



HR0000033

Dorđe Berc  
Uljanik Strojogradnja, d. d.  
Pula, Hrvatska

## **DIZELSKI MOTORI ZA NEZAVISNE PROIZVOĐAČE ENERGIJE**

### **Sažetak**

Tijekom proteklih godina na tržištu stacionarnih dizelskih motora primijećen je porast zahtjeva za motorima jedinične snage od 10 do 70 MW. Ovom zahtjevu izišlo se ususret ponudivši za veće jedinične snage dvotaktni sporohodni dizelski motor s križnom glavom koji kao pogonsko gorivo koristi gotovo bilo koje tekuće ili plinovito gorivo. Ovaj referat prikazat će iskustvene podatke iz eksploatacije ovakvih motora i njihovu podobnost za spomenuta goriva. Primjeri izvedenih instalacija pogodnih za nezavisne proizvođače energije, te tipičan primjer studije izvedivosti takvog postrojenja bit će dan u prilogu referata.

## **DIESEL ENGINES FOR INDEPENDENT POWER PRODUCERS**

### **Abstract**

During recent years an increasing demand has been experienced in the stationary diesel engine market for 10–70 MW diesel units. For larger units this demand is being met by two-stroke low-speed crosshead uniflow scavenged diesel engines, capable of burning almost any fuel available on the market, both liquid or gaseous. The paper deals with service experience gained from such engines and their fuel capability. Examples of actual installations for IPPs and captive plants, together with an example of a typical feasibility study of such plants, is presented in the Appendix.

### **UVOD**

Tvrtka MAN B&W Diesel konstruktor je i proizvođač dizelskih motora podobnih za proizvodnju električne energije i oni se nude u sljedeće tri kategorije:

1. Dizelski električni agregati – MAN B&W Holeby.

Utemeljeni su na četverotaktnim srednjehodnim dizelskim motorima jedinične snage od 0,5 do 4,0 MW. Motori se proizvode u mjestu Holeby, Danska, te kod licencionara. U Hrvatskoj su to ULJANIK, Brodogradilište Split i Adriadiesel.

2. Srednjehodni četverotaktni motori – MAN B&W Augsburg i SEMT Pielstick

Ovo su veći četverotaktni motori s raspoloživom jediničnom snagom do 22 MW. Motori se proizvode u Augsburgu, Njemačka i St. Nazaireu, Francuska, te kod licencionara. U Hrvatskoj su to ULJANIK i Brodogradilište Split.

3. Dvotaktni MC motori – MAN B&W Copenhagen

Ovo su sporohodni motori jedinične snage do 68 MW. Motore proizvodi 18 licencionara diljem svijeta. U Hrvatskoj to su ULJANIK i Brodosplit.

U proteklih su dvadesetak godina MAN B&W sporohodni dizelski motori uspješno primijenjeni u projektima elektrana srednjih snaga do veličine od 250 MW.

Tablica 1. Referentna lista

<b>Elektrana</b>	<b>MW</b>	<b>instaliran 1. motor</b>
GESA, Ibiza	115	1973.
BLP, Barbados	50	1982.
ABBOT CHEMICALS, Puerto	20	1984.
UNELCO, Lanzasote	33	1987.
GESA, Menorca	48	1986.
CEM, Macau	225	1986.
NIPON OIL, Japan	2	1988.
KEPCO, Korea	40	1990.
BEC, Bahamas	90	1992.
NPC, Philipines	200	1993.
DSW, Israel	60	1994.
GPA, Guam	80	1994.
JPPC, Jamaica	60	1995.
PPC, Greece	38	1998.
CEB, Mauritius	90	1996.
ELCOM, Papua New Guinea	25	1997.
GMR, India	200	1998.
EEA, Eritrea	84	1998.
DCM, India	38	1998.
SERVE VEST, Malaysia	64	1998.
ENRON, Guam	90	1999.

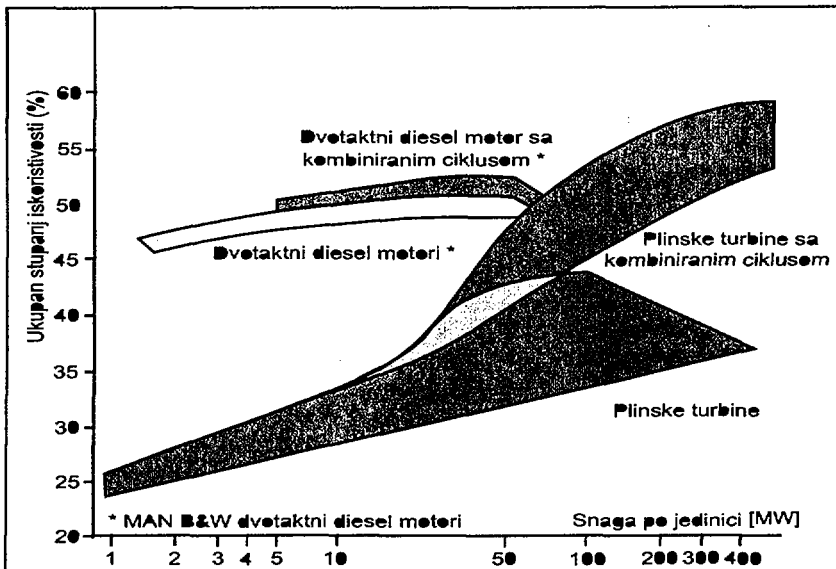
Sporohodni motori, uz visok stupanj korisnosti i dobru pouzdanost, mogu koristiti bilo koje gorivo. Ove osobine sporohodni motori su stekli stalnim tehnološkim razvitkom uz korištenje širokog iskustva iz primjene u svjetskoj floti trgovačkih brodova, gdje MAN B&W sudjeluje s gotovo 70%.

### **1. DIZELSKI MOTORI U STACIONARNOJ PRIMJENI**

Za proizvodnju električne energije u elektranama na fosilna goriva danas su na raspolaganju sljedeći pogonski strojevi: srednjehodni i sporohodni dizelski motori, parne turbine te plinske turbine. Za područje snaga do 65 MW po jedinici iz slike 1. je vidljivo da je MAN B&W dvotaktni dizelski motor bez premca pogonski stroj s najvišim stupnjem korisnog djelovanja.

Kada se uspoređuje između različitih pogonskih strojeva treba imati u vidu razlike u ISO standardima za uvjete okoline prema kojima se iskazuje nominalna snaga stroja, Tablica 2.

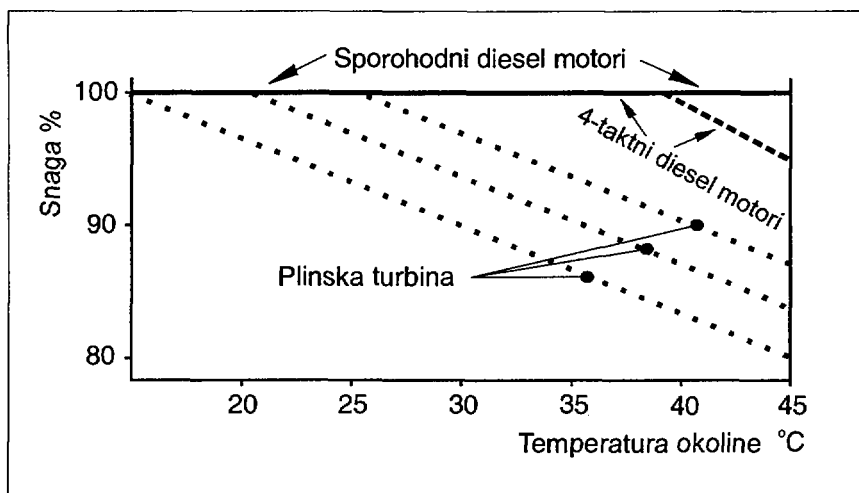
Elektrana se eksploatira tijekom cijele godine. Sporohodni je dizelski motor, u odnosu na ostale strojeve s unutrašnjim izgaranjem, neosjetljiv na klimatske promjene tijekom godine, slika 2.



Slika 1. Usporedba dizelskih motora i plinskih turbina za ISO 3046

Tablica 2. ISO uvjeti okoline

	Plinske turbine ISO 3977	Dizelski motori ISO 3046
Temperatura zraka °C	15	25
Temperatura rashladne vode °C	15	25
Barometarski tlak mbar	1013	1000
Relativna vlažnost	60	60

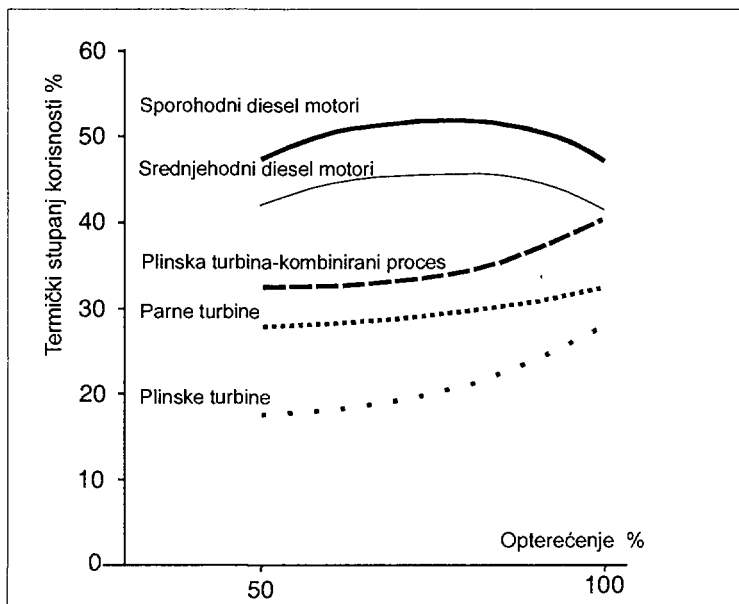


Slika 2. Smanjenje nominalne snage uslijed promjene temperature okoline

## 2. PRILAGODLJIVOST PROMJENJIVOM OPTEREĆENJU

Za elektrane snaga do 300 MW često se postavlja zahtjev za mogućnošću da elektrane rade s promjenjivom snagom, što se uobičajeno rješava instalacijom nekoliko jedinica iste veličine. Promjena snage zahtijevana od strane korisnika provodi se sekvencionalnim uključivanjem ili isključivanjem jedinica iz pogona. Ovakav princip rada je često primijenjen kod standardnih plinskih turbina zbog veoma niskog stupnja korisnosti plinskih turbina kod djelomične snage. Stupanj korisnosti dizelskih motora je gotovo nepromjenjiv u širokom rasponu opterećenja, slika 3. Nadalje, dizelski motor je sposoban raditi bez ikakvih ograničenja na djelomičnoj snazi koja može iznositi 20 posto od maksimalne trajne snage, a isto tako može raditi i s 10 posto preopterećenja jedan sat svakih 12 sati.

Uzevši u obzir navedeno potpuno je isplativo izvesti projekt s nekoliko istih sporohodnih dizelskih motora, čime se skraćuje vrijeme izgradnje elektrane, manji su zahtjevi za veličinom prostora, a troškovno: rezultat su niži početni troškovi, troškovi eksploatacije i troškovi održavanja i sve to uz osiguranje visoke efikasnosti i pouzdanosti u radu i zadovoljenje programa rada elektrane.



Slika 3. Promjena stupnja korisnosti pogonskih strojeva u ovisnosti o opterećenju

## 3. GORIVO

Većina je dizelskih elektrana smještena na području gdje je dobava kvalitetnog dizelskog goriva često nedostatna i nestabilna. Za dobru izvedivost projekta, nužno je u najranijoj fazi imati u vidu vrste raspoloživih dizelskih goriva i njih usporediti s preporučljivim specifikacijama goriva za različite pogonske strojeve. Različitost goriva koja se mogu koristiti u dizelskom motoru i plinskoj turbini može se vidjeti na tablici 3., gdje su prikazane preporučljive specifikacije goriva za takve strojeve.

Proces izgaranja u dizelskom motoru ima dva takta koji se ponavljaju, dok plinske turbine koriste kontinuirano izgaranje. Kod dvotaktnog procesa mogu se primijeniti više početne temperature i tlakovi nego kod plinske turbine jer se elementi izloženi visokoj temperaturi na kraju procesa i između procesa hlade. Zbog ovoga se kod dizelskih motora može postići viši termički stupanj korisnosti. Proces se odvija sporo i moguće je održati adiabatsku termodinamičku promjenu stanja. Daljnja prednost sporohodnosti procesa kod sporohodnih dizelskih motora je to što se kod njih lakše rješava problem zakašnjenja paljenja koje ovisi o vrsti goriva i geometriji stroja, što daje prednost sporohodnim dizelskim motorima u usporedbi s ostalim strojevima kada se koristi jeftino gorivo niske kvalitete.

Tablica 3. Usporedni prikaz preporučljivih specifikacija za dizelsko gorivo za dizelske motore i plinske turbine

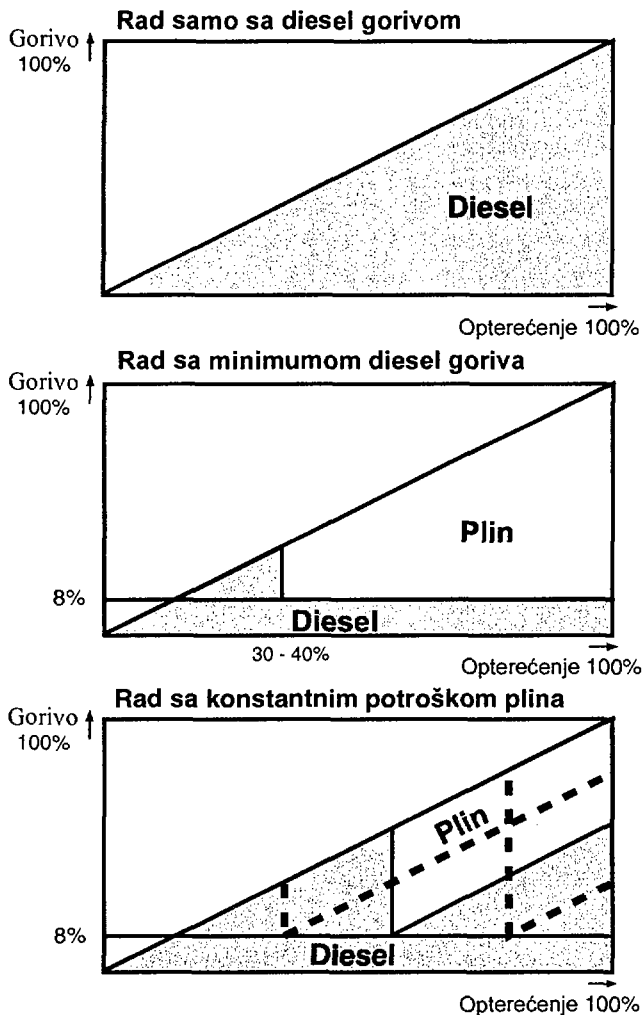
	Dizelski motori CIMAC-H55	Plinske turbine ASTM 2880
Specifična gustoća kod 15 °C (kg/m <sup>3</sup> )	1010	876
Kinematička viskoznost kod 100 °C (cSt)	55	50
Plamište (°C)	=/> 60	66
Ostatak ugljena (%)	22	0.35
Pepeo (%)	0.15	0.03
Voda (%)	1.0	1.0 **
Sumpor (%)	5.0	1.0
Vanadij (ppm)	600	0.5 – 2
Aluminij i silikoni (ppm)	80	(10)
Natrij i kalij (ppm)	200	1
Kalcij (ppm)	200	1
Olovo (ppm)	10	1

\* na 10% destilacije

\*\* uključivo i sedimente

Većina elektrana koje se danas grade temelje se na jednom ili dva goriva. Za plinske turbine su to zemni plin i lako dizelsko gorivo, za parne turbine su to ugljen i teško dizelsko gorivo, a za dizelske motore to su lako dizelsko gorivo, teško dizelsko gorivo i zemni plin.

Dvotaktni sporohodni motori MAN B&W konstruirani su tako da se na ulazu u motor dopušta temperatura predgrijanog goriva od 250 °C, što odgovara specifičnoj viskoznosti od oko 70.000 cSt kod 50 °C. Za predgrijavanje se koristi otpadna toplina motora. Ovi motori sposobni su da koriste bilo koje tekuće ili plinovito gorivo koje je dostupno na tržištu, uključivši i različite vrste ostataka u rafinerijama. Prilagodljivost gorivima posebice je vidljiva kod motora tipa MAN B&W MC-GI-S, čija izvedba omogućava korištenje plinovitog i tekućeg goriva u bilo kojem međusobnom omjeru bez utjecaja na snagu i stupanj djelovanja, slika 4.



Slika 4. Načini rada sa dva goriva kod MAN B&W sporhodnih motora

#### 4. MAN B&W DIZELSKI MOTORI I ZAŠTITA OKOLIŠA

Kao što su visok stupanj korisnosti i mogućnost korištenja raznolikog goriva glede kvalitete prepoznatljive pozitivne karakteristike MAN B&W dizelskih motora, isto tako je i sa zadovoljenjem zahtjeva za zaštitu okoliša. MAN B&W dizelski motori kao strojevi s visokoefikasnim unutrašnjim izgaranjem imaju povećanu  $\text{NO}_x$  emisiju pa se radi smanjenja emisije primjenjuju prokušana tehnološka rješenja kojima je moguće zadovoljiti sve važeće propise o zaštiti okoliša.

## **5. PODRŠKA TRŽIŠTU**

Tržište stacionarnih dizelskih elektrana uglavnom zahtijeva brzu procjenu cijene koštanja proizvodnje električne energije i usporedbu raznih izvedbi. Da bi se ovom udovoljilo MAN B&W je razvio odgovarajući računalni program. Iskustvo s mnogih projekata pokazuje da su ovakvi proračuni dobar način da se spriječi trošenje novca na projektnu varijantu za koju se može unaprijed utvrditi da nije prikladna.

## **6. ZAKLJUČAK**

MAN B&W dvotakni sporohodni dizelski motori pogodni su da zadovolje sadašnjim i budućim zahtjevima tržišta za proizvodnju električne energije uz potpuno zadovoljenje zahtjeva za zaštitom okoliša koristeći pri tome ekonomski najisplativija tekuća i plinovita goriva.

## **LITERATURA**

- [1] Tehnička dokumentacija motora K/L/S-MC-S/S-I
- [2] Tehnička dokumentacija izvedenih projekata s MAN B&W motorima za stacionarnu primjenu
- [3] Guideline for Diesel Generating Plant Specification and Bid Evaluation, C.I. Power Services Inc., Toronto, Canada 1991
- [4] Mr. M. Henquist: Main engine damage from an insurer's point of view, CIMAC Congress 1998, Copenhagen