

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK
ZA GOZDARSTVO IN OBNOVLJIVE GOZDNE VIRE

Zoran POLNAR

**VRSTE MOTORJEV V GOZDARSTVU Z VIDIKA
PORABE GORIVA**

DIPLOMSKO DELO
(Univerzitetni študij – 1. stopnja)

Ljubljana, 2010

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA GOZDARSTVO IN OBNOVLJIVE GOZDNE VIRE

Zoran POLNAR

VRSTE MOTORJEV V GOZDARSTVU Z VIDIKA PORABE GORIVA

DIPLOMSKO
DELO
(Univerzitetni študij – 1. stopnja)

**ENGINES IN FORESTRY FROM ASPECT OF FUEL
CONSUMPTION**

B. Sc.
THESIS
(Academic Study Programmes)

Ljubljana, 2010

Diplomsko delo je zaključek univerzitetnega študija, prve stopnje, gozdarstva na Oddelku za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire Biotehniške fakultete, Univerze v Ljubljani. Opravljeno je bilo na Katedri za gozdno tehniko in ekonomiko Oddelka za gozdarstvo Biotehniške fakultete.

Študijska komisija Oddelka za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire BF je na seji dne 11.3. 2010 za mentorja imenovala prof. dr. Boštjana Koširja ter za recenzenta doc. dr. Janeza Krča.

Komisija za oceno in zagovor

Predsednik:

Član:

Datum za zagovor:

Delo je rezultat lastnega raziskovalnega dela. Podpisani se strinjam z objavo svoje naloge v polnem tekstu na spletni strani Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete. Izjavljam, da je naloga, ki sem jo oddal v elektronski obliki, identična tiskani verziji.

Zoran Polnar

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Du 1
DK	GDK 377.44(043.2)=163.6
KG	motorji/gozdarski traktorji/traktorji/deli motorja/navor/poraba goriva
KK	
AV	POLNAR, Zoran
SA	KOŠIR, Boštjan (mentor)
KZ	SI – 1000 Ljubljana, Večna pot 83
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire
LI	2010
IN	VRSTE MOTORJEV V GOZDARSTVU
TD	Diplomsko delo (Univerzitetni študij 1. Stopnje)
OP	X, 58 str., 3 pregl., 21 sl., 2 pril., 52 vir.
IJ	sl
Jl	sl/en
AI	V gozdarstvu so v uporabi skoraj vse vrste motorjev z notranjim zgorevanjem, zato se v tem delu osredotočamo predvsem na dizelske motorje traktorjev. Moderni traktorski motorji so po osnovni sestavi ostali vseskozi enaki, le da so jih dopolnili z različnimi sistemi, ki izboljšajo delovanje in zmanjšajo porabo goriva, kot so turbo polnilnik, hladilnik polnilnega zraka, skupni vod za vbrizg goriva. Podan je seznam sestavnih delov in pomožnih sistemov motorja, z opisom vsakega izmed njih. Še posebej smo se osredotočili na delovanje sistemov za dovod in vbrizg goriva in dovod zraka. Del naloge je namenjen tudi karakteristikam motorja, kot so moč, navor, specifična poraba goriva, podane so tudi glavne lastnosti goriv. Ugotovljeno je, da se specifična poraba goriva manjša, motorji pa delujejo z večjo močjo in navorom kot njihovi predhodniki z enako prostornino, manjši so tudi izpusti škodljivih snovi.

KEY WORDS DOCUMENTATION

ND	Du 1
DC	FDC 377.44(043.2)=163.6
CX	engines/skidder/tractors/engine components/torque/fuel consumption
CC	
AU	POLNAR, Zoran
AA	KOŠIR, Boštjan (supervisor)
PP	SI – 1000 Ljubljana, Večna pot 83
PB	Univerity of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Forestry and Renewable Forest Resources
PY	2010
TI	ENGINES IN FORESTRY
DT	B. Sc. Thesis (Academic Study Programes)
NO	X, 58 p., 3 tab., 21 fig., 2 ann., 52 ref.
LA	sl
AL	sl/en
AB	Almost all types of internal combustion engines are in use in forestry, therefore we will be concentrating mainly on engines instaled in tractors. Modern tractor engines have been more or less the same throughout their evolution, except that they were upgraded with sistems that increase performance such as the turbocharger, intercooler, common rail. All the main engine components and sistems are listed and described, with special emphasis on air intake components and fuel distribution and injection components. A part of this paper is intended for the description of engine characteristics such as power, torque and specific fuel consumption. Main fuels and their parameters are also listed. By comparison of the latest and previous types of engines with same displacement it can be established that fuel consumption decreased and that power and torque increased, the amount of exhaust gasses also decreased.

KAZALO VSEBINE

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA.....	III
KEY WORDS DOCUMENTATION.....	IV
KAZALO VSEBINE.....	V
KAZALO PREGLEDNIC.....	VIII
KAZALO SLIK.....	IX
KAZALO PRILOG.....	X

1 UVOD.....	1
2 MOTORJI V GOZDARSTVU.....	2
3 VRSTE MOTORJEV IN DELOVANJE	3
3.1 MOTOR Z NOTRANJIM ZGOREVANJEM.....	3
3.2 DVOTAKTNI OTTOV MOTOR.....	4
3.3 ŠTIRITAKTNI OTTOV MOTOR	5
3.4 DIESEL (DIZEL)	6
4 DELI MOTORJA.....	9
4.1 BLOK MOTORJA S KARTERJEM IN OLJNIM KORITOM	9
4.2 TESNILO.....	10
4.3 GLAVA MOTORJA	11
4.5 BAT	12
4.6 BATNI OBROČKI	12
4.7 RAZPORED VALJEV IN OBLIKE ZGOREVALNE KOMORE.....	13
4.8 OJNICA	15
4.9 BATNI SORNIK	15
4.10 ROČIČNA GRED	16
4.11 VZTRAJNIK	17
4.12 KRMILJE MOTORJA	17
4.12.1 Odmična gred.....	17
4.12.2 Dročnik.....	18
4.12.3 Odmični drogovi.....	19

4.12.4 Nihajni vzvodi	19
4.12.5 Ventili	19
4.13 SESALNI RAZDELILNIK IN IZPUŠNI ZBIRALNIK	20
4.14 SISTEM ZA DOVOD GORIVA PRI DIZELSKIH MOTORJIH.....	21
4.15 SISTEM ZA VBRIZG GORIVA.....	21
4.15.1 Visokotlačne črpalke	22
4.15.2 Vbrizg	24
4.16 DOVAJANJE OLJA	25
4.16.1 Oljni filtri	26
4.16.2 Oljni hladilniki	26
4.17 DOVAJANJE ZRAKA	27
4.17.1 Sesalni način delovanja	27
4.17.2 Turbo polnilnik	27
4.17.3 Hladilnik zraka (intercooler, aftercooler)	28
4.17.4 Zračni filtri	28
4.18 IZPUŠNI SISTEM	28
4.19 HLADILNI SISTEM	28
4.19.1 Zračno hlajenje	29
4.19.2 Vodno (tekočinsko) hlajenje motorja	29
4.20 ELEKTRIČNI SISTEM.....	30
5 BILANCA MOČI, IZKORISTEK, PORABA GORIVA IN EMISIJE	31
5.1 MOTORSKE KARAKTERISTIKE	31
5.2 MOČ MOTORJA	31
5.2.1 Vpliv nadmorske višine na motor	31
5.3 NAVOR	32
5.4 PORABA GORIVA.....	34
5.5 GORIVA	36
5.5.1 Cetansko število	36
5.5.2 Biodizel	36
5.6 EMISIJE.....	37
5.7 PRIMERJAVE	38

5.7.1	Primerjava osnovnih značilnosti dizelskega in bencinskega motorja.....	38
5.7.2	Primerjava dvotaktnega in širitaktnega motorja	38
6	ZAKLJUČEK	40
7	VIRI	41
	ZAHVALA	45
	PRILOGE	46

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Lastnosti nekaterih tekočih goriv	37
Preglednica 2: Emisije izpušnih plinov za težka tovorna vozila	37
Preglednica 3: Primerjava dizelskega in bencinskega motorja	38

KAZALO SLIK

Slika 1: Dvotaktni cikel.....	4
Slika 2: Prikaz štiritačnega cikla na štirivaljnim vrstnim motorju	6
Slika 3: Dvotaktni cikel v dizelskem motorju.....	8
Slika 4: Blok motorja	9
Slika 5: Oljno korito.....	10
Slika 6: Tesnilo, ki tesni stik med blokom in glavo motorja.....	11
Slika 7: Glava motorja.....	11
Slika 8: Bat.....	12
Slika 9: Batni obroček s pravokotnim prerezum	12
Slika 10: Različne oblike zgorevalnega prostora	14
Slika 11: Ojnice.....	15
Slika 12: Ročična gred z ležaji.....	16
Slika 13: Krmilje motorja.....	17
Slika 14: Odmikalo na odmični gredi	18
Slika 15: Del krmilja - odmični drog in nihajni vzvod	19
Slika 16: Votli izpušni ventil.....	20
Slika 17: Sistem za dovod goriva in vbrizg v dizelskem motorju.....	25
Slika 18: Turbo polnilnik	27
Slika 19: Diagram moči in navora za motor Deutz TCD 2012 L4 vgrajen v gozdarski zgibnik Woody 110	33
Slika 20: Diagram navora motorja z mehanskim vbrizgom in motorja z vbrizgom s skupnim vodom.	34
Slika 21: Diagram specifične porabe goriva za motorja omenjena na sliki 20	35

KAZALO PRILOG

Priloga A: Fizikalne enote za opisovanje motorjev	46
Priloga B: Tehnični podatki motorjev kmetijskih traktorjev uporabnih v gozdarstvu, gozdarskih zgibnikov in nekaterih drugih strojev	47

1 UVOD

Skozi zgodovino je človek ugotovil potrebo po napravah, ki bi mu olajšale delo, sprva so te naprave poganjali ljudje sami, ali pa so se oprli na pomoč živali, pozneje pa so odkrivali vedno nove načine pogona. Najvišja stopnja teh prizadevanj je motor z notranjim zgorevanjem, ki danes ob pomoči elektromotorja poganja svet. Čeprav se zdi, da je motor z notranjim zgorevanjem že skrajno izpopolnjen, pa temu ni tako. Z vedno novimi gorivi, prihajajo vedno bolj izpopolnjeni motorji. V gozdarski stroki je bilo do sedaj malo objav na temo motorjev delovnih strojev, pa še te so bile omejene zgolj na navajanje tehničnih podatkov v diplomskih nalogah ali člankih, ki preučujejo učinkovitost, določenega stroja. Deloma je to zato, ker je to področje zelo obsežno, pa tudi zato, ker to področje pripada bolj strojnikom kot gozdarjem. Iz dela strojnikov gozdarski strokovnjak težko dobi želene podatke, zato je nastala tudi ta diplomska naloga, za katero upamo, da ponuja celovit in uporaben pregled nad deli in delovanjem motorja.

2 MOTORJI V GOZDARSTVU

V gozdarstvu se uporabljajo praktično vsi tipi motorjev z notranjim izgorevanjem, od najpogostejših bencinskih dvotaktnih, do turbinskih na helikopterjih za spravilo lesa. Zaradi obsega tega področja, se bomo zato v tem delu posvetili predvsem dizelskim motorjem traktorjev. Traktorji namenjeni za gozdarska opravila (vleka, nakladanje, transport lesa in pogon priključkov) so v kolesni ali gosenični izvedbi. Optimalna koncepcija traktorja za pogoje pridobivanja lesa iz naših gozdov je v veliki meri odvisna od pogonskega agregata traktorja (Prebil, 1977). Moč motorjev se giblje od 26 kW/35 KM do 183 kW/250 KM. Pri izbiri traktorskega motorja moramo upoštevati pogoje dela, v katerih motor obratuje, za kakšno rabo bo namenjen, kdo ga bo izdeloval, kakšne so in kakšne naj bi bile možnosti njegove uporabe v gozdu (Prebil, 1977). V kolesni izvedbi so lahko togi ali zgibni, pogon pa imajo na vsa kolesa. Transmisija je lahko mehanska ali hidrostatska, hidrodinamična oz. hidrostatsko-mehanska ali hidrodinamično-mehanska, možna je tudi kombinacija hidrodinamične in hidrostatske (Malmberg, 1989). Standardno imajo vgrajen vitel in prednjo desko, nekateri pa so opremljeni tudi s kleščami za prijem hlodov. Nekateri proizvajalci spremenijo standardno izvedbo traktorja v gozdarsko, tako da vgradijo vitel in desko, kabino zavarujejo z dodatnim jeklenim ogrođjem in varovalnimi jeklenimi mrežami, na kolesa pa namestijo specialno izvedbo verig, namenjenih delu na težkem terenu. Te izvedbe traktorjev so cenejše od specialnih izvedb gozdarskih traktorjev, vendar je tudi njihova življenjska doba krajša v primerjavi s posebnimi izvedbami gozdarskih traktorjev. Gozdarski zgibni traktor je stroj, ki ima izredne sposobnosti, saj je izdelan prav za v gozd. Predvsem ga odlikujejo sposobnost premagovanja naklonov in ovir na tleh, sposobnost vlačjenja velikih bremen, okretnost in stabilnost. To mu omogočajo velika moč motorja, optimalna razporeditev mase traktorja na obe osi, optimalno postavljeno težišče stroja, močni vitli in razmeroma velike dimenzije traktorja. Obstajajo še druge izvedbe gozdarskih traktorjev, npr. posebne izvedbe gozdarskih traktorjev – zgibni polprikoličar - forwarder, ki se od omenjenih zgibnih traktorjev razlikujejo po konstrukciji podvozja, številu osi itn (Jejčič, 2007).

3 VRSTE MOTORJEV IN DELOVANJE

3.1 MOTOR Z NOTRANJIM ZGOREVANJEM

Motor z notranjim zgorevanjem (motor) je toplotni stroj, v katerem se notranja energija goriva pretvarja v mehansko energijo (delo). Značilno zanj je, da gorivo zgori v delovnem prostoru motorja, največkrat je to prostor valjaste oblike (valj motorja). Delovanje motorja vedno poteka v več korakih, *taktih*. Plinski delovni krožni proces, ki je temelj delovanja motorja, obsega zaporedje: stiskanje delovne snovi, segrevanje (tu: zgorevanje), raztegovanje (ekspanzija) delovne snovi in končno, vračanje delovne snovi na izhodiščno stanje. Delovna snov je v vseh vsakdanjih primerih zrak s primešanim gorivom (Chollet, 1979). Pri motorju z notranjim izgorevanjem se prvi trije procesi opravijo v stroju, zadnji pa je namišljeni proces ohlajanja delovne snovi, ki se opravi v atmosferi. Kot toplotni stroj motor sprejema toploto, ki nastane z zgorevanjem, odpadno toploto pa oddaja v okolico z izpuhom dimnih plinov. Koristni del krožnega procesa je zgorevanje goriva v zraku v delovnem prostoru stroja. Sproščena toplotna energija povzroči močan porast tlaka in temperature. Zaradi nastale tlačne razlike med delovnim prostorom in okolico se bat v valju začne premikati in opravljati mehansko delo. To je delovni takt. Za nepretrgano delovanje motorja je potrebno opraviti tudi zamenjavo zraka. Večji učinek dosežemo s stiskanjem zraka pred zgorevanjem (turbina). Temperature delovne snovi so višje, kot temperature stene valja. Kljub visokim temperaturam in visokim tlakom so trdnostni problemi pri motorjih z notranjim zgorevanjem manjši, kot pri toplotnih turbinskih strojih, saj je mogoče stene valjev hladiti z vodo ali z okoliškim zrakom. Višje temperature delovne snovi pa pomenijo boljši izkoristek.

Glede na način dovajanja goriva v valj ločimo:

- Ottov motor, pri katerem se gorivo umeša v zrak pred vstopom v valj v uplinjaču,
- Dieselski motor, (tudi: dizelski motor), pri katerem se gorivo vbrizgava neposredno v valj.

Možna je tudi kombinacija, da se del goriva, na primer plin, meša pred vstopom v valj, kasneje pa se v valj vbrizga dodatno gorivo.

Zahteve za lastnost goriva so pri Ottovem, običajno bencinskem motorju in pri dizelskem motorju zelo različne. Za Ottov motor mora biti odporno proti samovžigu (visoko oktansko število), motor pa mora imeti tudi manjše kompresijsko razmerje. Zgorevanje sproži električna iskra na svečki. Zahteve pri dizelskem motorju so manj stroge, zato dizelski motorji v sili lahko uporabljajo zelo različna goriva. Dizelski motor računa na samovžig goriva vbrizganega v valj, zato mora imeti višje kompresijsko razmerje (Bohner in sod., 1999).

Pri teoretični obravnavi dovoda toplote v proces se motorji z notranjim zgorevanjem delijo v tri glavne vrste:

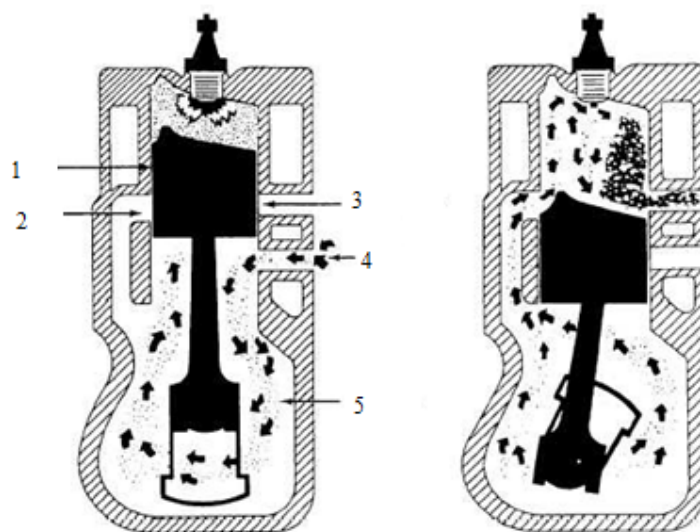
- izohorni dovod toplote, (Ottov motor),
- izobarni dovod toplote, (dizelski motor),
- kombinirani izohorno-izobarni dovod toplote, motor z užarjeno glavo

Glede na izmenjavo zraka in dimnih plinov: dvo- in štiritačni motorji

3.2 DVOTAKTNI OTTOV MOTOR

Dvotaktni realni Ottov krožni proces se prične v spodnji mrtvi legi in zahteva samo en poln vrtljaj ročične gredi ter omogoča po en vžig pri vsaki zgornji mrtvi legi. Sveži plini so stisnjeni že prej (v karterju). Vstop in izstop plinov omogočajo kanali, ki so v steni valja. Cilj take konstrukcije je bil narediti motor, ki bi imel čim enostavnejše delovanje, vendar se takšen motor danes uporablja le še za motorna kolesa in manjše poljedelske stroje ter za izvenkrmne motorje vodnih plovil ter seveda za motorne žage. Razlog je predvsem v večjem onesnaženju okolja, zato so nekatere države že prepovedale proizvodnjo novih motorjev tega tipa (Francija). V tem motorju opravimo proces v dveh gibih bata, kar je izvedljivo le, če izkoristimo prostor nad in pod batom. Pri tem se pojavlja istočasno več preobrazb (Chollet, 1979).

1. V prvem taktu se v nadbatnem prostoru najprej konča - že od konca prejšnjega takta potekajoč - hkratni proces izpuha in dovoda sveže mešanice, nakar poteka kompresija, ki jo tik prek koncem spremlja začetek zgorevanja.
2. V drugem taktu se najprej to zgorevanje konča, sledi ekspanzija, proti koncu procesa pa potekata že omenjen izpuh in dovod.

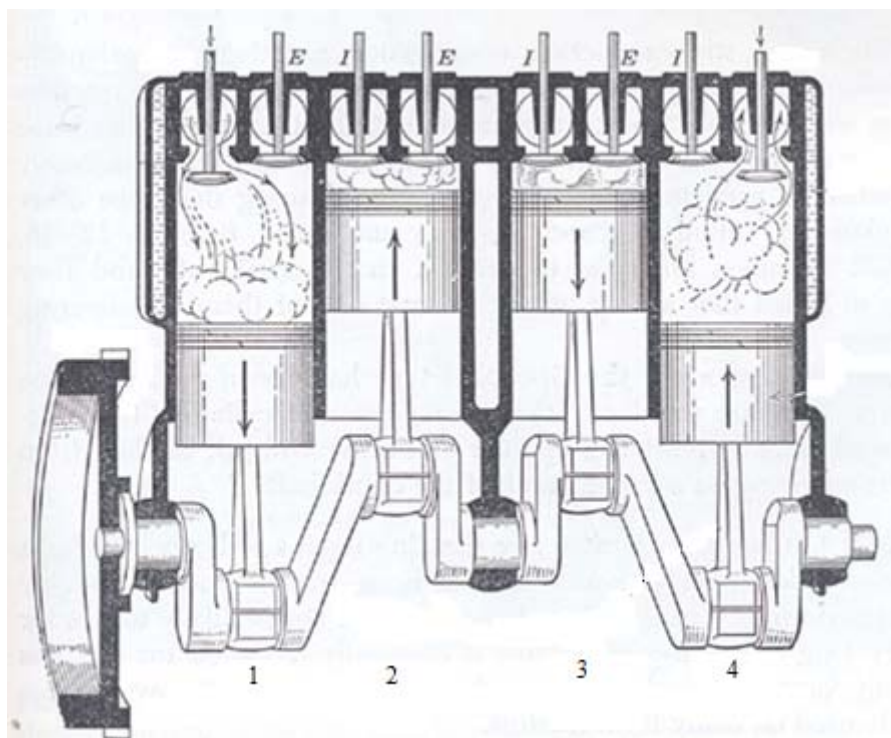


Slika 1: Dvotaktni cikel: 1 – bat, 2 – vstop v zgorevalni prostor, 3 - izpuh, 4 – dovod mešanice, 5 - karter (Tpub, 2010)

Sveža mešanica se ne dovaja direktno v nadbatni prostor. Dvotaktni motor svežo mešanico najprej vsesa v podbatni karterski prostor, nakar jo komprimira in z nadtlakom odvede v nadbatni prostor. Dvotaktni motor nima krmilnega mehanizma, saj bat sam opravi nalogo odpiranja in zapiranja kanalov (Bohner in sod., 1999). Pri dvotaktnem motorju se rahlo razlikuje tudi mešanica in sicer zato, ker ji dodajamo olje za mazanje v količini povprečno 3%. To olje maže gibajoče dele motorja, kar je seveda precej slabše kot pri štiritaktnem motorju, zato je potrebna tudi drugačna konstrukcija ležajev, pri katerih drsne zamenjujejo kotalni ležaji (Chollet, 1979).

3.3 ŠTIRITAKTNI OTTOV MOTOR

- 1. takt - *sesanje*. Bat, ki stoji v zgornji mrtvi točki se pomakne navzdol. Medtem se odpre vhodni ventil in bat vsesa v valj zrak ali mešanico goriva in zraka. Ko bat prispe v spodnjo mrtvo točko, se vhodni ventil zapre.
- 2. takt - *stiskanje*. Bat se premakne navzgor in v zaprtem valju stisne prisoten plin (glej kompresija, zgoščevalno razmerje). Ko se, pri Ottovem motorju z uplinjačem ali neposrednim vbrizgom bencina, svečka sproži iskro. Pri motorjih z neposrednim vbrizgom goriva, črpalka tik pred vrnitvijo bata k zgornji mrtvi točki, vbrizga v valj bencin. Slednje velja tudi pri dieselskih motorjih. Bat s premikom navzgor mešanico zraka in goriva zgosti, zato v njem tlak do vžiga narašča.
- 3. takt - *delo*. Svečkina iskra stisnjeno mešanico goriva in zraka vžge. Ker se pri zgorevanju plin razširja, potisne bat ponovno navzdol. Bat pri tem opravi mehansko delo.
- 4. takt - *izločanje*. Ko bat prispe na spodnjo mrtvo točko, se odpre izhodni ventil. Bat med pomikanjem proti zgornji mrtvi točki iztisne izpušne pline. Na koncu tega takta se pojavi navzkrižno delovanje ventilov. Preden bat prispe do zgornje mrtve točke, se že ponovno odpre vhodni ventil za pritok zraka, potrebnega za nov krog delovanja motorja. Pri tem se lahko pojavi podtlak, zaradi katerega mešanica ali vsesan zrak pritisne na bat v nasprotni smeri batnega premika. Predhodno odpiranje vhodnega ventila bi naj omogočilo dotok čim več svežega zraka ali mešanice goriva in zraka. Takoj zatem, ko bat prispe do zgornje mrtve točke, se izhodni ventil zapre (Chollet, 1979).



Slika 2: Prikaz štiriktaktnega cikla na štirivaljnem vrstnem motorju: 1 – sesanje, 2 – stiskanje, 3 – delo, 4 – izpuh, I – dovod, E – odvod (Makinemekanik, 2010)

3.4 DIESEL (DIZEL)

Dizel nima svečk za vžig goriva, za gorivo pa danes najpogosteje uporablja plinsko olje. Vžig v dizlu povzroči visoka temperatura, na katero se ogreje močno stisnjen zrak v valjih (Chollet, 1979). Visoka kompresija namreč ustvari temperature, ki so višje od vžigalne temperature plinskega olja.

Plinsko olje ne pride v valj pomešano z zrakom, marveč ga pod visokim pritiskom vbrizgava v valj posebna šoba. Ob dotiku z vročim zrakom se plinsko olje vžge. Vsaka šoba vbrizga v valj natančno odmerjeno količino goriva, ki ga dovaja od motorja gnana visokotlačna črpalka. Količino vbrizganega goriva in s tem tudi moč motorja v določenem trenutku uravnava voznik s pedalom (Jejčič, 2007).

Medtem, ko je pri običajnem bencinskem motorju kompresijsko razmerje do 9: 1, je pri dizlih možno stisniti zrak, ki je brez goriva, do 22:1 in več. Visoko kompresijsko razmerje je potrebno že zato, da se v valjih stisnjeni zrak ogreje za samodejni vžig goriva, na drugi strani pa je termodinamski delovni krožni proces ugodnejši (Bohner in sod., 1999). Zgorevalni prostor je v dizlu manjši kot v bencinskem motorju z enako gibno prostornino, vendar doseže zaradi velike kompresije boljše izkoristke.

Za vbrizgavanje goriva skrbi črpalka. Šobe (v vsakem valju je ena) vbrizgavajo v pravem trenutku pravo količino goriva po vrstnem redu vžigov v valjih. Razdeljevanje in

vbrizganje goriva po valjih je bilo prvotno uravnavano z mehansko napravo - razvodnikom goriva (Bohner in sod., 1999). Pri novih motorjih vbrizganje goriva vodi elektronika. Ugodnejše delovanje se da doseči s postopnim vbrizganjem goriva; elektronika (računalnik vžiga) pa uravnava čas, količino in razpored delnih vbrizganj goriva v valj.

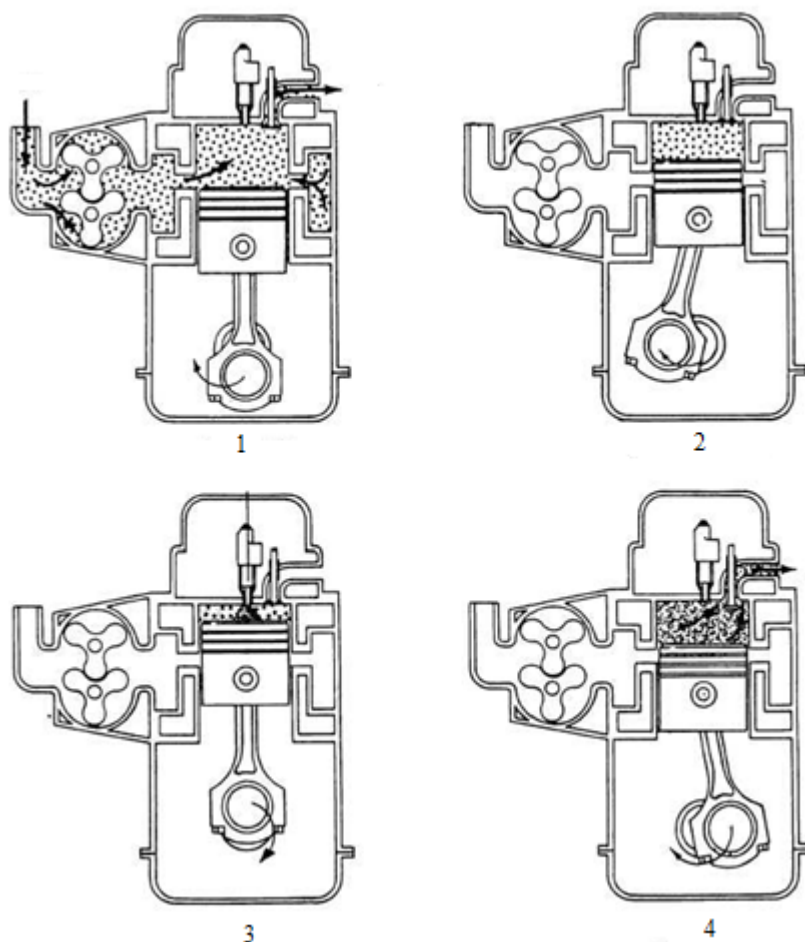
Dizli so po osnovnem delovanju podobno kot ostali motorji z notranjim zgorevanjem dveh vrst: dvotaktni in štiritačni. Manjši motorji so skoraj izključno štiritačni. Dvotaktni so nekateri večji, počasi tekoči motorji, na primer starejši tipi motorjev, ki jih je vgrajeval Timberjack. Skupna značilnost je samovžig goriva, ki ga visokotlačna črpalka vbrizga skozi šobo v stisnjen vroč zrak v trenutku, ko je zrak v valju motorja najbolj stisnjen. Razlikujeta pa se dvotaktni in štiritačni motor po načinu dotoka svežega zraka in odstranjevanja dimnih plinov iz valja. Dvotaktni motorji so zelo enostavni in zaradi majhnega števila delov tudi zelo zanesljivi, kar je ključno za uporabo na primer na ladjah. Dvotaktni batni motor ne potrebuje ventilov. Ker je pri vsakem obratu en delovni takt; pri štiritačnem motorju pa je delovni takt le vsak drugi obrat, je moč dvotaktnega motorja za enako velikost teoretično dvakrat večja. Pomanjkljivost je v tem, da se zrak in izpušni plini nekoliko mešajo (Chollet, 1979). Zaradi ostanka dimnih plinov v valju se možna količina goriva, ki zgori v vsakem delovnem taktu, zmanjša. Zaradi tega moč dvotaktnega motorja ni natanko dvakrat večja kot pri enako velikem štiritačnem motorju.

Štirje takti v dizlu:

1. sesalni takt: izpušni ventil je zaprt. Skozi odprti sesalni ventil vsesa bat v valj zrak. Sesalni ventil se zapre.
2. kompresijski takt: oba ventila sta zaprta. Bat se pomika navzgor in stiska vsesani zrak v zgorevalni prostor. Tik pred zgornjo mrtvo točko brizgne šoba v zgorevalni prostor gorivo, ki se v razgretim zraku uplini.
3. delovni takt: zmes se vžge. Plini se širijo in potiskajo bat navzdol.
4. izpušni takt: bat se od spodnje mrtve točke pomika navzgor in potiska ostanke zgorevanja skozi izpušni ventil v izpušno cev.

Pri enostavnem dvotaktnem dizelskem motorju sta dve odprtini in brez ventilov. Skozi vstopno odprtino doteka svež zrak, skozi izstopno pa izpušni plini.

1. Prvi takt: Med dvigovanjem bata se najprej konča izmenjava delovne snovi, ki je potekala že v zadnjem delu prejšnjega takta: izpuh in sočasen dovod svežega zraka. Nato odprtini zapremo in začne se kompresija. Ko se zrak stisne s kompresijskim razmerjem 12 do 16, je dovolj vroč, da se vbrizgano gorivo zaradi visoke temperature vžge.
2. Drugi takt: Začne se delovni gib, tlačne sile potiskajo bat navzdol. Poteka ekspanzija. Proti koncu takta se vstopna in izstopna odprtina zopet odpreta in začne se že omenjena izmenjava delovne snovi.



**Slika 3: Dvotaktni cikel v dizelskem motorju: 1, 2 – sesanje in stiskanje, 3,4 – delo in izpuh
(Tpub 2010)**

Gradnja dizelskega motorja se od bencinskega razlikuje že zaradi tega, ker imata različen delovni proces. Dizelski motor mora biti zaradi večjih obremenitev in višjega kompresijskega razmerja (visok kompresijski tlak, večji najvišji zgorevalni tlak in višje temperature) izdelan močnejše od bencinskega. Zaradi tega je motor tudi težji (Bohner in sod., 1999).

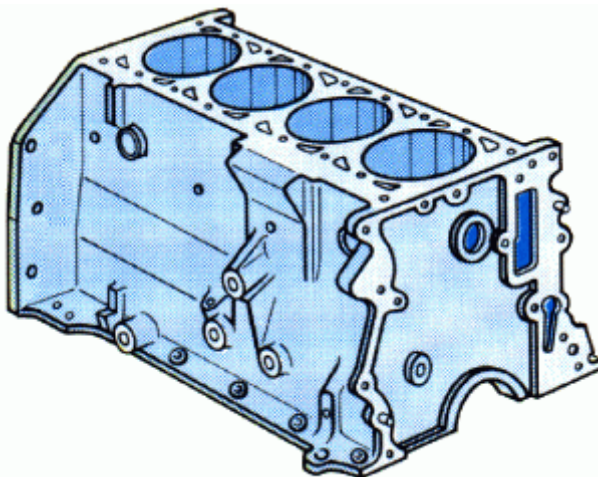
4 DELI MOTORJA

4.1 BLOK MOTORJA S KARTERJEM IN OLJNIM KORITOM

Blok motorja je nosilna enota motorja, v katerem se odvija proces. Ker nase sprejema nastale obremenitve tlaka in temperature, mora biti zgrajen dovolj togo. Konstrukcijsko je izveden z enim ulitkom, zato takšno izvedbo imenujemo monoblok. Konstrukcija monobloka ima sledeče prednosti in slabosti:

- poveča se trdnost ustroja motorja, saj nastopajo velike tlačne in temperaturne obremenitve, pri čemer moramo ohraniti relativne pozicijske odnose med sestavnimi deli,
- potrebnih je manj obdelovalnih postopkov,
- poenostavljeno je sestavljanje motorja,
- pri poškodbah je potrebno zamenjati cel blok,
- zelo težko je doseči ustrezno strukturo drsne steze.

Da trdnost motorja še povečamo, imamo v enem samem ulitku lahko skupaj z valji, še karter, kar sicer poveča težo motorja, zmanjša pa obdelavo in montažo. Zaradi združitve teh dveh delov mora biti seveda glava motorja ločena, kar pa lahko poveča težave pri tesnenju.



Slika 4: Blok motorja (Bohner in sod. 1999)

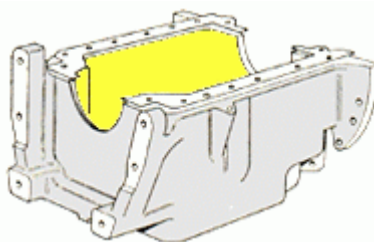
Konstrukcija bloka mora biti zelo trdna, material zanj pa mora zagotavljati veliko odpornost proti obrabi, imeti mora dobre drsne lastnosti, hkrati pa mora zagotoviti dobro toplotno prevodnost ob minimalnih temperaturnih raztezkih. Komplicirana oblika bloka narekuje izdelavo z litjem, zato ga običajno izdelujemo iz sive litine, pa tudi iz aluminijeve zlitine. V prečnih nosilnih rebrih karterskega dela monobloka so nameščeni ležaji ročične

gredi. Ohišja teh ležajev so deljena čez polovico, da se olajša montaža ročične gredi. Tudi obdelava monobloka je poenostavljena s tem, da je njegova spodnja površina v isti ravnini, kot sredina ležajev ročične gredi (ZRSSS, 2009).

Glede na način hlajenja ločimo vodno in zračno hlajene valje. Pri vodno hlajenih ima monoblok izdelane pretočne kanale za vodo. Pri zračno hlajenih motorjih je blok izdelan z zunanjimi rebri, zato so običajno valji med seboj ločeni, da lahko povečamo površino reber, ki odvajajo toploto okoliškemu zraku. Ker je valj najbolj podvržen obrabi, mora biti iz sorazmerno trdega gradiva. Običajno uporabljamo lito železo, ki ima primerno trdoto in ga je možno ulivati v raznih oblikah. Ker lamelni grafit daje litemu železu dobre drsne lastnosti in odpornost proti obrabi, je valj lahko kar litoželezen, torej kot votlina v monobloku (ZRSSS, 2009). Kadar pa izdelujemo blok iz aluminijevih zlitin, pa je treba vstaviti v valjevo odprtino pušo iz trdega materiala. Zanj o običajno uporabljamo kakovostno lito železo, ki ima drobnnozrnato strukturo, tako da dobimo trdo in proti obrabi odporno površino, kar poveča življenjsko dobo.

Stene motornega bloka imajo običajno debelino med 4 in 8 mm. Zaradi zelo komplicirane oblike se te stene ne strjujejo enakomerno, zato ostanejo v njih, po litju, znatne notranje napetosti, ki se ne porazgubijo do konca življenjske dobe motorja. Zato je zelo nevarno, če je blok podvržen hitrim spremembam temperature. To je posebej nevarno, če npr. dolijemo hladno vodo v pregret motor, saj pri tem rade nastanejo nevarne razpoke (ZRSSS, 2009).

Karter zapiramo s spodnje strani s pokrovom, ki služi hkrati tudi kot zbiralnik olja. Ta pokrov je pritrjen z vijaki in maticami in je običajno izdelan iz stisnjene jeklene pločevine ali ulit iz aluminijeve zlitine. Zatesnjen je s tesnilom iz plutovine. Lahko pa je stična površina pokrova obdelana posebej tako, da je primerna za uporabo tesnilne paste (hermetik).



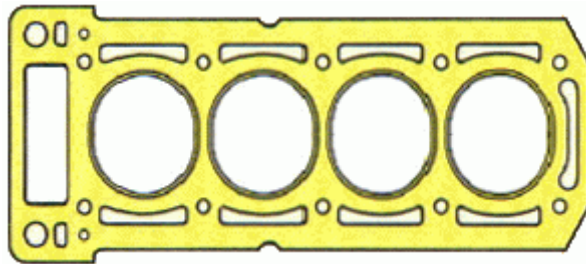
Slika 5: Oljno korito (ZRSSS, 2009)

4.2 TESNILO

Dobro delovanje motorja zahteva tudi dobro tesnjenje tistih stičnih površin, pri katerih bi se lahko zgubljala kompresija, ali odtekalo mazalno olje, ali hladilna tekočina, skratka spremenljivi pogoji delovanja zahtevajo kvalitetno tesnjenje. V ta namen tesnimo med glavo in blokom, med blokom in oljnim koritom, med blokom in izpušnimi ter sesalnimi

kolektorji itd. Pri tem uporabljamo tesnila, ki morajo izpolnjevati sledeče naloge (ZRSSS, 2009):

- tesniti stične ploskve, ki imajo določeno hrapavost,
- prenesti morajo velike temperaturne, tlačne in kemične obremenitve,
- nuditi čim večjo prilagodljivost elastičnim spremembam.

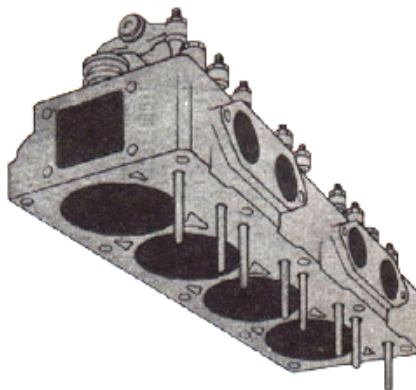


Slika 6: Tesnilo, ki tesni stik med blokom in glavo motorja (Zrsss, 2009)

4.3 GLAVA MOTORJA

Glava motorja je pritrjena na zgornjem delu valja in ga zapira, obenem pa definira kompresijski prostor. V glavi so nameščena ležišča za svečke in za vodila ventilov, kanali za vstop in izstop plinov ter ležaji za nihalne vzvode in odmično gred. Izdelana je običajno za vse valje v enem kosu. Glava mora prenesti visok zgorevalni tlak in temperaturo, zato jo izdelujemo iz sive litine ali aluminijevih zlitin, pri čemer moramo paziti, da omogočimo dobro hlajenje. V ta namen glavo motorja hladimo s tekočino ali zrakom. Pri tekočinskem hlajenju ima glava pretočne kanale speljane po celotni glavi. Pri zračnem hlajenju pa ima glava veliko reber in je iz aluminijeve zlitine, da dobro prevaja toploto.

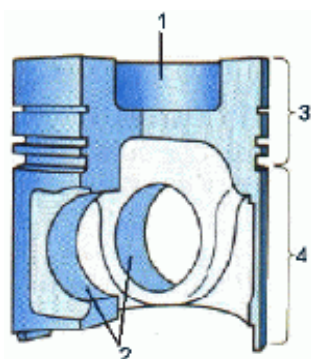
Glava je pritrjena s stojnimi vijaki in maticami iz jekla, ki jih zategujemo postopoma in izmenjaje po položaju. Moment za pritegovanje mora biti dovolj velik, da tesnilo ne pušča, vendar moramo pri tem paziti, da se deli ne deformirajo ali celo počijo.



Slika 7: Glava motorja (ZRSSS, 2009)

4.5 BAT

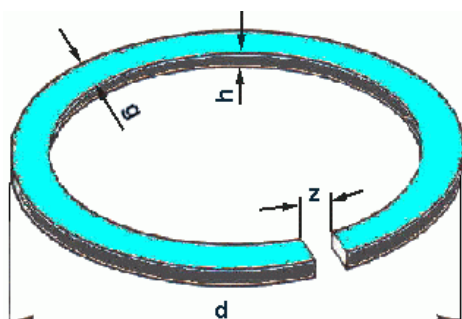
Bati so najbolj izpostavljeni deli motorjev, saj na njih deluje neposredno tlačna sila, ki je posledica indikatorskega tlaka. Ta sila deluje v smeri osi valja in obremenjuje pesto batnega sornika in s tem batni sornik (ZRSSS, 2009). Pri bencinskih motorjih na čelo bata deluje zgorevalni tlak do 60 bar, kar na batu premera 80 mm povzroča batno silo približno 30 kN (Bohner in sod., 1999). Bat prenaša tudi bočne sile, zaradi lege ojnice, glede na srednjico valja, zato mora bat imeti primerno površino (plašč bata), ki prenaša te bočne sile na valj (ZRSSS, 2009). Na plašč bata deluje bočna tlačna obremenitev do $0,8 \text{ N/mm}^2$, tako da znaša površinski tlak batnega sornika na pesto (oko - malo glavo) do 60 N/mm^2 (Bohner in sod., 1999). Izdelani so iz aluminijeve zlitine, jekla ali litine za kovanje (Chollet, 1979).



Slika 8: Bat; 1- zgorevalna vdolbina, 2- pesto za batni sornik, 3- pas za batne obročke, 4- plašč bata (Bohner in sod., 1999)

4.6 BATNI OBROČKI

Ker se zaradi segrevanja bati raztezajo, morajo imeti manjši premer kot valj. Razlika ustvarja režo, ki jo moramo tesniti, sicer bi iz zgorevalnega prostora, v karter prišla delovna snov, pa tudi mazalno olje bi vdiralo nad bat in pri tem zgorevalo. Da to preprečimo, vgrajujemo v utore na batu batne obročke.



Slika 9: Batni obroček s pravokotnim prerezom; d – premer obročka, z – reža, h – višina, g – debelina. (ZRSSS, 2009)

Batni obročki so po svoji osnovni obliki kolobarjaste oblike s pravokotnim prerezom. Na eni strani imajo zarezo, da jih lahko vstavimo v utore na batu. Imenski premer obročka odgovarja premeru valja; v sproščenem stanju je nekoliko večji, ko pa je v valju, prevzame njegove notranje mere, pri čemer se mu reža zmanjša na vrednost okoli 0,3 mm. To imenujemo *delovna reža*, ki mora zagotavljati, da se med obratovanjem konca obročka ne moreta stakniti. Stranska zračnost pa znaša približno 0,03 mm (ZRSSS, 2009). Debelina obročka mora biti nekoliko manjša od širine utora na batu, da se lahko prosto giblje, saj sicer obstaja nevarnost, da se zapeče. Tudi globina obročka je nekoliko manjša od globine utora na batu, tako da se bočne sile ne prenašajo preko njih, ampak preko drsne površine plašča. Obročki se izdelujejo iz litega železa, pri posebej obremenjenih obročkih pa je osnovnemu gradivu dodan grafit ali pa jih izdelujejo iz visoko legiranega jekla. Za izboljšavo drsnih lastnosti, predvsem pri utekanju, obročke prevlečejo s fosfatnimi ali kositrnimi plastmi. Pri najbolj obremenjenem zgornjem obročku, se uporablja galvansko trdo kromanje za zaščito pred korozijo in obrabo. V novejših izvedbah obročkov se na drsno plast nanaša molibdenska plast. Za doseg potrebne elastičnosti jih toplotno obdelamo (ZRSSS, 2009). Batni obročki pritiskajo, s svojo elastičnostjo, na steno valja in s tem omogočajo tesnenje, hkrati pa posnemajo mazalno olje in prenašajo toploto z bata na valj. Zaradi tega razlikujemo dve vrsti obročkov:

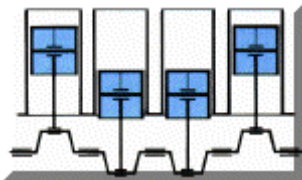
- kompresijski ali tesnilni obročki,
- oljni obročki.

4.7 RAZPORED VALJEV IN OBLIKE ZGOREVALNE KOMORE

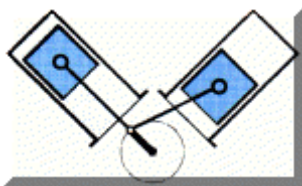
Poznamo več različnih razporeditev valjev:

W razporeditev, H razporeditev, U razporeditev, X razporeditev, nasprotna razporeditev, delta razporeditev, VR razporeditev, radialna razporeditev. Klub vsem tem oblikam razporeditve valjev se na gozdarskih traktorjih uporabljajo izključno vrstni motorji.

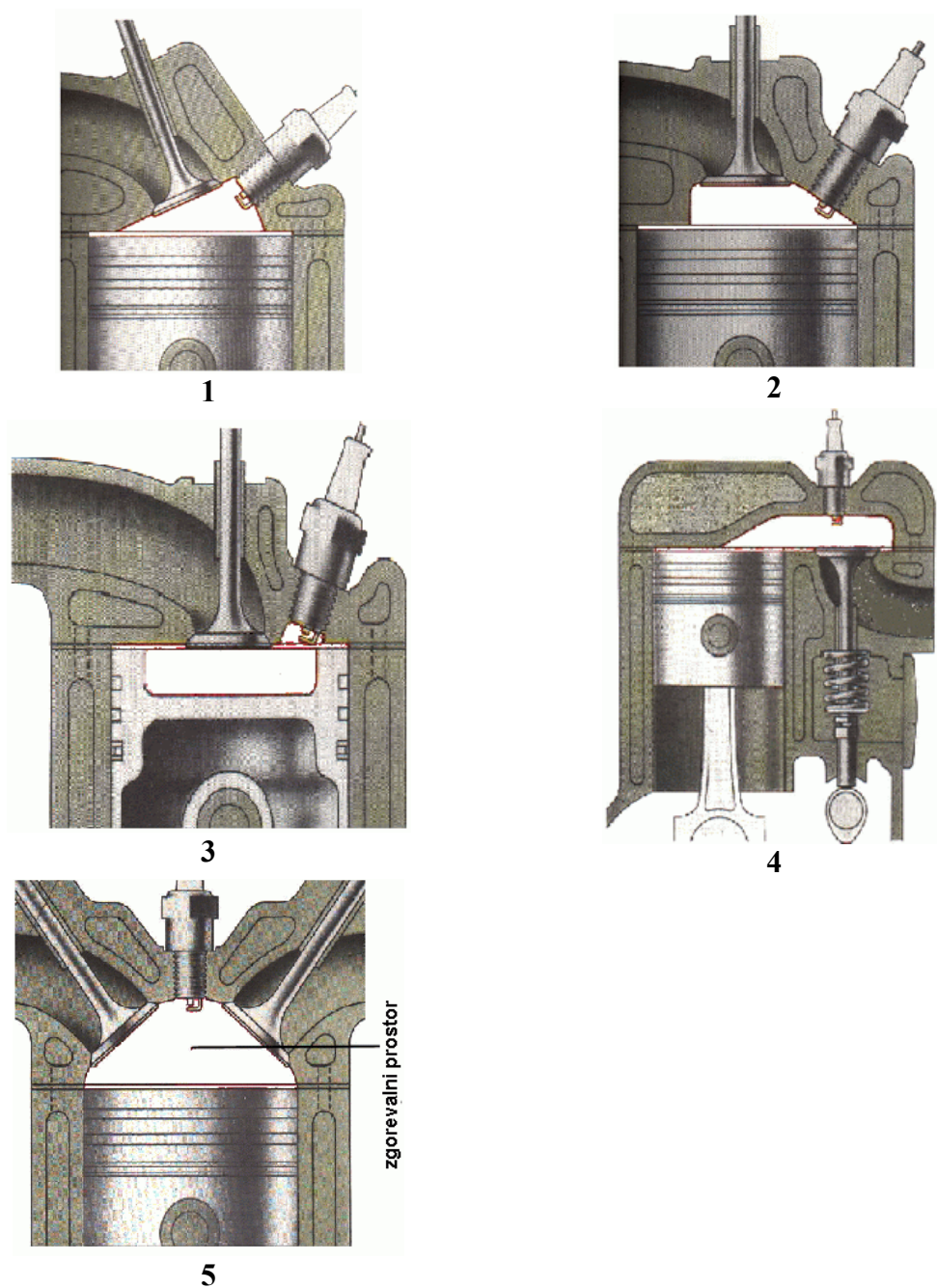
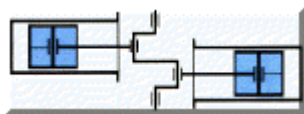
Vrstni motorji: valji stojijo v vrsti (Bohner in sod., 1999)



V – motorji: valji so nameščeni v obliki črke V



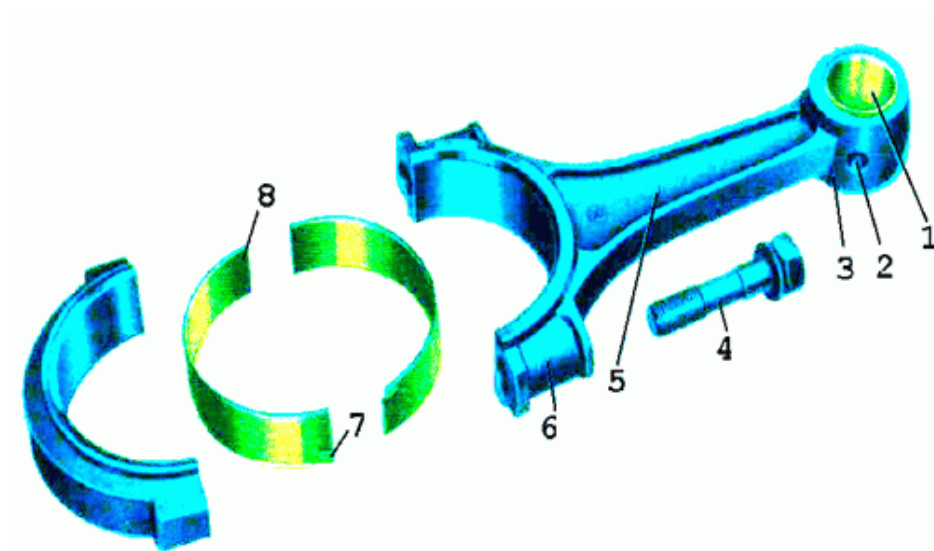
Bokser motorji: valji so nasprotno ležeči



Slika 10: Različne oblike zgorevalnega prostora: 1 – klinasti, 2 – kad, 3 – v batu (najpogosteje pri traktorskih dizlih), 4 – zamaknjeni, 5 – polkrožni (hemisferični) (Zrsss, 2009)

4.8 OJNICA

Ojnica služi za povezavo med batom in ročično gredjo. Pri tem mora prenašati tlačno silo od bata na ročično gred in na njej ustvarjati vrtilni moment, tako da pretvori premočrtno gibanja v vrtilno. Zaradi tega se v vzdolžni smeri ojnice pojavljajo velike tlačne sile, ki so posledica tlaka plina, hkrati pa velike sile pospeška, kot posledica sprememb hitrosti in smeri bata. Te ustvarjajo natezne in tlačne obremenitve, hkrati pa nihanje stebila ojnice, okoli osi batnega sornika, povzroča njeno upogibanje. Predvsem pri daljših ojnica nastopa tudi uklon. Ojnica je običajno izdelana iz legiranega jekla in kovana v utopih. Prerez stebila je v obliki I-profila, da se ojnici poveča odpornost proti uklonu, zmanjša pa se tudi teža. Nekatere ojnice so tudi iz aluminijevih zlitin.



Slika 11: Ojnica; 1 - ležajna puša, 2 - oljna izvrtina, 3 - mala glava, 4 - netezni vijak, 5 - ojnično steblo, 6 - velika glava, 7 - varovalno nosilo, 8 - ležajna blazinica (Bohner in sod., 1999)

Zgornji konec ojnice imenujemo mala glava, saj mora biti prilagojena prostoru v notranjosti bata. Spodnji del ojnice imenujemo velika glava. Z njo oklepamo ročično gred. Nanjo jo pritrdimo z vijaki (ZRSSS, 2009). Drsna ležaja sta iz posebnih litin, ki omogočajo lažje drsenje in majhno obrabo.

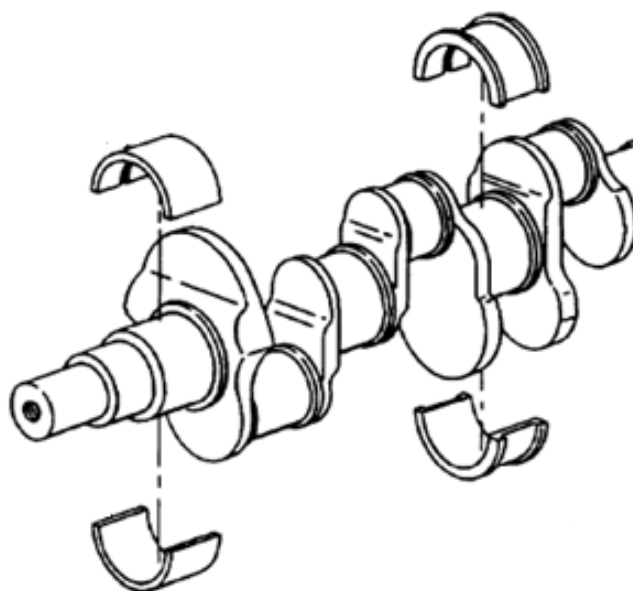
4.9 BATNI SORNIK

Batni sornik služi za povezavo med batom in ojnico. Ker je to element hitrega gibanja, mora imeti čim manjšo maso, sicer pride do prevelikih pospeškov mase. Kljub vsemu pa imamo sunkovito in spreminjajočo obremenitev, zato mora sornik imeti veliko trdnost in žilavost. Običajno jih izdelujemo iz visokokvalitetnega jekla z dodatkom niklja (do 4% Ni), kar mu poveča žilavost. Končno jih kalimo in brusimo, da dobimo zadostno trdnost. Ker so, med sornikom in ležiščem pesta, zračnosti zelo majhne, pa tudi ker je mazanje

oteženo, površino sornika še pred brušenjem nitriramo. Od montaže sornika je odvisna njegova zračnost. Kadar želimo, da sornik v batu miruje, uporabimo negativno zračnost ali trdi prileg. V takem primeru je premer sornika večji za približno 0,002 do 0,005 mm, tako da moramo bat, pred montažo s sornikom, rahlo segreti (ZRSSS, 2009).

4.10 ROČIČNA GRED

Ročična gred je del motorja, ki prenaša linearno gibanje v vrtenje, to velja za običajne motorje z linearnim pomikom bata in ne za wanklove motorje z vrtečim batom. Da je to izvedljivo, mora ročična gred imeti ekscentrična ležišča, kamor so pritrjeni bati preko velike glave ojnice. Moderne ročične gredi so pogosto v lite iz posebne litine, ki je zlitina z dodatki bakra, silicija, kroma in mangana (Chollet, 1979). Da bi se zmanjšal utripni učinek cikla štirih taktov, je povezana z vztrajnikom, ali pa je ta vgrajen nanjo. Za preprečevanje torzijskih vibracij, do katerih prihaja pri dolgih gredeh zaradi elastičnosti materiala, je v nekaterih primerih povezana z blažilcem. Med delom se ročična gred razteza drugače kot karter. Zaradi tega mora imeti možnost, da se razteza v vzdolžni smeri v svojih ležajih in to predvsem pri motorjih z večjim številom obratov (Chollet, 1979). Ročično gred maže olje, ki ga oljna črpalka prek oljnih kanalov skoz oljne izvrtine dovaja v ležaje. Ležajne blazinice ročične gredi imajo največkrat izdelan utor z dodatno oljno izvrtino, po kateri teče olje prek oljnega kanala do ojničnih ležajev, včasih pa tudi do batnega sornika (Bohner in sod., 1999).



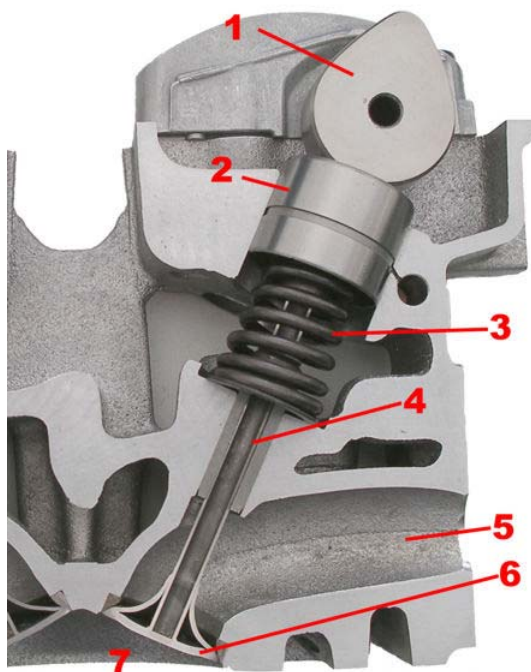
Slika 12: Ročična gred z ležaji (Sweethaven, 2010)

4.11 VZTRAJNIK

Energijo sprejema in jo oddaja. Med delovanjem motorja vztrajnik s svojo maso premaguje mrtve lege in nedelovne gibe in izravnava vrtilno frekvenco. Vztrajnik je izdelan iz sive ali jeklene litine (Chollet, 1979). Na vztrajnikovem obodu je s toplotnim postopkom nataknen zobati venec za vžig motorja. Lahko je nasajen kot obroč ali pa je izdelan v enem z vztrajnikom. Na vztrajnik je nameščena tudi sklopka, ki prenaša vrtilni moment motorja na menjalnik (Bohner in sod., 1999).

4.12 KRMILJE MOTORJA

S tem pojmom označujemo elemente motorja, ki uravnavajo dovod goriva v zgorevalni prostor in odvajanje ostankov zgorevanja iz njega.



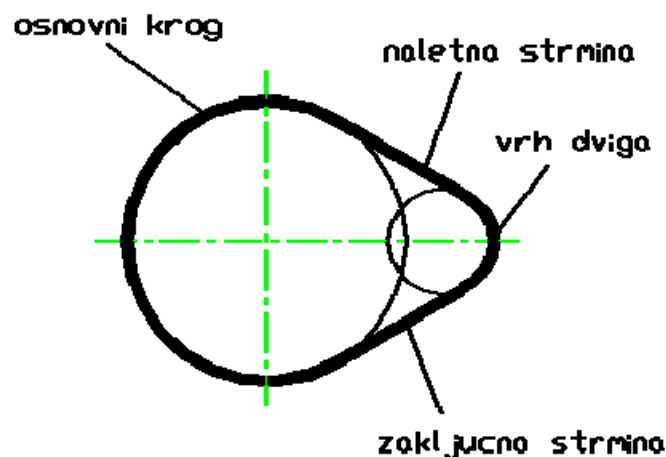
Slika 13: Krmilje motorja; 1 - odmikalo, 2 - dročnik, 3 - vzmet, 4 - steblo ventila, 5 - izpušni kanal, 6 - krožnik ventila, 7- zgorevalni prostor (Italia oldtimer, 2010)

4.12.1 Odmična gred

Odmična gred skrbi za pravočasno odpiranje in zapiranje ventilov in to v pravem zaporedju glede na zaporedje vžiga motorja. Na odmični gredi razlikujemo:

- ležajne čepe,
- odmikala,
- del za pogon črpalke za gorivo,
- zobnik za oljno črpalko in razdelilnik.

Odmična gred je ulita iz litine z grafitnimi zrnci ali iz črne temprane litine, ali pa je kovana iz jekla, ter ustrezno površinsko obdelana (Bohner in sod., 1999). Tekalne površine odmikal so kaljene. Montira se jo v ležaje, ki so v motorni glavi ali v bloku motorja.



Slika 14: Odmikalo na odmični gredi (ZRSSS, 2009)

Posebno važna je oblika odmikal, saj je od njih odvisno pravočasno premikanje ventilov. Trenutek odpiranja ventila se določi s položajem odmikala na odmični gredi, medtem ko oblika odmikala določa trajanje odprtosti. Običajno je odmikalo narejeno tako, da dročnik miruje, dokler je v stiku z osnovnim krogom odmikala in se začne dvigati, ko pride v stik z naletno strmino. Najbolj je odmaknjen na vrhu odmikala, nato pa se po zaključni strmini začne spuščati. Ker se pri štiritaktnem motorju vsak ventil odpre enkrat na dva vrtljaja ročične gredi, se mora odmična gred vrteti le s polovico teh vrtljajev, kar pomeni, da moramo doseči prestavno razmerje 2:1 (ZRSSS, 2009).

Pogon odmične gredi je izveden večinoma (Bohner in sod., 1999):

- prek zobatih jermenic in zobatega jermena,
- prek verižnih zobnikov in členkaste verige z valjčki,
- redkeje s čelnimi zobniki s poševnim ozobljenjem.

4.12.2 Dročnik

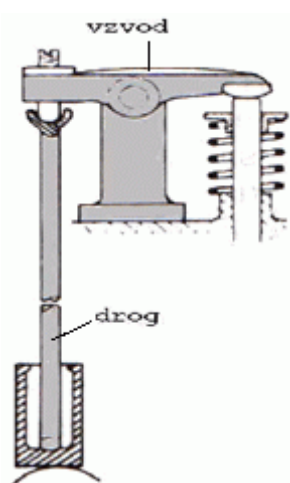
Pri krmiljenju motorja uporabljamo dročnike, ki imajo obliko krožnika, t.j. takšne z ravnim dnom. Njihovo delovanje uravnava odmikač odmične gredi. Svoj gib največkrat neposredno prenašajo na ventil, včasih pa prek odmičnega droga in nihajnega vzvoda. Dročniki so povezani na ventilske vzmeti (kadar prenašajo neposredno) in so vodeni v glavi motorja. Ventilsko steblo zavarujejo pred močnimi stranskimi silami, ki bi nastale pri naletu odmikača na ventilsko steblo. Dročnikova ploskev je tam, kjer naseda odmikač, močno obremenjena, zaradi tega je dročnik izdelan iz trde litine (Bohner in sod., 1999), ter utrjen proti obrabi s posebnimi toplotnimi postopki.

4.12.3 Odmični drogovi

Odmični drogovi služijo za prenašanje gibanja z dročnika na nihalko. Izdelani so iz jeklenih palic ali cevi. Spodnji konci so oblikovani v polkroglo, zgornji pa v polokroglo čašico, v katero sega nastavni vijak nihalko.

4.12.4 Nihajni vzvodi

Nihajni vzvodi pri visečih ventilih imajo obliko dvoramnega vzvoda in prenašajo gibanje z droga na ventil. Vležajeni so preko bronaste puše na os, ki je pritrjena v glavi motorja. Običajno so vzvodi izdelani iz jekla in kovani v utopih ter na drsnih površinah kaljeni in brušeni. Lahko pa so oblikovani s stiskanjem iz jeklene pločevine (ZRSSS, 2009).



Slika 15: Del krmilja - odmični drog in nihajni vzvod (ZRSSS, 2009)

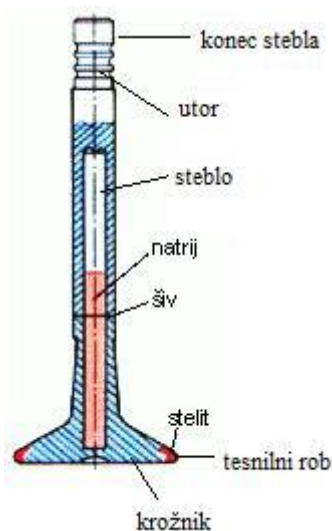
4.12.5 Ventili

Naloga ventilov je odpiranje in zapiranje pretočnih kanalov v določenem času, ki ga določi krožni proces. Pri izvajanju svoje naloge morajo ventili predvsem:

- plinotesno zapreti odprtine, kadar so zaprti,
- omogočiti pretok plinov s čim manjšim uporom, kadar so odprti,
- delovati s čim manjšim trenjem in s čim enostavnejšim mehanizmom.

Vsak valj ima vsaj po en sesalni in en izpušni ventil. Število ventilov je odvisno predvsem od moči motorja. Tako lahko imajo motorji za doseganje večje moči, zaradi potrebne velike polnitve, po dva sesalna ventila na valj, medtem ko je izpušni ventil samo eden, saj visoki tlaki izpušnih plinov zadostujejo za hitro praznjenje valja. Uporablja se tudi 4-ventilska in 5-ventilska tehnika (ZRSSS, 2009). Dimenzije sesalnih in izpušnih ventilov so različne in odvisne od konstrukcije motorja. Če želimo preprečiti neenakomerno ogrevanje in s tem deformiranje ventilske glave, uporabimo napravo za sukanje ventila. Ta je

sestavljena iz ploščatega telesa v katerem so spiralne vzmeti s kroglicami in krožnikasta vzmet. Ta vzmet se, pri odpiranju ventila, zaradi naraščajoče vzmetne sile splošči, tako da pritisne na kroglice in jih prisili v kotaljenje po njihovi poševni progi. Pri tem se tudi vzmet kotali po kroglicah, kar povzroči tudi majhen zasuk ventila (Bohner in sod., 1999). Sesalni ventili so večinoma izdelani iz ene kovine, kromsilicijevega jekla. Obraba je manjša, če so ventilski sedež, steblo, utor za obroček in konec stebela kaljeni. Izpušni ventili so toplotno še posebej obremenjeni, zaradi tega so največkrat izdelani v bimetalni izvedbi (za krožnik in spodnji del stebela uporabimo krommanganovo jeklo). Možnost izpušnih ventilov so tudi votli ventili, napolnjeni z natrijem. Natrij se stopi pri 97°C in ima dobro toplotno prevodnost. S pljuskanjem tekočega natrija se toplota hitreje odvaja s krožnika v steblo, tako da temperatura ventilske glave (krožnika) pade za približno 100°C (Bohner in sod., 1999).



Slika 16: Votli izpušni ventil (Bohner in sod., 1999)

4.13 SESALNI RAZDELILNIK IN IZPUŠNI ZBIRALNIK

Sesalni razdelilnik enakomerno razporedi mešanico, pri motorjih z zunanjo pripravo mešanice, goriva in zraka iz uplinjača, v ventile. Pri motorjih z neposrednim vbrizgom pa je funkcija drugačna.

Izpušni zbiralnik je kanal, v katerem se zbirajo vroči izpušni plini iz vseh valjev. Ker temperatura izpušnih plinov dosega 800°C , so običajno izdelani iz litega železa. Tudi oblikovani morajo biti tako, da omogočajo čim lažji pretok plinov (ZRSSS, 2009).

4.14 SISTEM ZA DOVOD GORIVA PRI DIZELSKIH MOTORJIH

Na dizelskem motorju se uporablja kombinacija dveh pomembnih izumov: dizelski proces, po katerem deluje motor (vžig goriva s stiskanjem zraka z visokim tlakom v valju motorja), in vbrizganje goriva v motor z razprševanjem goriva v drobne kapljice. Prvi Dieslovi motorji so gorivo vbrizgavali tako, da je gorivo prihajalo v zgorevalno komoro s stisnjenim zrakom, ki je razpršil gorivo v drobne kapljice – sistem vbrizga z zračno podporo: podobno načinu delovanja pištole za brizganje barve s stisnjenim zrakom (Jejčič, 2007).

Sistem za vbrizg z zračno podporo je povzročil, da se je gorivo dodatno segrelo, zato se tak sistem imenuje tudi sistem vročega vbrizga. Zaradi velikosti in mase kompresorja za stiskanje zraka dizelskega motorja ni bilo mogoče uporabljati na cestnih vozilih, zato so bile prve izvedbe dizelskih motorjev namenjene za pogon ladij in stacionarnih strojev. Vbrizg goriva z zračno podporo je primeren za motorje, ki imajo nizko vrtilno frekvenco, uporabljajo goriva slabe kakovosti, in so zelo obremenjeni (ladijski motorji). Danes se na dizelskih motorjih za cestna vozila in traktorje uporablja izključno razprševanje na mehaničen način, kjer se dizelsko gorivo razpršuje z visokimi tlaki z mehanskimi črpalkami in dobavlja v zgorevalne komore prek brizgalnih šob. Tak način vbrizgavanja je manjši, lažji in cenejši ter primeren tudi za zelo visoke vrtilne frekvence (Jejčič, 2007).

4.15 SISTEM ZA VBRIZG GORIVA

Tudi ta sistem je doživel precejšnje spremembe, saj klasične vrstne črpalke izpodrivajo rotacijske črpalke in enotne tlačilke s šobo. Poleg tega se je pojavil sistem vbrizgavanja s skupnim vodom. Na sodobnih traktorjih večje moči pa sta postala standardna elektronski nadzor vbrizga goriva in elektronski regulator vrtilne frekvence motorja.

Naprava za vbrizgavanje mora gorivo (Bohner in sod., 1999):

- dovajati,
- filtrirati,
- pravočasno vbrizgati,
- odmeriti natančno določeno količino,
- vbrizgavati na način, prilagojen postopku, pod visokim tlakom in v natančno določenem časovnem razdobju in zaporedju.

Natančnost vbrizgavanja si lahko predstavljamo tako, da je prostornina vbrizganega goriva velikokrat celo manjša od bucikine glave. Količinske razlike med posameznimi valji pa ne smejo presegati 2%. Osnova za pravilno delovanje sistema za dovod goriva dizelskemu motorju je čisto gorivo, za kar je potrebna redna menjava filtrov. V opremo za

vbrizgavanje uvrščamo nizkotlačno črpalko, filtre, visokotlačno črpalko z regulatorjem, variator, nosilec šobe in šobo za vbrizg goriva (Jejčič, 2007).

Vbrizgavanje goriva pri štiritaktnem motorju poteka pri vsakem drugem obratu ročične gredi. Mazanje glavnih delov sistema opravlja gorivo, ki ima samo po sebi mazalne lastnosti. Če se v sistemu za gorivo pojavi zrak, črpalka ne more več pravilno delovati. Zato so na dizelskem motorju na različnih mestih odzračevalni vijaki ali ventili za odstranjevanje zraka. Nizkotlačna črpalka za gorivo ima tudi ročico, s katero je mogoč ročni pogon črpalke. Črpalka se prek ročice ročno požene, kar povzroči potiskanje goriva po sistemu in s tem izrivanje zraka.

4.15.1 Visokotlačne črpalke

Naloge visokotlačne črpalke so (Bohner in sod., 1999):

- ustvarjanje potrebnega tlaka za vbrizgavanje,
- natančno odmerjanje količine goriva glede na položaj pedala za plin,
- prilagajanje začetka vbrizgavanja vrtilni frekvenci motorja,
- nastavljanje zgornjega in spodnjega prostega teka motorja.

4.15.1.1 Vrstna črpalka

Vrstna črpalka za vbrizg goriva je batna črpalka z več tlačnimi elementi. Za visokotlačno črpalko vrstne, linijske izvedbe je značilno, da vsak valj motorja oskrbuje posamezen element črpalke. Črpalka ima toliko elementov kot valjev motorja. Vsak tlačni element mora glede na lego bata v motorju poslati vsakemu posameznemu batu enako količino goriva. Skozi vstopno odprtino črpalke priteka v visokotlačni prostor gorivo iz nizkotlačne črpalke s tlakom 1–1,5 bara, visokotlačna črpalka nato požene gorivo naprej s tlakom do 2000 barov. Element visokotlačne črpalke dobiva pogon prek odmične gredi, lega luknjic v puši tlačnega elementa, oblika bata z urezi in njihova lega pa določajo količino dobavljenega goriva (Jejčič, 2007). Povezava med ročično gredjo motorja in odmično gredjo črpalke mora biti izvedena tako, da ob vsakem trenutku zagotavlja povsem usklajen in ustrezen položaj ročične gredi glede na trenutek vbrizgavanja (- 5° pred zgornjo mrtvo točko) (Bohner in sod., 1999). Na motorjih se uporabljajo tudi visokotlačne črpalke, ki imajo samo en element, ki tlači gorivo. Gorivo se na posamezne valje dovaja prek razdelilnika goriva, ki je pogosto integriran v visokotlačno črpalko. Črpalk z razdelilnikom je več izvedb, njihova konstrukcija pa je odvisna od proizvajalca (Jejčič, 2007).

4.15.1.2 Rotacijska črpalka

Rotacijska črpalka ima samo en tlačilni element za vbrizgavanje goriva, s katerim le tega vbrizgava v vse valje motorja ne glede na njihovo število. Vbrizgavanje je časovno in

količinsko točno določeno in izenačeno. Prednost rotacijske črpalke v delovanju je enakomeren dotok goriva v vse valje motorja, kar je pri vrstni črpalci težje. Njene druge prednosti so majhna masa, zgoščena gradnja, več različnih možnosti vgradnje, ima samo en tlačilni element za vbrizg goriva, ugodne možnosti priključitve na elektronsko regulacijo motorja. Na vstopu v rotacijsko črpalco je v njenem ohišju manjša pretočna črpalca s krilci, ki pri vsakem vrtiljaju pogonske gredi dovaja v notranjost enako količino goriva iz rezervoarja. Z naraščanjem vrtilne frekvence narašča tudi tlak goriva. Vgrajen tlačni regulacijski element preprečuje previsok tlak in ga hkrati v notranjosti črpalke uravnava sorazmerno z vrtilno frekvenco. Zaradi hlajenja goriva in samodejnega odzračevanja rotacijske črpalke nekaj goriva odteka prek pretočne dušilke nazaj v posodo za gorivo. Razdelilni bat (rotacijski ventil za odmerjanje) vrti pogonska gred, poleg tega pa ga vzdolžno premika odmikalna plošča, ki prav tako dobiva pogon od gredi. Odmična plošča ima toliko odmikal, kot je valjev v motorju. Odmikala tečejo po radialno nameščenih valjčkih vrtljivega kotalnega obroča, zato povzročajo premik odmikalne plošče v smeri osi. Zaradi vrtenja se odpirajo in zapirajo zareze in izvrtine v razdelilnem batu in razdelilni glavi. Ko se dovodna odprtina zapre, se zaradi vzdolžnega premika bata ustvari tlak. Dovajanje goriva se začne takoj, ko se razdelilni utor ujame z izpustno odprtino. Zaradi nastanka visokega tlaka se tlačni ventili dvignejo s svojih sedežev, gorivo pa gre k šobam skozi dovode za vbrizgavanje (Jejčič, 2007).

4.15.1.3 Visokotlačna črpalca s šobo

Visokotlačna črpalca s šobo omogoča vbrizg goriva pod tlakom, ki je večji od 2000 barov. Uvršča se med batne črpalke. Pri tej izvedbi ima vsak valj motorja v glavi vgrajen element, ki je podoben nosilcu šobe. V tem elementu so združeni visokotlačna črpalca za gorivo, šoba za vbrizg goriva in elektromagnetni ventil, ki krmili potek vbrizga goriva. Odmična gred motorja posredno poganja bat visokotlačne črpalke s šobo. Začetek in konec vbrizga sta določena z odpiranjem in zapiranjem elektromagnetnega ventila. Z delovanjem tega ventila lahko reguliramo vbrizg goriva in zgorevanje v posameznih valjih oziroma ustavimo motor. Prednosti te izvedbe so zmanjševanje emisij, škodljivih snovi pri zgorevanju, manjša specifična poraba goriva, možnost odklopa posameznega valja in možnost predhodnega vbrizga (Jejčič, 2007).

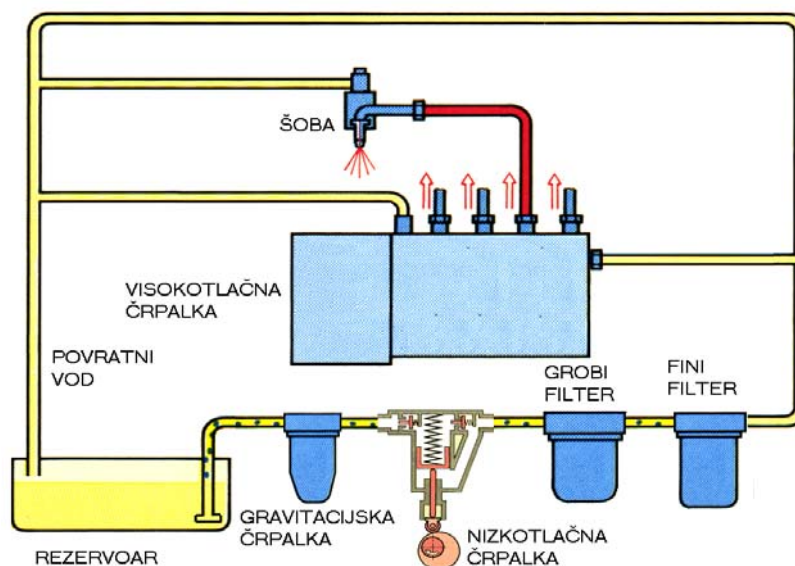
4.15.1.4 Vbrizgavanje goriva s skupnim vodom (Common rail)

Sistem vbrizgavanja goriva s skupnim vodom se imenuje tudi shranjevalni sistem za gorivo. Prostornina goriva v skupnem vodu – zbiralniku hkrati z veliko pretočno močjo goriva omogoča napajanje vbrizgalnih šob s skoraj enakim tlakom brez dodatnih nihanj. Pri tem sistemu črpalca s spremenljivo pretočno količino dobavlja gorivo pod visokim tlakom na skupni vod. Količina goriva, ki je dovedena, je večja od količine, ki je potrebna za vbrizgavanje. Odvečna količina goriva teče prek hladilnika, kjer se ohladi. Prostornina skupnega voda mora biti tako dimenzionirana, da duši tlačne oscilacije, ki jih povzroča

visokotlačna črpalka za gorivo oziroma proces vbrizgavanja goriva. Elektronska kontrolna enota uravnava delovanje visokotlačne črpalke za dovod goriva, kar omogoča zagotavljanje konstantnega tlaka v skupnem vodu. Ko se vbrizgavanje goriva začne, elektronska kontrolna enota pošlje signal, da se odpre elektromagnetni ventil (ta povzroči premikanje tlačnega vodila in prek njega igle) v vbrizgalni šobi in začne vbrizgavanje goriva skozi šobo z več luknjicami. Vbrizgavanje se konča, ko elektronska enota pošlje signal, da se zapre elektromagnetni ventil. Elektronska kontrolna enota poleg tega, da je povezana z vbrizgalnimi šobami, dobiva podatke različnih senzorjev. V sistem je vključen senzor za ugotavljanje vrtilne frekvence motorja, položaja ročične gredi, stopalke za plin, temperature vstopnega zraka, količine zraka, ki vstopa v motor, temperature hladilne tekočine, tlaka goriva v skupnem vodu temperature goriva. Številni senzori kažejo, da je sistem zelo kompleksen (Jejčič, 2007).

4.15.2 Vbrizg

Pri dizelskih motorjih se gorivo lahko vbrizga na več načinov, tako da se vbrizga v predkomoro ali komoro za vrtnčenje (predvsem pri osebnih avtomobilih), neposredno (direct injection process) ali s sistemom za razporeditev po stenah (M sistem). Slednja se uporablja tudi na traktorskih motorjih. Pri neposrednem vbrizgu se gorivo vbrizga v zgorevalno komoro, kjer se mora hitro segreti, razpršiti in se pomešati z zrakom. Oblika zgorevalne komore (najpogosteje v batu) povzroča vrtnčenje zraka, s tem pa boljše mešanje. Do vrtnčenja pride pri kompresijskem taktu motorja, tik pred vbrizgom. Poleg vrtnčenja zraka mora biti tudi gorivo enakomerno razporejeno po komori, zato se uporabljajo šobe z več odprtini. Pri neposrednem vbrizgu s sistemom za razporeditev po stenah zgorevalne komore, se gorivo vbrizga na stene zgorevalne komore (valj, notranjost bata), kjer zaradi toplote izhlapi. Oblika bata mora zagotavljati zadostno vrtnčenje zraka, da se ta dobro pomeša z gorivom. Šobe, ki se uporabljajo pri takih motorjih imajo eno samo odprtino, prav tako pa brizgajo z nižjim tlakom (Bauer in sod., 1999).



Slika 17: Sistem za dovod goriva in vbrizg v dizelskem motorju: Nizkotlačna črpalka povleče gorivo iz rezervoarja skozi gravitacijski čistilnik. To je posoda za usedline in je nameščena običajno med rezervoarjem in črpalko ter je lahko narejena iz stekla, da se hitreje opazi višek usedlin. Črpalka nato gorivo potiska skozi grob filter ter še skozi fini filter v visokotlačno črpalko. V tej črpalki se ustvarja visok tlak, zato gorivo skozi šobo potisne v zgorevalni prostor. Presežek goriva se vrača po povratni cevi nazaj v rezervoar. (Bohner in sod., 1999)

4.16 DOVAJANJE OLJA

Dele motorja, ki se v delovanju gibljejo in medsebojno drsijo, je treba mazati, ker bi se sicer hitro obrabili. Motor, ki ga ne bi mazali, bi bil zaradi obrabe hitro uničen. Naloga mazalnega sistema v motorju je porazdelitev olja na vse površine, ki jih je treba mazati. Na motorju moramo mazati ležaje ročni gredi, ojnice, bate, batne sornike, odmične gredi, dročnike, nihajne drogove in vzvode, verigo krmilja, pogon gredi razdelilnika goriva in valje. Olje v motorju ni namenjeno samo mazanju, ampak tudi drugim funkcijam, kot so hlajenje, tesnjenje in izpiranje.

Mazanje s pljuskanjem je najbolj preprosta oblika mazanja, ki se je uporabljala na najstarejših tipih traktorjev. Zajemalke, pritrjene na veliko glavo ojnice, so zajemale olje iz karterja, olje pa je zaradi hitrega obračanja razpršilo v obliki finih kapljic po prostoru karterja in prišlo do vseh delov, ki se medsebojno trejo. Ta sistem se je prenehal uporabljati, ker ni zadostoval popolnemu mazanju ležajev batnic, zaradi zelo intenzivnega mešanja olja z zrakom pa je olje hitro zastaralo. Pri tlačnem mazanju prihaja olje pod tlakom do vseh površin, ki se med seboj trejo. Najbolj obremenjeni deli se mažejo z oljem pod tlakom (vsi ležaji na ročni gredi, vsi deli krmiljenja), manj obremenjeni deli in deli do katerih olje težko pride, pa z brizganjem (notranjost valjev, ležaj v majhni glavi ojnice). Na traktorjih je to najbolj razširjen način mazanja (Jejčič, 2007).

Za dovajanje olja k mazalnim mestom uporabljamo črpalke, ki so lahko zobniške ali ekscentrično rotacijske različnih izvedb. Poganja jih običajno odmična ali ročnična gred. Priprava črpalke pred uporabo je dokaj enostavna, saj je treba poskrbeti le, da je napolnjena z oljem, če želimo, da deluje po svojih karakteristikah. Kadar je montaža črpalke kar pod gladino olja v koritu, takrat se črpalka sama napolni z oljem. Če pa je montirana nad gladino olja, jo je treba pred zagonom ali pred daljšim stanjem zaliti z oljem, da ne vsebuje zračnih mehurčkov (Jejčič, 2007).

4.16.1 Oljni filtri

Oljni filtri so vgrajeni, da preprečijo predčasno poslabšanje kakovosti olja zaradi mehanskega onesnaževanja, izboljšajo pa tudi hlajenje olja. V procesu mazanja motorja ista količina olja nenehno kroži v motorju. Pri kroženju se vse bolj nabirajo umazanije v olju, ki lahko povzročijo obrabo batov, valjev itn. Za preprečevanje tega so v oljno cirkulacijo vključeni filtri, ki odstranjujejo umazanijo iz olja. Ko se tekočina s trdnimi delci pretaka skozi luknjičasto gradivo filtrov, bodo delci ostali na površini, če so večji od luknjic, če so manjši pa se bodo odlagali na vijugastih poteh ali pa bodo šli čeznje. Z manjšanjem luknjic se bo povečal pretočni upor. Filtri morajo zato imeti veliko pretočno površino, ki ne bo ovirala zadostnega pretoka olja k ležajem. Pri vhodu v oljno črpalko je nameščen grobi filter iz žične mreže. Njegova naloga je, da zavaruje črpalko pred večjimi delci, ki bi utegnili poškodovati črpalko. Glede na način filtriranja poznamo več različic sistema tlačnega mazanja motorja (Jejčič, 2007):

- sistem filtriranja z enim glavnim tokom olja: olje prehaja skozi srednje fini filter (pretočni filter), ki je vključen v glavni tok olja,
- sistem filtriranja z dvema tokoma, kjer v glavnem toku teče vse olje in prehaja skozi grobi filter, ki je vključen v glavni tok, v stranski tok pa je vključen fini filter, skozi katerega teče samo del olja (by-pass, obtočni filter),
- sistem filtriranja z dvema tokoma: v glavnem toku ni filtra, v stranski tok pa je vključen fini filter.

4.16.2 Oljni hladilniki

Segreto olje postane preveč tekoče in ima slabše mazalne lastnosti. Zato na traktorskih motorjih velike moči uporabljamo oljne hladilnike z zračnim ali tekočinskim hlajenjem. Olje se pretaka prek zračno hlajenega hladilnika z velikim številom hladilnih reber, prek katerih teče zrak in odvaja toploto. Zračno hlajen oljni hladilnik ima veliko hladilnih reber, da se poveča površina hlajenja. Oljni hladilniki s tekočinskim hlajenjem so priključeni na tekočinski hladilni krogotok motorja. Po zagonu, ko je motor še hladen, se hladilna tekočina ogreje hitreje kot olje, zato olju dovaja toploto, s tem pa dosežemo hitro segrevanje olja na delovno temperaturo (Jejčič, 2007).

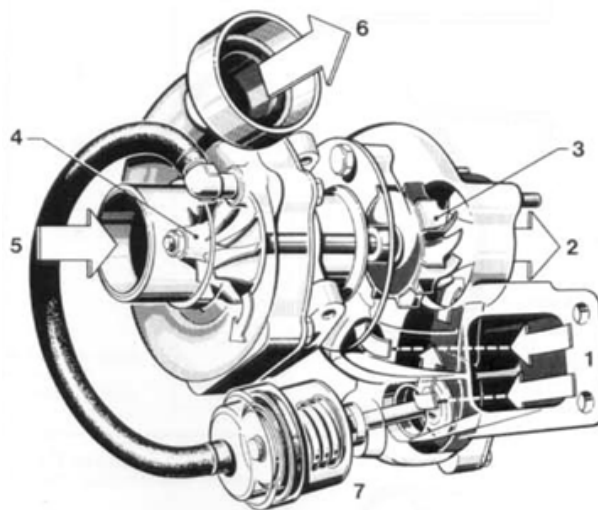
4.17 DOVAJANJE ZRAKA

4.17.1 Sesalni način delovanja

Sesalni (atmosferski) način dovajanja zraka v zgorevalni prostor motorja ima večina starejših traktorskih motorjev. Pri sesalnem načinu atmosferski zrak prihaja v valje motorja s podtlakom, ki nastane pri sesalnem gibu bata med njegovo potjo navzdol (sesalni takt).

4.17.2 Turbo polnilnik

Povečana količina zraka, ki pride s tlačnim načinom dovajanja zraka v zgorevalni prostor motorja, omogoča zgorevanje večje količine goriva in posledično večjo moč motorja. V traktorje so turbo polnilnike začeli vgrajevati Američani v šestdesetih letih, šele v osemdesetih pa tudi evropski proizvajalci. Danes se uporabljajo radialni kompresorji z mehanskim pogonom iz motorja in radialni kompresorji s pogonom iz turbine. Na traktorskih motorjih se uporablja samo pogon kompresorja s turbino. Pri tem načinu dovajanja zraka vroči izpušni plini iz motorja zapuščajo valje motorja s tlakom in temperaturo, ki je glede na tlak in temperaturo okolice veliko višja, in poganjajo turbino, ki daje pogon drugemu turbinskemu kolesu, ki se uporablja za dovajanje zraka pod tlakom v zgorevalni prostor motorja. Z vgraditvijo turbo kompresorja dosežemo nekaj prednosti: večji navor oziroma moč motorja, poraba goriva se izboljša za 10 odstotkov, ropot v izpuhu pa se zmanjša, ker so zvočni valovi manj izraziti, štirivaljni dizelski motor daje izhodno moč šestvaljnega motorja brez turbo kompresorja, šestvaljni motor s turbo kompresorjem pa ima enako porabo goriva kot štirivaljni brez njega (Jejčič, 2007).



Slika 18: Turbo polnilnik: 1 – tok izpušnih plinov v turbino, 2 – izpuh, 3 – turbina, 4 – kolo kompresorja, 5 – dovod zraka v kompresor, 6 – stisnjen zrak v motor, 7 – wastegate kontrola polnjenja (ZRSSS, 2009)

4.17.3 Hladilnik zraka (intercooler, aftercooler)

Kombinacija turbo kompresorja in hladilnika zraka je vse bolj pogosta pri sodobnih, najbolj zmogljivih izvedbah traktorjev. Pri stiskanju zraka in njegovem prehodu skozi turbo kompresor, ki je vroč, pride do dviga temperature zraka, kar povzroči zmanjšanje njegove gostote. Poleg turbo kompresorjev se zato na traktorske motorje vgrajujejo tudi hladilniki zraka oziroma vmesni hladilniki (ker se vgrajuje med turbo kompresor in motor). Vmesni hladilnik znižuje temperaturo zraka, ki se dovaja v zgorevalni prostor motorja. Zraku, ki je ohlajen, se poveča gostota, kar omogoči prihajanje večje količine zraka v motor, posledično zgorevanje večje količine goriva (količina goriva ostane ista, več je le zraka, ki omogoča gorenje) in s tem tudi večjo moč motorja. Hladilnik zraka poveča prostorninski izkoristek motorja. Zrak se v hladilniku zraka lahko ohladi celo na 50-60°C. Obstajata dva tipa hladilnikov zraka: hladilnik zraka, ki uporablja kombinirano zračno-vodno in hladilnik, ki uporablja zračno-zračno hlajenje (Jejčič, 2007).

4.17.4 Zračni filtri

Motor traktorja potrebuje za delovanje zraka iz atmosfere, ki je večinoma zelo umazan (npr. prah). Zračni filter odstrani skoraj vso umazanijo, če je redno in pravilno vzdrževan. Naloga zračnega filtra je dvojna: očistiti mora zrak brez opaznega odpora pretoka in učinkovito dušiti precej močnejši šum pri vsesavanju zraka. Zrak je treba temeljito očistiti, ker ob nezadostnem čiščenju delci prahu z oljem ustvarijo močno brusilno pasto, ki povzroča izredno močno obrabo motorja. Zaradi dušenja hrupa mora biti ohišje filtra precej veliko, veliko ohišje omogoča tudi večjo čistilno površino, kar pomeni, da bo filter imel daljšo dobo uporabnosti. Prah, ki prihaja v motor, se odstranjuje na različne načine: v filtru se lahko zadrži z gostimi mrežicami, gostim žičnim pletivom, z oljem prepojenimi ploskvami in centrifugalno silo (Jejčič, 2007).

4.18 IZPUŠNI SISTEM

Naloge izpušnega sistema so (Bohner in sod., 1999):

- dušiti zvok izpušnih plinov, ki pritekajo iz zgorevalnega prostora v močnih sunkih (pokanje), tako da ni presežena jakost hrupa in da se plini pretakajo brez prevelikih uporov,
- izpušne pline mora odvajati brez nevarnosti prehajanja v notranjost vozila,
- katalizator mora čim bolj zmanjšati delež škodljivih snovi v izpušnih plinih.

4.19 HLADILNI SISTEM

Pri delovanju traktorskega motorja se sprošča veliko toplotne energije, le manjši del pa se pretvarja v koristno delo. Zaradi procesa zgorevanja odvečna toplota prehaja na različne

dele motorja, kot so bat, valj, glava motorja. Zato je treba, zaradi omejene toplotne odpornosti gradiva omenjenih delov in mazalnega olja, motor intenzivno hladiti (Jejčič, 2007).

4.19.1 Zračno hlajenje

Zračno hlajenje motorja samo z vetrom, ki nastaja med vožnjo, je najenostavnejše, dobro znano pa je na primer pri motociklih. To hlajenje je odvisno od vozne hitrosti vozila in temperature zraka. Za traktorje hlajenje samo z vetrom ni primerno zaradi premajhne hitrosti traktorja pri delu oziroma zato, ker traktor lahko nekatera dela opravlja na mestu. Drugi tip zračnega hlajenja je hlajenje z ventilatorjem, ki so ga na traktorje večinoma vgrajevali v preteklosti (tudi danes ga še srečamo na nekaterih manjših traktorjih in enosnih traktorjih). Ventilator omogoča prisilno hlajenje pokritega motorja. Ventilator je lahko v aksialni ali radialni izvedbi. Aksialni ventilator vsesava v smeri osi in ga potiska navzven, radialni pa v središčnem delu in prek lopatic. Ventilatorski rotor je lahko direktno nasajen na ročično gred motorja, ali pa dobiva pogon prek klinastega jermena ali zobnikov. Prednosti zračnega hlajenja so manjša masa na moč, cenejša izvedba, večja obratovalna varnost, vzdrževanje skoraj ni potrebno, pozimi ne more priti do poškodb motorja, hitrejše doseganje delovne temperature, obratovalna temperatura je lahko višja, ker ni odvisna od vrelišča hladilne tekočine (Jejčič, 2007).

4.19.2 Vodno (tekočinsko) hlajenje motorja

Na traktorjih je najbolj razširjeno tekočinsko hlajenje, ki je začelo vse bolj izpodrivati še vedno prisotno zračno hlajenje pri manjših motorjih. Vse bolj ostri predpisi glede emisij izpušnih plinov motorjev z notranjim zgorevanjem so privedli do tega, da so tudi proizvajalci, ki so bili najbolj privrženi zračnemu hlajenju, to hlajenje na traktorjih opustili. Voda se pri tekočinskem hlajenju pretaka po za vodo neprepustnem plašču motorja, ki obdaja glavo in valj motorja. Največ se uporablja sistem hlajenja s prisilnim kroženjem. Pri tem sistemu poganja črpalka vodo v hitro kroženje. S tem se doseže hitro odvajanje odvečne toplote ter majhna temperaturna razlika med vstopom in izstopom vode, kar omogoča, da na motorju nastajajo majhne temperaturne napetosti. Pri hladnem motorju črpalka potiska hladilno tekočino v hladilni plašč okrog valjev, tako da jih obda in gre skozi izvrtine v glavo motorja. Ko je dosežena delovna temperatura motorja, termostat odpre pot do hladilnika oziroma veliki krožni tok hladilne tekočine. V sistem hlajenja je vgrajen tudi termometer, ki na armaturni plošči kaže temperaturo hladilne tekočine. Senzor termometra je vstavljen na mesto, kjer je hladilna tekočina najtoplejša. Črpalka je radialne izvedbe, pogon pa dobiva prek klinastega jermena z ročične gredi. Ventilator s stalnim pogonom je s prirobnico pritrjen na gred vodne črpalke (Jejčič, 2007).

4.20 ELEKTRIČNI SISTEM

Bencinski motorji za nemoteno delovanje nujno potrebujejo elektriko, ki omogoča vžig goriva in zagon hladnega motorja. Dizelski motorji bi načeloma lahko delovali popolnoma brez elektrike, v tem primeru bi motor zagnali ročno ali na drugi mehanski način, vendar imajo prav tako zapletene električne sisteme kot bencinski motorji. Ti sistemi se pojavljajo predvsem na sodobnih motorjih z elektronsko kontrolo vbrizga in neštetimi senzorji. Za doseganje optimalnega učinka dizelskega motorja in ugodne sestave izpušnih plinov je treba izboljšati regulacijo količine vbrizganega goriva. Regulacija količine vbrizganega goriva na mehanski način ima zaradi natančnosti in hitrosti odziva svoje meje. Razvoj mikroprocesorskih regulacijskih enot, ki so hitre, zanesljive in cenovno ugodne, je omogočil elektronsko regulacijo dizelskih motorjev. Elektronska regulacija temelji na zanesljivem visokotlačnem vbrizgu goriva. Ta regulacija ima nekaj prednosti, in sicer manjšo porabo goriva, manj škodljivih snovi v izpušnih plinih, optimalen potek navora in moči ter izboljšane eksploatacijske lastnosti traktorskega motorja. Z njo lahko reguliramo prosti tek motorja, odmerjamo količino goriva pri polni obremenitvi motorja v odvisnosti od tlaka polnitve pri motorjih s turbopolnilnikom, dosegamo omejitev končne vrtilne frekvence motorja, odmerjamo količino goriva pri zagonu motorja (Jejčič, 2007).

Električni sistem je v grobem sestavljen iz (Bohner in sod., 1999):

- akumulatorske baterije: njeni osnovni sestavni deli so pozitivno in negativno nabite plošče, ločilne plošče in vsi deli, potrebni za sestavljanje in priključke,
- generatorja izmeničnega toka – alternatorja: pri motornih vozilih so ti nadomestili generatorje enosmernega toka (dinamo), saj imajo v primerjavi z njimi naslednje prednosti: moč lahko oddajajo že pri prostem teku motorja, tako da se takoj začne polnjenje akumulatorja, potrebujejo malo vzdrževanja, polnilni tok odjemajo prek trdnih priključkov, imajo dolgo življenjsko dobo, glede na učinek imajo majhno težo. Z ročno gredjo, ki omogoča vrtenje, so povezani z jermenom,
- zaganjalnika: motorje z notranjim zgorevanjem moramo zagnati z zunanjo energijo. Pri zagonu motorja moramo premagati vztrajnost mase, trenje in upor pri stiskanju delovne zmesi v valju. Zaganjalnik sestavljajo elektromotor, naprava za prosti tek in sistem vključevanja,
- električne napeljave,
- pri bencinskih motorjih še iz vžigne tuljave, svečk, razdelilnika vžiga, krmilnika vžiga itd.

5 BILANCA MOČI, IZKORISTEK, PORABA GORIVA IN EMISIJE

5.1 MOTORSKE KARAKTERISTIKE

Zunanje motorske karakteristike so krivulje, ki prikazujejo vrtilni moment, moč in specifično porabo goriva kot funkcijo vrtilne hitrosti motorja. Ker je vrtilni moment motorja sorazmeren vlečni sili, vrtilna hitrost pa hitrosti vožnje, nam motorske karakteristike omogočajo izbirati pogonski motor, ki je potreben za premagovanje uporov kakega traktorja. Idealna karakteristika motorja za pogon traktorja bi ustrezala zakonu $P_e = \text{konst.}$ pri vsaki vrtilni hitrosti, ker je krivulja $P_e = \text{konst.}$ hiperbola (Prebil, 1977).

5.2 MOČ MOTORJA

Moč motorja je izračunana iz izmerjenega navora motorja in izmerjene vrtilne frekvence motorja. Moč je produkt navora in vrtilne frekvence, zelo hitro pa se povečuje z večanjem vrtilne frekvence motorja, do vrtilne frekvence, ko motor doseže največjo možno moč. Moč se meri na vztrajniku (Košir, 1997). Motor oddaja moč na ročni gredi, to imenujemo efektivno moč motorja (Prebil, 1977), ki je izražena z naslednjo enačbo (Basshuysen, 2009):

$$P_e = M_d \cdot \omega = M_d \cdot 2 \cdot \pi \cdot v \quad [\text{kW}]$$

(1)

M_d ...vrtilni moment [Nm]

v ...vrtilna frekvenca []

Maksimalna mejna efektivna moč je največja moč, ki jo lahko motor daje v kratkem času, takrat ko dobiva maksimalno količino goriva, to je toliko goriva, ki še lahko zgori z zrakom, ki je na razpolago v cilindrih. V primeru da bi dobil več goriva, ne bi bilo dovolj zraka in bi motor dimil (nezgorelo gorivo bi v obliki izpušnih plinov izhajalo iz motorja).

Trajna moč je največja moč, ki jo motor lahko trajno oddaja in pri tem toplotna obremenitev ne prekorači maksimalne dopustne vrednosti.

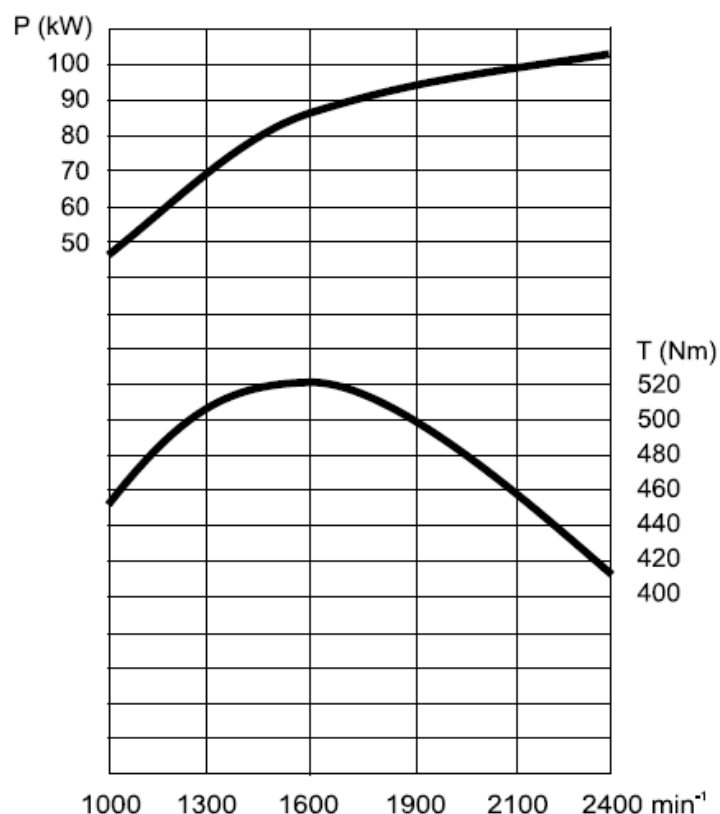
Nazivna moč je moč na sklopki, ki jo daje motor pri normalnih obratovalnih pogojih, sestavljen samo iz serijskih delov, vključno z deli za sesanje in izpuh. Normalni obratovalni pogoji so: standardno gorivo, vbrizgalna črpalka, temperatura hladilne tekočine je enaka temperaturi pri normalni vožnji, motor žene črpalko za vodo, črpalko za dovod in vbrizganje goriva in neobremenjen dinamo. Motor ki dela pri tej moči, ima najprimernejši režim, obraba delov motorja je najmanjša in poraba goriva je najekonomičnejša (Prebil, 1977).

5.2.1 Vpliv nadmorske višine na motor

Z višanjem nadmorske višine se zmanjšuje izkoristek efektivne moči motorja (pri motorjih z notranjim zgorevanjem). Za vsakih 100 m nadmorske višine pade moč motorja od 0,6 do 1%. Pri traktorju, ki ima moč motorja 60 KM in dela na višini 1300 m nad morjem je izguba moči od 8,58 KM do 13 KM. To pomeni da ostane traktorju od 51,42 KM do 47 KM za koristno delo, kar je treba upoštevati pri objektivnem vrednotenju dela (Prebil, 1977). To velja predvsem za starejše motorje s sesalnim načinom polnjenja z zrakom, pri novejših traktorjih s turbopolnilnikom (še posebej pri tistih z Wastegate) je dejavnik nadmorske višine oslavljen. Pri motorjih z notranjim zgorevanjem prihaja do izgub tudi zaradi zvišane temperature, merjene pred zračnim filtrom. Za vsakih 2,5 – 3°C nad 20°C pade moč motorja za okoli 1% (Prebil, 1977, Košir, 1997).

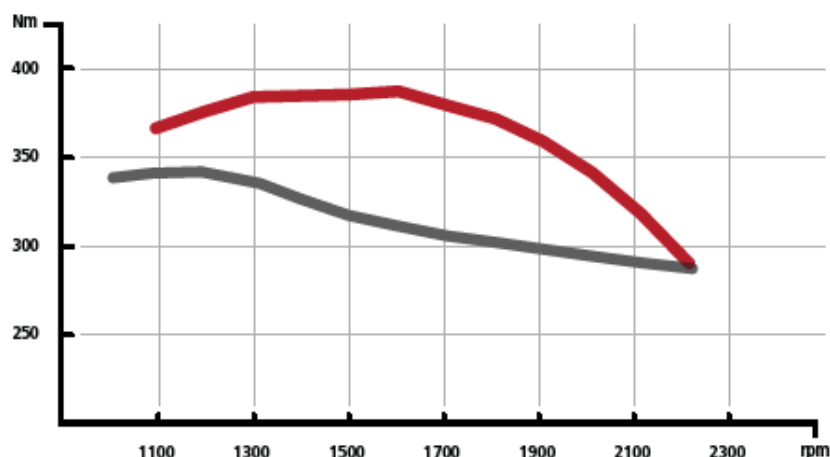
5.3 NAVOR

Plini, ki nastanejo kot produkt zgorevanja goriva v valju motorja, ustvarijo tlak na bat motorja, ki to silo prenese na ojnico, z nje pa na ročično gred kot navor. Navor je odvisen od velikosti sile, ki deluje na bat oziroma ojnico, in dolžine ročice ročične gredi (razdalja med osjo vrtenja ročične gredi in središčem vpetja ojnice). Navor motorja ni največji pri največji moči in vrtilni frekvenci motorja, ker je pri večji vrtilni frekvenci polnjenje valjev z gorivom slabše, za praznjenje izpušnih plinov pa ostane manj časa, zaradi česar pride v valj manj zraka in je učinek zgorevanja slabši. Z večanjem vrtilne frekvence narašča tudi trenje v motorju, zato se več moči porabi za premagovanje te sile (Jejčič, 2007).



Slika 19: Diagram moči in navora za motor Deutz TCD 2012 L4 vgrajen v gozdarski zgibnik Woody 110 (Deutz, 2010)

Če primerjamo krivulje navora sesalnega motorja in motorja s turbopolnilnikom ugotovimo, da slednji pri enakih obratih daje večji navor. Do tega pride zaradi večje količine zraka, ki je na voljo za proces zgorevanja (Malmberg, 1989). Do podobnih ugotovitev pridemo, če primerjamo motor z mehanskim vbrizgom in motor z elektronsko krmiljenim vbrizgom preko skupnega voda (common rail).



Slika 20: Diagram navora motorja z mehanskim vbrizgom in motorja z vbrizgom s skupnim vodom. Siva črta označuje motor AGCO SISU 33 DTA, ki je vgrajen v traktor Massey Ferguson 4435, ima pa mehanski vbrizg, rdeča pa motor AGCO SISU 33 CTA s skupnim vodom. (Agco Sisu, 2010)

5.4 PORABA GORIVA

V zadnjem desetletju prejšnjega stoletja je prišlo do večjih sprememb pri zahtevah, ki se postavljajo pred pogonske enote motornih vozil oziroma traktorjev. Vse ostreje zahteve naravovarstvenikov so privedle do potrebe po zmanjševanju emisije škodljivih snovi v izpušnih plinih dizelskih in bencinskih motorjev (Jejčič in sod., 2003). Zmanjšanje porabe goriva in emisij je doseženo s precejšnjimi konstrukcijskimi spremembami na motorjih z notranjim zgorevanjem. Razvoj traktorskih dizelskih motorjev je, kot pri motorjih drugih vozil, šel v smeri zmanjšane porabe goriva, tako da specifična poraba pri vodilnih proizvajalcih znaša od 190 do 200 g/kWh (Jejčič, 2007). Poleg manjše porabe goriva morajo sodobni motorji zadovoljevati še nekatere druge zahteve, npr. možnost uporabe biorazgradljivega goriva, majhna specifična cena (€/kW), majhna specifična masa (kg/kW), možnost vklapljanja v avtomatizirane sisteme, daljša življenjska doba, daljši intervali vzdrževanja (Jejčič in sod., 2003). Za določanje specifične porabe goriva je pomemben podatek izkoristek motorja, ki se izračuna po naslednji enačbi (Basshuysen, 2009):

$$\eta = \frac{\text{korist}}{\text{strošek}} = \frac{P}{E_k} = \frac{F}{m_k \cdot H_u} \quad (2)$$

P...moč motorja m_k ...gorivo porabljeno v časovni enoti
 E_k ...energija goriva H_u ...kalorična vrednost goriva

Oziroma efektivni izkoristek motorja (efektivni izkoristek je izkoristek z upoštevanjem notranjih izgub):

$$\eta_e = \frac{P_e}{mk \cdot Hu}$$

(3)

P_e ...efektivna moč (enačba 1)

Izkoristek dizelskih motorjev je do 40%, pada pa z naraščanjem števila obratov nad mejo 1800 min^{-1} . Izkoristek je večji zato, ker dizelski motor z višjim kompresijskim razmerjem in boljším zgorevanjem doseže višji toplotni izkoristek. Boljši potek vrtilnega momenta prav tako pripomore k večji gospodarnosti (Bohner in sod., 1999).

Koeficient η (enačba 2) nato uporabimo za izračun specifične porabe goriva:

$$b = \frac{mk}{P} = \frac{1}{\eta \cdot Hu}$$

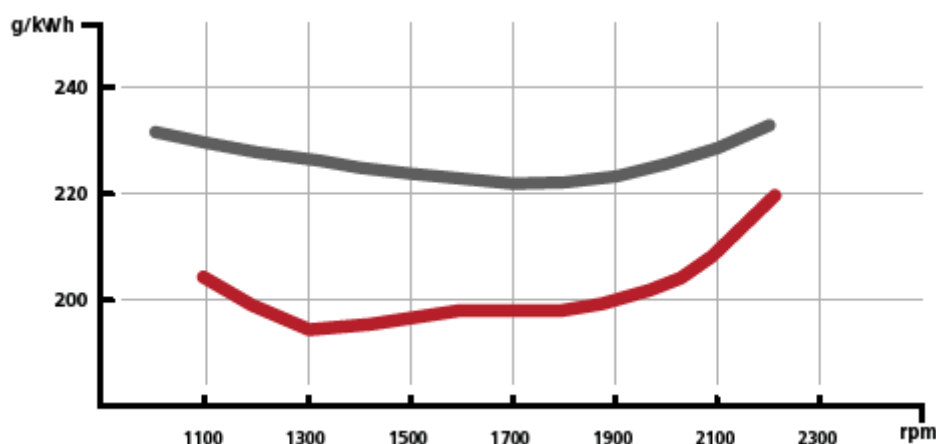
(4)

Oziroma uporabimo koeficient η_e (enačba 3) za izračun efektivne specifične porabe:

$$b = \frac{mk}{P_e} = \frac{1}{\eta_e \cdot Hu}$$

(5)

Specifična poraba goriva je najmanjša pri mešalnem razmerju 1 kg goriva in 15 kg zraka. Če je zmes bogatejša ali revnejša, se poraba goriva poveča. Štiritahtni motor porabi najmanj goriva v območju srednjih vrtilnih frekvenc. V območju nižjih vrtilnih frekvenc nastane zaradi slabega mešanja goriva z zrakom, v višjem pa zaradi prekratkega zgorevalnega časa, nepopolno zgorevanje, tako da se v obeh primerih poveča specifična poraba (Bohner in sod., 1999).



Slika 21: Diagram specifične porabe goriva za motorja omenjena na sliki 20 (Agco Sisu, 2010)

Specifična poraba goriva je sicer uporaben podatek z veliko diagnostično vrednostjo, vendar ne daje hitrega in preprostega pogleda na porabo goriva ljudem na terenu. Zato porabo goriva prikažemo raje v litrih na (Avsenik, 1999):

- delovno uro stroja,
- obratovalno uro po števcu,
- enoto spravljene mase (m^3).

Avsenik ugotavlja pri traktorju Massey Ferguson 375 – 4WD porabo goriva 2,0 l/h, 5,24 l/obr.uro in 0,53 l/ m^3 . Poleg tega pa ugotavlja, da je poraba odvisna tudi od smeri spravila in pravilne razdalje oz. časa trajanja polne vožnje (Avsenik, 1999). MF 375 – 4WD je traktor nekoliko starejše izdelave (1986-1997). Zupančič pa je preučeval primernost relativno novega traktorja John Deere 6220 (2002-2007) in ugotovil nekoliko večje porabe: 2,97 l/h in 0,82 l/ m^3 (Zupančič, 2008). Potrebno je omeniti da traktorja nista primerljiva, saj ima JD 6220 za 20 KM močnejši motor.

5.5 GORIVA

Tekoča goriva predstavljajo visoko koncentrirano obliko skladiščenja kemične energije. Goriva, ki se danes uporabljajo za pogon motorjev z notranjim zgorevanjem, so največkrat zmesi zelo različnih ogljikovodikov, različnih po strukturi njihovih molekul, različnih po izvoru in postopku pridobivanja. Zato imajo goriva zelo različne fizikalne in kemične lastnosti (Jejčič, 2007). Goriva za dizelski motor imajo večinoma visoko vrelišče in imajo visoko vžigalno sposobnost (Bohner in sod., 1999). Pomembna lastnost goriva je njegova viskoznost. Za dizelsko gorivo je pomembno, da imajo višjo viskoznost, ker bolje maže in tesni. Viskoznost pa ne sme presegati neke vrednosti, ker se gorivo težje razprši, zgorevanje pa je oteženo. Za dizelsko gorivo je pomembno tudi, da ima majhen delež pepela, ki v gorivu prispeva k obrabi elementov sistema za vbrizg in k ustvarjanju usedlin v motorju (Jejčič, 2007). Dizelsko gorivo ima plamenišče med 55 in 100°C (Bohner in sod., 1999).

5.5.1 Cetansko število

V nasprotju z gorivi za bencinske motorje morajo biti dizelska goriva zaradi preprečevanja klenkanja po možnosti čim lažje vnetljiva (Bohner in sod., 1999). Merilo vnetljivosti goriva je cetansko število (pri dizelskem gorivu se giblje od 43 do 52) (Jejčič, 2007).

5.5.2 Biodizel

Iz semena različnih rastlinskih vrst je mogoče proizvesti rastlinska olja, ki jih lahko neposredno uporabimo za pogon posebej za to predelanih dizelskih motorjev. Če izvršimo proces zaestrenja rastlinskega olja (pomešamo ga z metilnim ali etilnim alkoholom v nekem razmerju ob prisotnosti katalizatorja), dobimo biodizelsko gorivo, ki je po svojih

lastnostih podobno dizelskemu gorivu iz mineralnega olja in je primerno za pogon dizelskih motorjev. Biodizel se preprosto meša z mineralnih gorivom – plinskim oljem in je uporaben za vir energije ali aditiv mineralnemu dizelskemu gorivu ali v svoji čisti stoddstotni obliki. Zelo pomembno je, da lahko biodizel, proizveden s postopkom zaestrenja iz olja oljne ogrščice, sončnic, soje itn., uporabimo za že znane izvedbe dizelskih motorjev na vozilih in drugih strojih (Jejčič, 2007).

Preglednica 1: Lastnosti nekaterih tekočih goriv, Jejčič 2007 (35)

Gorivo	Gostota [kg/dm ³]	Kurilnost – zgornja vrednost [MJ/kg]	Cetansko število	Plamenišče [°C]
Bencin	0,735	43,5	nima	pod 21
Dizel	0,823	42,5	43-52	55-100
Biodizel (soja)	0,885	39,8	okrog 51	najmanj 120
Biodizel (oljna ogrščica)	0,873	40,9	okrog 51	najmanj 120

5.6 EMISIJE

Emisije, ki jih oddaja dizelski motor (Bauer in sod., 1999):

- največ vode in CO₂, ki sta najmanj škodljiva,
- ogljikov monoksid CO in ogljikovodiki HC,
- dušikovi oksidi NO_x,
- žveplov dioksid SO₂ in žveplena kislina H₂SO₄,
- saje.

Pred leti se emisiji škodljivih snovi, ki jih povzročajo motorji z notranjim zgorevanjem, ni namenjala večje pozornosti, danes pa pri dizelskih in bencinskih motorjih postaja vse bolj pomembna. Na razvoj sodobnih traktorskih motorjev so zato precej vplivali poostreni predpisi v Evropski uniji in ZDA glede količine škodljivih snovi v izpušnih plinih (Jejčič, 2007).

Preglednica 2: Emisije izpušnih plinov za težka tovorna vozila

Direktiva	CO (g/kWh)	NO _x (g/kWh)	HC (g/kWh)	Saje (g/kWh)
Euro II	4,0	7,0	1,1	0,15
Euro III	2,1	5,0	0,66	0,1
Euro IV	1,5	3,5	0,46	0,02

Zmanjšano emisijo škodljivih snovi so omogočili elektronska kontrola procesa vbrizga goriva, povečan tlak vbrizga goriva, ki znaša tudi do 2000 barov, posebne oblike zgorevalnih komor, več kot dva ventila na valju, uporaba alternativnih goriv itd. Za doseg

zmanjšanja emisij škodljivih plinov se mora upoštevati izboljšano sesanje z vmesnim hlajenjem, zmanjševanje izgub turbo polnilnika, ponovno cirkulacijo hlajenih izpušnih plinov, centralni (direktni) vbrižg, skupni vod s piezo sprožilom, oksidacijski katalizator, filter za delce, katalizator SRC (dodajanje sečnine), temperaturo goriva, zmanjšanje žvepla v dizelskem gorivu.

Pri dizelskih motorjih je količina ogljikovodikov, ogljikovega monoksida in dušikovih oksidov znatno nižja od tiste pri bencinskih motorjih, ki imajo katalitični pretvornik brez krmiljenja in enako delovno prostornino. Količino sajastih delcev zmanjšamo z ustrezno opremljenimi šobami za vbrižgavanje, bolj oblikovanimi zgorevalnimi prostori, visokim tlakom vbrižgavanja in u uporabo turbo polnilnikov. Slednji predvsem pri polni obremenitvi oskrbuje motor s presežnim zrakom in zmanjša količino sajastih delcev v izpuhu za približno 50% (Bohner in sod., 1999).

5.7 PRIMERJAVE

5.7.1 Primerjava osnovnih značilnosti dizelskega in bencinskega motorja

Preglednica 3: Primerjava dizelskega in bencinskega motorja (ZRSSS, 2009)

DIZELSKI MOTOR	BENCINSKI MOTOR
je velik in težak	je lahek in manjših dimenzij
težje se ogreje	hitro se ogreje
ne doseže visoke temperature	dosega višje temperature
pri delu se slišijo udarci (je hrupen)	če so izpušni plini dobro pridušeni, je tišji
ni primeren za veliko število vrtljajev	lahko obratuje z velikim številom vrtljajev
počasi pospešuje	hitro pospešuje
potrebna je večja moč, da ga zaženemo	hitro ga spravimo v pogon
je zelo občutljiv na nečistočo goriva	je manj občutljiv na nečistočo goriva
daljša življenska doba	krajša življenska doba
večja ekonomičnost	manjša ekonomičnost pri delu
višja nabavna cena in dražje vzdrževanje	nižja nabavna cena
cenejše gorivo	dražje gorivo

5.7.2 Primerjava dvotaktnega in štiritačnega motorja

Pri motorju z dvotaktnim delovanjem pride do enega vžiga pri vsakem vrtljaju. Zato bi moral dati tudi dvakrat večjo moč kot štiritačni. V resnici pa sta polnjenje in izpuh znatno krajša in manj burna, zato dvotaktni motor težje diha. Moč motorja je torej, zaradi znatno slabšega polnjenja z mešanico zraka in goriva, komaj nekaj večja od štiritačnega motorja pri isti delovni prostornini. Ker pa se dvotaktni motorji lahko hitreje vrtijo, imajo vseeno 1,2 do 1,5 krat večjo moč kot štiritačni. Če primerjamo dvotaktni motor s štiritačnim, ugotovimo sledeče prednosti in slabosti:

Gradnja dvotaktnega motorja je enostavnejša in cenejša, saj ne potrebujemo krmilnega mehanizma. S tem se izdelava poceni in zmanjša teža motorja, kar pa zmanjša razmerje teže glede na moč. Ker mažemo z mešanico, je olajšan zagon pri nizkih temperaturah. Odpade torej sistem za mazanje (ZRSSS, 2009).

Sestavnih delov v dvotaktnem motorju je manj, zato je tudi vzdrževanje ekonomičnejše. Ker se uporabljajo kotalni ležaji, je ročni pogon manj občutljiv za spremembe števila vrtljajev. Ker ima pri istem številu vrtljajev dvojno število delovnih taktov je vrtilni moment enakomernejši.

Slaba stran dvotaktnega motorja je velika specifična poraba goriva in mazalnega olja, saj se pri prenizkih vrtljajih sveža zmes pretaka v izpuh, pri previsokih vrtljajih pa ostajajo izpušni plini delno še v valju, kar vse zmanjšuje moč motorja.

Prav tako slaba stran je tudi slabše polnjenje, zato ima motor le malo večjo moč (problem izplakovanja). Večja je tudi termična in mehanska obremenitev dvotaktnega motorja zaradi dvojnega števila delovnih taktov (ZRSSS, 2009).

.

6 ZAKLJUČEK

Motor gozdarskega traktorja naj bi imel naslednje lastnosti (Prebil, 1977):

- motor mora imeti vserežimski regulator dovoda goriva (delo z vitlom, ko se režimi obremenitve zelo menjavajo),
- oljno korito mora biti prilagojeno za največje nagibe, ki jih mora premagovati traktor,
- izboljšano čiščenje goriva pri dovodu v črpalko zaradi točenja goriva na terenu,
- zaradi servisiranja traktorja obvezna oprema z merilcem obratovalnih ur (motor dela tudi do 40% več kot traja vožnja in bi tahometer dajal nerealne podatke),
- ohišje motorja mora biti zelo masivne konstrukcije, ker zaradi terenske vožnje in ker traktor nima vzmetenja delujejo na ohišje motorja velike sile,
- maksimalna vrtilna frekvenca naj bo okoli 2500 min^{-1} zaradi daljše življenjske dobe in manjših termičnih obremenitev.

Če primerjamo te lastnosti z današnjimi motorji:

- dovod goriva je še večinoma reguliran mehansko, vendar rotacijske črpalke zagotavljajo konstanten tlak goriva, pri močnejših motorjih oz. pri posameznih proizvajalcih (John Deere), pa se uporablja dovod s skupnim vodom in elektronsko krmiljenje vbrizga, ki reši problem vserežimske regulacije,
- ohišje motorja ni nujno masivnejše, saj novi materiali in zlitine omogočajo oblikovanje lažjih, manjših in enako trdnih motorjev,
- vrtilne frekvence se gibljejo okoli 2200 min^{-1} , kar ugodno vpliva, kot prej omenjeno, na temperaturne obremenitve,
- novejši traktorji so opremljeni s turbo polnilnikom in hladilnikom polnilnega zraka (intercooler), kar izboljša karakteristike in omili učinek nadmorske višine,
- vse bolj se uporablja dovod goriva s skupnim vodom (common rail), predvsem na večjih delovnih strojih z večjimi motorji,
- stroji imajo centralno enoto, ki nadzoruje delovanje motorja in z njim povezanih funkcij,
- veliko elektronike sicer oteži vzdrževanje (potrebne so usposobljene osebe, stroški so veliki), obenem pa olajša določanje težav in krmiljenje procesov.

Trend kaže da bo razvoj motorjev šel še naprej v načrtani smeri, poraba goriva se bo manjšala, znižali se bodo izpusti, moč in navor motorja pa se bosta ob izpopolnjevanju sistemov za vbrizg goriva in dovod zraka, ter ostalih sistemov povečala, oz. bosta enaka ob manjši delovni prostornini motorja.

7 VIRI

- Avsenik M. 1999. Primernost traktorja MF 375 – 4WD za delo v gozdu: diplomska naloga (Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo). Ljubljana, samozaložba: 55 str.
- van Basshuysen R. (ur), Spicher U., et al. 2009. Gasoline Engine with Direct Injection. Wiesbaden, Vieweg + Teubner GWV Fachverlage GmbH: 437 str.
- Bauer H. (ur), et al. 1999. Diesel engine Management (2nd expanded edition). Stuttgart, Robert Bosch GmbH: 306 str.
- Bohner M., Gscheidle R., Leyer S., Pichler W., et al. 1999. Motorno vozilo. Ljubljana, Tehniška založba Slovenije: 341 str.
- Chollet H. M., 1979. Motor. Ljubljana, Tehniška založba Slovenije: 335 str.
- Diagram moči in navora in tehnični podatki za motor Deutz TCD 2012 L4. Brošura za motorje TCD 2012:
http://www.deutz.de/live_deutz_products/file/ff80808210e50abc0110fe682e200d05.de.0/lt_datenblatt_tcd2012_de.pdf (16. 7. 2010)
- Diagram navora in porabe goriva za motor z mehanskim vbrizgom in motor z elektronsko krmiljenim vbrizgom s skupnim vodom in tehnični podatki za ta dva motorja. Brošura motorjev AGCO SISU POWER 33 DTA in CTA:
http://agcosisupower-com-bin.directo.fi/@Bin/7f293113ce62ccde271c1dc125606dfe/1279304028/application/pdf/1635356/SisuDiesel_3cylEng_new.pdf (16. 7. 2010)
- Dvotaktni cikel:
http://www.tpub.com/content/engine/14037/css/14037_94.htm (13. 7. 2010)
- Dvotaktni cikel v dizlu:
http://www.tpub.com/content/engine/14081/css/14081_23.htm (13. 7. 2010)
- Jejčič V. 2007. Traktor. Ljubljana, Kmečki glas: 234 str.
- Jejčič V., Cunder T., Poje T., Košir B., Žlender B., Juvan I. 2003. Tehnična raven opremljenosti slovenskih kmetij s traktorji. Ljubljana, Kmetijski inštitut Slovenije: 45 str.
- Klun J., Poje A. 2000. Spravilo lesa z zgibnim traktorjem IWAFUJI – 41 in poškodbe pri sečnji in spravilu: diplomska naloga (Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo). Ljubljana, samozaložba: 140 str.
- Košir B. 1997. Pridobivanje lesa: študijsko gradivo. Ljubljana, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 330 str.

Kotar M. 2003. Gozdarski priročnik. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire. 414 str.

Kraut B. 1993. Krautov strojniški priročnik, 10 slovenska izdaja. Ljubljana, Tehniška založba Slovenije: 694 str.

Krmilje motorja:

www.italia-oldtimer.com/images/Ventiltrieb.jpg (13.7. 2010)

Luxs 90 Traktor nove generacije. 2010. Arctis d.o.o. 4 str. (osebni vir, junij 2010)

Malmberg C. E., 1989. The Off-Road Vehicle. Montreal, The Joint Textbook Committee of the Paper Industry of the United States and Canada: 573 str.

Motor:

<http://ro.zrsss.si/projekti/kmetijstvo/motor> (15. 3. 2009)

Prebil I., 1977. Motor gozdarskega traktorja: diplomska naloga (Fakulteta za strojništvo). Ljubljana, samozaložba: 160 str.

Ročična gred in ležajne blazinice:

www.sweethaven02.com/Automotive01/fig0342.gif (13.7 2010)

Štiritaktni cikel:

<http://www.makinemekanik.com/> (13.7. 2010)

Tehnični podatki za forwarder John Deere 1010E:

http://www.deere.com/en_US/cfd/forestry/deere_forestry/media/pdfs/forwarders/DKB1010E.pdf (25. 7. 2010)

Tehnični podatki za forwarder John Deere 1110E:

http://www.deere.com/en_US/cfd/forestry/deere_forestry/media/pdfs/forwarders/DKB1110E.pdf (25. 7. 2010)

Tehnični podatki za gozdarski zgibnik HSM 704:

<http://www.hsm-forstmaschinen.de/> (20. 7. 2010)

Tehnični podatki za gozdarski zgibnik John Deere 540 G3:

http://www.deere.com/en_US/cfd/forestry/deere_forestry/media/pdfs/skidders/cable/DKD540548GCS.pdf (25. 7. 2010)

Tehnični podatki za gozdarski zgibnik Woody 110:

<http://www.vilpo.si/index.php?p=8> (25. 7. 2010)

Tehnični podatki za harvester Eco Log 580C:

http://www.eco-log.se/datasheets/harvesters/Eco_Log_Harvesters_en.pdf (20. 7. 2010)

Tehnični podatki za harvester John Deere 1270E:

http://www.deere.com/en_US/cfd/forestry/deere_forestry/media/pdfs/harvesters/wheeled/DKB1270E.pdf (25. 7. 2010)

Tehnični podatki za kmetijska traktorja Valtra A72n in A82n:

<http://www.valtra.com/products/tractors/128.asp> (25. 7. 2010)

Tehnični podatki za kmetijske traktorje MF 4435, 4445 in 4455:

http://www.masseyferguson.com/static/asp/DownloadHandler.aspx?file=/EMEA/int-en/static/documents/Tractors/MF4400_EN.pdf (24. 7. 2010)

Tehnični podatki za kmetijski traktor IMT 571:

<http://imt.co.rs/imt2005/srpski/proizvodi/tr571.htm> (25. 7. 2010)

Tehnični podatki za kmetijski traktor John Deere 6230:

http://www.deere.com/en_US/ProductCatalog/FR/literature/2008/tractors/DSAA39303_6030_7030_Tractors.pdf (25. 7. 2010)

Tehnični podatki za kmetijski traktor Kubota M8540:

http://www.kubota.com/product/M5040/pdf/m40series_spec.pdf (21. 7. 2010)

Tehnični podatki za kmetijski traktor Landini Powerfarm 100:

http://www.landini.it/download.aspx?file=4apowerfarm2010.ingl_cpy_2.pdf
(24. 7. 2010)

Tehnični podatki za kmetijski traktor Landini Vision 105:

http://www.landini.it/download.aspx?file=landini_vision_brochure_en.pdf
(25. 7. 2010)

Tehnični podatki za kmetijski traktor Lindner Geotrac 73:

http://lindner.si/images/brosure/geotrac73_83_93.PDF (24. 7. 2010)

Tehnični podatki za kmetijski traktor Lindner Geotrac 83:

<http://www.lindner-traktoren.at/index.php?l=de&nID=x44361ee864ceb2.66141901&flash=6> (24. 7. 2010)

Tehnični podatki za kmetijski traktor Reform Mounty 80 S:

<http://www.tehnounion.si/dokumenti/a2a8a0f987dfa71ca5ec77242e84ac2c.pdf>
(25. 7. 2010)

Tehnični podatki za motor AGCO SISU Power 44 DTA:

http://agcosisupower-com-bin.directo.fi/@Bin/6afaf17a30dabeb6f4a428f87fa85130/1280046357/application/pdf/1635397/SisuDiesel_4cylEng.pdf (25. 7. 2010)

Tehnični podatki za motor IMR S44 AT:

<http://www.imr-rakovica.com/imr-motors44at.html> (25. 7. 2010)

Tehnični podatki za motor Iveco Nef vgrajen v zgibni traktor HSM 704:

http://www.powertechengines.com/IvecoData/Nef_E.pdf (20. 7. 2010)

Tehnični podatki za motor John Deere Power Tech 6068:

http://www.deere.com/en_US/rg/ESC/SpecSheet/Ind/6068TF275_I_S0_R0.html
(25. 7. 2010)

Tehnični podatki za motor John Deere Power Tech E 4045 T:

http://salesmanual.deere.com/sales/salesmanual/en_NA/tractors/2010/feature/engine/6030_7030/6030_engines_power_ratings_specifications.html?sbu=ag&link=prodcats
(25. 7. 2010)

Tehnični podatki za motor John Deere Power Tech Plus 4045:

http://www.deere.com/en_US/rg/ESC/SpecSheet/Ind/4045HF485_B_S0_R0.pdf
(25. 7. 2010)

Tehnični podatki za motor John Deere Power Tech Plus 6068:

http://www.deere.com/en_US/rg/ESC/SpecSheet/Ind/6068HF485_J_S0_R0.pdf
(25. 7. 2010)

Tehnični podatki za motor John Deere Power Tech Plus 6090 HTJ:

http://www.deere.com/en_US/rg/ESC/SpecSheet/Ind/6090HF485_S_S0_R0.pdf
(25. 7. 2010)

Tehnični podatki za motor Kubota V3800DI- T vgrajen v kmetijski traktor Kubota M8540:

http://www.kubotaengine.com/products/pdf_en/29_v3800dit_26.pdf

Tehnični podatki za motor Mercedes Benz OM906 LA vgrajen v harvester Eco Log 580C:

http://www.mercedes-benzsa.co.za/mercedes-benz/eMB/Downloads/Trucks/ATEGO_Specifications.pdf (21. 7. 2010)

Tehnični podatki za motor VM Motori D704 TE2:

<http://www.maitlanddiesel.com.au/images/vm%20motori/d700e2/61.pdf> (25. 7. 2010)

Tehnični podatki za motorje Perkins 1103C – 33T, 1104C – 44T in 1104D – 44T:

<http://www.perkins.com/products/1100>

Tehnični podatki za traktorje JD 6220, MB Trac 1300, MF 375 – 4WD, Steyr 8080 in 9094 ter Zetor 6340 oziroma za njihove motorje:

<http://www.tractordata.com/> (24. 7. 2010)

Zupančič M., 2008. Časovna študija spravila lesa s traktorjem John Deere 6220: diplomska naloga (Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo). Ljubljana, samozaložba: 42 str.

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju prof. dr. Boštjanu Koširju za pomoč in strokovno vodstvo pri izdelavi diplomske naloge.

PRILOGE

Priloga A: Fizikalne enote za opisovanje motorjev

Veličina	Enota	ZDA, Združeno kraljestvo, in po SI nedovoljene enote
Razdalja	meter [m]	palec (inch) [in]: 1 in = 25,4 mm čevelj (foot) [ft]: 1 ft = 0,305 m yard [yd]: 1 yd = 0,914 m
Masa	kilogram [kg]	funt (Pound) [lb]: 1 lb = 0,453 kg
Temperatura	Kelvin [K], stopinja Celzija [°C]	stopinja Fahrenheita (Fahrenheit) °F = $1.8 \times ^\circ\text{C} + 32$
Čas	sekunda [sek] minuta [min]	
Električni tok	amper [A]	
Napetost	volt [V]	
Volumen	liter [l] = dm ³	galona (gallon) [gal]: 1 gal = 4,55 l
Gostota	[kg/dm ³]	[lb/ft ³]: 1 lb/ft ³ = 16.02 kg/dm ³
Pretok	[m ³ /s]	[l/min]: 1 l/min = 0,0000166 m ³ /s gallons per minute [gpm]: 1 gpm = 0,0000631 m ³ /s
Hitrost	[m/s], [km/h]	[ft/s]: 1 ft/s = 0,305 m/s [mph]: 1 mph = 1,61 km/h
Pospešek	[m/s ²]	[ft/s ²]: 1 ft/s ² = 0,305 m/s ²
Vrtilna frekvenca	hertz [Hz] = [s ⁻¹]	obratov na minuto [min ⁻¹ , rpm]
Sila	newton [N]	pounds force [lbf]: 1 lbf = 4,45 N
Tlak	pascal [Pa], [bar] 1 bar = 100000 Pa	pound per square inch [psi]: 1 psi = 6894 Pa = 0,06894 bar atmosfera [at] 1 at = 98066 Pa
Navor	newton meter [Nm]	[ft lbf]: 1 ft lbf = 1,35 Nm
Energija, kurilna vrednost	joule [J]	[ft lbf]: 1 ft lbf = 1,35 J kalorija [cal]: 1 cal = 4,19 J
Moč	watt [W]	konjska moč [KM] (horse power) [HP] 1 KM = 735,5 W
Poraba goriva	[l/h]	[gpm]: 1 gpm = 227, 12 l/h
Specifična poraba goriva	[g/kWh]	[lb/HPh]: 1 lb/HPh = 0,001644 g/kWh

Priloga B: Tehnični podatki motorjev kmetijskih traktorjev uporabljenih v gozdarstvu, gozdarskih zgibnikov in nekaterih drugih strojev

MOTORJI MOČI POD 70 KM:

Tip motorja	Ni podatka
Delovni stroj	IWAFUJI – 41
Oznaka stroja	Gozdarski zgibnik
Število valjev	4
Prostornina (ccm)	2771
Moč (kW/KM)	43/59
Obratov/minuto	2500
Navor (Nm)	175
Pri obratov/min	2000
Premer cilindra (mm)	93
Korak (mm)	102
Hlajenje	Tekočinsko
Vir	Poje, Klun, 2000

MOTORJI MOČI MED 70 IN 80 KM:

Tip motorja	AGCO SISU POWER 33 DTA	Perkins 1103C-33T
Delovni stroj	Massey Ferguson 4435, Valtra A72 n	Lindner Geotrac 73
Oznaka stroja	Kmetijski traktor	Kmetijski traktor
Število valjev	3	3
Prostornina (ccm)	3300	3300
Moč (kW/KM)	54,5/74	58/78
Obratov/minuto	2270	2200
Navor (Nm)	296	291
Pri obratov/min	1400	1400
Premjer cilindra (mm)	108	105
Korak (mm)	120	127
Kompresijsko razmerje	Ni podatka	18,2:1
Smer vrtenja	Nasproti urinega kazalca	Nasproti urinega kazalca
Dovod zraka	Turbopolnilnik	Turbopolnilnik
Hladilnik zraka (tip)	Vgrajen (zrak-zrak)	Ni podatka
Visokotlačna črpalka	Rotacijska	Rotacijska
Način vbrizga	Mehansko	Mehansko
Hlajenje	Tekočinsko	Tekočinsko
Emisije	EC 3A	EC 2
Dolžina (mm)	765	546
Širina (mm)	550	586
Višina (mm)	750	826
Masa (kg)	330	293
Rezervoar (l)	70	85
Vir	Agco sisu 2010, MF 2010, Valtra 2010	Lindner 2010, Perkins 2010

MOTORJI MOČI MED 70 IN 80 KM:

Tip motorja	IMR S44/AT	WD 411.90
Delovni stroj	IMT 571, 577	Steyr 8080
Oznaka stroja	Kmetijski traktor	Kmetijski traktor
Število valjev	4	4
Prostornina (ccm)	3300	3500
Moč (kW/KM)	51/70	53,7/72
Obratov/minuto	2000	2200
Navor (Nm)	265	273,9
Pri obratov/min	1350	1500
Premmer cilindra (mm)	91,4	100
Korak (mm)	127	110
Kompresijsko razmerje	17,4:1	Ni podatka
Smer vrtenja	Nasproti urinega kazalca	Ni podatka
Dovod zraka	Atmosfersko	Turbopolnilnik
Hladilnik zraka (tip)	Ni vgrajen	Ni podatka
Visokotlačna črpalka	Vrstna ali rotacijska	Ni podatka
Način vbrizga	Mehansko	Ni podatka
Hlajenje	Tekočinsko	Tekočinsko
Vir	IMR 2010, IMT 2010	Tractordata 2010

MOTORJI MOČI MED 70 IN 80 KM:

Tip motorja	Perkins A4.236	Zetor
Delovni stroj	Massey Ferguson 375 – 4WD	Zetor 6340
Oznaka stroja	Kmetijski traktor	Kmetijski traktor
Število valjev	4	4
Prostornina (ccm)	3900	3900
Moč (kW/KM)	53,2/70	53/70
Obratov/minuto	2200	2200
Premer cilindra (mm)	Ni podatka	102
Korak (mm)	Ni podatka	120
Kompresijsko razmerje	Ni podatka	17:1
Dovod zraka	Sesalni	Sesalni
Hlajenje	Tekočinsko	Tekočinsko
Rezervoar (l)	107	70
Vir	Tractordata 2010	Tractordata 2010

MOTORJI MOČI MED 80 IN 90 KM:

Tip motorja	AGCO SISU POWER 44 DTA	Perkins 1104C-44 T
Delovni stroj	Massey Ferguson 4445, Valtra A82 n	Lindner Geotrac 83
Oznaka stroja	Kmetijski traktor	Kmetijski traktor
Število valjev	4	4
Prostornina (ccm)	4400	4400
Moč (kW/KM)	64,5/88	60/82
Obratov/minuto	2270	2400
Navor (Nm)	324	350
Pri obratov/min	1400	1400
Premjer cilindra (mm)	108	105
Korak (mm)	120	127
Kompresijsko razmerje	Ni podatka	19,3:1
Smer vrtenja	Nasproti urinega kazalca	Nasproti urinega kazalca
Dovod zraka	Turbopolnilnik	Turbopolnilnik
Hladilnik zraka (tip)	Vgrajen (zrak-zrak)	Ni podatka
Visokotlačna črpalka	Rotacijska	Rotacijska
Način vbrizga	Mehanski	Mehanski
Hlajenje	Tekočinsko	Tekočinsko
Emisije	EC 3A	EC 2
Dolžina (mm)	902	663
Širina (mm)	620	470
Višina (mm)	887	812
Masa (kg)	390	357
Rezervoar (l)	70	85
Vir	Agco Sisu 2010, MF 2010, Valtra 2010	Lindner 2010, Perkins 2010

MOTORJI MOČI MED 80 IN 90 KM:

Tip motorja	Perkins 1104D-44	VM Motori D704 TE2
Delovni stroj	Luxs 90	Reform Mounty 80
Oznaka stroja	Kmetijski traktor	Kmetijski traktor
Število valjev	4	4
Prostornina (ccm)	4400	2800
Moč (kW/KM)	65/88	59/80
Obratov/minuto	2200	2600
Navor (Nm)	360	260
Pri obratov/min	1400	1400
Premer cilindra (mm)	105	94
Korak (mm)	127	100
Kompresijsko razmerje	16,2:1	Ni podatka
Smer vrtenja	Nasproti urinega kazalca	Ni podatka
Dovod zraka	Sesalno	Turbopolnilnik
Hladilnik zraka (tip)	Ni vgrajen	Ni podatka
Visokotlačna črpalka	Rotacijska	Ni podatka
Način vbizga	Mehanski	Ni podatka
Hlajenje	Tekočinsko	Tekočinsko
Emisije	EC 3A	EC 2
Dolžina (mm)	663	702
Širina (mm)	597	557
Višina (mm)	810	763
Masa (kg)	306	255
Rezervoar (l)	84	Ni podatka
Vir	Lux 2010, Perkins 2010	VM 2010, Reform 2010

MOTORJI MOČI MED 80 IN 90 KM:

Tip motorja	Kubota V3800DI - T
Delovni stroj	Kubota M8540
Oznaka stroja	Kmetijski traktor
Število valjev	4
Prostornina (ccm)	3769
Moč (kW/KM)	63,7/85
Obratov/minuto	2600
Navor (Nm)	325
Pri obratov/min	1500
Premmer cilindra (mm)	100
Korak (mm)	120
Kompresijsko razmerje	Ni podatka
Smer vrtenja	Nasproti urinega kazalca
Dovod zraka	Turbopolnilnik
Hladilnik zraka (tip)	Ni podatka
Visokotlačna črpalka	Ni podatka
Način vbrizga	Mehansko
Hlajenje	Tekočinsko
Emisije	EC 3A
Dolžina (mm)	745
Širina (mm)	549
Višina (mm)	257
Masa (kg)	288
Rezervoar (l)	110
Vir	Kubota 2010, Kubota Engines 2010

MOTORJI MOČI MED 90 IN 100 KM:

Tip motorja	Perkins 1104D-44T	John Deere Power Tech E 4045T
Delovni stroj	Landini Powerfarm 100, Vision 105	John Deere 6230
Oznaka stroja	Kmetijski traktor	Kmetijski traktor
Število valjev	4	4
Prostornina (ccm)	4400	4500
Moč (kW/KM)	P: 68/92,5 V: 72,5/98,6	69,8/95
Obratov/minuto	2200	2300
Navor (Nm)	384	353
Pri obratov/min	1400	1600
Premier cilindra (mm)	105	106
Korak (mm)	127	127
Kompresijsko razmerje	16,2:1	19:1
Smer vrtenja	Nasproti urinega kazalca	Ni podatka
Dovod zraka	Turbopolnilnik	Turbopolnilnik
Hladilnik zraka (tip)	Vgrajen (zrak-zrak)	Vgrajen (zrak-zrak)
Visokotlačna črpalka	Rotacijska	Common rail
Način vbrizga	Mehansko	Elektronsko
Hlajenje	Tekočinsko	Tekočinsko
Emisije	EC 3A	EC 3A
Dolžina (mm)	663	867
Širina (mm)	597	680
Višina (mm)	810	1055
Masa (kg)	306	491
Rezervoar (l)	102	165
Vir	Landini 2010, Perkins 2010	JD 2010

MOTORJI MOČI MED 90 IN 100 KM:

Tip motorja	John Deere Power Tech	MWM WD 401.85
Delovni stroj	John Deere 6220	Steyr 9094
Oznaka stroja	Kmetijski traktor	Kmetijski traktor
Število valjev	4	4
Prostornina (ccm)	4500	4156
Moč (kW/KM)	67,1/90	70/94
Obratov/minuto	2300	2300
Navor (Nm)	Ni podatka	353
Pri obratov/min	Ni podatka	1500
Premjer cilindra (mm)	106	105
Korak (mm)	127	120
Dovod zraka	Turbopolnilnik	Turbopolnilnik
Hlajenje	Tekočinsko	Ni podatka
Rezervoar (l)	113,9	Ni podatka
Vir	Tractordata 2010, Zupančič 2010	Tractordata 2010

MOTORJI MOČI NAD 100 KM:

Tip motorja	DEUTZ TCD 2012 L04 Vm	Iveco NEF
Delovni stroj	Woody 110	HSM 704
Oznaka stroja	Gozdarski zgibnik	Gozdarski zgibnik
Število valjev	4	4
Prostornina (ccm)	4040	3920
Moč (kW/KM)	84/114	85/115
Obratov/minuto	2200	2500
Navor (Nm)	520	390
Pri obratov/min	1600	1200
Premer cilindra (mm)	101	102
Korak (mm)	126	120
Kompresijsko razmerje	18:1	Ni podatka
Smer vrtenja	Ni podatka	Ni podatka
Dovod zraka	Turbopolnilnik (wastegate)	Turbopolnilnik
Hladilnik zraka (tip)	Vgrajen (zrak-zrak)	Ni podatka
Visokotlačna črpalka	2 rotacijski	Common rail
Način vbrizga	Elektronsko krmiljen	Elektronsko krmiljen
Hlajenje	Tekočinsko	Ni podatka
Emisije	EC 3A	Ni podatka
Dolžina (mm)	783	770 – 880
Širina (mm)	629	585 -700
Višina (mm)	812	800 – 920
Masa (kg)	400	310
Rezervoar (l)	Ni podatka	Ni podatka
Vir	Vilpo 2010, Deutz 2010	Iveco 2010, HSM 2010

MOTORJI MOČI NAD 100 KM:

Tip motorja	J. D. Power Tech 6068	Ni podatka
Delovni stroj	John Deere 540 G3	MB Trac 1300
Oznaka stroja	Gozdarski zgibnik	Vlačilec
Število valjev	6	6
Prostornina (ccm)	6800	6000
Moč (kW/KM)	96/129	93,2/125
Obratov/minuto	2200	2400
Navor (Nm)	554	425,1
Pri obratov/min	1400	1600
Premmer cilindra (mm)	106	98
Korak (mm)	127	133
Kompresijsko razmerje	17:1	Ni podatka
Smer vrtenja	Ni podatka	Ni podatka
Dovod zraka	Turbopolnilnik	Turbopolnilnik
Hladilnik zraka (tip)	Ni vgrajen	Ni podatka
Visokotlačna črpalka	Rotacijska	Ni podatka
Način vbrizga	Elektronsko	Ni podatka
Hlajenje	Tekočinsko	Ni podatka
Emisije	EC 2	Ni podatka
Dolžina (mm)	1104	Ni podatka
Širina (mm)	623	Ni podatka
Višina (mm)	1012	Ni podatka
Masa (kg)	587	Ni podatka
Rezervoar (l)	155	Ni podatka
Vir	JD 2010	Tractordata 2010

MOTORJI MOČI NAD 100 KM:

Tip motorja	J. D. Power Tech Plus 4045	J. D. Power Tech Plus 6068
Delovni stroj	John Deere 1010E	John Deere 1110E
Oznaka stroja	Forwarder	Forwarder
Število valjev	4	6
Prostornina (ccm)	4500	6800
Moč (kW/KM)	115,5/155	136/183
Obratov/minuto	1900	1900
Navor (Nm)	645	780
Pri obratov/min	1400	1400
Premer cilindra (mm)	106	106
Korak (mm)	127	127
Kompresijsko razmerje	17:1	17:1
Smer vrtenja	Ni podatka	Ni podatka
Dovod zraka	Turbopolnilnik	Turbopolnilnik
Hladilnik zraka (tip)	Vgrajen (zrak-zrak)	Vgrajen (zrak-zrak)
Visokotlačna črpalka	Common rail	Common rail
Način vbrizga	Elektronsko	Elektronsko
Hlajenje	Tekočinsko	Tekočinsko
Emisije	EC 3A	EC 3A
Dolžina (mm)	867	1161
Širina (mm)	680	616
Višina (mm)	1055	1128
Masa (kg)	491	678
Rezervoar (l)	150	167
Vir	JD 2010	JD 2010

MOTORJI MOČI NAD 100 KM:

Tip motorja	J. D. Power Tech Plus 6090HTJ	Mercedes Benz OM906 LA
Delovni stroj	John Deere 1270E	Ecolog 580 C
Oznaka stroja	Harvester	Harvester
Število valjev	6	6
Prostornina (ccm)	9000	6374
Moč (kW/KM)	170/228	205/278
Obratov/minuto	1900	2200
Navor (Nm)	1125	1100
Pri obratov/min	1200 – 1400	1200 - 1600
Premjer cilindra (mm)	118,4	Ni podatka
Korak (mm)	136	Ni podatka
Kompresijsko razmerje	16:1	Ni podatka
Smer vrtenja	Ni podatka	Ni podatka
Dovod zraka	Turbopolnilnik	Turbopolnilnik
Hladilnik zraka (tip)	Vgrajen (zrak-zrak)	Vgrajen
Visokotlačna črpalka	Common rail	Črpalka s šobo
Način vbrizga	Elektronsko	Elektronsko
Hlajenje	Tekočinsko	Tekočinsko
Emisije	EC 3A	EC 3A
Dolžina (mm)	1208	Ni podatka
Širina (mm)	630	Ni podatka
Višina (mm)	1113	Ni podatka
Masa (kg)	901	Ni podatka
Rezervoar (l)	435	400
Vir	JD 2010	MB 2010, Eco Log 2010