een tweede opening bij de drukregelklep terecht.



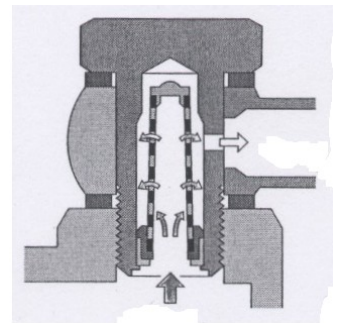
← De rotor met de vier schotten (de schotten zitten er los in).



Schottenpomp met de excentrische → ring op de aandrijfjas

### Overstroomsmoring

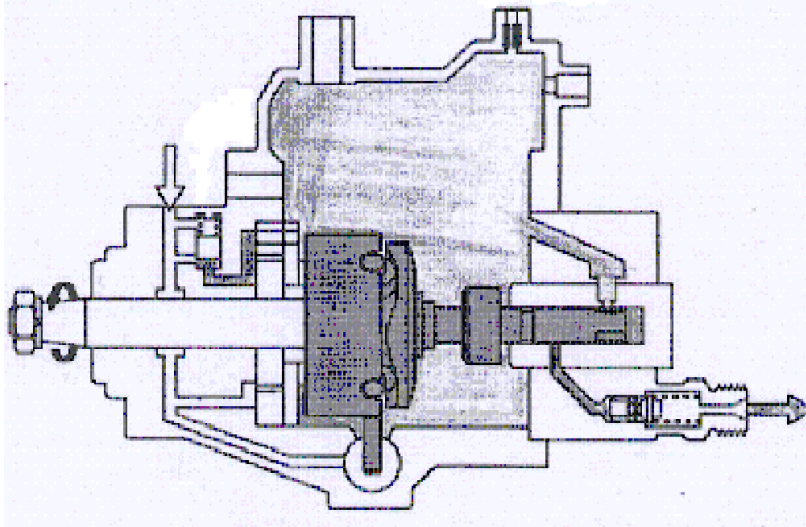
De overstroomsmoring (zie fig. links) is aangebracht in de banjoubout van de retourleiding welke in het reguleurdeksel van de verdelerinspuitpomp is geschroefd en verbindt het inwendige van de pomp met de retourleiding. Hij laat via een kleine opening een variabele hoeveelheid brandstof terugvloeien naar de brandstoftank. Op deze wijze wordt gezorgd voor doorstroming van brandstof door de pomp. Hierdoor wordt de pomp gekoeld en tevens zullen - mits de pomp horizontaal is gemonteerd - luchtballen ontsnappen, zodat de pomp na het vervangen van filters en dergelijke zelfontluchtend is. Voor deze brandstof vormt de doorboring een weerstand, waardoor in het inwendige van de pomp de brandstofdruk in stand wordt gehouden. Omdat in het inwendige van de pomp een nauwkeurig gedefinieerde brandstofdruk, meestal lineair oplopend met het toerental, nodig is, worden overstroomsmoring en drukregelklep wat hun functie betreft, nauwkeurig op elkaar afgestemd.





### 2.3.2.1.2 Hogedrukgedeelte

In het hogedrukgedeelte van de inspuitpomp wordt de voor het inspuiten benodigde brandstofdruk gerealiseerd. De brandstof wordt daarbij via de drukklep, inspuitleiding en verstuiverhouder naar de verstuiver geperst.



#### Aandrijving van de verdelersplunjer

De draai beweging van de aandrijfas wordt via een koppelingseenheid op de verdelersplunjer overgedragen. Hierbij grijpen de klauwen van aandrijfas en nokkenschijs in de daartussen geplaatste kruisschijs, zodat de roterende asbeweging door de nokkenschijs en verdelersplunjer moet worden gevolgd, maar hierbij is naast de roterende, ook een axiale beweging van nokkenschijs en verdelersplunjer mogelijk. Door de nokkenschijs wordt de zuivere draai beweging van de aandrijfas in een draaislagbeweging omgezet. Dat gebeurt doordat de nokkenbaan van de nokkenschijs over de rollen van de rollenring loopt (zie foto's). In de nokkenschijs is de verdelersplunjer met zijn cilindervormig passtuk geplaatst en wordt door een meeneempen op zijn plaats gehouden, zodat de verdelersplunjer niet kan verdraaien ten opzichte van de nokkenschijs. De beweging van de verdelersplunjer in de richting van het bovenste dode punt gebeurt door de nok van de nokkenschijs, voor de beweging in de richting van het onderste dode punt zorgen de beide symmetrisch geplaatste veren voor het terugdrukken van de plunjer. Ze drukken tegen de verdelerskop en werken tegen de verdelersplunjer via een veerbrug. Bovendien verhinderen de veren het terugdrukken van de plunjer en een eventueel loskomen van de nokkenschijs van de rollen van de rollenring tengevolge van een hoge versnelling. Opdat de verdelersplunjer niet scheef kan worden weggedrukt, zijn de veren voor het terugdrukken van de plunjer nauwkeurig op elkaar afgestemd.

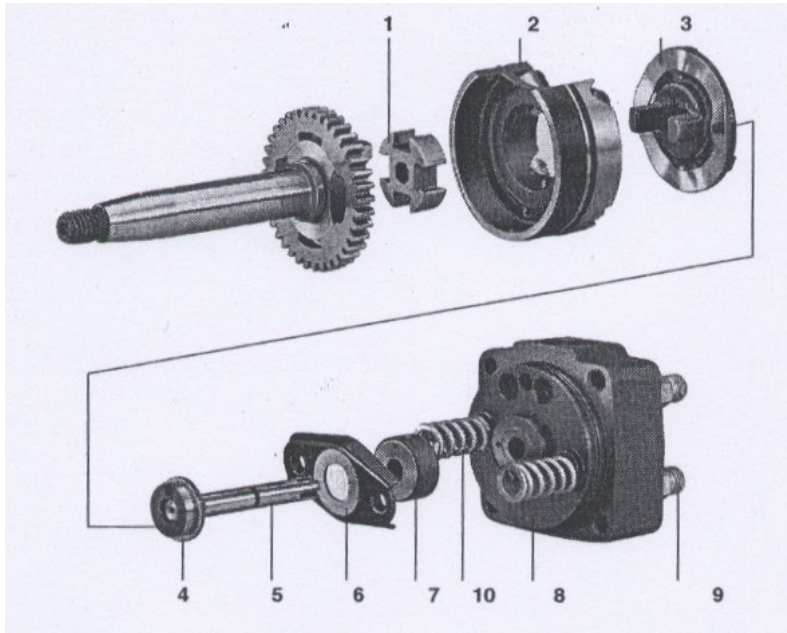


Geïntegreerde Proef



Diesel vs. Koolzaadolie





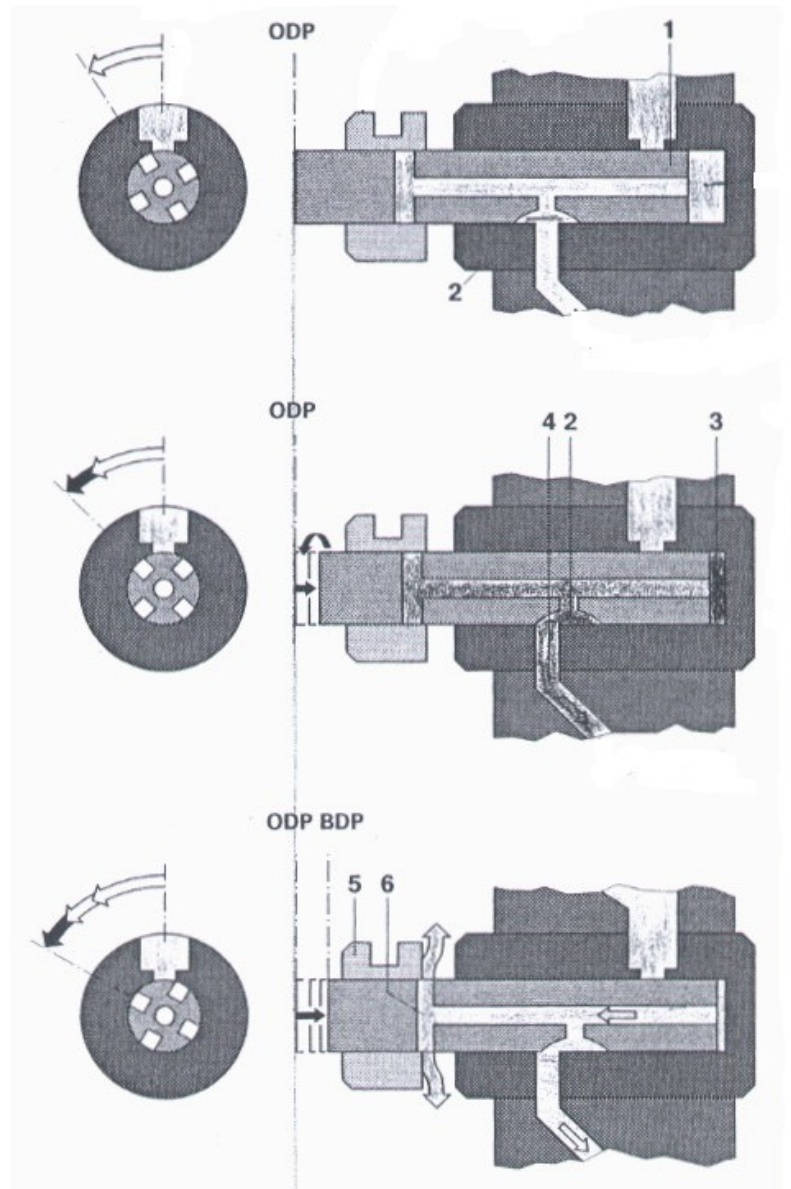
- 1 kruisschijf
- 2 rollenring
- 3 nokken
- 4 compensatieschijf
- 5 verdelerplunjer
- 6 veerbrug
- 7 regelschuij
- 8 verdelerkop
- 9 drukklephouder
- 10 veren voor het terugdrukken van de plunjer

Slag- en toevoerfasen

a) Brandstofinlaat.  
 In het ODP stroomt brandstof via het inlaatkanaal (2) en een stuurgleuf (3) in de hogedrukkamer (4).

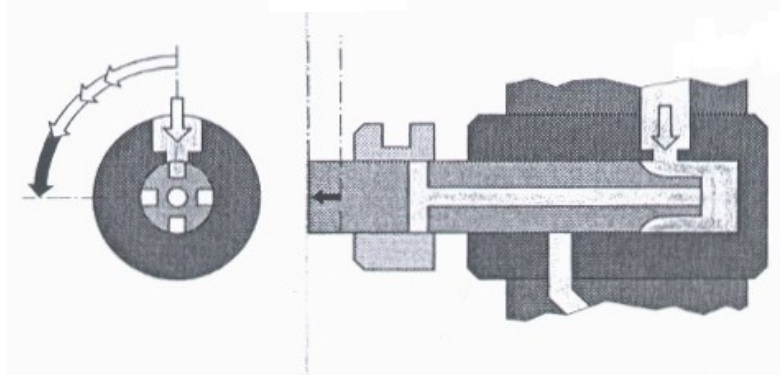
b) Brandstoftoevoer.  
 Tijdens de slagbeweging sluit de verdelerplunjer de inlaatpoort en brengt de brandstof in de hogedrukkamer (5) onder druk. Tijdens de draai beweging opent een verdelergroef (6) de uitlaatpoort (7), die hij de motorcilinder hoort.

c) Afsturen.  
 De brandstoftoevoer is beëindigd zodra de regelschuij (8) de afstuurpoort (9) opent.



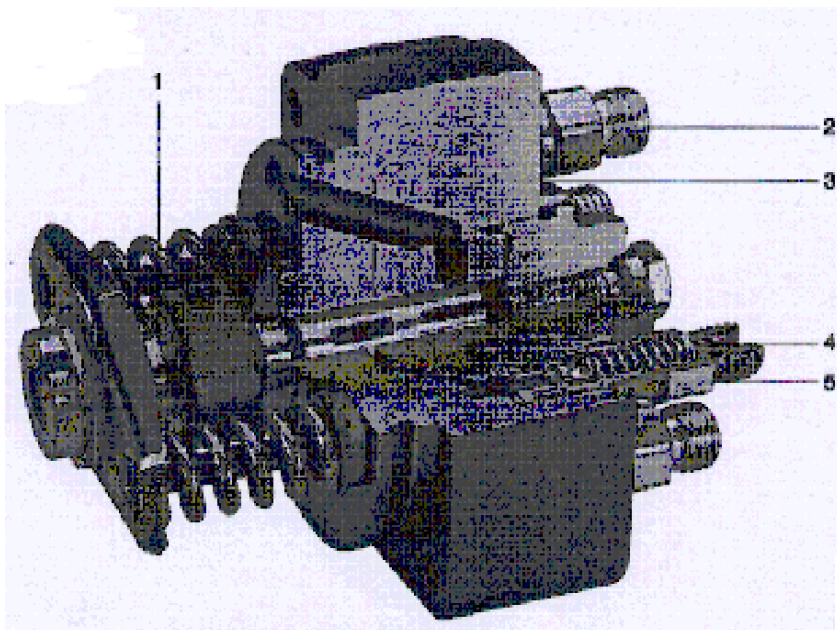
d) Brandstoftoevoer.

Tijdens het teruggaan van de plunjer naar het ODP wordt door draai-slagbeweging de afstuurpoort gesloten. De hogedrukkamer vult zich opnieuw.



### Drukklep

De drukklep sluit de inspuitleiding naar de pomp toe af. Ze heeft de taak om na beëindiging van de toevoerfase, de hoge druk in de leiding, middels een geringe volumevergroting, te verlagen tot een bepaalde waarde die onder de openingsdruk van de verstuiver ligt, de zogenaamde restdruk. Op deze manier wordt het na-inspuiten van de verstuiver voorkomen. Daarmee wordt een exact einde van de inspuiting aan het einde van het inspuitleiding bereikt. Tegelijkertijd bereikt men tussen de inspuitleidingen in, onafhankelijk van de betreffende inspuithoeveelheid, stabiele drukomstandigheden in de drukkleding. De drukklep is een plunjerklep. Ze wordt door de brandstofdruk geopend en door de klepveer gesloten. Tussen de toevoerslagfasen van de verdelerplunjer voor een motorcilinder is de drukklep gesloten. Daarbij zijn drukkleding en uitlaatpoort van de verdelerkop gescheiden. Bij het toevoerproces wordt de drukklep door de ontstane hoge druk van zijn klepzitting getild. Via de in een ringvormige groef uitlopende groeven in langsrichting vloeit de brandstof door de drukklepouder, de drukkleding en de verstuiverhouder naar de verstuiver. Zodra het toevoereinde bereikt is (stuurpoort van de verdelerkop geopend), daalt de druk van het hogedrukgedeelte tot het niveau van het inwendige van de pomp, en de drukklepveer drukt de drukklep terug op zijn zitting. Daarbij wordt de verbinding tussen het hogedrukgedeelte van de pomp en de inspuitleiding verbroken op het moment dat de ringvormige ontlastingsplunjer in de cilindrische boring komt. De geringe daling van de plunjer tot deze op zijn zitting ligt zorgt daarna voor de hiervoor beschreven volumevergroting en dus drukdaling in de inspuitleiding (zie fig.).



← Verdelerkop met hogedrukkamer

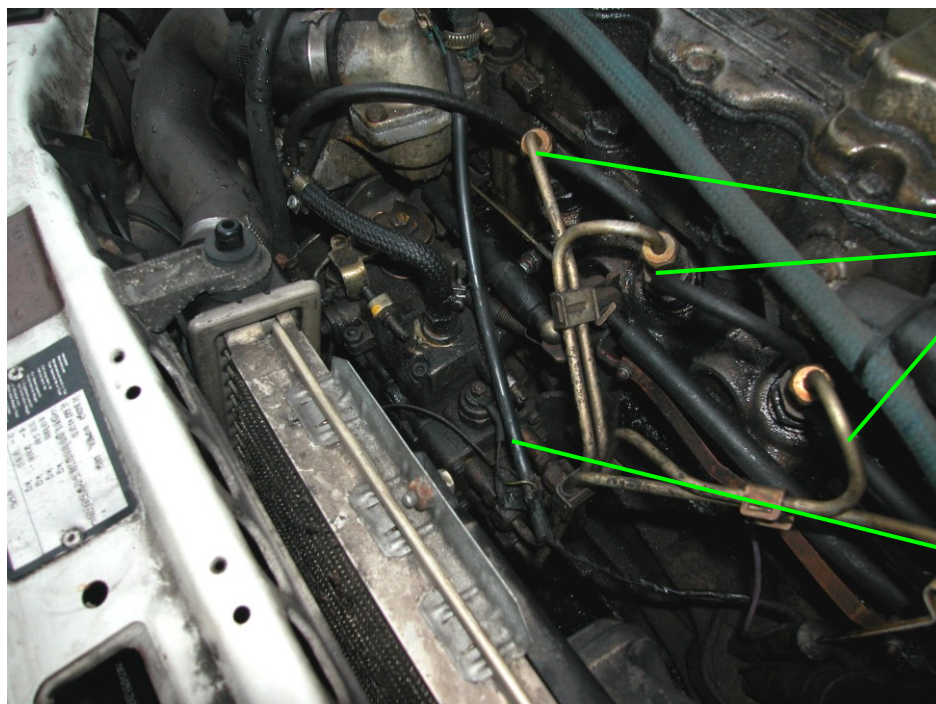
1. Regelschuif
2. Verdelerkop
3. Verdelerplunjer
4. Drukklepouder
5. Drukklep



↑ Verdelerplunjer  
← Verdelerkop

### Drukleidingen

In een inspuitsinstallatie zijn de drukleidingen afgestemd op het inspuitsverloop. Ze mogen bij onderhoudswerkzaamheden niet veranderd worden. De drukleidingen verbinden de inspuitspomp met de verstuiverhouders en zijn zonder scherpe bochten gemonteerd. Hun buigingsstraal mag niet minder dan 50 mm bedragen. Bij voertuigmotoren worden de drukleidingen meestal met klemblokken, die op vaste afstanden zijn aangebracht, gefixeerd. Drukleidingen worden vervaardigd uit naadloze stalen leidingen.



Drukleidingen

Dieselpomp

Foto van de dieselpomp en drukleidingen in de Opel Kadet

### 2.3.2.1.3 Mechanische toerentalregeling

#### Doel

Het rijgedrag van dieselveertuigen is alleen dan bevredigend, als de motor alle gaspedaalbewegingen bereidwillig volgt. Bij het op toeren brengen mag de motor geen neiging tot afslaan hebben. Het voertuig moet veranderingen van de gaspedaalstand zonder schokken volgen. Bij gelijkblijvende gaspedaalstand en constante helling van de rijweg moet de rij-snelheid hetzelfde blijven. Bij een losgelaten gaspedaal moet de motor het voertuig afremmen. Deze functies vervullen bij de dieselmotor de toerentalreguleur in de verdelerinspuitpomp.

De regelunit, bestaande uit centrifugaalkrachtreguleur en hevelmechanisme, werkt uiterst fijngevoelig en bepaalt de stand van de regelschuif en daarmee de opbrengstslag en dus ook de inspuithoeveelheid. Door verschillende uitvoeringen van het hevelmechanisme kan het regelgedrag worden aangepast.

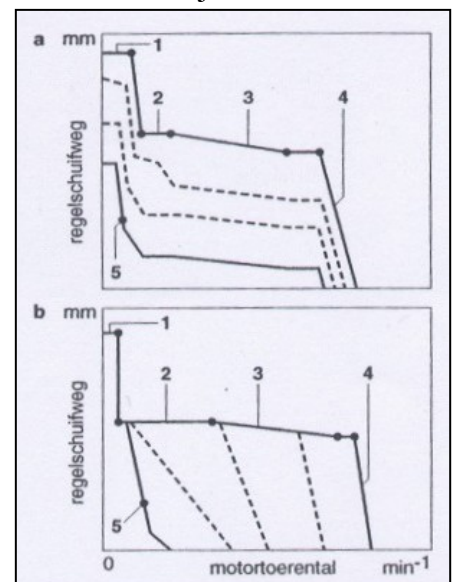
#### Taken van de toerentalreguleur

Iedere reguleur heeft tot taak het eindtoerental af te regelen. Andere taken zijn afhankelijk van het type reguleur, het constant houden van bepaalde toerentallen, zoals het stationair toerental resp. toerentalen binnen een bepaald of over het totale toereengebied tussen stationair- en eindtoerental. Uit de verschillende regeltaken ontstonden verschillende reguleurkarakteristieken (zie fig rechts):

- Stationairregeling: bij de dieselmotor wordt het stationair toerental door de reguleur in de inspuitpomp geregeld.
- Eindtoerentalregeling: het hoogste vollasttoerental mag bij geheel ingedrukt gaspedaal bij het ontlasten ten hoogste tot het verhoogde stationair toerental stijgen. De reguleur regelt dat door het terughalen van de regelschuif in de richting 'stop', de motor krijgt minder brandstof toegevoerd.
- Tussentoerentalregeling: het regelen van tussentoerentallen gebeurt door all-speed reguleurs. Bij dit type reguleur kunnen ook toerentallen tussen het stationair- en eindtoerental binnen bepaalde grenzen constant worden gehouden. Het toerental varieert dus afhankelijk van de belasting in het vermogensgebied van de motor alleen tussen een toerental uit de vollastcurve en een toerental bij onbelaste motor.

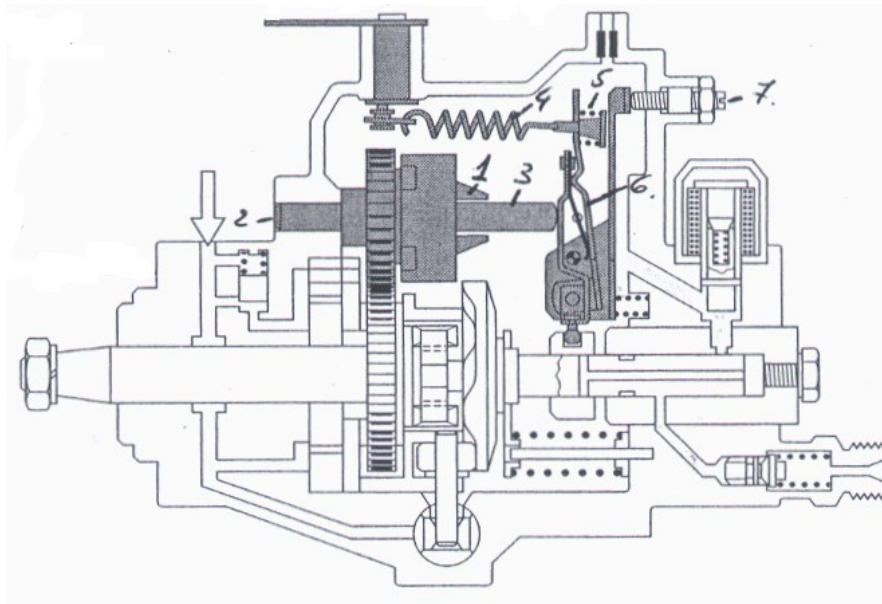
Aan de reguleur worden buiten zijn basistaak nog andere regeleisen gesteld:

- Het vrijgeven of blokkeren van de voor het starten benodigde grotere brandstofhoeveelheid.
- Het veranderen van de vollasthoeveelheid in relatie tot het toerental (compensatie).



#### Toerentalkarakteristieken

- a. Karakteristieken voor stationair-eindtoerental (two-speed)
- b. Regeling voor alle toerentallen (all-speed)
1. Starthoeveelheid
2. Vollasthoeveelheid
3. Compensatie
4. Eindafregeling
5. Stationair



1. Vlieggewichten (4x)
2. reguleur
3. regelmof
4. reguleurveer
5. stationaire loopveer
6. startveer
7. regelvijs

### All-speed reguleur

De all-speed reguleur regelt alle toerentallen tussen het starttoerental en het maximum toerental. Bij de all-speed reguleur kan naast het stationaire en maximale toerental ook het daartussenliggende bereik geregeld worden. Met het gaspedaal kan hiertoe een constant te houden toerental (afhankelijk van de P-graad) ingesteld worden. Dit is bijvoorbeeld vereist, wanneer hulpaggregaten (lier, waterbluspomp, kraanbedrijf etc.) aan het bedrijfsvoertuig of door de stationaire motor aangedreven worden. Maar ook in personenauto's en bij landbouwvoertuigen (trekker, combine) wordt hij vaak gebruikt.

### Constructie

De regelunit, die is samengesteld uit de behuizing voor de centrifugaalgewichten en de daarin draaiende centrifugaalgewichten, wordt door de aandrijfas aangedreven. De regelunit is hierbij op een in het regelhuis gemonteerde regelas draaibaar gelagerd. Door de centrifugaalgewichten wordt het radiaalgerichte traject van die onderdelen in een axiale beweging van de regelmof omgezet. Regelmofkracht en -weg zijn van invloed op de positie van het reguleurmechanisme. Deze is samengesteld uit regelhefboom, spanningshefboom en startheefboom. Door het samenwerken van de veerkrachten en mofkracht wordt de positie van het reguleurmechanisme bepaald. De verstelbeweging wordt op de regelschuif overgebracht en hiermee wordt de opbrengsthoeveelheid aangegeven.

### Startgedrag

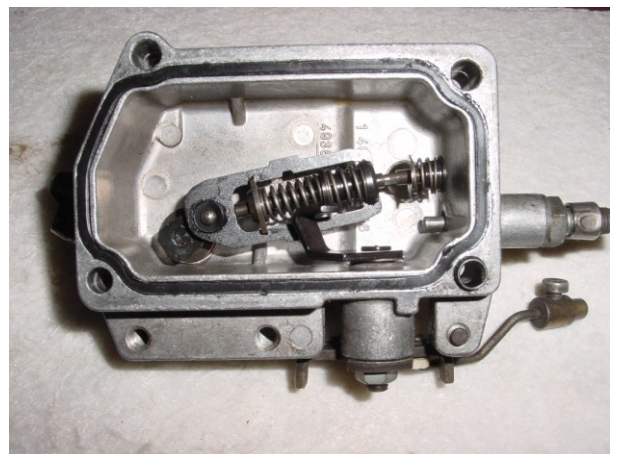
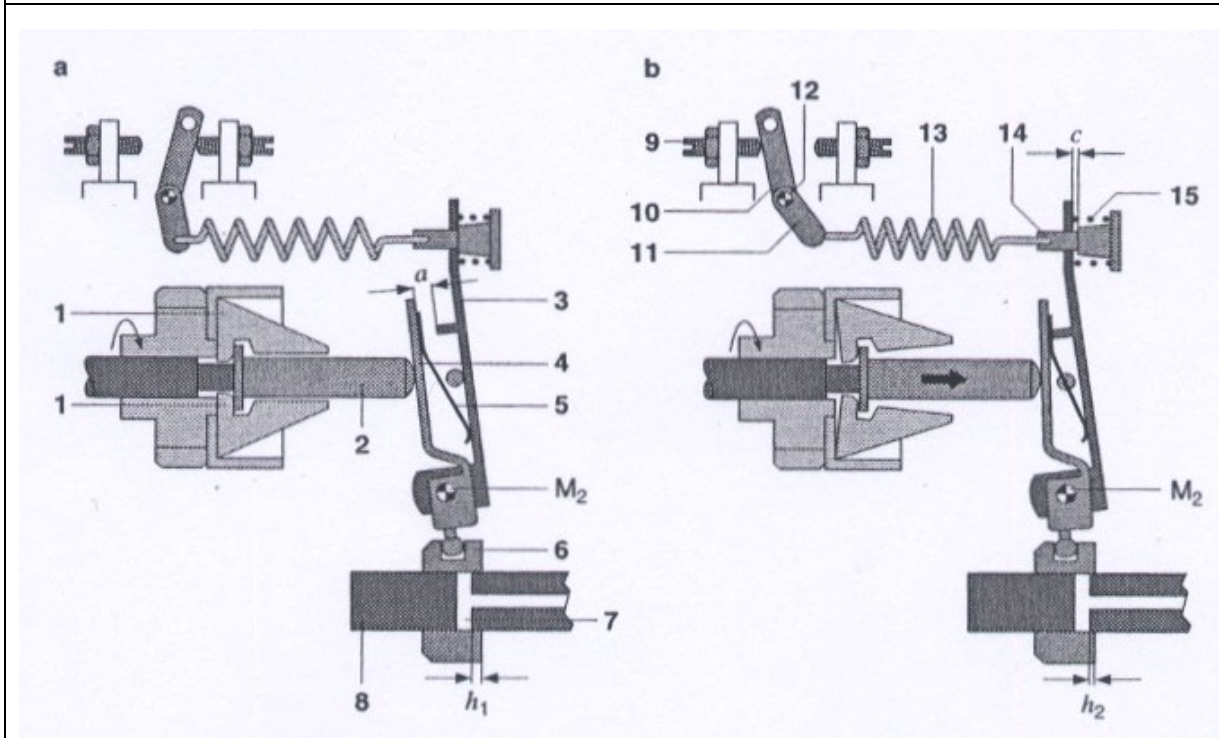
De centrifugaalgewichten en de regelmof bevinden zich bij stilstand van de verdelerinspuitpomp in de beginstand. De startheefboom wordt door de startveer in de startstand gedrukt. Hierbij draait de startheefboom om zijn draaipunt  $M_2$ . Daarbij wordt door middel van de kogelvormige bout de regelschuif op de verdelerplunjer in de stand voor starthoeveelheid verschoven. Daaruit resulteert dat de verdelerplunjer een grotere werkslag (maximaal toevoervolume = starthoeveelheid) tot aan de afsturing moet afleggen. Bij het starten wordt daardoor de starthoeveelheid bepaald. De regelhefboom is in het pomphuis draaibaar gelagerd en kan door de opbrengsthoeveelheidinstelschroef worden afgesteld. In de regelhef-

boom zijn de start- en spanningshefboom eveneens draaibaar gelagerd. De startheefboom heeft aan de onderzijde een afronding die in de regelschuif valt, waaraan aan de bovenzijde de startveer is bevestigd. Aan de bovenzijde van de spanningshefboom is de bevestigingsbout van de stationairveer gemonteerd. Bovendien hangt in deze bout ook de regelveer. Een hefboom en de regelhefboom vormen de verbinding met de toerentalverstelhefboom. Al een gering toerental is voldoende om de regelmof tegen de slappe startveer te verschuiven. De startheefboom draait daarbij weer om het draaipunt  $M_2$ , en de starthoeveelheid wordt automatisch gereduceerd op de hoeveelheid voor stationair lopen.

*All-speed reguleur, bij start en stationair draaien.*

a. startstand; b. stand bij stationair draaien.

1. centrifugaalgewichten, 2 regelmof, 3 spanningshefboom, 4 startheefboom, 5 startveer, 6 regelschuif, 7 stuurpoort van de verdelerplunjer, 8 verdelerplunjer, 9 instelschroef voor stationair toerental, 10 toerentalverstelhefboom, 11 hefboom, 12 as van toerentalverstelhefboom, 13 regelveer, 14 houdbout, 15 veer voor stationair lopen.



## Stationairregeling

Na het aanslaan van de dieselmotor en het loslaten van het gaspedaal gaat de toerentalverstelhefboom in de stand voor stationair draaien. Hij komt hierbij tegen zijn aanslag van de instelschroef voor stationair draaien. Het toerental voor stationair draaien is zo gekozen, dat de motor in onbelaste toestand beslist verder draait.

De op de houdbout aangebrachte veer voor stationair draaien wordt in de regeling opgenomen. Deze zorgt voor het evenwicht met de door de centrifugaalgewichten opgewekte kracht. Door deze krachtencompensatie wordt de stand van de regelschuif ten opzichte van de stuurpoort in de verdelerplunjer bepaald en daarmee de werkslag vastgelegd. Bij toerentallen boven het bereik van stationair draaien wordt de veerweg doorlopen en de veer voor stationair draaien toch ingedrukt. Door de vast in de behuizing gemonteerde stationairveer kan het stationair toerental onafhankelijk van de positie van het gaspedaal worden ingesteld en eveneens gerelateerd aan temperatuur of belasting worden verhoogd.

## Draaien onder belasting

In geval van bedrijf met hogere toerentallen of belasting heeft de toerentalverstelhefboom in zijn verstelbereik afhankelijk van het gewenste toerental respectievelijk de gewenste snelheid van het voertuig een bepaalde stand. Deze stand wordt door de bestuurder door een overeenkomende stand van het gaspedaal aangegeven. Bij toerentallen boven het stationaire bereik worden startveer en stationaire veer ingedrukt. Ze hebben op de regeling geen invloed. De regeling wordt door de regelveer overgenomen. Voorbeeld (fig. onder): De bestuurder brengt de toerentalverstelhefboom met behulp van het gaspedaal in een bepaalde stand, die moet overeenkomen met een gewenste (hogere) snelheid. Als gevolg van deze verstelbeweging wordt de regelveer tot een bepaalde waarde gespannen. Daardoor is de werking van de regelveerkracht groter dan de kracht op de regelmof ten gevolge van de middelpuntvliedende kracht van de centrifugaalgewichten. Startheefboom en spanningshefboom volgen de veerbeweging, waarbij ze om het draaipunt  $M_2$  draaien en de regelschuif ten gevolge van de constructief bestaande overbrengingsverhouding in de richting van grotere hoeveelheid verstellen. De toevoerhoeveelheid wordt zodoende verhoogd en veroorzaakt een toerentalstijging. De centrifugaalgewichten bouwen als gevolg van de toerentalverhoging grotere krachten op die via de regelmof tegen de werkzame veerkracht inwerken. De regelschuif blijft echter op 'vollast' staan tot een momentenbalans bestaat. Stijgt het toerental van de motor nog verder, dan gaan de centrifugaalgewichten naar buiten; de werking van de regelmofkracht overheerst nu. Hierdoor draaien start- en spanningshefboom om hun gemeenschappelijk draaipunt ( $M_2$ ) en schuiven de regelschuif in de richting 'stop', zodat de stuurpoort vroeger vrijgegeven wordt. De toevoerhoeveelheid kan tot 'nulhoeveelheid' worden verminderd waardoor de begrenzing van het toerental gewaarborgd is. Aan iedere stand van de toerentalverstelhefboom is daarom tijdens bedrijf een heel bepaald toerentalbereik tussen vollast en nullast toegekend, zolang de motor niet wordt overbelast. Daaruit volgt dat de toerentalregulateur in het licht van zijn P-graad het ingestelde gewenste toerental handhaaft. Is de belasting (bijvoorbeeld stijging) zo groot dat de regelschuif zich al in de vollaststand bevindt en het toerental toch daalt, dan kan de brandstofhoeveelheid niet meer verhoogd worden. De motor is overbelast en de bestuurder moet in dit geval naar een lagere versnelling terugschakelen.



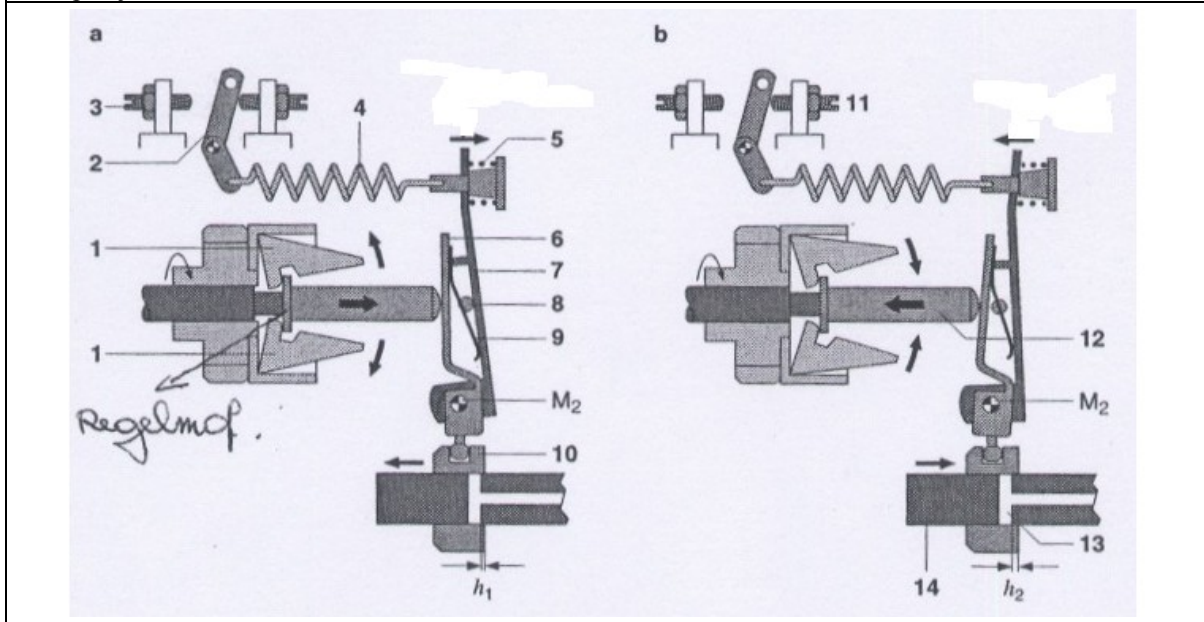
## Deceleratie

Bij het bergaf rijden (decelereren) is het omgekeerde het geval. De motor wordt door het voertuig aangedreven en versneld. Ten gevolge hiervan gaan de centrifugaalgewichten naar buiten en de regelmof drukt tegen de start- en spanningshefboom. Beide hefboomen verdelen hun stand en verschuiven de regelschuif in de richting van minder hoeveelheid, tot zich bij de nieuwe belastingstoestand en overeenkomstig verminderde toevoerhoeveelheid heeft ingesteld, die in het grensgeval nul is. Het hier beschreven gedrag van de all-speed reguleur geldt principieel voor alle standen van de belasting of het toerental om de een of andere reden zo sterk verandert, dat de regelschuif tegen zijn eindstanden vol of stop staat.

*All-speed reguleur, bij belasting.*

a. werking bij toenemend toerental; b. stand bij afnemend toerental.

1. centrifugaalgewichten, 2 toerental-verstelhefboom, 3 instelschroef voor stationair toerental, 4 regelveer, 5 veer voor instellen stationair lopen, 6 startheefboom, 7 spanningshefboom, 8 aanslag van spanningshefboom, 9 startveer, 10 regelschuif, 11 instelschroef vollast, 12 regelmof, 13 stuurpoort van de verdelerplunjer, 14 verdelerplunjer.



## 3 DE OMBOUWING

### 3.1 PRAKTISCHE REALISATIE VAN DE OPEL KADET

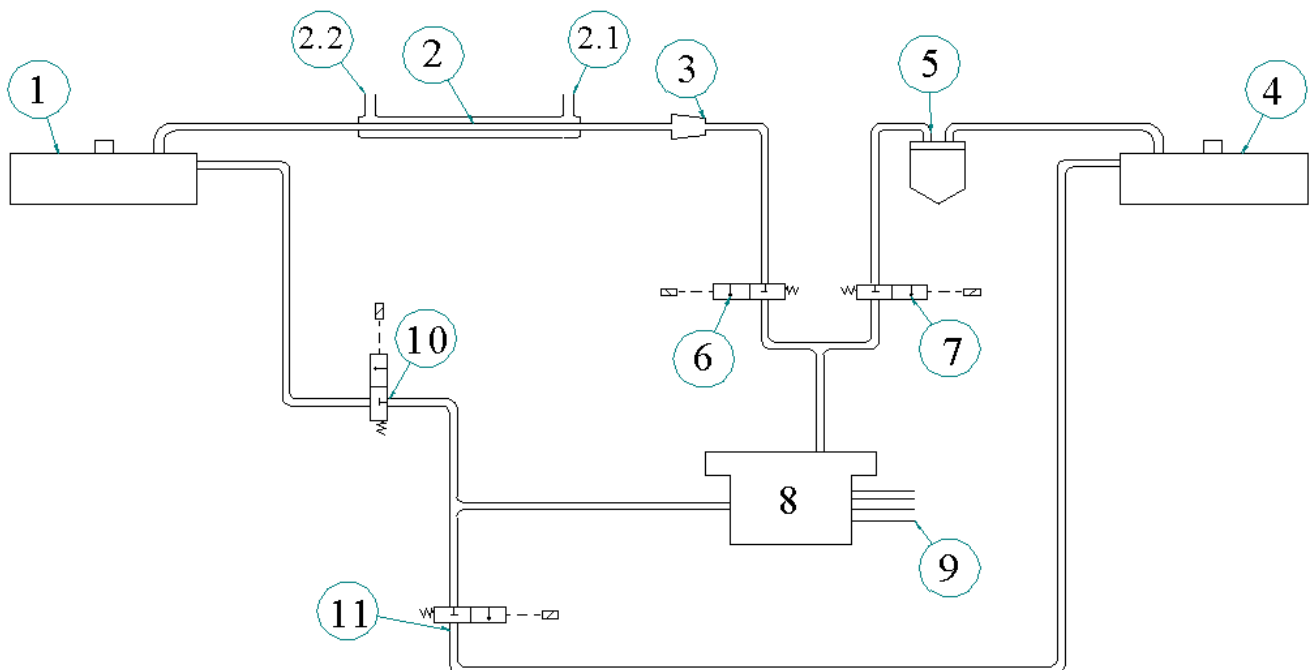
#### 3.1.1 Inleiding

In dit hoofdstuk bespreken we hoe we heel de wagen omgebouwd hebben zodat hij kon rijden op koolzaadolie volgens het twee-tank systeem. 4 jongens uit het 7<sup>e</sup> jaar autotechnieken hebben ons daarbij geholpen, o.l.v. Dhr. Boone.

#### 3.1.2 Gebruikte materialen om de wagen om te bouwen voor ppo:

- Koperen buis met een diameter van 28 mm.
- Koperen buis met een diameter van 14 mm.
- 2 T-stukken van diameter 28-22-22 mm.
- 2 kniestukken van diameter 22 mm.
- 1 kniestuk van diameter 15 mm.
- 1 verloopstuk om van diameter 22 naar 15 te gaan.
- 4 verloopstukken om van diameter 22 naar 18 te gaan.
- 4 verloopstukken om van diameter 18 naar 15 te gaan.
- 4 verloopstukken om van diameter 18 naar 12 te gaan.
- 4 verloopstukken om van diameter 12 naar 10 te gaan.
- Materiaal (zilver) waarmee men het koper aan elkaar kan solderen.
- 1 zwevende filter voor de koolzaadolie.
- Rubberen leidingen die bestand zijn tegen koolzaadolie.
- 4 elektrokleppen om de diesel en de plantaardige olie af te sluiten.
- Relais om de kleppen en de zoemer te bedienen.
- Schakelaar om over te schakelen op koolzaadolie.
- 2 T-stukken om de koelvloeistof om te leiden naar de warmtewisselaar.
- Vlotter.
- Pomp die de ppo naar de warmtewisselaar pompt.
- Controlelampje.
- Zoemer.
- Zelfgemaakte tank die in de koffer steekt.

### 3.1.3 Het principe schema van het mechanisch gedeelte



1. Zelfgemaakte tank waar we de koolzaadolie in doen.
2. Onze zelfgemaakte warmtewisselaar.
  - 2.1 Ingang koelwater
  - 2.2 Uitgang koelwater
3. Zwevende filter voor de plantaardige olie.
4. Bestaande tank voor de diesel.
5. De gewone gasoliefilter.
6. Elektroklep voor het bedienen van de toevoer van koolzaadolie.
7. Elektroklep voor het bedienen van de toevoer van diesel.
8. Dieselpomp.
9. Leidingen die naar de verstuivers leiden.
10. Elektroklep voor het bedienen van de retour van koolzaadolie.
11. Elektroklep voor het bedienen van de retour van diesel.

### 3.1.4 De koolzaadolietank

Een plaats vinden voor een tank is niet simpel. Een tank neemt veel plaats in en hij mag toch niet te veel onnodige plaats innemen.

In de koffer is er een uitsparing voor het reservewiel, we plaatsen de tank daar omdat dat de meest geschikte plaats is om toch een relatief grote tank te plaatsen zonder onnodige ruimte in te nemen. We maken de tank ongeveer dezelfde grootte als een reservewiel.

In de bovenkant van de tank zijn er drie gaten gemaakt. Het eerste gat is voor het bevestigen van de opvoerpomp. Het tweede gat is voor de vlotter, en het derde gat is voor het vullen van de tank. Er is dan nog een vierde gat voor de retourleiding.

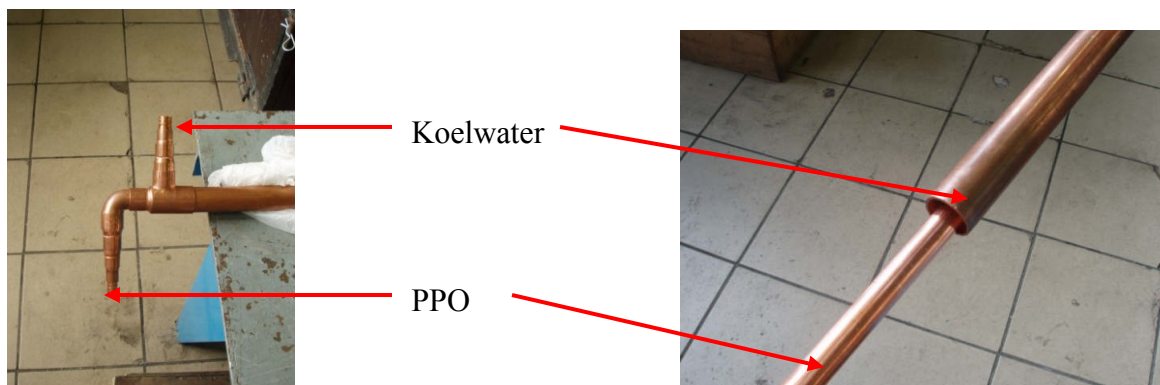


### 3.1.5 De brandstofleidingen

Na het plaatsen van de tank kunnen we de 2 brandstofleidingen leggen: 1 toevoerleiding en 1 retourleiding. We brengen deze 2 leidingen vanuit de koffer naar het motorcompartiment. Deze leidingen lopen onder de auto, net langs de dieselleidingen die ook naar de motor leiden. We leggen de leidingen langs onder, omdat het proper en afgewerkt is en omdat we dan geen overbodige gaten moesten boren in het chassis. De leidingen zijn er die speciaal bestendig zijn tegen koolzaadolie, anders zouden die leidingen met verloop van tijd kunnen afsterven.

### 3.1.6 De warmtewisselaar

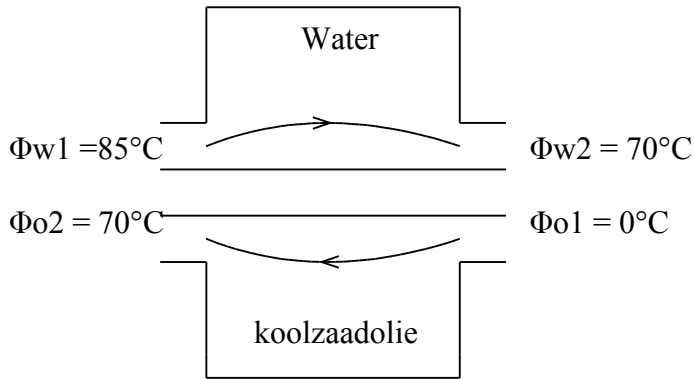
De volgende stap is het maken van de warmtewisselaar. Het principe is dat twee koperen buizen in elkaar zitten en door de binnenste leiding laat men de plantaardige olie stromen, door de buitenste leiding laat men de koelvloeistof stromen. De buitenste leiding wordt voor een stuk over de binnenste leiding geplaatst en wordt afgesloten op de binnenste leiding door middel van de reductie stukken deze worden dan vast gesoldeerd op de buis waar de plantaardige olie door stroomt. De buitenste buis wordt door middel van twee T – stukken met het koelvloeistof verbonden. Men kan de warmtewisselaar het beste tussen de twee leidingen van de verwarming plaatsen omdat de vloeistof van deze leidingen sneller op temperatuur zal zijn. Kan men nu niet bij deze leidingen dan kan men nog altijd de warmtewisselaar plaatsen op de leiding die naar de radiator gaat. Men moet dan ook T – stukken gebruiken met een grotere diameter omdat de leidingen van de radiator groter zijn dan de leidingen van de verwarming. Als men de warmtewisselaar op de radiatorleidingen aansluit dan duurt het wel langer voordat de warmtewisselaar op temperatuur komt. Men moet dan langer wachten voordat men op plantaardige olie kan overschakelen.



Berekenen van de warmtewisselaar voor het opwarmen van de koolzaadolie d.m.v. het koelwater.

We gaan een tegenstroomwarmtewisselaar maken omdat deze voor een hetzelfde verwarmend oppervlak meer warmte overdraagt dan een gelijkstroomwarmtewisselaar.

Geg:



$$\lambda = 384 \text{ W/mK (koperbuis)}$$

$$c = 4,186 \text{ kJ/kgK (water)}$$

$$\text{Buis : dikte} = \text{mm}$$

$$\text{diameter} = 14 \text{ mm}$$

$$h_w = 2614 \text{ kJ/kg}$$

$$h_k = 3000 \text{ kJ/kg}$$

Oplossing:

1) Bepalen van  $\Delta\theta_m$

$$\Delta\theta_{\max} = \theta_{w1} - \theta_{o2} = 85 - 70 = 15 \text{ K}$$

$$\Delta\theta_{\min} = \theta_{w2} - \theta_{o1} = 70 - 0 = 70 \text{ K}$$

$$\Delta\theta_m = \frac{\Delta\theta_{\max} - \Delta\theta_{\min}}{\ln\left(\frac{\Delta\theta_{\max}}{\Delta\theta_{\min}}\right)} = \frac{15 - 70}{\ln\left(\frac{15}{70}\right)} = 35,70 \text{ K}$$

2) De warmtehoeveelheid  $Q$  die van water wordt overgedragen op de olie

$$Q = m \cdot c \cdot (\theta_{w1} - \theta_{w2})$$

$$Q = 58,65 \text{ kg} \cdot 4,186 \text{ kJ/kgK} \cdot (85 - 70) \text{ K}$$

$$Q = 3682,63 \text{ kJ}$$

3) In veronderstelling dat  $\eta = 100\%$  is de over te dragen warmtestroom  $\Phi_w$

$$\Phi_w = \frac{Q}{t} = \frac{3682,63 \text{ kJ}}{3600 \text{ s}} = 1022,95 \text{ W}$$

4) Bepalen van de  $k$ -waarde van de buizen

$$R_t = \frac{1}{h_w} + \frac{d}{\lambda} + \frac{1}{h_k} \quad (\text{met } d = \text{dikte v/d buis} = 1 \text{ mm})$$

$$R_t = \frac{1}{2614} + \frac{0,001}{384} + \frac{1}{3000}$$

$$R_t = 7,184929 \cdot 10^{-4}$$

$$k = \frac{1}{R_t} = 1391,802065 \text{ W/m}^2\text{K}$$

5) Bepalen van de benodigde oppervlakte A

$$\Phi_w = k \cdot A \cdot \Delta\theta_m \Rightarrow A = \frac{\Phi_w}{k \cdot \Delta\theta_m}$$

$$A = \frac{1022,95}{1391,80 \cdot 35,70}$$

$$A = 0,020587741 \text{ m}^2$$

$$A = 205,88 \text{ cm}^2$$

6) Bepalen van de lengte van de buis

- Je neemt als d, de gemiddelde diameter van de buis:

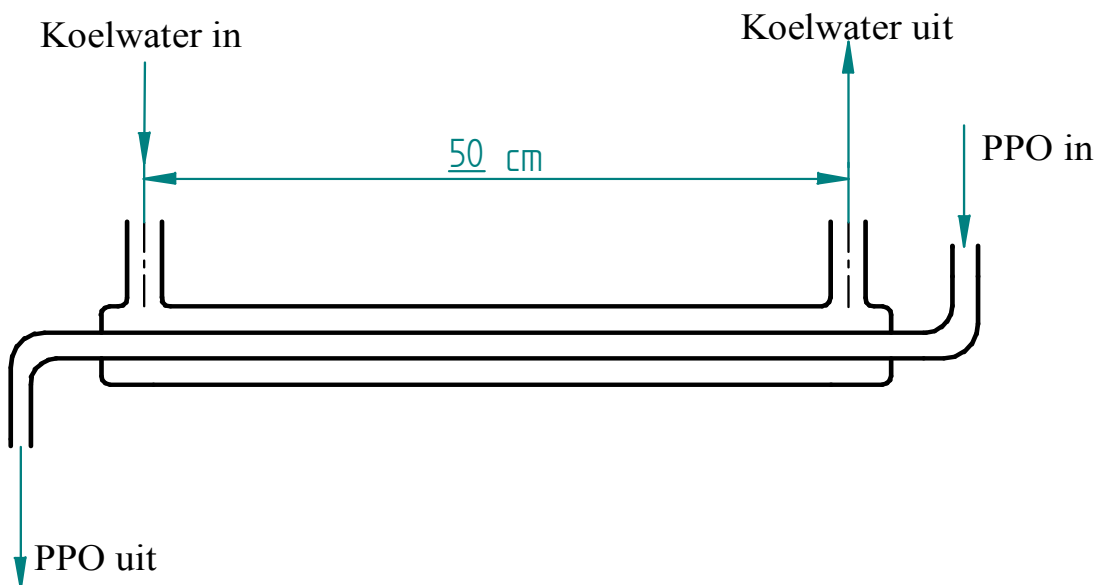
$$d_{\text{gem}} = \frac{14 + 12}{2} = 13 \text{ mm}$$

- Nu is  $A = \pi \cdot d_{\text{gem}} \cdot l$

$$\Rightarrow l = \frac{A}{\pi \cdot d_{\text{gem}}} = \frac{0,020587}{\pi \cdot 0,013} = 0,5041 \text{ m}$$

$$\Rightarrow l = 50,41 \text{ cm}$$

Schema van de warmtewisselaar:



### 3.1.7 Het elektrisch systeem

Het overschakelen van diesel naar koolzaadolie en omgekeerd gebeurt volledig elektrisch. Wanneer we de auto starten draaien we aan de sleutel in het contact, dus zullen we alle elektriciteit moeten aansluiten in het contactslot. Het contactslot werkt als volgt: wanneer we aan de sleutel draaien horen we een eerste klik, dit is de '15', dit wil zeggen dat de controlelampjes branden. Wanneer we dan verder draaien na een veerbelasting in het slot, start de motor. Dit is de '50', dit is de draad die alleen maar naar de starter loopt. Wanneer de motor draait springt het contact terug. We hebben dan nog 1 draad, en dat is de '30'. Op deze draad zit er altijd een continue spanning van 12V.

Wat er moet werken als de schakelaar op 'diesel' staat:

- De brandstofniveau meter moet de hoeveelheid diesel weergeven in de bestaande dieseltank.
- De elektromagnetische kleppen van de toevoer en de retour van diesel moeten open gaan. En de elektromagnetische kleppen van de toevoer en de retour van koolzaadolie moeten sluiten.
- Het controlelampje 'diesel' moet branden.

Wat er moet werken als de schakelaar op 'koolzaadolie' staat:

- Diezelfde brandstofniveaumeter in het dashboard moet de hoeveelheid plantaardige olie weergeven in de extra brandstoftank in de koffer.
- De elektromagnetische kleppen van de toevoer en de retour van koolzaadolie moeten open gaan. En de elektromagnetische kleppen van de toevoer en de retour van diesel moeten sluiten.
- De opvoerpomp die in de extra PPO tank zit moet beginnen draaien.
- Het controlelampje 'koolzaadolie' moet branden.

Extra:

Wanneer de motor wordt stilgelegd, en hij heeft het laatst gedraaid op plantaardige olie, moet er een zoemer gaan. Zo zal de chauffeur van de wagen zeker niet vergeten om de wagen 5 min voor het stilleggen om te schakelen naar koolzaadolie. Dit is zeker niet simpel, wanneer de motor wordt stilgelegd moet de zoemer gaan maar dan is er geen spanning meer!



Foto van de besturingschakelaar met zoemer en 2 controlelichtjes.

Aanduidingen op het elektrisch schema:

P1 : niveausignalisatie in het dashboard  
R1 : wisselrelais met 5 aansluitingen BOSCH  
V1 : vlotter in de koolzaadolietaank  
V2 : vlotter in de dieseltank  
M1 : toevoermagneetklep koolzaadolie  
M2 : toevoermagneetklep diesel  
M3 : retourmagneetklep koolzaadolie  
M4 : retourmagneetklep diesel  
E1 : controlelampje diesel  
E2 : controlelampje koolzaadolie  
P2 : pomp in de koolzaadolietaank  
R2 : normaal gesloten relais  
R3 : normaal open relais WEHRLE  
S1 : hoofdschakelaar  
Z1 : zoemer

Opmerkingen bij het aansluiten:

\*1\* : aansluiten aan klem 1 in het dashboard.  
\*2\* : koppelen aan blauw-zwart in het dashboard.

Kleurcode:

BL : blauw  
GE/GR : geel-groen  
ZW : zwart  
RO : rood  
BR : bruin

In het contactslot:

30 : De rode draad.  
15 : De dunste zwarte draad.



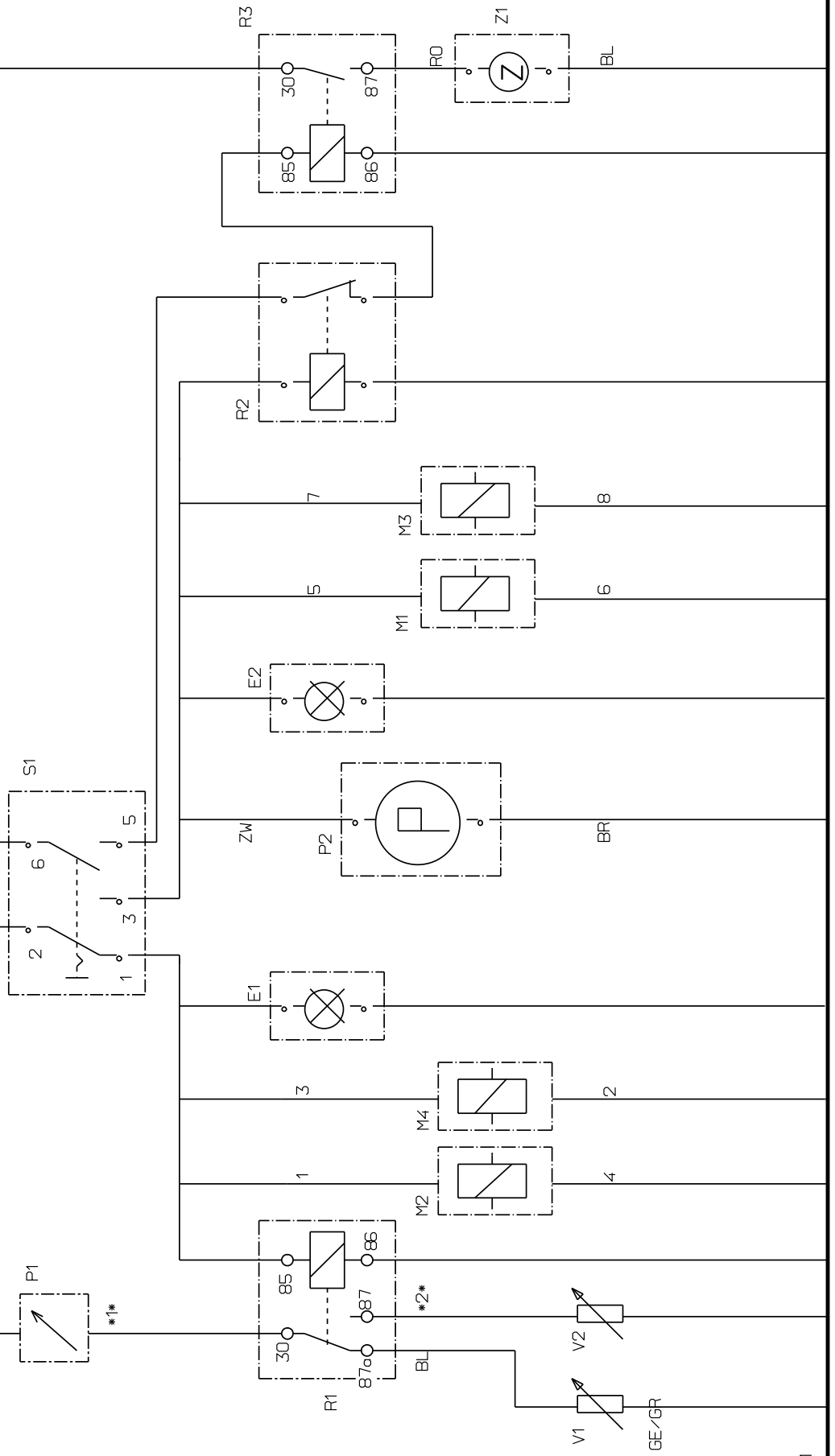
50

Rood

30

Fijnste zwarte draad

15



31



Foto van de volledig omgebouwde motor

### 3.2 VERMOGEN EN RENDEMENT

We hebben al eens het vermogen en het rendement berekend dit jaar. Toen hadden we dat gedaan in het KHBO in Oostende. Dat was op een bestaande motor die op een statief stond. Deze keer hebben we dat gedaan met onze Opel. We zijn naar een testbank gegaan met de auto, en hem een keer getest op diesel en een keer op koolzaadolie. En we hebben dan de resultaten vergeleken met elkaar.

DE RESULTATEN EN DE VERGELIJKINGEN KUN JE ALLEMAAL VINDEN IN DE BIJLAGEN.

### 3.3 VERMOGEN, RENDEMENT EN VERBRUIK

#### 3.3.1 Inleiding

Op donderdag 19 januari 2006 zijn we opnieuw naar de hogeschool in Oostende geweest. Dit was op de WIN-dagen. Dhr. Peter D'Hulster heeft ons daar les gegeven en dan hebben we de proef met een belaste motor via waterrem uitgevoerd. We deden de proef 2 keer. Eenmaal met rode dieselolie en eens met koolzaadolie.

We vergelijken de motor met een smart omdat deze wagen een 3- cilinder dieselmotor heeft en de proef in Oostende was ook met een 3- cilinder Perkins- dieselmotor.

Voor deze proef en voor de berekeningen nemen we aan dat de auto rijdt op een vlakke weg met een snelheid  $v$  die gelijk is aan 90km/h of 25m/s.

#### 3.3.2 Berekeningen

De formule om het rendement van een motor te berekenen:

$$\eta_e = \frac{Pe}{a.Hu}$$

Met:

$Pe$  = het effectief vermogen in W. Dit stellen we in op de testbank

$a$  = het verbruik in kg/s. Dit zullen we meten.

$Hu$  = de stookwaarde in KJ/kg. Dit hebben we gezocht via metingen en berekeningen.

Maar voor we dit rendement kunnen bepalen moeten we nog een heleboel zaken berekenen:

→ weerstand:

Rolweerstand:

$$Fr = f.G.\cos \alpha = 0,015.1100kg.9,81N / kg.1 = 162N$$

Met:

$f$  = wrijvingscoëfficiënt

$G$  = gewicht van de wagen (smart)

$\cos \alpha$  = hellingshoek:  $0^\circ$  dus  $\cos \alpha = 1$

Luchtweerstand:

$$F_l = C_x.S.\rho.\frac{v^2}{2} = 0,26.2,3.1,2.\frac{25^2}{2} = 224,25N$$

$C_x$  = de vorm van de auto

$S$  = de frontale oppervlakte

$\rho$  = de luchtdichtheid

$v$  = de snelheid



De proefstand van de belaste perkins 3 cilindermotor

Nu kunnen we de totale weerstand bepalen:

$$F_{\text{tot}} = F_r + F_1 = 162\text{N} + 224025\text{N} = 386\text{N}$$

→ Rijvermogen:

$$P_{\text{rij}} = F_{\text{tot}} \cdot v$$

$$= 386\text{N} \cdot 25\text{m/s}$$

$$= 9,65\text{kW} \text{ (dit wordt ons werkingpunt)}$$

→ effectief vermogen:

Als we nu aannemen dat ons rendement op ons werkingpunt 0,95 is of 95% dan kunnen we zo het effectief vermogen berekenen:

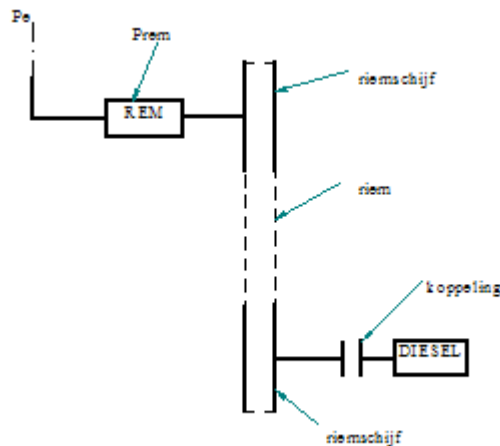
$$\eta = \frac{P_e}{P_{\text{rij}}} \Rightarrow P_e = \eta \cdot P_{\text{rij}} = 0,95 \cdot 9,65\text{kW} = 10\text{kW}$$

→ Koppel:

$$P_e = C_e \cdot \omega = C_e \cdot (2\pi n/60) \Rightarrow C_e = 10^4 \cdot 60 / (2 \cdot \pi \cdot 2000) = 48\text{Nm}$$

Opmerking : voor “n” nemen we 2000tr/min (kan je kiezen naar keuze)

→ remvermogen:



$$\text{Als: } P_e = P_{\text{aandrijving}} + P_{\text{rem}}$$

$$\text{Dan is: } P_{\text{rem}} = P_e - P_{\text{aandr}} \text{ met } P_{\text{aandr}} = 800\text{W (gegeven)}$$

$$= 10\text{kW} - 0,8\text{kW}$$

$$= 9,2\text{kW}$$

→ Overbrengingsverhouding:

$$i = \omega_{\text{rem}} / \omega_{\text{motor}} = 1,38$$

Foto : de reductiekast

→ remkoppel:

$$9,2 \times 10^3 = C_{e_{rem}} \times \frac{2 \cdot \Pi \cdot n \cdot 1,38}{60} \quad (\text{met } n = 2000)$$

⇓

$$C_{e_{rem}} = 32 Nm$$

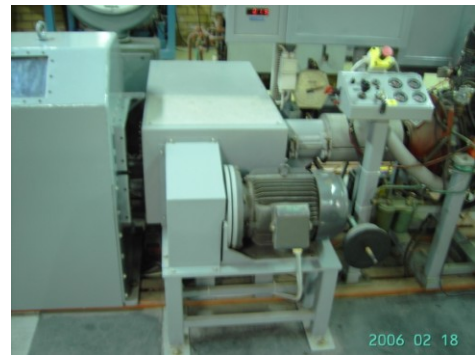
→ remkracht:

$$C_{e_{rem}} = F_{rem} \times l \quad (l = \text{lastarm} = 0,716 (\text{gegeven}))$$

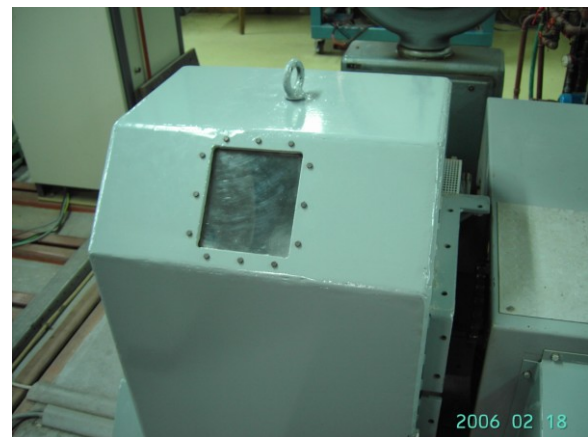
⇓

$$F_{rem} = 45 N$$

$$F_{rem} = 4,6 kgf$$



→ Na al deze berekeningen kunnen we beginnen aan onze proef. De proef bestaat uit 2 delen. Eerst belasten we de motor met als brandstof rode diesel en meten we hoeveel hij verbruikt. Daarna doen we hetzelfde, maar vervangen we de rode diesel door (koude) warmgeperste koolzaadolie.



Foto's : de waterrem en afleesklok

Proef 1, met rode diesel:

Gegeven:

$$\rho = 820 \text{ g/l}$$

$$Hu = 42 \text{ MJ/kg}$$

Eerst meten we de tijd waarvoor de motor 100cc verbruikt. Dit is 113s.

Daarmee kunnen we de volgende zaken berekenen:

- Soortelijk volume  $v$
- Soortelijke massa  $\dot{m} = a$

$$t_{100\text{cc}} = 113\text{s} \Rightarrow v = \frac{0,1\text{l}}{113\text{s}} = 885 \cdot 10^{-6} \text{ l/s}$$

$$\rho \cdot v = \dot{m} = 0,73 \text{ g/s} = 725,7 \cdot 10^{-6} \text{ kg/s} = a$$

Nu kunnen we het verbruik per 100km en het rendement ook bepalen:

$$\frac{V}{v} = 35,4 \cdot 10^{-6} \text{ l/m} \Rightarrow 35,4 \cdot 10^{-6} \text{ l/m} \cdot 10^5 \text{ m/100km} = 3,54 \text{ l/100km}$$

$$\eta_e = \frac{Pe}{a; Hu} = \frac{10^4}{7,26 \cdot 10^{-4} \times 42 \cdot 10^{-6}} = 32,8\%$$

Proef 2, met koolzaadolie:

Gegeven:

$$\rho = 912 \text{ g/l}$$

$$Hu = 37,15 \text{ MJ/kg}$$

Nu meten we opnieuw de tijd waarvoor de motor 100cc verbruikt. Dit is ook 113s.

Nu kunnen we weer dezelfde twee zaken berekenen:

$$t_{100\text{cc}} = 113\text{s} \Rightarrow v = \frac{0,1\text{l}}{113\text{s}} = 885 \cdot 10^{-6} \text{ l/s}$$

$$\rho \cdot v = \dot{m} = 0,807 \text{ g/s} = 807 \cdot 10^{-6} \text{ kg/s} = a$$

Nu kunnen we ook het verbruik per 100km en het rendement bepalen:

$$\frac{V}{v} = 354 \cdot 10^{-6} \text{ l/m} \Rightarrow 35,4 \cdot 10^{-6} \text{ l/m} \cdot 10^5 \text{ m/100km} = 3,54 \text{ l/100km}$$

$$\eta_e = \frac{Pe}{a.Hu} = \frac{10^4}{8,07 \cdot 10^{-4} \times 37,15} = 33,35\%$$

## 4 INVLOED VAN KOOLZAADOLIE OP HET MILIEU

### 4.1 EMISSIES VAN HET WEGVERKEER IN BELGIË 1990-2030

#### 4.1.1 Het wegverkeer blijft toenemen

In 1990 legden personenwagens 60 miljard kilometer af, in 2004 waren dat er al 80 miljard en in 2030 zullen het er volgens experts 100 miljard zijn. Dieselveertuigen nemen daarvan een steeds groter aandeel voor hun rekening.

De groei in de afgelegde kilometers is groter voor vrachtwagens dan voor personenwagens. Vrachtverkeer evolueert van 5,6 miljard voertuigkilometer in 1990 tot 11,5 miljard in 2030.

De voorspellingen tot 2030 zijn opgesteld met een Europees transportmodel dat rekening houdt met het BNP (Bruto Nationaal Produkt), demografie en transportinfrastructuur. De voorspellingen zijn verder verfijnd in onderling overleg met experts van de FODMV, FABIAC en TML.

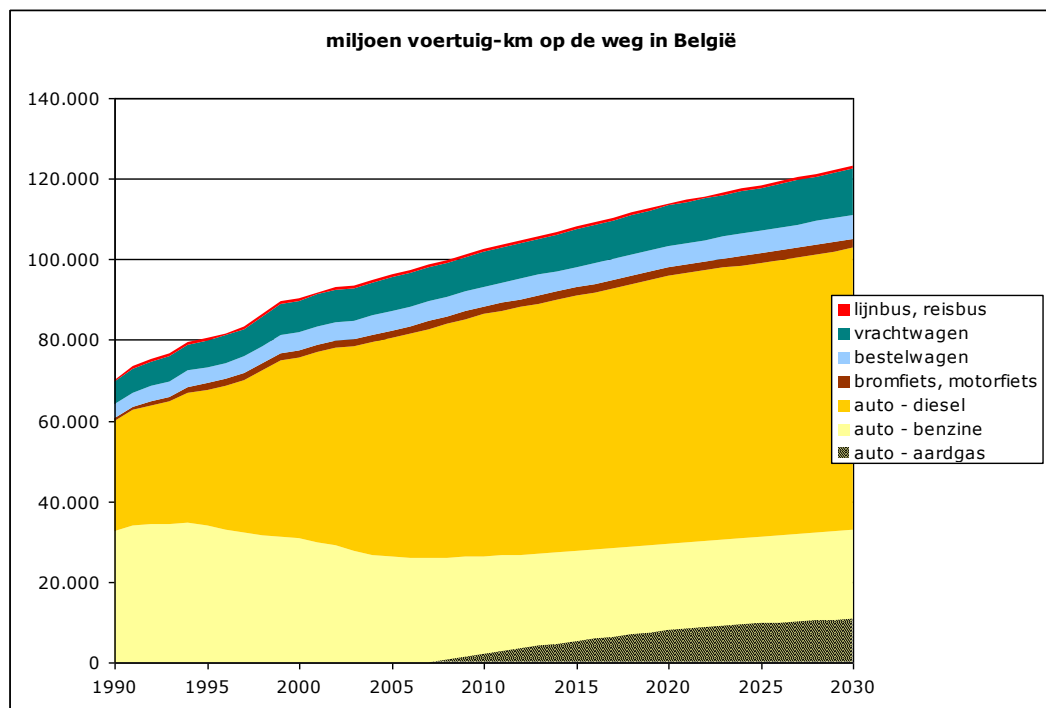


Fig: Evolutie wegverkeer in België tussen 1990 en 2030

#### 4.1.2 Sterke daling luchtvervuiling

Ondanks de groei in wegverkeer, neemt de uitstoot van schadelijke uitlaatgassen aanzienlijk af. Tussen 1990 en 2030 daalt de uitstoot van fijn stof (PM) met 90%, stikstofoxides (NOx) met 70%, koolstofmonoxide (CO) met 80% en koolwaterstoffen (VOC) met 86%. Alle deze stoffen veroorzaken ademhalingsproblemen.

Deze gunstige evolutie is te danken aan de sterk verbeterde motortechnologie. Die kwam er onder impuls van Europa, dat sinds de jaren '90 steeds strengere normen voor uitlaatgassen afvaardigt. Vanaf 2006 moeten nieuwe auto's voldoen aan de Euro 4 norm. Recent werd bekend dat er ook een Euro 5 norm komt, die het fijn stof vermindert met nog eens 80%.

Ook voor vrachtwagens gelden Europese emissienormen, die voor een aanzienlijke daling van schadelijke stoffen zorgen, ondanks een sterk stijgend aantal vrachtwagenkilometer.

Tabel: Jaarlijkse evolutie van schadelijke uitlaatgassen van wegverkeer

	periode 1990-2005	periode 2005-2015	periode 2015-2030
voertuigkilometer	+ 2,1%	+ 1,2%	+ 0,9%
broeikasgas (CO <sub>2</sub> )	+ 1,6%	- 1,1%	+ 0,6%
koolwaterstoffen (VOC)	- 8,4%	- 5,7%	- 0,6%
koolstofmonoxide (CO)	- 7,1%	- 5,3 %	+ 0,2%
stikstofoxiden (NO <sub>x</sub> )	- 4,5%	- 6,0%	- 0,3%
fijn stof (PM)	- 5,4%	- 8,8%	- 3,7%

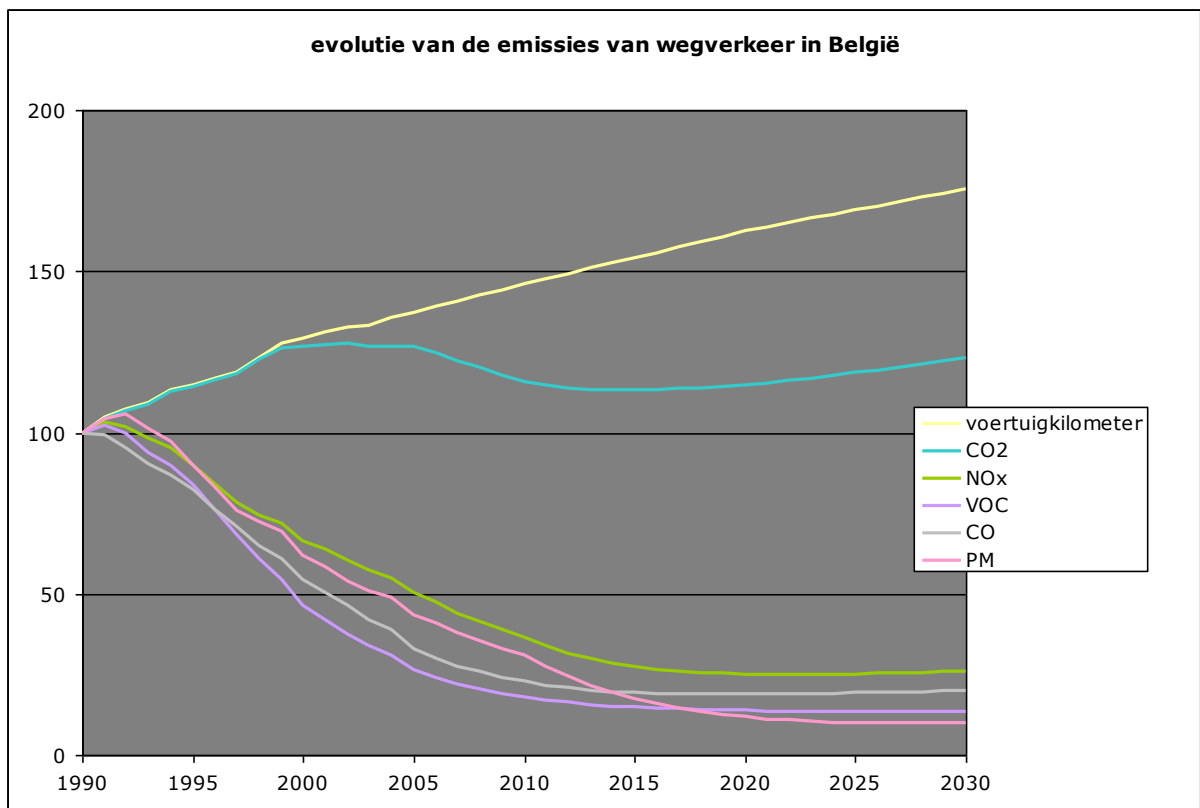


Fig: Evolutie van schadelijke uitstoot van wegverkeer, 1990 = 100

- ⇒ Dus: ! de emissies moeten nog meer dalen. Daarom kunnen we overschakelen naar een alternatieve brandstof die minder schadelijke uitstoten heeft.
- ⇒ We gebruiken nu een andere brandstof: Koolzaadolie!!



## 4.2 EMISSIES BIJ KOOLZAADOLIE

### 4.2.1 Inleiding

Bij mobiliteit hangen de emissies primair samen met technieken: brandstofkeuze, aandrijf- en schakeltechniek, vormgeving, autogewicht, snelheidsregeling. En als er iets veranderbaar is, dan is het wel de techniek. Techniek is door mensen zelf gemaakt en dus door hen veranderbaar, menselijk gedrag daarentegen zit in de aard van het beestje zit, en is moeilijk door de mens zelf te veranderen. In dit hoofdstuk gaan we roet-emissies van een personenauto (zoals de Opel Kadet) de op koolzaadolie rijdt vergelijken met een auto die op diesel rijdt.

Dit gaat dan om:

- Emissies die op (inter)nationaal schaal schadelijke effecten hebben: NO<sub>x</sub> en SO<sub>2</sub> (verzuring) en CO<sub>2</sub> (met de daaraan verbonden risico's van klimaatverandering).
- Emissies die juist op lokale schaal effecten hebben bij hoge concentraties van emissies: zoals VOS (smog), CO en PM<sub>10</sub> (fijn stof/deeltjes). De 'emissie' van geluid moet hier helaas vrijwel onbesproken blijven door tijdgebrek.

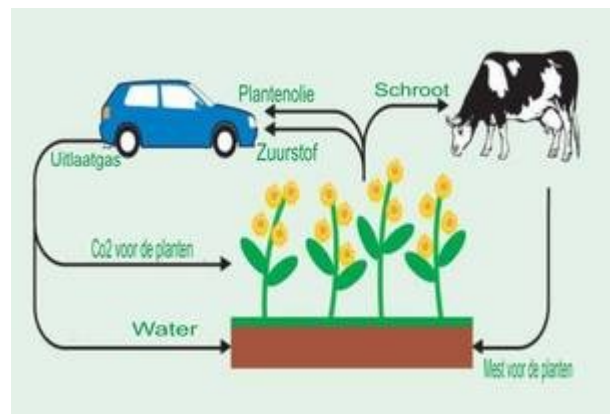
### 4.2.2 Schadelijk voor de gezondheid – reden tot ombouw

Het broeikas effect geldt als het grootste globale milieugevaar, waardoor de mensheid bedreigd wordt. Dit verbetert zeker niet in de toekomst, want er zullen alsnog meer auto's rijden. De oorzaak ligt in de verbranding van de fossiele brandstofvoorraad in een zeer korte periode. Dit laat het CO<sub>2</sub>-aandeel van de lucht in de hoogte schieten, met desastreuze gevolgen.

Er moeten dus dringend oplossingen voor dat probleem komen. Een oplossing is de wagens te laten rijden op koolzaadolie. De

verbranding van plantaardige olie verloopt in een gesloten kringloop en draagt daarom niet bij aan het broeikas effect. Het gebruik van schone plantaardige olie als motorbrandstof genereert een CO<sub>2</sub>-neutrale dit omdat een oliehoudende vrucht bijna net zoveel CO<sub>2</sub> opneemt als wat er bij de verbranding vrijkomt. Met de vervanging van een ton dieselbrandstof door plantaardige olie (het jaarverbruik van een kleine auto) wordt aldus de CO<sub>2</sub> emissie met rond de 2,8 ton verminderd.

Daarnaast is plantaardige olie vrij van zware metalen, de gezondheid wordt niet belast door kankerverwekkende stof benzol, bevat ze geen zwavel en heeft ze tegenover de dieselverbranding een wezenlijk gereduceerde roetuitstoot. Maar dit zullen we verder onderzoeken in dit hoofdstuk.



### 4.2.3 **Kwaliteitsstandaard voor koolzaadolie als brandstof**

=> Waarom is de kwaliteit van de olie zo belangrijk?

- Eén van de factoren die de levensduur van de motor bepalen is de kwaliteit van de brandstof. In een ecologische economie is duurzaamheid een essentieel gegeven. Hier is ook het verschil tussen koud en warm geperste koolzaad belangrijk, maar dit wordt verder in het boek besproken.
- Door de verbranding komen uitlaatgassen vrij die belastend zijn voor milieu en atmosfeer. We moeten alle technische kennis inzetten om de schade zo beperkt mogelijk te houden en ernaar streven om de (hoogste) euro-normen te halen.
- Vooral moderne dieselmotoren reageren gevoelig op slechte brandstof, dat geldt zowel voor fossiele diesel als voor PPO. Dit komt vooral door het nieuwe common-rail systeem van inspuiten.
- Autoconstructeurs en ontwerpers van ombouwkits moeten zich kunnen baseren op de eigenschappen van de brandstof om een optimale verbranding te realiseren.
- Zowel voor de olieproducent als voor de consument vormt een bewijs van de kwaliteit een bescherming tegen represailles.

Technische Universiteit München, Landbouwtechniek Weihenstephan, 05/2000  
De euro-normen van koolzaadolie:

Eigenschappen / Inhoud	Eenheid	Limiet waarde		Test methode
		min.	max.	
<b>karacteristieke eigenschappen voor koolzaadolie</b>				
Dichtheid (15°C)	kg/m <sup>3</sup>	900	930	DIN EN ISO 3675 DIN EN ISO 12185
Vlampunt bij P.-M.	°C	220		DIN EN 22719
Calorische waarde	kJ/kg	35000		DIN 51900-3
Kinematische viscositeit (40°C)	mm <sup>2</sup> /s		38	DIN EN ISO 3104
Lage temperatuur gedrag				Rotatieve Viscometer (testing condities nog niet beschikbaar)
Cetaangetal				Testmethode wordt bekritiseerd
Koolstof residu	Massa-%		0.40	DIN EN ISO 10370
Jodiumgehalte	g/100g	100	120	DIN 53241-1
Zwavelgehalte	mg/kg		20	ASTM D5453-93
<b>variabele eigenschappen</b>				
Verontreiniging of contaminatie	mg/kg		25	DIN EN 12662
Zuur waarde	mg KOH/g		2.0	DIN EN ISO 660
Oxidatie stabiliteit (110°C)	h	5.0		ISO 6886
Fosforgehalte	mg/kg		15	ASTM D323-99
Asgehalte	Massa-%		0.01	DIN EN ISO 6245
Watergehalte	Massa-%		0.075	pr EN ISO 12937

#### 4.2.4 PPO emissies in vergelijking met diesel

##### ⇒ Koolstofmonoxide (CO)

Koolstofmonoxide is een kleur-, smaak- en reukloos gas. het kan niet door menselijke zintuigen waargenomen worden en is zeer giftig.

Emissies van koolstofmonoxide ontstaan bij onvolledige verbrandingsprocessen (verbrandingsprocessen waarbij onvoldoende zuurstof aanwezig is).

Koolstofmonoxide bindt 200 tot 250 maal beter in het bloed dan zuurstof, waardoor de capaciteit van het bloed om zuurstof te transporteren daalt. Bij blootstelling aan hoge CO-concentraties zullen effecten zich dan ook eerst manifesteren bij organen met een hoge zuurstofconsumptie (hersenen, hart, ...). Dit kan leiden tot de dood.

Wanneer er een te hoge CO concentratie is, wordt dit duidelijk gemaakt in het weerbericht.

⇒ Koolstofmonoxide: minus 50% <=

⇒ Koolstofdioxide (CO<sub>2</sub>)

Kooldioxide of koolstofdioxide is een kleurloos en reukloos gas dat van nature in de atmosfeer voorkomt. Koolstofdioxide is één van de broeikasgassen. Veel wetenschappers voorspellen dat door het versterkte broeikaseffect de aarde steeds warmer wordt, dit heeft als gevolg dat de ijskappen op de noord- en zuidpool grotendeels smelten en dat het zeeniveau stijgt. Grote delen land zullen overstromen en er zal veel minder bewoonbaar land zijn, wat weer problemen geeft met overbevolking.

⇒ Koolstofdioxide: minus 100% <=

⇒ Koolstofwaterstoffen (HC)

De groep van koolwaterstoffen bestaat uit een hele waaier van verschillende stoffen. Naast een indirect effect op de gezondheid via ozonvorming, zijn er een aantal stoffen in deze groep die ook een direct effect op de gezondheid kunnen hebben. Benzeen en 1,3 butadieen zijn de voornaamste kankerverwekkende stoffen die tot de groep van de koolwaterstoffen behoren. Voornaamste bron van onverbrande koolwaterstoffen zijn benzinemotoren. O.a. bekend als 'SMOG'. Het heeft dezelfde gevolgen als stikstofoxide (zie volgende).

⇒ Koolstofwaterstoffen: minus 40% <=

⇒ stikstofoxide (NO<sub>x</sub>)

De voornaamste pollutanten in deze categorie zijn de stikstofmonoxide (NO) en de stikstofdioxide (NO<sub>2</sub>). Ze worden gezamenlijk aangegeven als NO<sub>x</sub>.

NO is een kleurloos, reukloos en smaakloos gas dat op zich weinig toxisch is. Het veel toxischer NO<sub>2</sub>, is een bruin-rood gekleurd gas, slecht ruikend en irriterend. Beide gassen zetten zich in de atmosfeer gemakkelijk in elkaar om en NO oxideert onder invloed van zonlicht of ozon snel tot NO<sub>2</sub>. NO<sub>2</sub> dissocieert 's nachts terug naar NO en ozon. NO<sub>2</sub> heeft nadelige gezondheidseffecten, door inwerking op het ademhalingsstelsel. De effecten verschillen naargelang het om blootstelling van korte duur of van lange duur gaat.

⇒ Stikstofoxide: gelijk of minder dan diesel <=

⇒ roetdeeltjes of fijn stof

Fijn stof is een verzamelnaam voor allerlei kleine deeltjes in de lucht. Deze deeltjes zijn zo minuscuul dat de natuurlijke 'vuilvangsters' in de neus-, mond- en keelholte ze niet tegenhouden. Daardoor kunnen ze bij het inademen diep in de luchtwegen terechtkomen en dat kan leiden tot allerlei gezondheidsklachten. Niet voor niets wordt fijn stof gezien als één van de meest schadelijke vormen van luchtverontreiniging.

Fijn stof staat ook wel bekend als deeltjesvormige luchtverontreiniging of PM10. PM staat voor 'particulate matter' en geeft de diametergrootte van de stofdeeltjes aan. PM10-deeltjes hebben dus een grootte van 10 micrometer. Behalve PM10 bestaat er ook nog PM2,5, een nog fijnere component van fijn stof.

Naast de indeling in diameter kunnen deeltjes onderscheiden worden naar de wijze waarop ze in de lucht zijn gebracht. *Primair aërosol* is fijn stof dat rechtstreeks, voornamelijk via verkeer, industrie en landbouw, in de lucht wordt gebracht. *Secundair aërosol* wordt in de atmosfeer gevormd door chemische reacties van gasen. Hierbij spelen zwaveldioxide (SO<sub>2</sub>), stikstofoxide (NO<sub>x</sub>), ammoniak (NH<sub>3</sub>) en in mindere mate koolwaterstoffen een rol.

De chemische samenstelling van fijn stof is zeer divers: mineralen, vezels, zouten, organo-metaalverbindingen en koolwaterstoffen. De PM<sub>2,5</sub> fractie bestaat voornamelijk uit secundair aërosol en roet.

=> roetdeeltjes: minus 50% <=
-------------------------------

#### 4.2.5 **Rijden met koolzaadolie...en de geur van verse frieten**

Wanneer je rijdt op koolzaadolie ruik je de geur van een frietkot. Voor velen is dit een groot nadeel. Maar wanneer je op diesel rijdt ruik je ook een geur, dat is de geur van diesel, en dat stinkt ook! Alleen is iedereen die geur al gewoon. Aan de frietgeur van koolzaadolie kun je weinig veranderen. Men kan een geurfilter monteren maar die geur kan je nog altijd een beetje ruiken.

#### 4.2.6 **Emissies testen van onze Opel**

De emissies van onze Opel hebben we ook gemeten. De resultaten zijn te vinden in de bijlagen.

## 4.3 RENTABILITEITSBEREKENING VAN DE TEELT VAN KOOLZAAD EN DIVERSE TOEPASSINGEN

### 4.3.1 Voorbeeld van berekening teeltkosten

#### Zaaizaad

De kostprijs van zaaizaad bedraagt 8 euro per kg. Gemiddeld is voor winterkoolzaad 5 kg per ha nodig en voor zomerkoolzaad 6 kg. Dit brengt de kostprijs op respectievelijk 40 en 48 euro per ha. De productiekost van hybridezaaizaad ligt ongeveer 30% hoger dan dat van het klassieke zaaizaad. Een hybride is het kruisingsproduct van opzettelijk aangehouden inteeltlijnen waarbij men door het heterosiseffect superieure rasprestaties tracht te verkrijgen. Wegens het uitstekende uitstoelingsvermogen worden hybriden echter dunner uitgezaaid (70% van de klassieke zaaidichtheid).

#### Stikstofbemesting

##### Vaste korrel

Product: vaste korrel 0,55 euro/kg

Behandeling: strooien 10 euro/ha

##### Drijfmest

Product: 37,5 euro/15m<sup>3</sup> drijfmest (afgerond: 40 euro in tabel A)

Behandeling: mestinjectie 2,5 euro/m<sup>3</sup>

#### Halmverkorting winterkoolzaad

Product: 50 euro/l

Bespuiting: 15 euro

#### Fungicide

Product: 40 euro/l

Bladbehandeling: kan bij winterkoolzaad samen met andere bespuiting gebeuren.

#### Herbicide winterkoolzaad

Product: 40 euro/l

Bespuiting: 15 euro

#### Insecticide

Product: 15 euro/ha

Bespuiting: kan bij winterkoolzaad samen met andere bespuiting gebeuren.

#### Varia

Loonwerk zonder bespuitingen: 100 euro voor ploegen, zaaien en dorsen.

## Zaadschoning

Zaadschoning is aan te raden voordat men het koolzaad perst. Klassiek zeven met roosters met perforatie van 2,2 tot 2,5 mm verwijdert efficiënt steentjes en metaalonzuiverheden die anders ernstige schade kunnen toebrengen aan de pers. Een magneet aan de ingang van de pers geeft extra zekerheid naar de verwijdering van metaaldeeltjes toe. Kosten voor het drogen en schonen: 25 euro/ton.

Een raming van de veranderlijke teeltkosten is weergegeven in tabel X.

Tabel 14: raming veranderlijke teeltkosten (euro/ha) van winter- en zomerkoolzaad

	Winterkoolzaad (euro/ha)	Zomerkoolzaad (euro/ha)
Zaaizaad	40	48
Bemesting:		
180 kg NO <sub>3</sub>	99	-
Runderdrijfmest	-	-
Aanvulling P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> + K <sub>2</sub> O sporelementen (S-B)	20	-
Behandeling	10	40
Halmverkorting: product (1,2 l)	60	-
Behandeling	15	-
Ziektebestrijding: product (1 l)	40	40
Behandeling	-	15
Onkruidbestrijding: product (2 l)	80	-
Behandeling	15	-
Insectenbestrijding: product (10 g)	15	15
Behandeling	-	15
Loonwerk: ploegen, zaaien, dorsen	100	100
Zaadschoning	110	75
<b>Totaal</b>	<b>604</b>	<b>348</b>

Tabel X : Raming veranderlijke teeltkosten van winter- en zomerkoolzaad.



#### 4.3.2 Voorbeeld van saldoberekeningen voor de teelt van koolzaad met verwerking tot PPO op eigen bedrijf.

De rentabiliteit van een akkerbouwteelt is afhankelijk van verschillende elementen:

$$\text{Rentabiliteit of arbeidsinkomen} = \text{“bruto-opbrengst”} - \text{“teeltkosten”}$$

$$(A.I) = (BO) - (TK)$$

Met:

A.I.: arbeidsinkomen

B.O.: bruto-opbrengst. Dit is de gemiddelde opbrengst per ha x prijs per ton

T.K.: teeltkosten. Dit zijn zowel vaste als veranderlijke kosten:

- vaste kosten zijn structureel gebonden aan elk bedrijf en omvatten de pacht, machinekosten, gebouwen, diverse kosten (kleine facturen voor water, telefoon...)
- Veranderlijke kosten zijn de eigenlijke teeltkosten (zaaizaad, meststof, fytoproducten, loonwerk...)



Een oliepers is enkel nodig voor wie zelf wil persen. Een oliefilterinstallatie kan eventueel samenwerkend worden aangekocht. De kosten voor een opslagtank zijn vaak hetzelfde seizoen al terugverdiend. Hergebruik van een oude dieseltank is afgeraden, omdat koolzaadolie alle aanwezige onzuiverheden in de tank oplost. Dit vraagt een extra filtering voordat de olie in de motor kan gebruikt worden. Het best schaft men zich een nieuwe kunststof opslagtank aan. Een overzicht van de kosten zijn weergegeven in onderstaande tabel. Koude persing van 1 ton zuiver koolzaad geeft 330l olie en 670kg koek.

Als de pers, de filter en de opslagtank afgeschreven worden op 5 jaar, kan in totaal 250 ton koolzaad geperst, gefilterd en opgeslagen worden. Dit geeft een productie van 80 000 liter koolzaadolie en 170 ton koolzaadkoek. De totale kostprijs van 8000 euro kan dus worden afgeschreven over een productie van 80 000 liter koolzaadolie. Dit brengt de totale kostprijs van het persen op 0,10 euro per liter olie.

Indien de toekomst verkoop op het bedrijf aan particulieren mogelijk wordt, vraagt dit een extra investering voor de installatie van een bedrijfspomp.

Persinstallatie	Kostprijs (euro)	Specificaties
Pers	2.800	Gewicht: 30 kg Continu koude persing van 50 ton /jaar
Filter	4.700	Gewicht: 200 kg. Inhoud: 600 l. Per 4 persen: 1 filter
Opslagtank	500	Inhoud: 1.000 l
Totaal	8.000	
<b>Prijs per liter olie</b>	<b>0,10</b>	

Tabel A : Overzicht van de kostprijs voor een persinstallatie (pers, filter, opslagtank)



	Steunregeling		
	Geen (euro)	Non-food (euro)	Energiegewas (euro)
<b>Bruto-opbrengst (B.O.)</b>			
Koolzaad	900	900	900
Koolzaadstro	80	80	80
Totaal B.O.	980	980	980
<b>Teeltkosten (T.K.)</b>			
Vaste kosten	400	400	400
Veranderlijke kosten	605	605	605
Totaal T.K.	1.005	1.005	1.005
<b>Steunregeling (S.R.)</b>			
Braakleggingstoelagrecht	0	380	0
Gewoon toeslagrecht	0	0	320
Energiepremie	0	0	45
Totaal S.R.	0	380	365
<b>Saldo: B.O.-T.K.+S.R.</b>	<b>-25</b>	<b>+355</b>	<b>+340</b>
Waarborg	0	250	60

Tabel B : Overzicht saldoberekening van de teelt van 1ha winterkoolzaad naargelang de steunregeling en zonder verwerking van de olie.

#### 4.3.3 Saldo winterkoolzaad

##### Saldoberekening voor de teelt van 1 ha winterkoolzaad

Zonder bijkomende premies brengt koolzaad 200 euro/ton op. De opbrengst per ha is 4,5 ton of 900 euro. Voor de saldoberekening van 1 ha winterkoolzaad volgens de verschillende steunregelingen maken we gebruik van een fictief voorbeeld: landbouwer “boer Teun” heeft een braakleggingstoelagrecht van 380 euro en een gewone toeslagrecht van 320 euro (zie bovenstaande tabel). De veranderlijke teeltkosten zijn afgerond naar 605 euro/ha.

Koolzaad brengt ongeveer 2 tot 4 ton stro per ha op. De waarde hiervan bedraagt ongeveer 80 euro/ha. De vaste teeltkosten worden geschat op 400 euro/ha. Het arbeidsinkomen voor 1 ha winterkoolzaad zonder toeslagrecht of energiepremie bedraagt 25 euro. Koolzaad geteeld als non-food op braak en als energiegewas geeft, rekening houdend met de toeslagrechten en energiepremie voor landbouwer “boer Teun”, een saldo van respectievelijk 355 euro/ha en 340 euro/ha.

##### Saldoberekening voor de teelt van 1 ha winterkoolzaad met verwerking op het eigen bedrijf

Koude persing van 1 ton winterkoolzaad (42% olie) geeft 330 liter olie (33%) en 670kg koolzaadkoek (bevat nog 9% olie). Per ha (opbrengst 4,5 ton) haalt men op die manier 4,485 liter olie en 3 ton koek. De verkregen olie kan dienen voor eigen gebruik (tracor of personenwagen) of kan verkocht worden aan derden. De Europese Unie heeft pure plantaardige olie officieel erkend als hernieuwbare brandstof met een koolstofdioxide-neutraal effect. De mogelijkheid om brandstof te winnen uit plantaardige producten is echter alleen aantrekkelijk als er een vrijstelling van accijns gegeven wordt. Bij accijnsvrijstelling komt de waarde van de olie op het niveau van de witte diesel. Voor de saldoberekening van 1 ha

winterkoolzaad met verwerking op het eigen bedrijf maken we gebruik van een fictief voorbeeld: landbouwer “boer Teun” heeft een braakleggingstoelage van 380 euro. Er zijn 4 toepassingsmogelijkheden van de olie na koude persing:

Toepassing 1: de olie wordt gebruikt als brandstof voor de eigen tractor.

Toepassing 2: de olie wordt gebruikt als brandstof voor de eigen personenwagen.

Toepassing 3: de olie wordt verkocht in de handel.

#### 4.3.4 Saldo zomerkoolzaad

##### Saldoberekening voor de teelt van 1 ha zomerkoolzaad

Zonder bijkomende premies brengt koolzaad 200 euro/ton op. De opbrengst per ha is 3 ton of 600 euro. Voor de saldoberekening van 1 ha zomerkoolzaad volgens de verschillende steunregelingen maken we gebruik van een fictief voorbeeld: landbouwer “boer Teun” heeft een braakleggingstoelage van 380 euro en een gewone toeslagrecht van 320 euro (zie tabel D).

	Toepassing 1	Toepassing 2	Toepassing 3	Toepassing 4
	Tractor (olie: 0,50 euro/l)	Personenwagen (olie: 0,95 euro/l)	Particulier (olie: 0,65 euro/l)	Handel (olie: 0,40 euro/l)
<b>Teeltkosten (T.K.)</b>				
Teeltkosten (vaste + veranderlijke)	1.005	1.005	1.005	1.005
Perskosten (1.485 l x 0,10 euro/l)	150	150	150	150
Kosten ombouw motor	100 *	220 *	-	-
Totaal kosten	1.255	1.375	1.155	1.155
<b>Bruto-opbrengst (B.O.)</b>				
Olie (1.485 l)	740	1.410	965	595
Koek (3 ton x 145 euro/ton)	435	435	435	435
Totaal opbrengsten	1.175	1.845	1.400	1.030
<b>Steunregeling (S.R.)</b>				
Non-food op braak	380	380	380	380
Energiegewas op niet-braak	365	365	365	365
<b>Saldo: B.O. – T.K. + S.R.</b>				
Zonder steunregeling	-80	470	245	-125
Als non-food op braak	300	850	625	255
Als energiegewas op niet-braak	285	835	610	240

Tabel C : Overzicht van de saldoberekening van de teelt van 1 ha winterkoolzaad naargelang de steunregeling en met verwerking van de olie tot verschillende doeleinden.

\* : Bij eigen gebruik zijn er de kosten voor de ombouw van de motor. Die berekenen we als volgt:

→ Tractor:

- Ombouw motor kost 2500 euro.
- De afschrijfperiode van een tractor is 10 jaar of 7500 draaiuren waarbij een tractor 5l / draaiuur verbruikt.
- Dus de afschrijfperiode komt overeen met 7500 draaiuren x 5l / draaiuur = 37500l
- De kosten van de ombouw van de motor dienen bijgevolg te worden verrekend over 37500 liter. Dit geeft een meerkost van 0,07 euro/l (2500euro / 37500l).
- Opbrengst per ha bedraagt 1485 l.
- Meerkost per ha komt neer op 100 euro ( 1485 l/ha x 0,07 euro/l ).

→ Personenwagen:

- Ombouw motor kost 2500 euro.
- De afschrijfperiode van een personenwagen is 200000km waarbij het verbruik 8 l/100km bedraagt.
- Dus de afschrijfperiode komt overeen met 16000 l ( 2000km x 8 l/km)
- De kosten van de ombouw van de motor dienen bijgevolg te worden verrekend over 16000 liter. Dit geeft een meerkost van 0,15 euro/l (2500 euro / 16000 l).
- Opbrengst per ha bedraagt 1485 l.
- Meerkost per ha komt neer op 220 euro (1485 l/ha x 0,15 euro/l).

	Steunregeling		
	Geen (euro)	Non-food (euro)	Energiegewas (euro)
<b>Bruto-opbrengst (B.O.)</b>			
Koolzaad	600	600	600
Koolzaadstro	80	80	80
Totaal B.O.	680	680	680
<b>Teeltkosten (T.K.)</b>			
Vaste kosten	400	400	400
Veranderlijke kosten	350	350	350
Totaal T.K.	750	750	750
<b>Steunregeling (S.R.)</b>			
Braakleggingstoelagrecht	0	380	0
Gewone toeslagrecht	0	0	320
Energiepremie	0	0	45
Totaal S.R.	0	380	365
<b>Saldo: B.O.-T.K.+S.R.</b>	<b>-70</b>	<b>+310</b>	<b>+295</b>
Waarborg	0	250	60

Tabel D : Overzicht van de saldoberekeningen van de teelt van 1 ha zomerkoolzaad naargelang de steunregeling en zonder eigen verwerking van de olie.

Koolzaad breng ongeveer 2 tot 4 ton stro per ha op. De waarde hiervan is ongeveer 80 euro/ha. De vaste teeltkosten worden geschat op 400 euro/ha, de veranderlijke op 350 euro/ha. Het arbeidsinkomen voor 1 ha zomerkoolzaad zonder toeslagrecht of energiepremie bedraagt 70 euro. Koolzaad geteeld als non-food op braak geeft voor landbouwer “boer Teun” een saldo van 310 euro/ha en als energiegewas 295 euro/ha.

Saldoberekening voor de teelt van 1 ha zomerkoolzaad met verwerking op het eigen bedrijf  
 Koude persing van 1 ton zomerkoolzaad (42% olie) geeft 330 liter olie (33%) en 670kg koolzaadkoek (bevat nog 9% olie). Per ha (opbrengst 3 ton) haalt men op die manier ongeveer 1000 liter olie en 2 ton koek. Voor de saldoberekening van 1 ha zomerkoolzaad met verwerking op het eigen bedrijf maken we gebruik van een fictief voorbeeld: landbouwer “boer Teun” heeft een braakleggingtoeslagerecht van 380 euro en een gewone toeslagerecht van 320 euro (zie tabel E). Er zijn 4 toepassingsmogelijkheden van de olie na koude persing:

Toepassing 1: De olie wordt gebruikt als brandstof voor de eigen tractor.

Toepassing 2: De olie wordt gebruikt als brandstof voor de eigen personenwagen.

Toepassing 3: De olie wordt verkocht aan particulieren.

Toepassing 4: De olie wordt verkocht in de handel.

	Toepassing 1	Toepassing 2	Toepassing 3	Toepassing 4
	Tractor (olie: 0,50 euro/l)	Wagen (olie: 0,95 euro/l)	Particulier (olie: 0,65 euro/l)	Handel (olie: 0,40 euro/l)
<b>Teeltkosten (T.K.)</b>				
Teeltkosten (vaste + veranderlijke)	750	750	750	750
Perskosten (1.000 l x 0,10 euro/l)	100	100	100	100
Kosten ombouw motor	70*	150*	-	-
Totaal kosten	950	1.000	850	850
<b>Bruto-opbrengst (B.O.)</b>				
Olie (1.000 l)	500	950	650	400
Koek (2 ton x 145 euro/ton)	290	290	290	290
Totaal opbrengsten	790	1.240	940	690
<b>Steunregeling (S.R.)</b>				
Non-food op braak	380	380	380	380
Energiegewas op niet-braak	365	365	365	365
<b>Saldo: B.O.-T.K.+S.R.</b>				
Zonder steunregeling	-130	240	90	-160
Als non-food op braak	250	620	470	220
Als energiegewas op niet-braak	235	605	455	205

Tabel E : Overzicht van de saldoberekening van de teelt van 1 ha zomerkoolzaad naargelang de steunregeling en met verwerking van de olie tot verschillende doeleinden.

\* : Zie boven tabel D

#### 4.3.5 Vergelijking saldo winterkoolzaad versus zomerkoolzaad

De gegevens van landbouwer “boer Teun” van tabel B en D zijn samengevat in tabel F. Door het wegvallen van de kosten voor halmverkortings- en onkruidbestrijding, ligt de totale teeltkosten van zomerkoolzaad lager dan die van winterkoolzaad. Dit compenseert de lagere bruto-opbrengsten. Voor landbouwer “boer Teun” is het financieel voordeliger zijn braakleggingstoelagen te activeren met koolzaad. Wijzigingen in de waarde van zijn toelagen kunnen echter een andere uitkomst geven.

	WKZ	ZKZ	WKZ	ZKZ
	Non-food op braak (euro)	Non-food op braak (euro)	Energiegewas (euro)	Energiegewas (euro)
Bruto-opbrengst	980	680	980	680
Teeltkosten	1.005	750	1.005	750
Braakleggingstoelagerecht	380	380	0	0
Gewone toelagerecht	0	0	320	320
Energiepremie	0	0	45	45
<b>Saldo</b>	<b>355</b>	<b>310</b>	<b>315</b>	<b>295</b>

Tabel F : Vergelijking van de teelt van 1 ha winterkoolzaad en zomerkoolzaad als non-food op braak en als energiegewas.

Elke landbouwer dient bijgevolg aan de hand van zijn eigen braakleggings- en gewone toelagen te berekenen wat voor zijn bedrijf het meest interessant is. Indien de gewone toelagen en het braakleggingstoelagerecht weinig verschillen, zal de energiepremie een belangrijk beslissingsargument zijn. Enkel braakleggingstoelagerecht dient prioritair te worden geactiveerd.

	Eigen gebruik van de olie				Verkoop van de olie			
	Toepassing 1 Tractor		Toepassing 2 Personenwagens		Toepassing 3 Particulier		Toepassing 4 Handel	
	WKZ	ZKZ	WKZ	ZKZ	WKZ	ZKZ	WKZ	ZKZ
Teeltkosten	1.005	750	1.005	750	1.005	750	1.005	750
Kosten ombouw motor	100	70	220	150	-	-	-	-
Kosten oliepers	150	100	150	100	150	100	150	100
Opbrengst olie	740	500	1410	950	965	650	595	400
Opbrengst koek	435	290	435	290	435	290	435	290
Gewone toelagerecht + energiepremie	365	365	365	365	365	365	365	365
<b>Saldo energiegewas</b>	<b>285</b>	<b>235</b>	<b>835</b>	<b>605</b>	<b>610</b>	<b>455</b>	<b>240</b>	<b>205</b>
Braakleggingstoelagerecht	380	380	380	380	380	380	380	380
<b>Saldo non-food op braak</b>	<b>300</b>	<b>250</b>	<b>850</b>	<b>620</b>	<b>625</b>	<b>470</b>	<b>255</b>	<b>220</b>

Tabel G : Saldovergelijking van de teelt van 1 ha winterkoolzaad en zomerkoolzaad als energiegewas en non-food op braak met verwerking tot olie voor eigen gebruik of voor verkoop aan derden.

De saldi na verwerking van de olie op het eigen bedrijf zijn samengevat in tabel G (gegevens van tabel C en E). De rentabiliteit van de teelt van winterkoolzaad met eigen gebruik van de olie voor de personenwagen evenaart de teelt van kuilmaïs (zie tabel H). Bij gebruik van de olie voor de eigen tractor of bij verkoop in de handel, ligt de rentabiliteit van zowel winter- als zomerkoolzaad iets lager dan van korrelmaïs.

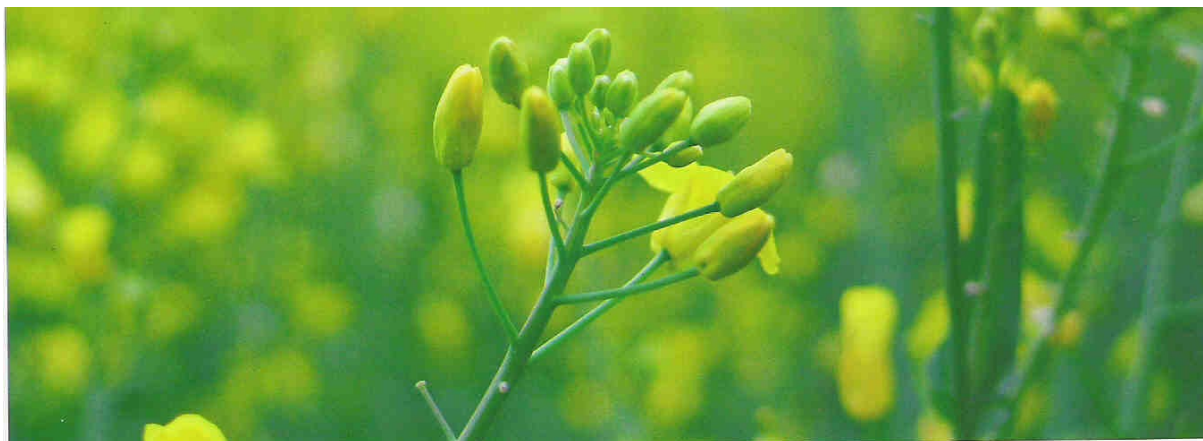
Gewas	2000	2001	2002	2003
Aardappelen**	1.078	2.465	777	3.181
Korrelmaïs	281	272	198	395
Kuilmaïs	1.046	1.095	1.105	1.090
Suikerbieten*	1.486	1.321	1.210	1.588
Wintertarwe	445	404	322	597

\* niet premiegerechtigd in de referentieperiode 2001-2003. Suikerbieten kan de gewone toeslagrechten activeren. Voor een correcte vergelijking moet het bedrag van de bedrijfstoelage bijgeteld worden

\*\*niet premiegerechtigd. Geen activering van de gewone toeslagrechten mogelijk

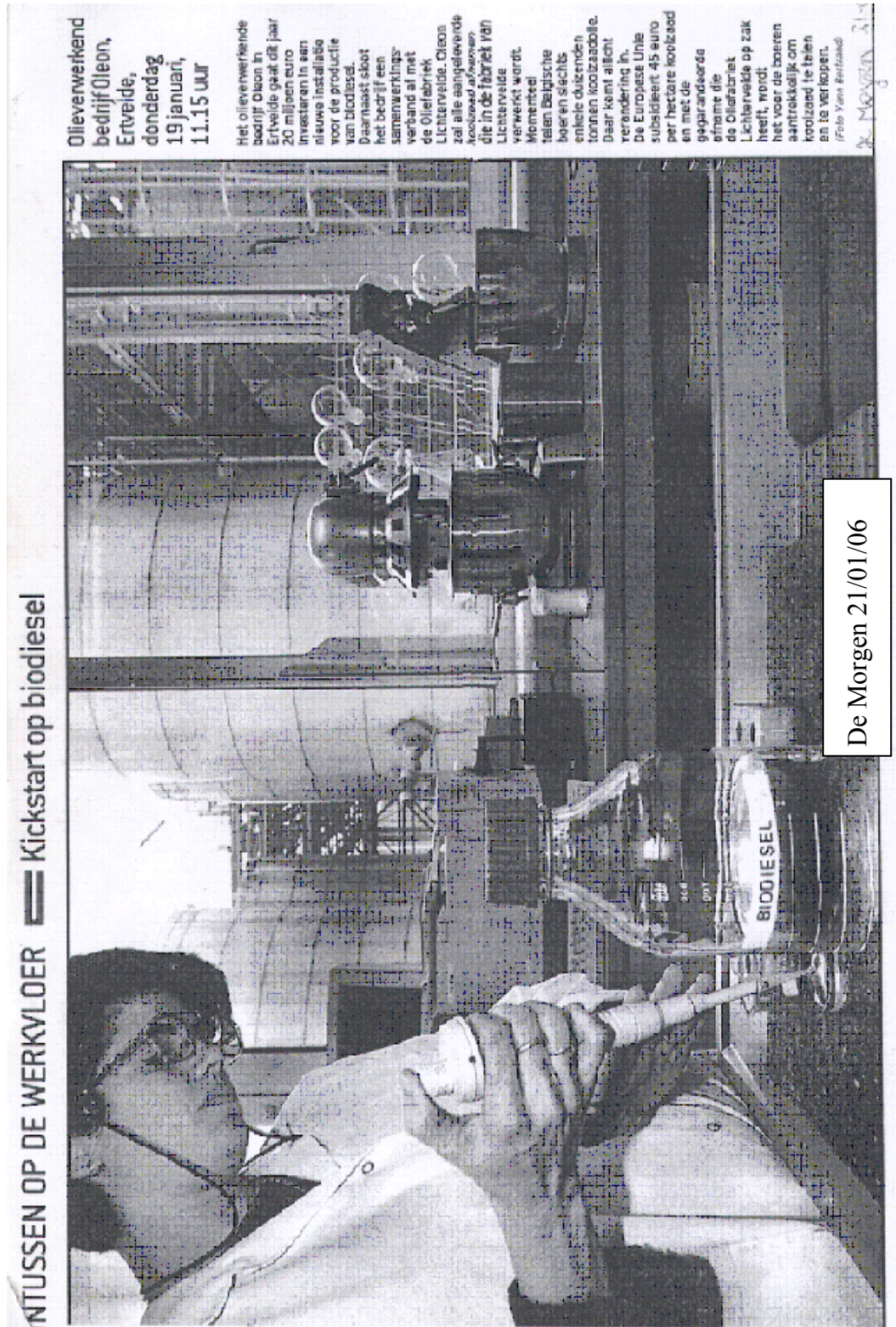
Bron: Resultaten bedrijfseconomische boekhouding 2003-2004, Provincie Vlaams-Brabant, Dienst Land- en Tuinbouw.

Tabel H : Overzicht van de rentabiliteit van de meest voorkomende akkerbouwteelten (euro/ha) in 2000 tot 2003.



## 5 BIJLAGEN

### 5.1 BIJLAGE 1: ACTUELE ARTIKELS



Duitsland loopt voorop met **koolzaadolie als trekkerbrandstof**. De technisch gevoelige trekkers van de Duitse akkerbouwer Bernd Coenen kunnen niet helemaal zonder diesel.

## Trekkers rijden ook op plantenzie

**D**EZE rijdt ook op koolzaadolie", vertelt Bernd Coenen, terwijl hij uit zijn Mercedes-terreinwagen stapt op de grote binnenplaats van de boerderij. Zijn twee trekkers die op koolzaadolie rijden staan in de grote werktuigenloods, waarvan het complete dak bedekt is met glinsterende zonnecollectoren. Een groene-energiefreak blijkt Coenen geenszins. Het financieel gewin staat voorop bij de akkerbouwer, die goed boert op 240 hectare akkerbouw onder de rook van Keulen.

Drie jaar geleden liet Coenen zijn bedrijfswagen ombouwen naar koolzaadolie. Al snel nadat de dorstige terreinwagen voor bijna de helft van de dieselprijs koolzaad tankte, onderzocht hij of zijn hele trekkervloot op koolzaadolie kon draaien. Echter, een volledige overschakeling bleek praktisch en technisch niet verstandig.

Rekenkundig was het pleit wel snel beslecht. De drie grote trekkers consumeren jaarlijks samen circa 35.000 liter dieselolie. Hiervoor betaalde de Duitser ruim €1 per liter. Via de belasting ontving hij circa 20 procent ervan terug. Maar de

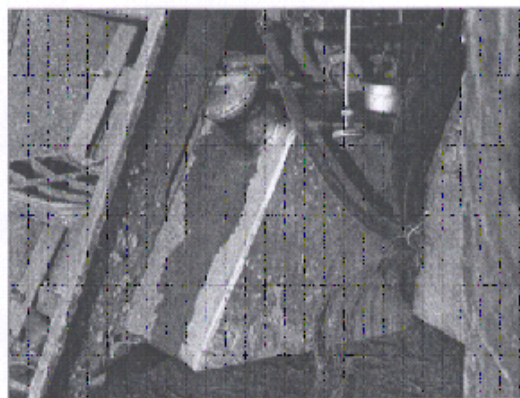
Duitse overheid bouwt de subsidie op brandstof voor agrarisch gebruik af. Koolzaadolie daarentegen is accijnsvrij in Duitsland. Zo kocht Coenen in september vorig jaar voor nog geen €0,61 per liter 8.000 liter koolzaadolie. Bij deze prijsverschillen kan de akkerbouwer jaarlijks €14.000 besparen op brandstofkosten.

De bedrijfsauto loopt volledig op koolzaadolie. De Mercedes-dieselmotor bleek af fabriek al geschikt voor koolzaadolie en kon met eenvoudige aanpassingen toe, waaronder dikkere leidingen. Dat kostte nog geen €1.800. Zo'n goedkope aanpassing bleek te riskant voor zijn trekkers, ontdekte Coenen toen hij begin 2005 de eerste resultaten van een groot Duits onderzoek onder ogen kreeg.

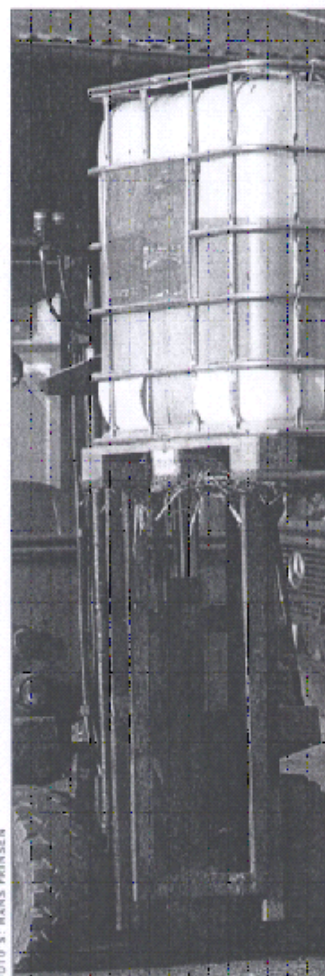
### Geen garantie op volgschade

Van de meer dan 100 onderzochte trekkers die op koolzaadolie draaien, kregen juist die van het merk John Deere veel problemen. Voor een bedrijfszeker systeem zouden de John Deere-motoren voor meer dan €6.000 grondig verbouwd moeten worden. Hierbij gaf geen enkele fabrikant van ombouwsystemen garantie op eventuele volgschade aan de motor.

Een tweede reden om niet voor het zogenoemde eentaakstelsel te kiezen was dat zijn trekkers in de winter soms ruim 8 weken stilstaan. Zo'n lange, koude periode met al die stropelige koolzaadolie in het fijnmazige brandstofsysteem leek Coenen niet goed. Even overwoog de ondernemer om de John Deere-trekkers in te ruilen voor Fendt-trekkers, die in het onderzoek



Naast koolzaadolie in de originele tank bevat een tweede 50 liter-dieseltank genoeg voor circa 30 start- en stopsessies.



FOTO'S: HANS PRINSEN

wel nagenoeg storingsvrij draaiden. Maar de inruil zou niet te veel geld gepaard gaan. Hij koos voor een alternatief: rijden op diesel en koolzaad.

In de werktuigenloods staat een 6 ja



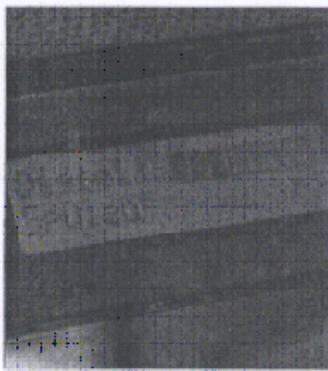
Koolwater verwarmt het aangesloten brandstoffilter aan de trekker.





Bernd Coenen tankt koolzaadolie vanuit containers. Hij houdt een ruime voorraad aan vanwege de lange levertijden.

oude John Deere 6910 (103 kW) met voorlader. Links van de trekker springt een metaalkeurige tank in het oog. De 50 liter-tank is duidelijk geen onderdeel van de trekkerfabrikant zelf, maar maakt



Een display laat onder meer zien wanneer er gespoeld wordt met diesel.

deel uit van het ombouwpaakdat dat een gespecialiseerde John Deere-dealer in de zomer van 2005 installeerde. De tank ademt de scherpe lucht van dieselloolie. De originele brandstoftank rechts van de trekker geurt naar een koolzaadveld.

Ook de 2 jaar oude John Deere 7810 (129 kW) werd voor circa €3.000 voorzien van een tweetankstelsysteem. De motor start op diesel. Eenmaal op bedrijfstemperatuur schakelt de trekker automatisch over op koolzaadolie. De vrij nieuwe John Deere 6320 (78 kW) bleef buiten schot; zijn moderne common rail-brandstofsysteem blootstellen aan koolzaadolie vindt Coenen te riskant.

#### Kleine minpuntjes

De twee trekkers draaien nu elk ruim 500 uren op koolzaadolie zonder technische problemen. Als de 7810 tijdens het ploegen met de zesscharige Lemken overschakelt op koolzaadolie, bespeurt Coenen geen verschil in trekkracht of souplesse. Hij ondervond slechts kleine nadelen.

Na een werkdag moet de trekker tijdig per drukknop worden overgeschakeld op dieselloolie, anders is het brandstofinspuitsysteem niet volledig gespoeld. Of de trekker de volgende ochtend start, is de vraag. In een koude of onbelaste motor verbrandt de koolzaadolie onvolledig. Dat veroorzaakt weer extra slijtage. Daarom schakelt Coenen even over op dieselloolie als hij met suikerbieten in de file staat voor de suikerfabriek.

Ook morst een onbelaste motor meer koolzaadolie via de zuigerwanden in de smeeroolie, waardoor de olie versnelt veroudert. De motorolie wordt nu om de 200 draaituren in plaats van om de 500 uren verversat. Bij de korte verversingsperiodes durft hij wel voor de goedkoopste smeeroolie te kiezen. Dat spaart hem weer circa €1,50 per liter motorolie.

Geert Heikert

#### Profiel



#### Naam:

Bernd Coenen (43)

#### Woonplaats:

Bergheim (Dld.)

#### Bedrijf:

Twee akkerbouwbedrijven op 40 km afstand met in totaal 240 ha akkerbouw. Een vaste medewerker. Op löss wordt 92 ha winterarwe, 70 ha suikerbieten, 35 ha consumptie-aardappelen, 25 ha wintergerst en 18 ha nonfood koolzaad geteeld. Coenen onderzoekt of zijn nonfood koolzaad zelf vermalen tot koolzaadolie rendabel is. Dat vergt circa 1,7 ha koolzaad bij zijn huidige verbruik van 20.000 liter per jaar.

#### Aanleiding voor reportage:

Door aanhoudend hoge die- selprijzen wordt rijden op koolzaadolie steeds inter- essanter. In tegenstelling tot Duitsland heft Neder- land nog wel accijes op koolzaadolie bij gebruik als brandstof en is rode diesel relatief goedkoop.

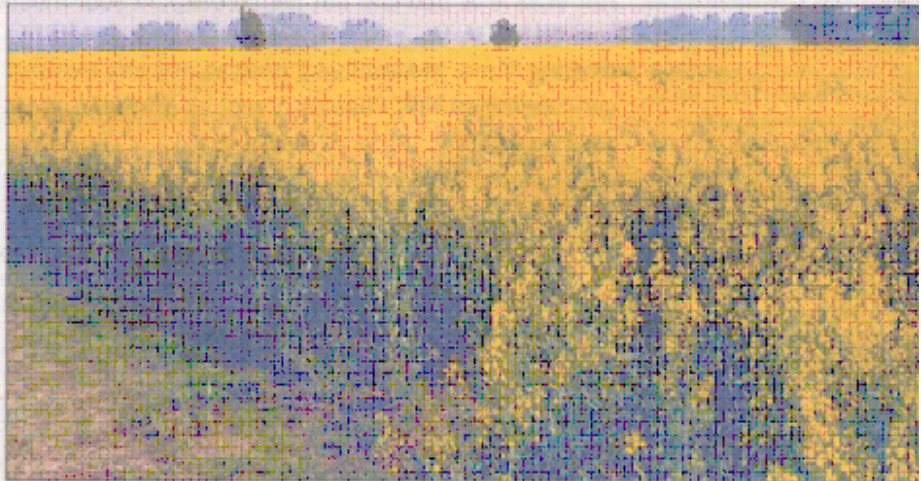
Boerderij 31/08/05



ENERGIEGEWASSEN

# Bezoek aan koolzaadproefvelden te Tongeren

In het kader van een ALT-demonstratieproject aangaande alternatieve energiegewassen voor het teeltseizoen 2005 - 2006 legde het PIBO in Tongeren een aantal koolzaadproefvelden aan. Onderzoeksmedewerker Marc Van Eyck van de PIBO-Campus gaf onlangs tekst en uitleg bij de verschillende proefopzetten. Landbouwleven luisterde mee.



Het koolzaad staat momenteel prachtig in bloei.

**H**et aanleggen van het koolzaadproefveld gebeurde in onderling overleg met landbouwer Luc Picard. Doelstelling is om duurzame energie te telen op Vlaamse akkers. Het teeltechnisch onderzoek staat centraal binnen het project.

De voorvrucht op het perceel was wintergerst. Het stro ervan werd gehakseld zodat het humus en structuur gaf aan de bodem. Na de oogst werd er eind juli 2005 een organische bemesting uitgevoerd d.m.v. 20 ton

zeugendrijfmest (54 E N). Deze drijfmestgift helpt mee het stro te verten en levert energie voor het koolzaad.

Het perceel werd geploegd en bewerkt met een rotoreg. Het ploegen levert een goed doorlaathare bodem op wat belangrijk is voor de penwortel van de koolzaadplant. Door het perceel te rollen werd er een positieve invloed uitgeoefend op de capillaire werking ervan.

Er werd gezaaid met een pneumatische graanzaaimachine met puntkouters op 12,5 cm rijaistand en 2 cm diepte. De zaaiëchtheid bedroeg 70 korrels per m<sup>2</sup>, dit met de bedoeling om uiteindelijk toch een 50 à 60 planten per m<sup>2</sup> te bekomen.

In het voorjaar werd er een kunstmestgift gegeven volgens het advies van de Bodemkundige Dienst van België. De eerste fractie (92 E N) werd toegediend tijdens de voorlaatste week van maart, wanneer de vegetatieve groei zich hernam. Door het traag op gang komende voorjaar werd op het proefveld in Tongeren de 2<sup>de</sup> stikstof fractie (62 E N) reeds 2 weken na de eerste fractie toegediend. Merk op dat de bemesting in het voorjaar niet noodzakelijk via een kunstmestgift moet verlopen, dit kan ook door het aanwenden van drijfmest. De mest moet dan emissie-arm toegediend worden. Dit kan door de sleepslangtechniek (nog steeds toegelaten) of via mestinjectie. Bij dit laatste wordt er veelal ge-

zaaid aan een hogere dosis, zodat de hogere zaaiëchtheid de planten voldoende beschadigd raken bij mestinjectie kan compenseren.

## Variëteitenproef

In totaal werden er 17 verschillende variëteiten winterkoolzaad uitgezaaid in 4 herhalingen. Er werd uitgegaan van variëteiten van de belangrijkste aanbiedende zaadhuizen.

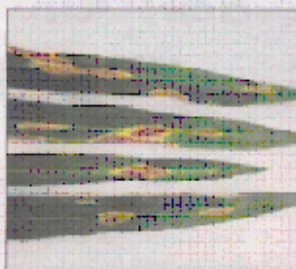
De winterkoolzaadvariëteiten werden in functie van ziekte- en plaaigevuelligheid, opbrengstpotentieel en groeiverloop geëvalueerd. De variëteitenproef verloopt in samenwerking met het LandbouwCentrum voor Graangewassen.

Er werd tweemaal een waarneming gedaan naar de opkomst. De eerste opkomststelling had de laatste week van september 2005 plaats; gemiddeld had men 60 planten per m<sup>2</sup>. Uitschieters in de waarnemingen waren de variëteiten Betty van C/vis-Matten met 48 pl/m<sup>2</sup> en de variëteit NK-Fair van zaadhuis Syngent

## Tarwepercelen controleren

In de grote meerderheid van de gevallen heeft de tarwe het tweede-knoopstadium (stadium 32) bereikt. In sommige gevallen is het stadium van het puntje van het laatste blad (stadium 37) tot zelfs het stadium laatste blad ontplooid (stadium 39) reeds bereikt. Het is dus het ogenblik om de stikstof fractie in het laatste blad stadium toe te dienen.

Wat de ziektedruk betreft, is de



met 77 pl/m<sup>2</sup>. Tijdens de tweede opkomstmeting eind februari 2006 had men gemiddeld 45 pl/m<sup>2</sup>. Wederom waren variëteit Betty (39 pl/m<sup>2</sup>) en NK-Flair (56 pl/m<sup>2</sup>) de vitschijfers in het rijge waarnemingen.

Volgens onderzoeksmedewerker Marc Van Eyck valt het verschil tussen de twee waarnemingen - met het gedaalde aantal planten per m<sup>2</sup> op het einde van de winter - niet te verklaren door vrustschade of schade door duiven. We hebben een zachte winter achter de rug met weinig vorstdagen of grote temperatuurschommelingen. Volgens de heer Van Eyck hebben de planten door het goede najaar van 2005, vooral last gehad van een sterke onderlinge concurrentie, waarbij kleinere planten afsterven door verstikking van de grotere. De koolzaadkassen in de regio rond Tongeren hebben volgens hem weinig schade opgelopen door duiven. Anders is het gesteld in andere regio's van Vlaanderen. Ne duiven vormen ook slakken een groot probleem in de koolzaadteelt. Hier tegen heeft men Mesural-korrels (actieve stof: methiocarb) gestrooid aan een dosis van 5 kg/ha. Dit werd uitgevoerd door een loonwerker met quad en centrifugaalstrooier. Merk op dat sommige landbouwers enkel

de perceelstranden laten behandelen. Dit omwille van rendabiliteitsredenen.

Naast opkomstmetingen heeft men begin december 2005 ook metingen gedaan wat de plantlengte betreft. De gemiddelde plantlengte bedroeg toen 45 cm en de gemiddelde wortellengte was een 14 à 18 cm. Een tweede meting naar de plantlengte eind april 2006, gaf een gemiddelde lengte van 76 cm weer.

### Zaaitijdstippenproef

Er werden proefvelden ingezaaid op drie verschillende tijdstippen: een vroege zaai op 28 augustus 2005, een middenzaai op 5 september en een late zaai op 23 september. De bedoeling van de onderzoeksmedewerker is om via deze proef het groeiverloop bij inzaai op verschillende tijdstippen te evalueren. Doelstelling is een zicht te krijgen op de ideale zaaidatum en dit vooral in functie van het bereiken van een goede gewasstand bij het ingaan van de winter. De zaaitijdstippenproef werd uitgevoerd met twee verschillende typen, namelijk een lijnvariëteit (Standing van Clevis-Matten) en een compacte hybride-lijnvariëteit (Caraco van Monsanto-Dekalb). Een opkomstmeting

op 29 september 2005 toont aan dat hoe later er is gesaaid, hoe hoger de opkomst is. Deze gedachtegang gaat niet op wat betreft de plant- en wortellengte. Voor wat betreft de bladstand merken de onderzoekers in Tongeren dat de variëteit Standing gemiddeld voor is t.o.v. de variëteit Caraco voor de vroege zaai. De resultaten voor wat betreft bladstand zijn voor de midden en late zaai nagenoeg gelijklopend voor beide variëteiten. Een eerste meting eind maart en een tweede eind april tonen aan dat de eerste gesaaide proefperceeltjes zich in een verder gevorderde gewasstand bevinden dan de later gesaaide. Tussen de verschillende ontrekken werd wat dit betreft geen onderling verschil aangetroffen.

### Groeiregulatorproef

Het voorkomen van kroesblad in het voorjaar om legering te voorkomen wordt vrij algemeen toegepast. Legering wordt beïnvloed door de gevoeligheid van de variëteit, een hoge plantdichtheid, een hoge stikstofgift en natuurlijk van de weersomstandigheden. Het inzetten van een groeiregulator zou nog een bijkomend voordeel hebben omdat het de bloei-periode verlaat. Hierdoor zou de af-

rijping homogener worden en het oogsttijdstip makkelijker te bepalen vallen. Ook in het najaar kan een groeiregulator ingezet worden wanneer men vrees om met een te veel-dig gras de winter in te gaan. Op 4 april 2006 werden de proefperceelen behandeld met Horizon, een fungicide (actieve stof: tebuconazol) aan 1 l/ha + groeiregulator ethefon aan 0,2 l/ha.

### Onkruidbestrijdingsproef

De onkruidbestrijding werd uitgevoerd met volgende middelen: Butisan plus (400 g/l metazachloor + 100 g/l quinnarac), Butisan S (500 g/l metazachloor) en Certiam 36 CS (360 g/l clomazone). Een eerste bespuiting werd uitgevoerd op 8 september. Na een eerste bespuiting met Butisan plus (2,5 l/ha) bleven er nog wat monocotylen over bij een waarneming op 8 oktober. Hetzelfde resultaat gaf een tweede bespuiting op 10 september. Een eenmalige bespuiting met Certiam 36 CS (0,33 l/ha) liet nog wat monocotylen, karnellen en in iets mindere mate ook nog bondepetersellen en bingelkruid staan. Een bespuiting met Butisan S (1,5 l/ha) gaf een proper resultaat weer.

Landbouwleven 19/05/06

## ACCIJNSVERLAGING BIOBRANDSTOFFEN

LANDBOUWLEVEN  
13 jan 2006

# Europa geeft zijn akkoord

Er lijkt nu toch enige doorbraak te komen in het dossier van de biobrandstoffen. Men zal zich herinneren dat de federale regering op 27 mei vorig jaar akkoord geraakte omtrent een accijnsvrijstelling voor versterde biodiesel voor bijmenging in bestaande diesel. Voor 2005 zou een bijmengingspercentage van 2,45 % vrijgesteld zijn, nadien te verhogen tot 3,37 % en vervolgens in twee bijkomende stappen naar 5 %. Voor pure koolzaadplantenolie voorzag de regering een volledige vrijstelling van accijnzen. Dit voor-

stel, dat opgenomen werd in de programmawet van 11 juli 2005 werd op 28 juni 2005 aan de Europese Commissie overgemaakt en deze heeft onlangs haar akkoord gegeven, zo verklaarde minister van Financiën Reynders woensdag jl. Nu de Europese goedkeuring er is, wordt met ongeduld gewacht op het koninklijk besluit tot vaststelling van de datum van inwerkingtreding en op de concrete toepassingsmodaliteiten, o.m. in verband met de pure plantaardige olie die landbouwers voor hun eigen trekkers willen gebruiken.

Landbouwleven 13/01/06

# Is biobrandstof DODELIJK voor het milieu?

Fossiele brandstoffen zijn eindig en nefast voor het milieu. De oplossing voor de nabije toekomst moet biobrandstof worden. Die is gewonnen uit hernieuwbare grondstoffen en schaadt de natuur stukken minder. Of toch niet? De stemmen die zeggen dat uitgerekend biodiesel een van de grootste bedreigingen voor het wereldmilieu wordt, klinken steeds luider.

**D**ecennialang al woedt de discussie over de eindigheid en de schadelijkheid van fossiele brandstoffen. Ze komen er maar niet uit. Wanneer wordt de laatste liter benzine verkocht? Over 40 jaar, zeggen de specialisten, over 50 jaar, over 200 jaar of misschien wel nooit! En ook over de schadelijkheid van fossiele brandstoffen lijken voor- en tegenstanders het maar niet eens te kunnen worden: CO<sub>2</sub>-uitstoot en broeikas-effect, of misschien toch niet?

Maar de realiteit is zeker de harde economische wetmatigheden laten veel minder ruimte voor discussie. *Global warming* kan moeilijk nog in zijn geheel worden weggelachen en vooral de recente scherpe prijsstijgingen van de ruwe aardolie overtuigen steeds meer mensen en zelfs politici dat een en ander moet veranderen. Maar radicale veranderingen zijn economisch en dus politiek niet haalbaar. Het enige wat voor de nabije toekomst binnen de mogelijkheden lijkt te liggen, is de tot voor een paar jaar nog weggelachen *biofuel* of biobrandstof: vloeibare of gasvormige brandstof die wordt gewonnen uit biomassa.

Jarenlang werd er heel lacherig gedaan over biobrandstof en werd het product nogal luchthartig weggewuifd of botweg genegeerd omdat het niet rendabel en veel te duur zou zijn. Toen in 1991 de Brusselse openbare vervoersmaatschappij MIVB een offerte uitschreef voor milieuvriendelijke bussen, reageerde niet één Belgische busconstructeur. En tijdens het congres Toekomst van de Biobrandstoffen in Brussel in 1992 was de unanieme conclusie dat biobrandstoffen

nooit meer dan 1 procent van de totale energiebehoeften van de mensheid zullen kunnen invullen. Maar toen kwamen broeikas-effecten en Kyoto-normen en kwam de Europese Unie, die heel vroeg aan de kar van de biofuel is beginnen te sleuren, met accijnsverlagingen en -vrijstellingen. Steeds meer energieproducenten bowen zich, ondanks de sceptis, toch over de biobrandstof. En de recente forse prijsstijgingen in de sector van de fossiele brandstoffen hebben niet alleen de aandacht van de pers getrokken, maar ook weer eens duidelijk gemaakt hoe moeilijk het is om af te hangen van de monopolistische aardolieproducenten en -verwerkers.

In een aantal landen zijn ze daarom al een paar jaar fors aan de biobrandstofweg aan het timmeren. Brazilië is uiteraard het schoolvoorbeeld: daar rijden ze al tientallen jaren rond op mengsel van biobrandstof. Ook in Zweden bevat alle benzine 5 procent bio-ethanol. Daarnaast staan er verspreid over het land zo'n 120 benzinstations waar de automobilist ook E85 kan tanken, benzine met 85 procent ethanol. Autofabrikanten als Ford, Volvo en Saab produceren er zogenoemde flexifuel auto's, die zowel op 100 procent benzine als op E85 kunnen rijden. Zonder ingreep van de bestuurder past de motorsoftware zich aan de brandstof aan. In Stockholm rijden al geruime tijd ongebouwde dieselbussen op 100 procent ethanol. De exploitatiekosten van deze bijzondere bussen hebben inmiddels bijna het niveau van gewone dieselbussen bereikt. Zelfs in het paradijs van de fossiele brandstoffen, de Verenigde

Staten, is bio-ethanol uit maïs behoorlijk populair geworden.

En sinds de niet-afdwingbare EU-richtlijn die zegt dat tegen eind 2005 in de EU-landen het vervoer op de weg voor 2 procent op biobrandstof moet rijden en tegen 2010 zelfs voor 5,75 procent, is het hek ook in Europa van de dam. In Duitsland en Frankrijk bijvoorbeeld zijn ze al een paar jaar serieus in de weer met biobrandstof.

## DE 'LATE' LANDEN

De Belgische prins Filip werd heel opgewonden tijdens zijn handelsmissie naar Brazilië in november 2005. Toen zei hij: 'Wij kunnen veel opstelen van Brazilië. Hoe het land al jarenlang werk maakt van biobrandstof, is echt verbluffend. Het is iets dat wij nu pas ontdekken en het is goed dat minister Mark Verwiltgen daarover een samenwerkingsovereenkomst heeft afgesloten, zodat onze Belgische universiteiten kunnen meewerken aan de verdere ontwikkeling van die brandstof. De sociale kant van de biobrandstof is markant. Want het zijn de kleine Braziliaanse boeren, die voor de productie van de grondstoffen instaan en dus een betere toekomst krijgen dankzij een milieuvriendelijke brandstof.'

Ondanks het enthousiasme van de prins is de weg naar biotransport in Europa nog lang. De overheden in Duitsland en Frankrijk scunen de uitbouw van het biosegment in de energiemarkt sterk en in Frankrijk verklaarde de overheid zelfs dat ze tegen 2010 eventjes 10 procent bio wil bijmengen in de brandstof. Maar ze geven in Frankrijk ook toe dat ze minstens

twee jaar achter liggen op de schema's van de EU. Het Verenigd Koninkrijk komt dit jaar zelfs niet aan 0,1 procent biobrandstof. Ierland, dat volgens EU-normen in 2005 100.000 ton biobrandstof had moeten produceren, haalde amper 2.600 ton.

En hoe zit het in België? Hier waren ze eind september 2005 zelfs nog niet klaar met het juridische kader voor de biobrandstoffen, laat staan dat er enige wetgeving was geregeld, accijnsvrijstellingen waren voorzien of dat er biobrandstof op de markt werd aangeboden. Die zal in België vermoedelijk pas in 2007 in de pomp zitten. België is veel te laat met het uitvoeren van de EU-richtlijn en dat leidde begin dit jaar nog tot een woede-uitbarsting bij het groene europarlementslid Bart Staes, die de Europese Commissie zelfs vroeg een onderzoek te openen tegen de Belgische overheid en haar laksheid. Misschien heeft de interdicte van de Belgische overheid te maken met de heel beperkte belangstelling van de Belgische bevolking voor biobrandstof, ook al vlammen de petroleumrijzen de pan uit! Hoe dan ook lijken de boeren geïnteresseerd, want het areaal waarop koolzaad wordt verbouwd, is in een jaar tijd van 60 naar 800 hectare gegaan. Ondertussen neemt de uitstoot van broeikasgassen in België toe, vooral door het ex-

## Brazilië en Indonesië zijn bezig grote delen van hun regenwouden en hun savannegebieden op te offeren om het westen van biomassa te voorzien

ploderende transport over de weg. De meest recente cijfers zijn die van het jaar 2003 en daarover zegt de 'Nationale inventaris voor Broeikasgasemissies 2005' dat de broeikasgassen met 1,6 procent toenamen in vergelijking met 2002 en CO<sub>2</sub> zelfs met 2,7 procent.

Maar ook in Nederland, waar de bevolking anders massaal voor groene elektriciteit kiest, loopt biobrandstof niet van een leien dakje. Daar heeft de overheid wel een beperkt bedrag – 70 miljoen euro – beschikbaar gesteld voor een gedeeltelijke accijnsvrijstelling voor biobrandstof, maar voor de rest voorzet de Nederlandse regering een verplichte bijmenging van 2 procent pas voor 2007. Deze 'weinig ambitieuze aanpak', zoals waarnemers de huidige Nederlandse overheidsbeleid omschrijven, heeft al tot heel wat kritiek geleid.

### FOSSIELE BRANDSTOF BLUFT NODIG

Ondanks de trage reactiesnelheid van veel Europese landen zijn de biobrandstoffen aan een steile opmars begonnen en stijgt de productie in Europa exponentieel: in 2004

2 miljoen ton biodiesel en 500.000 ton bio-ethanol. Biobrandstof heeft duidelijke voordelen. Biobrandstof is CO<sub>2</sub>-neutraal, of, beter gezegd, kan dat zijn bij een perfect cyclisch productieproces. De productie van biobrandstof die van financiële compensaties voorzien is, kan ook de redding zijn voor producenten van landbouwgewassen, die vaak aan strenge quota onderworpen zijn, met een lage en steeds dieper zakkende prijs als suikerbieten en tarwe.

Maar is het allemaal de moeite waard? Dat is nu de grote vraag. Zullen de programma's voor biodiesel en bio-ethanol, zoals de politiek en de industrie ze ontwerpen, de verwachte resultaten opleveren en er mee voor zorgen dat tegen 2050 de uitstoot van broeikasgassen met 80 procent is teruggedrongen, zoals Kyoto wil? Nee, zeggen veel specialisten. De redenen daarvoor zijn al langer bekend. We sommen ze hier even op.

De productie van een biodiesel vraagt ook nog altijd een input van energie door fossiele brandstof, waardoor de winst aan CO<sub>2</sub>-uit-



Hier wordt bio-ethanol geproduceerd, vandaag wereldwijd de meest gebruikte biobrandstof.

## BIO VAN BIOBRANDSTOF

Bio-brandstof bestaat in talloze varianten, van biogas over cellulose-ethanol en bio-FT(Fischer/Tropsch)-diesel tot biowaterstof. Maar van enkele soorten wordt al serieus werk gemaakt.

PPO (Pure Plantaardige Oliën) is ecologisch gezien misschien wel de meest interessante brandstof op dit moment, omdat het in vergelijking met andere bio-brandstoffen veel minder energie kost om ze te vervaardigen. PPO kan wel niet worden gebruikt in een doorsnee dieselmotor. Zij moet in een speciaal daarvoor ontwikkelde Etsbett-motor.

Biodiesel is een brandstof op basis van plantaardige oliën zoals koolzaadolie, palmolie, sojaolie of zonnebloemolie. Deze oliën worden door toevoeging van een mengsel van methanol en kaliumhydroxide via een transesterificatieproces gescheiden in glycerol en methylester. De methylester is de biodiesel. De eigenschappen van biodiesel liggen dicht bij die van gewone diesel. Daarom kan moeiteloos tot twintig procent biodiesel worden toegevoegd aan gewone diesel

zonder dat een dieselmotor daarvoor moet worden aangepast. En ook al tast biodiesel de leidingen van natuurrubber in oudere dieselmotoren aan, toch is deze groene diesel een stuk vriendelijker voor het milieu op het moment dat hij in de motoren tot ontploffing wordt gebracht. Biodiesel is namelijk CO<sub>2</sub>-neutraal. Dat betekent dat bij verbranding van biodiesel geen nieuwe kooldioxide wordt geproduceerd, omdat de uitstoot van CO<sub>2</sub> in de atmosfeer bij verbranding dezelfde is als de opname van CO<sub>2</sub> uit de atmosfeer tijdens de groei van het gewas waaruit de biodiesel wordt gemaakt.

Op dit ogenblik is wereldwijd de meest gebruikte bio-brandstof bio-ethanol. Ze wordt verkregen door het vergisten van suikerriet (Brazilië), maïs en soja (Verenigde Staten), suikerbiet of granen, en wordt vervolgens aan gewone benzine toegevoegd. In Brazilië en in de Verenigde Staten gebeurt dat rechtstreeks en in grote hoeveelheden, in Europa tot nu toe vooral vermengd met isobutyleen onder de vorm van het antiklop middel ETBE.

stoot aan de uitdair verloren gaat aan de verhoogde uitstoot tijdens het productieproces. De uitstoot van schadelijke stikstofoxides is hoger bij biodiesel en de uitstoot van roet bij verbranding van bio-brandstof is niet noemenswaardig kleiner dan bij verbranding van fossiele brandstoffen.

Biodiesel is misschien wel CO<sub>2</sub>-neutraal, maar dan enkel in ideale omstandigheden. De industriële kweek van planten is vooralsnog niet mogelijk zonder pesticiden, meststoffen en landbouwmachines. De productie van brandstoffen als biodiesel en bio-ethanol kan niet zonder energie, chemicaliën en technologische installaties. Dat betekent dat je fossiele brandstoffen moet gebruiken om bio-brandstoffen te krijgen.

Er is al heel wat wetenschappelijk onderzoek gedaan naar de hoeveelheid fossiele brandstof die je nodig hebt om bio-brandstof te produceren en de resultaten zeggen niet allemaal hetzelfde. In het verleden werd de verhouding altijd geschat op drie tot vier liter fossiele brandstof voor elke liter bio. Maar uit een recent onderzoek van de Onderzoeksgroep Milieuchemie en Technologie van de Universiteit Gent zou dan weer blijken dat je voor de productie van bio-brandstof een kwart tot een derde niet-hernieuwbare energie moet investeren, al een stuk minder dus.

Mogelijk zullen al die opgesomde bezwaren op termijn weggewerkt worden door de voortschrijdende technologie die steeds efficiëntere procédés voor de productie van bio-brandstof zal ontwikkelen.

### NOORD VERSUS ZUID

Er zijn nog een paar nadelen aan bio-brandstof die een stuk minder gemakkelijk te verhelpen zijn, en die hebben vooral te maken met de

economische verhoudingen tussen het rijke noorden en het arme zuiden op deze aarde. Tot voor kort steunde de Europese productie van bio-brandstof in hoofdzaak op lokaal – in Europa dus – geproduceerde rapeseedolie. Dat is nu niet meer het geval. Het succes van bio-brandstof heeft de producenten onderdruisen naar importproducten uit de ontwikkelingslanden doen grijpen: soja en palmolie. Het populariseren van de groene energie in de geïndustrialiseerde wereld en de stijgende vraag naar bio-brandstof aldaar heeft de prijs van die palmolie op de wereldmarkt in een maand tijd met tien eurocent doen stijgen en er hangen nieuwe prijsstijgingen in de lucht. Het betreft hier dus een economische groeisector en landen als Brazilië en Indonesië, waar het regenwoud al zo geëisterd is door de vleesproductie voor het noorden, hebben zich dan ook met veel enthousiasme op deze nieuwe 'biomarkt' gestort. Daarom zijn ze bezig grote delen van hun regenwouden en hun savannegebieden op te offeren aan de vraag naar biomassa voor brandstof voor auto's en elektriciteitscentrales. In Indonesië heeft de overheid al aangekondigd dat ze van plan is om op Borneo de grootste oliepalmplantage ter wereld neer te poten.

'De uitbreiding van de productie van palmolie is op dit moment een van de belangrijkste redenen voor de vernietiging van het regenwoud in Zuidoost-Azië, en uiteraard hoort daarbij het op grote schaal met de voeten meden van rechten van mensen die in dat regenwoud wonen,' zegt Simon Counsell, de directeur van de Britse Rainforest Foundation. 'Palmolie is nu een van de producten die het meeste schade toebrengen aan het wereldmilieu. Het is duidelijk dat wij eens te meer proberen om onze ecologische proble-

men af te wenden op de ontwikkelingslanden en dat die houding een vernietigend effect heeft op het leven van de lokale bevolking aldaar.'

Want de belangen van die lokale bevolking zijn uiteraard volledig ondergeschikt aan de belangen van de reusachtige plantages die worden opgezet voor het verbouwen van soja in Argentinië, Paraguay, Bolivia en Brazilië. Daar zijn de sojaplantages nu de belangrijkste oorzaak van de voortschrijdende ontbossing, die twee keer zo snel gaat als wetenschappers tot voor kort dachten. Het verhaal gaat zelfs dat ze in Brazilië slaven gebruiken om de Amazone te ontbossen en om op de plantages voor bio-brandstof te werken. En dat maakt bio-brandstof niet alleen schadelijk voor het milieu, maar ook een ethisch weinig correct handelsproduct.

De oplossing hier zou kunnen zijn dat de producenten van bio-brandstof in de geïndustrialiseerde landen geen biomassa zouden gebruiken die voorkomt uit deze grootschalige intercontinentale en zo schadelijke productie, maar enkel regionaal geproduceerde biomassa en biomassa afkomstig van restafval zouden aanwenden. Maar dat ligt uiteraard niet echt voor de hand. Met alleen restafval kom je er niet om de brandstofbehoefte te dekken en een land als België is wel verplicht om biomassa te importeren, gewoon omdat het niet voldoende landbouwruimte heeft om biomassa te kweken. ☹

### MEER WETEN?

Ga naar [www.eos.be](http://www.eos.be) en klik in de bovenste balk op 'het blad'

EOS 02/02/06

Boerenbond ondersteunt tentoonstelling

# Biobrandstoffen op het Autosalon

Nu een liter goedkope slaolie 75 eurocent kost en een liter benzine 1,2 euro, neemt de interesse voor biobrandstoffen met grote sprongen toe. Zozer zelfs, dat *Febiac* dit jaar een speciale stand rond biobrandstoffen in het Autosalon zal onderbrengen. De Boerenbond is een van de deelnemende partners.

Opvallend zal de stand zeker zijn, met zijn 80 m<sup>2</sup> bloeiend koolzaad. Het gaat om najaarskoolzaad waarvan de groei werd gestopt door het gekoeld te bewaren. Op de stand zal de bezoeker vooral praktische en inspirerende kennis rond biobrandstoffen te zien krijgen.

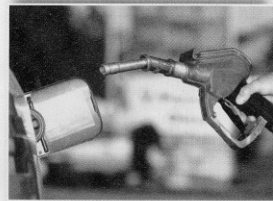
## Meteen haalbaar

In Spanje, Duitsland en Zweden bestaat er 100% vrijstelling van taksen op bio-ethanol, en ook in Frankrijk, Finland, Engeland en Italië zijn er aanzienlijke vrijstellingen. Bij ons gebeurt er op dit moment nog niets. Intussen is de privé-sector volop bezig zich te organiseren. Begin dit jaar werd *Alco bio fuel* opgericht, een groep waarin alcoholproducenten en -verdelers, maar ook grondstoffenleveranciers als Aveve zijn opgenomen.

Het verhaal van de biobrandstoffen is niet helemaal doorzichtig voor het brede publiek en er bestaan nog heel wat misverstanden. Heel belangrijk is het onderscheid tussen

rijden op olie en rijden op bio-ethanol. Op gewone plantaardige olie kan je enkel rijden met een speciaal daarvoor aangepaste motor. Enkelingen zijn daarmee bezig, maar veel haalbaarder is de toevoeging van maximum 20% biodiesel of 30% bio-ethanol aan de klassieke diesel of benzine. Dat kan vandaag moeiteloos op grote schaal, zonder de minste aanpassing.

Het gebruik van biodiesel of -ethanol heeft belangrijke voordelen. Bio-ethanol heeft een hoge viscositeit, zodat er geen lood moet worden toegevoegd. Er is geen zwaveluitstoot en veel minder roetuitstoot dan met klassieke brandstoffen. Er is véél minder energie nodig om biobrandstoffen te winnen, en



door het gebruik van bio-energie komt er geen nieuwe CO<sub>2</sub> in de atmosfeer, wat wel gebeurt bij fossiele brandstoffen. Bio-energie biedt ten slotte nieuwe afzetmogelijkheden voor de landbouw, speciaal voor de graan- en suikerbietsector, die het vandaag erg moeilijk heeft.

## Een positief plaatje

Het is de moeite het financiële plaatje van biobrandstoffen eens van dichterbij te bekijken. We nemen bio-ethanol als voorbeeld bij een (realistische) graanprijs van 100 euro per ton:

	Benzine	Bio-ethanol
Basisprijs:	0,261	0,550
Distributie:	0,140	0,140
Totaal zonder taks:	0,401	0,690
Taks:	0,564	(0,275)
BTW:	0,203	0,203
Totaal	1,168	1,168

(Bron: Europese Commissie en kabinet Letermé, prijzen begin 2005)

Met een taksvrijstelling van 29 eurocent (of iets meer dan 50%) zou bio-ethanol aan de pomp dus evenveel kosten als benzine. Alleen al dit plaatje bewijst dat biobrandstoffen zowel van de overheid als van het publiek veel meer aandacht verdienen dan ze op dit ogenblik krijgen.

Het Autosalon geeft daartoe een eerste aanzet. Op een stand van 280 m<sup>2</sup> zullen tussen het bloeiende koolzaad aantrekkelijke panelen worden opgesteld met informatie die de nieuwsgierigheid wekt. Zo worden een aantal vooroordelen aangepakt: zal je auto naar frituurolie ruiken met biobrandstof, gaat je motor ervan pingelen, geeft het problemen aan de grens? Ook andere vragen worden beantwoord: wat kost het, hoe wordt het gemaakt, is het iets voor mij?

Zelfs de minderheid van de 700.000 bezoekers die de stand niet zal bezoeken, wordt meteen met het thema geconfronteerd. "Bio-Brandstof? Natuurlijk!" wordt een van de grote campagneslogans, die ook in de communicatie van het salon zal worden gebruikt.

**Praktisch: Auto- & Motosalon, Brussels Expo, 10-22 januari 2006. "Biobrandstoffen? Natuurlijk!" in Paleis 1.**

# BZN

*Hoe breng je positieve boodschappen (die van de bekende spreuken, maar het onlangs aan trendonderzoeksbu aantal merkwaardige bevindingen.*

*Twee op drie Vlamingen stort jaarl werking. Na Nederland en Ierland i te non-profitorganisaties. Opvallend als vrijwilliger. Het vrijwilligerswerk overeen met het arbeidsvolume van neringen ontdekken steeds meer het en sociaal engagement.*

*Is dat ons verzuurde Vlaanderen? Al positieve boodschappen niet aan om de BZN. En dus richtten ze zich opni ook even naar Nederland, waar al de me (Sire) bestaat. Dat leidde bij ons. kelijke vzw 'Boodschap zonder naa tiefneer van, maar de nieuwe v ondernemingen, media, vereniginge langeloos, want zelfs de gebruikelijke kan de boodschap dus claimen.*

*Toch kwam er al heel wat reactie. woonlijk regelrechte concurrenten - dernemingen geven steun en bijna staan. Het doel van 'Boodschap zon lanceren om de Vlaamse bevolking e meer zorgzame samenleving.*

*Sommige mensen zullen alleen dat a lidariteit en optimisme dan niet spon we goed beseffen dat achter veel o schappen allerlei verborgen agenda's honger. En nog veel meer 'positieve' zijn geboren uit een verontwaardigd niet altijd even objectief of aanstekel*

*Daarom wordt dat de belangrijkste schappen formuleren die echt positie sen mensen van verschillend ras aar de schandpaal te nagelen, om maar die mediaspecialisten met hun veela groepen mensen te bespelen een hele e op 6 januari 2006. Benieuwd wat er*



overbodige luxe."

Bepaalde evoluties in de maatschappij, zoals de voortschrijdende verstedelijking van het platteland en het verdwijnen van de vroegere sociale netwerken, doen de identiteit van een dorp vervagen. "Vroeger had ieder dorp een eigen identiteit. Jeuk, deelgemeente van Gingelom, was niet Gingelom en omgekeerd. De mensen identificeerden zich met het dorp", verduidelijkt Christian. "Toch willen we

# Rijden op koolzaadolie is gezonder, niet goedkoper

Met de stijgende brandstofprijzen is iedereen plots geïnteresseerd in en op zoek naar alternatieven om goedkoper te rijden. Jan Bekaert (42) uit Sint-Niklaas bouwde zijn Audi A2 1.2

TDI om en rijdt op koolzaadolie. Voor hem was het ecologisch aspect doorslaggevend. Pas als de overheid de accijnzen laat vallen, wordt het ook financieel interessant.

## HILDE VAN RAEMDONCK

Enkel dieselmotoren zijn van nature geschikt om op plantenolie te rijden, zowel de direct als indirect ingespoten versies. De eerste dieselmotor die Rudolf Diesel in 1890 ontwikkelde, draaide overigens op arachideolie. Maar er moeten wel een aantal aanpassingen gebeuren.

«Naargelang het merk kan het zijn dat je de brandstofleidingen moet vervangen», zegt Jan Bekaert. «Ze moeten voldoende doormeter hebben om de koolzaadolie, die dikker is dan diesel, snel genoeg te laten lopen. Verder moeten ook een extra brandstoffilter, een verwarmingsmantel en bij voorkeur een roetfilter ingebouwd worden.»

## Voorverwarming

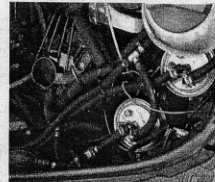
Om bruikbaar te zijn voor de dieselmotor, moet de olie vooraf opgewarmd worden, zodat ze vloeibaar genoeg is. Het duurt ongeveer een kwartiertje voor Jan kan vertrekken, maar met een afstandsbediening kan je de voorverwarming inschakelen zonder dat je het huis uit moet. Je kunt ook opteren voor twee aparte brandstoftanks, één voor de olie en één voor normale diesel. Je start de motor dan op diesel en, eens de plantenolie opgewarmd is, schakel je al dan niet automatisch over. Jan Bekaert wilde bewijzen dat het ook met uitsluitend olie kan en koos voor één kleine tank van 20 liter. Voor het ombouwen, moet je naar Duitsland. «Voor 500 euro heb je al een bescheiden ombouwkit, maar als je de ombouw door vaklui laat uitvoeren, ben je een kleine 4.000 euro kwijt. Ingrijpende gevolgen heeft deze brandstof niet voor de

motor. Een snellere oliewissel en degelijke brandstoffilters moeten eventuele motorschade voorkomen. «En mocht ik morgen deze auto willen verkopen, haal ik er de installatie uit en is het weer een gewone diesel.»

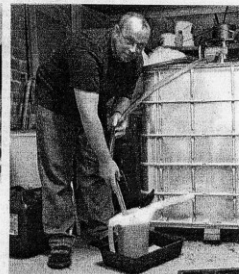
In Duitsland, waar al langer op plantenolie gereden wordt, kan je die op verschillende plaatsen tanken aan de pomp. Bij ons bestaat dat nog niet. «Ik haal de olie uit mijn voortraadtank thuis en giet ze dan over in jerrycans. Het geklieder moet je erbij nemen. In het begin trok ik naar de Aldi of de Lidl en kocht ik goedkope flessen slaolie. Nu spreken we onder olierijders af en laten we ineens 5.000 liter aanvoeren vanuit Duitsland. Met mijn tank van 1.000 liter kom ik een jaar toe.» Maar er is een addertje onder het gras. «Bedenk wel dat je óók accijnzen betaalt», zegt Jan. «Je moet daarvoor zelf je verbruik aangeven bij de douane. Voor de olie betaal je in totaal 1,05 euro per liter: 68 eurocent voor de olie plus 37 eurocent taksen.»

## Groene levenswijze

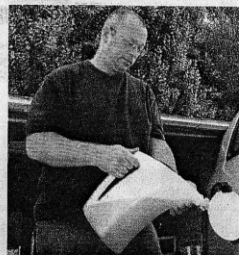
«Met mijn rijstijl heb ik maar 3 liter per 100 km nodig», vertelt Jan. Maar hij voegteraan toe dat hij nooit harder rijdt dan 90 per uur om zo een minimum te verbruiken. Met de



De ombouw omvat onder meer dickere brandstofleidingen en een roetfilter.



«cruise control» houdt hij zijn snelheid constant. Jan zal er niet rijk van worden, maar het is 'n niet om een financieel voordeel te doen, wel om een consequente 'groene' levenswijze. «Ik wil me niet schuldig voelen door mee de voorraad fossiele brandstoffen op te souperen.» In vergelijking met een 'gewone' diesel stoot Jans Audi 50% minder roetdeeltjes uit. De hoeveelheid stikstof is groter, maar de ingebouwde stikstoffilter compenseert dat. De CO<sub>2</sub>-uitstoot is volgens de olierijders een 'nuloperatie'. «De CO<sub>2</sub> die je bij de verbranding uitstoot, wordt gecompenseerd door het feit dat de koolzaadplanten ongeveer evenveel CO<sub>2</sub> opnemen tijdens het groeiproces.»



## WAT JE MOET WETEN

- Vrijwel elke plantaardige olie is bruikbaar voor onze motoren en inheemse.
- Een hectare koolzaad brengt ongeveer 4.000 liter olie op.
- De olie heeft enkel koud (40°) gebruiksklaar te zijn. Wat overblijft, is niet meer bruikbaar.
- Voor ombouw zijn enkel dieselmotoren geschikt.
- Zonder aanpassingen kan je ook al rijden op normale diesel.
- In de zomer maximum 50% dan ben je strafbaar omdat je accijzen betaalt.
- De prestaties van de motor verminderen.



Het Laatste Nieuws 10/09/06

## Oliefabriek Lichtervelde richt zich op koolzaadolie

### ENERGIE

De Oliefabriek Lichtervelde zal naast lijnzaadolie ook koolzaadolie produceren. Afnemer is de biodieselafabriek van Oleon.

BRUSSEL. De Oliefabriek Lichtervelde werd in oktober vorig jaar door brand verwoest, maar wordt heropgebouwd. De nieuwe installatie is voorzien op de productie van zowel lijnzaad- als koolzaadolie. Dat laatste product zal ge-

leverd worden aan Oleon uit Ertvelde, dat koolzaadolie gebruikt als grondstof voor biodiesel. De productie daarvan zal nog dit jaar starten.

Oleon garandeert de afname van alle koolzaadolie die door Oliefabriek Lichtervelde geproduceerd wordt. Het probleem is alleen dat er in Vlaanderen nauwelijks koolzaad geteeld wordt. Vorig jaar verviervoudigde het areaal Vlaams koolzaad weliswaar, maar het blijft met 932 hectare een schaars gewas. In Wallonië wordt tienmaal zoveel koolzaad geteeld. De Belgische

landbouwsector genereert slechts een paar duizend ton koolzaadolie, terwijl de Oleon-installaties een capaciteit zullen hebben van 95.000 ton biodiesel.

Oliefabriek Lichtervelde zal wel proberen boeren in de omgeving warm te maken voor koolzaad. Ze weten immers al zeker dat de afzet gegarandeerd is. Bovendien geeft de Europese Unie een energiepemie van 45 euro per hectare voor de aanplanting van koolzaad.

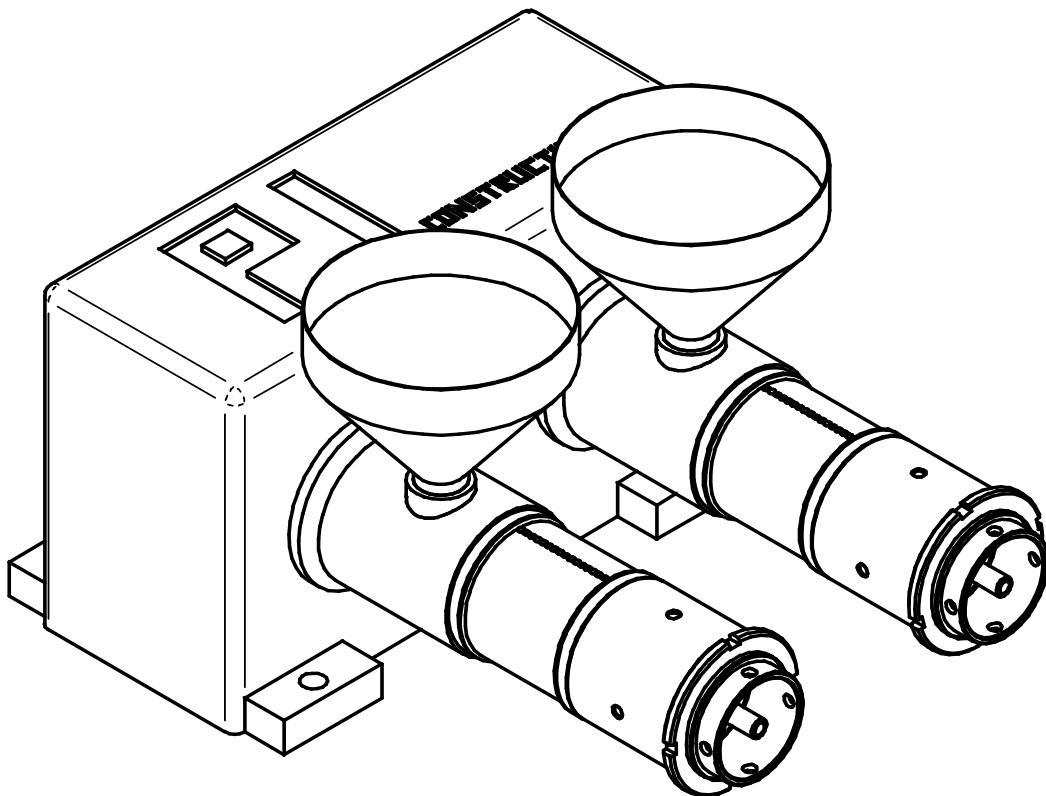
Oliefabriek Lichtervelde is een dochter van Hafinco, de familieholding van de familie

Haack. Het bedrijf legde zich tot op heden toe op de productie van lijnzaadolie, een bijproduct van de vlasteel. Lijnzaadolie wordt gebruikt als grondstof voor verven en drukinkt, maar in toenemende mate ook in voedingsproducten.

Oleon, een afsplitsing van Total, maakt van natuurlijke vetten en oliën grondstoffen voor de chemische industrie. Total is nog altijd een belangrijke klant. De oliemaatschappij nam vorig jaar de eerste biodiesel af die Oleon produceerde, toen nog op de bestaande installaties. (rmg)



## 5.2 BIJLAGE 2: TEKENINGEN VAN DE KOOLZAADOLIEPERS























## 5.3 BIJLAGE 3: VERMOGENSTESTBANK + EMISSIETESTEN

### 5.3.1 Vermogenstestbank

#### Inleiding:

Op 9/06/06 zijn Dhr. Boone, mevr. De Laere en de drie leerlingen van klas 721 naar Ide in Pittem gegaan voor de vermogens- en emissietest. Wij mochten niet mee. Daar hebben ze de auto op rollen geplaatst en zijn vermogen gemeten. Eenmaal op diesel en eenmaal op koolzaadolie.

#### Principe:

De rollen hebben een bepaalde massa. Men plaatst de voorwielen (trekwielen) tussen de twee rollen. Dan rijdt je met de auto tot een snelheid van 160 km/h en meet men de tijd daarvoor nodig. Zo bepaalt men het vermogen.

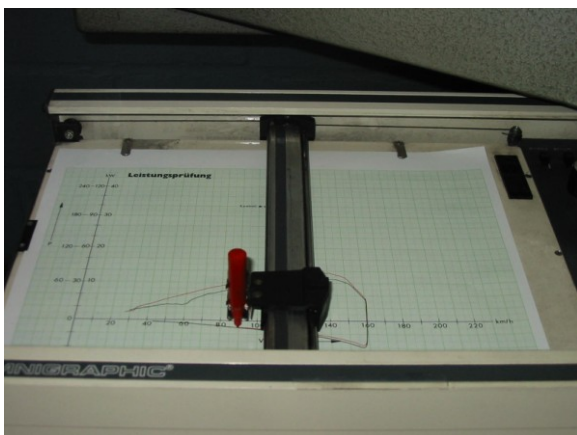
#### Berekening:

	<b>DIESEL</b>	<b>KOOLZAADOLIE</b>
P nuttig	33 kW	38 kW
P verlies	12 kW	12 kW
P totaal	45 kW	50 kW

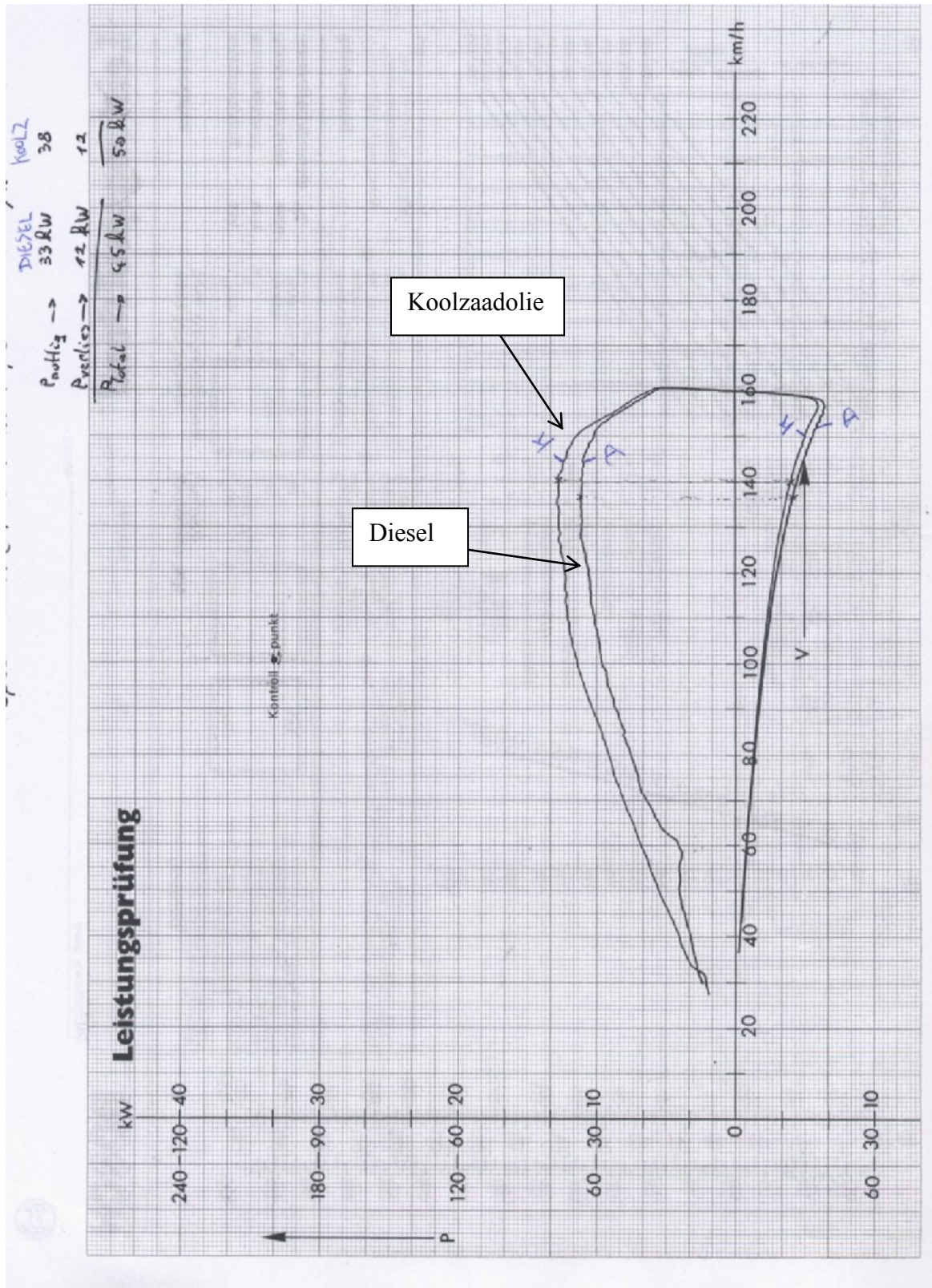
Het verlies is het verlies van de overbrenging tussen de motor en de wielen (versnellingsbak, kardanassen, koppeling...).

#### Besluit:

De resultaten zijn dus zéér verrassend! Als we het omrekenen naar paardenkracht, heeft de wagen op koolzaadolie 7 pk meer dan op diesel.



Grafiek van de vermogentestbank (kW = f(km/h))



### 5.3.2 Emissietest



Hierboven zien we links het emissieresultaat van diesel en rechts van koolzaadolie. De proef is dezelfde als in de autokeuring. Men doet die proef altijd driemaal omdat er altijd roetdeeltjes blijven hangen in de uitlaatbuis. Men neemt de kleinste waarde als resultaat.

#### Besluit

Zoals we in puntje 4.2.4 besproken hebben en we nu bewezen hebben is de roetuitstoot veel beter bij koolzaadolie.



## 6 BESLUIT

We kunnen dus besluiten dat een motor ombouwen op koolzaadolie eigenlijk wel een goed initiatief is. Het vermogen, rendement en emissie-uitstoot is beter dan op diesel. Maar, het is praktisch niet realiseerbaar om alle auto's om te bouwen. Men zou veel te veel landbouwgrond moeten bezaaien met koolzaad en men mag niet vergeten dat er nog veel andere gewassen geteeld moeten worden.

We zijn zeker tevreden met wat we bereikt hebben en het was een aangename ervaring. We hebben een mooie theoretische uiteenzetting over een interessant en actueel onderwerp met een al even prachtige praktische realisatie. Gedurende heel het jaar hebben we ons met veel moed en het grootste plezier ingezet om van de G.I.P. te maken tot wat hij geworden is. We hebben geleerd dat samenwerken zeer belangrijk is voor de vooruitgang van de G.I.P. De samenwerking tussen ons verliep heel goed en ook tussen ons en het zevende jaar liep alles op wieltjes.

Naast iedereen die ons geholpen heeft aan ons eindwerk willen we zeker ook elkaar bedanken voor onze goede samenwerking.

## 7 BRONNEN

⇒ Cursussen:

- DE LAERE, M., Cursus Verbrandingsmotoren en Thermodynamica
- BOONE, L., Handleiding Opel Kadett
- VERHAEGHE, D., Cursus Fysica derde graad
- DE LAERE, M., Cursus Dieselpomp en inspuitssystemen

⇒ Internetadressen:

- [www.ppo.be](http://www.ppo.be) + links
- [www.plantenolie.be](http://www.plantenolie.be)
- [www.nivid.be](http://www.nivid.be)
- [www.solaroilsystems.nl](http://www.solaroilsystems.nl)
- [www.elsbett.com](http://www.elsbett.com)
- [www.senternovem.nl](http://www.senternovem.nl)

⇒ Boekjes + brochures

Allerhande boekjes en brochures over koolzaad, koolzaadolie en koolzaad persen die we gekregen hebben op beurzen en het openbaar ministerie.

KHBO Oostende  
Koen Adriaens (Gistel)  
KAHO Gent

## 8 LOGBOEK

<b><u>Het Logboek</u></b>		
<i>Datum</i>	<i>Omschrijving</i>	<i>Duur</i>
sep & okt	Vragen naar informatie aan verschillende bedrijven/personen	vele uren
8/sep/05	info zoeken	1 uur
12/sep/05	Maken van de powerpointvoorstelling en voorbereiden van eerste vergadering	3 uur
12/sep/05	info zoeken	1,5 uur
15/sep/05	info zoeken	0,5 uur
23/sep/05	info zoeken	2 uur
28/sep/05	info zoeken	2 uur
8/okt/05	bellen naar Jan Bekaert	
17/okt/05	info over productie koolzaadolie opzoeken	0,5 uur
26/okt/05	metingen voorbereiden	2 uur
27,28/okt/05	metingen uitvoeren op de wagen	5 uur
6/nov/05	bestuderen warmtewisselaar	1 uur
9/nov/05	berekenen van de warmtewisselaar	2 uur
12/nov/05	bekijken en analyseren van andere eindwerken	2 uur
14/nov/05	info zoeken, voorbereiden van de viscositeitsproef	1,5 uur
15/nov/05	viscositeitsproef (deel 1)	1,5 uur
19/nov/05	schrijven stuk over viscositeit	3 uur
20/nov/05	schrijven stuk over viscositeit schrijven stuk over motoren	4 uur 4 uur
21/nov/05	schrijven stuk over motoren	2 uur
22/nov/05	uitleg over de dieselpomp + verstuivers viscositeitsproef (deel 2)	3 uur 3,5 uur
23/nov/05	afwerken verslag viscositeit	2 uur
24/nov/05	schrijven stuk over motoren + opzoekingswerk	2,25 uur
25/nov/05	meting van de soortelijke massa van koolzaadolie	0,5 uur
26/nov/05	info zoeken over energie in maandblad "Quest geeft antwoord"	1 uur
30/nov/05	verslag maken over meting van de soortelijke massa	1,5 uur
2/dec/05	proberen proef koolzaadolie en alcohol info opzoeken over vermogenstestbank (waterrem) info opzoeken over koolzaadoliepers	6 uur
9/dec/05	opzoeken vlotter + niveaumeter	3 uur
11/dec/05	contacten leggen op landbouwsalon + info vragen	2 uur
21/dec	rondbellen bedrijven over driewegkleppen + verwerking van de dieselpomp	3 uur
4/jan	schrijven productie en gebruik van plantenolie	2,5 uur
9/jan/06	bepalen van de stookwaarde in het KHBO van Oostende m.b.v. Dhr. Pol Coudeville	8 uur
10/jan/06	verder werken productie en gebr...	1 uur



10/jan/06	beginnen aan het verslag over de dieselpomp + info opzoeken over de bomcalorimeter	1 uur
11/jan/06	schrijven stuk over de dieselpomp	4 uur
12/jan/06	schrijven stuk over de dieselpomp	4 uur
14/jan/06	schrijven stookwaarde	4 uur
15/jan/06	verderwerken stookwaarde	3 uur
15/jan/06	afwerken stuk over de dieselpomp	2 uur
16/jan/06	bezoek aan het autosalon, info zoeken i.v.m. koolzaadolie	4 uur
19/jan/06	WIN-dagen in het KHBO Oostende: bepalen van het rendement en vermogen van een motor op koolzaadolie	6 uur
20/jan/06	schrijven stuk over de stookwaarde + vermogen en rendement	3 uur
25/jan/06	schrijven stuk vermogen en rendement	4 uur
25/jan/06	schrijven stuk over de persing van koolzaad	2,5 uur
1/feb/06	alle verschillende deeltjes bundelen en in volgorde zetten	4 uur
6/feb/06	bijwerken tekst stookwaarde en tekst vermogen en rendement	1,5 uur
8/feb/06	bezoek aan BioAgrico, info zoeken over de koolzaadoliepers	6 uur
13/feb/06	verbeteren logboek	2 uur
19/feb/06	info zoeken over roet-emmissie	0,5 uur
21/feb/06	maken van de tekeningen van de koolzaadoliepers	6 uur
24/mrt/06	overzetten 3D naar 2D van de pers + tekenen persproef	6 uur
3/mrt	afwerken tekeningen pers	6 uur
7/mrt	oefening engels GIP	4,5 uur
14/mrt/06	beginnen aan indeling ombouwing	2 uur
8/04/2006	Praktische realisatie van de koolzaadpersproef	2 uur
8/apr/06	beginnen stuk over emissies bij koolzaadolie	1 uur
10/apr/06	schrijven stuk over emissies bij koolzaadolie	4 uur
25/apr/06	proef persing van koolzaadolie	2 uur
26/apr/06	uitmeten van de schakelaar en de relais voor de elektrische schakeling	1,5 uur
2/mei	uitmeten relais en schakelaars met Dhr. Boterberghe	1 uur
27/apr	maken verslag rentabiliteitsberekeningen	1,5 uur
1/mei	maken verslag rentabiliteitsberekeningen	2 uur
2/mei	maken verslag rentabiliteitsberekeningen	2 uur
4/mei	maken verslag rentabiliteitsberekeningen	2 uur
5/mei	alle verschillende deeltjes bundelen en in volgorde zetten	3,5 uur
9/mei	bezoek KAHO Sint-Lieven Gent: omgebouwde generator	3 uur
11/mei	voorbereiden opendeurdag + contact Duitse meisjes	3,5 uur
14/mei	beginnen stuk ombouwing	4 uur
19/mei	maken van het voorwoord, schrijven stuk ombouwing	2 uur
22/mei	overlopen van het elektrisch schema samen met Dhr. Boone	4,5 uur
22/mei	aanpassen van het elektrisch schema	1,5 uur
23/mei	helpen met het leggen van de elektriciteit in de wagen	2 uur
24/mei	helpen met het leggen van de elektriciteit in de wagen	1 uur
25/mei	afwerken stuk ombouwing	2 uur
27/mei	bezoeken persinstallatie bij Koen Adrians	3 uur
27/mei	letters maken voor op de auto + afwerking boek	3 uur
29/mei	letters op de wagen zetten	1 uur
1/jun	voorbereiden opendeurdag, afprinten van de schema's en tekeningen	2 uur

2/jun	alles klaarzetten voor de opendeurdag	7 uur
5/jun	opendeurdag: eerst allers klaarzetten, 10-17h: uitleg geven aan de mensen die geïnteresseerd zijn, daarna alles afbreken	16 uur
6/jun	bijlagen in het boek steken	0,5 uur
9/jun	Eindafwerking boek	5 uur
10/jun	Eindafwerking boek + eerste afdruk	6 uur

## Dankwoord

We zouden graag iedereen willen bedanken die ons geholpen hebben bij het realiseren van deze Geïntegreerde Proef.

Vooraleerst danken wij onze mentor Mevr. Miranda Delaere. Zij heeft ons gedurende de volledige periode begeleid tijdens het maken van onze GIP.

Vervolgens willen we ook onze titularis Dhr. Dirk Verhaeghe bedanken die ons geholpen heeft bij de nodige proeven en ons de nuttige tips gegeven heeft.

Ook willen we Dhr. Luc Boone bedanken, hij heeft samen met zijn groep, het 7<sup>e</sup> jaar auto-elektriciteit, de praktische realisatie gedaan en ons de nodige praktische info meegeven.

We willen ook de Hogeschool van Oostende bedanken voor al hun hulp.

Ten slotte wensen we ook onze ouders te bedanken voor hun morele en financiële steun, alsook onze familie en vrienden die steeds klaar stonden met steun en interesse.

Jeroen Deprez

&

Pieter Vulsteke

