

5. (6) Zadatak:

- (3) Postavi kompletan optimizacijski problem kooptimizacije proizvodnje električne energije i rotirajuće rezerve četiri elektrane koje sudjeluju na združenom tržištu električne energije i pomoćnih usluga (u ulozi operatora tržišta).
- (1) Navedite koje su varijable a koje konstante u problemu.
- (1) Definirajte riječima što je to cijena u sjeni električne energije, a što cijena u sjeni usluga s pripadajućim ograničenjima u problemu.

Pretpostavke:

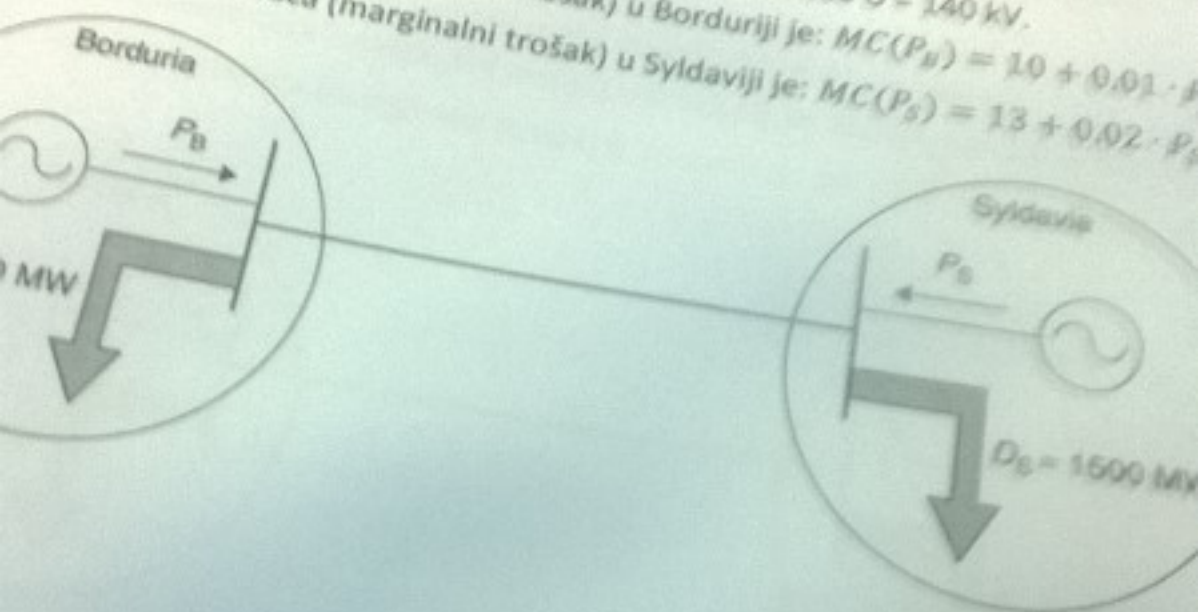
- Zahtjev za rezervom u sustavu je najmanje $R = 250$ MW.
- Potrošnja koju treba zadovoljiti je $D = 720$ MW.
- Operator tržišta (OT) zaprima ponude (cijenu i količinu) za električnu energiju da rotirajuću rezervu zaprima ponudu bez cijene (samo količina).

Ponude za električnu energiju i rotirajuću rezervu:

Elektrana	Marginalni trošak proizvodnje ee (€/MWh)	P_{min}	P_{max}	R_{max}
1	2	50	250	50
2	5	100	200	60
3	15	50	150	100
4	32	120	300	50
5	60	300	750	0

(4) Zamislite da ste Operator sustava koji je ujedno i Operator tržišta na centraliziranom aukcijskom tržištu. Postavite optimizacijski problem minimizacije troškova proizvodnje energije uz zadovoljavanja potrošnje u Borduriji na iznos 500 MW, a u Syldaviji 1500 MW, uz zadovoljavanja potrošnje u Borduriji i Syldaviji je 490 MW, uz zadovoljavanja potrošnje u Borduriji i Syldaviji je 490 MW, uz zadovoljavanja potrošnje u Borduriji i Syldaviji je 490 MW.

- Predvidjeli ste potrošnju u Borduriji na iznos 500 MW, a u Syldaviji 1500 MW.
- Prijenosna moć prijenosnog voda koji spaja Borduriju i Syldaviju je 490 MW.
- Reaktancija voda je $X_{BS} = 40 \Omega$.
- Linijski čvorišni naponi su jednaki u oba čvorišta i iznose $U = 140 \text{ kV}$.
- Ponuda proizvođača (marginalni trošak) u Borduriji je: $MC(P_B) = 10 + 0.01 \cdot P_B$.
- Ponuda proizvođača (marginalni trošak) u Syldaviji je: $MC(P_S) = 13 + 0.02 \cdot P_S$.



1. ISPITNI ROK IZ EKONOMIJE U ENERGETICI 2015

GRUPA: B

Imena: Brojevi u zagradama su bodovi. Zadaća ima ukupno 55 bodova. Prag je 27,5 bodova. Trajanje ispita je 180 minuta.

te da ste Operator sustava koji je ujedno i Operator tržišta na centraliziranom tržištu.

Postavite optimizacijski problem minimizacije troškova sustava uz zadovoljavanje potrošnje sustava, prijenosnih ograničenja i gubitaka u vodu.

zvedu funkciju marginalnog troška radnih gubitaka u vodu (koristi koeficijent K) zvedu funkciju potrošačevog viška uzrokovanog gubitcima u vodu.

vidjeli ste potrošnju u Borduriji na iznos 500 MW, a u Syldaviji 1500 MW.

osna moć prijenosnog voda koji spaja Borduriju i Syldaviju je 490 MW,

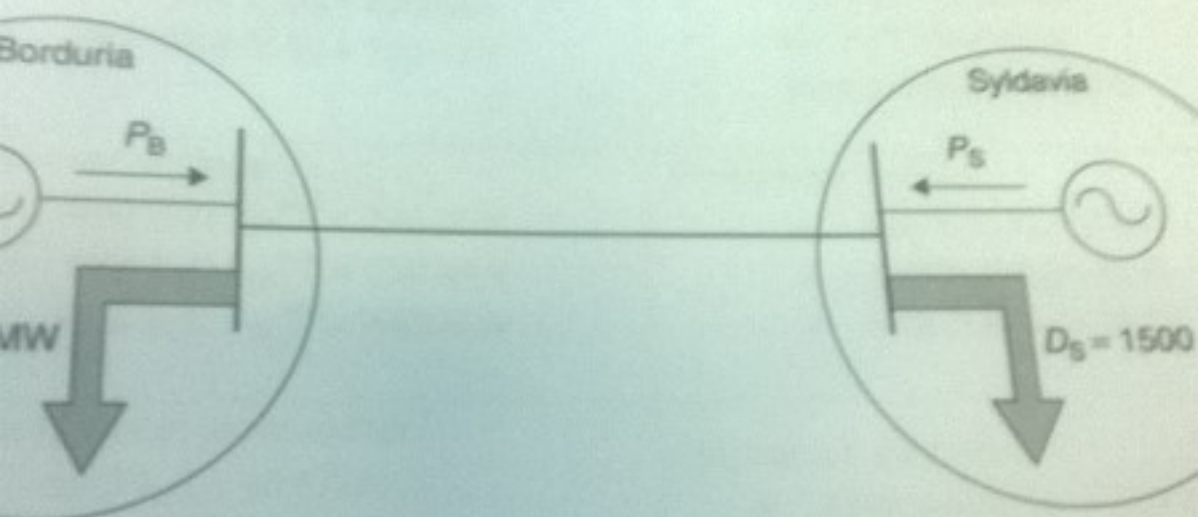
tancija voda je $X_{BS} = 40 \Omega$

u obzir gubitke u vodu koristeći koeficijent $K=0.00005 \text{ MW}^{-1}$.

ki čvorišni naponi su jednaki u oba čvorišta i iznose $U = 140 \text{ kV}$.

da proizvođača (marginalni trošak) u Borduriji je: $MC(P_B) = 10 + 0.01 \cdot P_B$

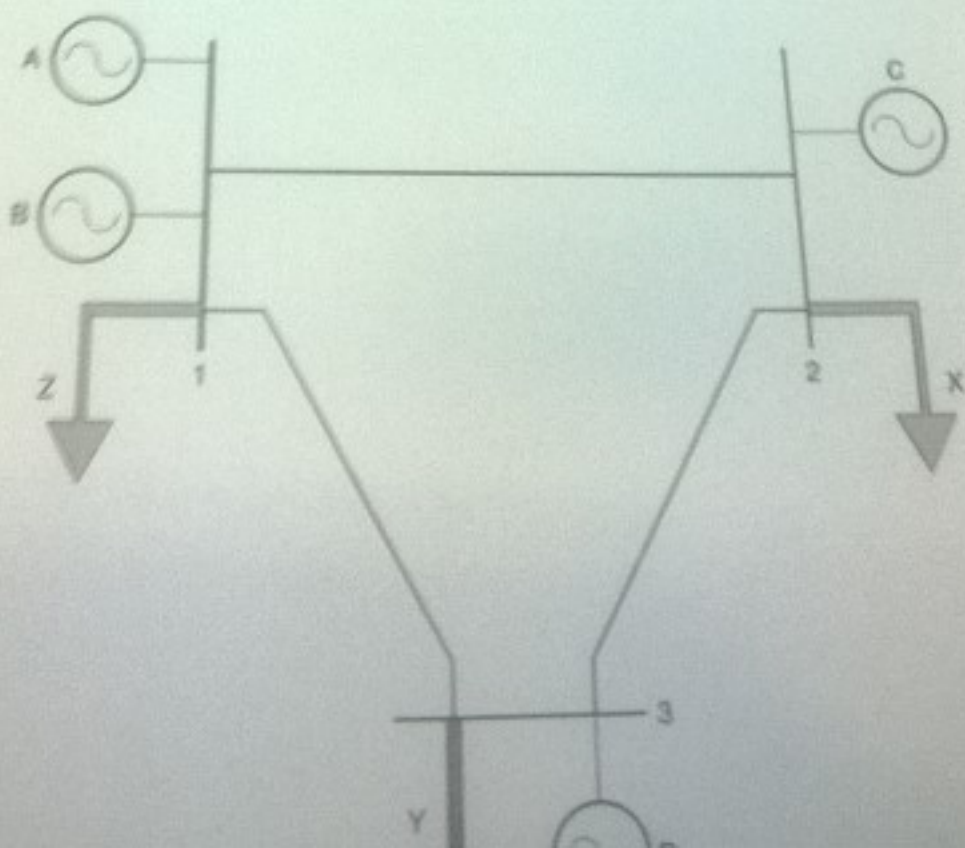
da proizvođača (marginalni trošak) u Syldaviji je: $MC(P_S) = 13 + 0.02 \cdot P_S$



- (a) Vi ste u ulozi Operatora sustava i tržista, stoga
 izradite kompletan optimizacijski problem minimizacije troškova proizvodnje električne energije
 a) (3) Modelirati sva ograničenja proizvodnih jedinica i mreže koristeći podatke iz tablice.
 b) (2) Koristite istosmjerni proračun tokova snage (DC power flow) za proračun optimalnih tokova snage.
 c) (3) Napišite jednadžbe ravnoteže tokova snage za čvorišta.
 d) (3) Povežite čvorilne cijene (cijena u sjeni) s pripadajućim ograničenjima u problemu.
 Pretpostavka je da postoje ograničenja na prijenos snage u vodovima, postoje tri sabirna voda prema slici.

Pretpostavka je da postoje ograničenja na prijenos snage u vodovima, postoje tri sabirna voda prema slici.

<p>Potrošnja koju treba zadovoljiti je:</p> <ul style="list-style-type: none"> Sabirnica 1: $D_1 = 520$ MW Sabirnica 2: $D_2 = 420$ MW Sabirnica 3: $D_3 = 220$ MW 	<p>Instalirana snaga generatora:</p> <ul style="list-style-type: none"> Ugljen: $P_A^{\max} = 600$ MW Plin: $P_B^{\max} = 300$ MW NE: $P_C^{\max} = 400$ MW Biomasa $P_D^{\max} = 50$ MW
<p>Prijenosna moć vodova:</p> <ul style="list-style-type: none"> Vod 1-2: $F_{12}^{\max} = 226$ MW Vod 1-3: $F_{13}^{\max} = 550$ MW Vod 2-3: $F_{23}^{\max} = 330$ MW 	<p>Reaktancije vodova:</p> <ul style="list-style-type: none"> Vod 1-2: $X_{12} = 40 \Omega$ Vod 1-3: $X_{13} = 31 \Omega$ Vod 2-3: $X_{23} = 35 \Omega$
<p>Marginalni troškovi proizvodnje:</p> <ul style="list-style-type: none"> $MC(P_A) = 30$ €/MWh $MC(P_B) = 70$ €/MWh $MC(P_C) = 11.8$ €/MWh $MC(P_D) = 39.5$ €/MWh 	<p>Naponi u čvorištima:</p> <ul style="list-style-type: none"> Sabirnica 1: $U_1 = 220$ kV Sabirnica 2: $U_2 = 220$ kV Sabirnica 3: $U_3 = 220$ kV



I. ISPITNI ROK IZ EKONOMIJE U ENERGETICI 2015

Napomena: Brojevi u zagradi su bodovi. Zadaća ima ukupno 55 bodova. Prig je 25.5 bodova. Trajanje ispita je 120 minuta.

GRUPA: B

1) Razmatrate investiranje u termoelektiranu na ugljen od 500 MW.

Služi ulazni podaci su

investicijski trošak

ek trajanja elektrane

ergetska vrijednost goriva za 1 kWh

šak goriva

tor iskorištenja

na električne enrgije

ontna stopa

1021 €/kW

30 godina

9419 Btu/kWh

1.25 €/MBtu

0.8

32 €/MWh

8.7 %

jenite isplativost investicije koristeći:

(0.5) neto sadašnju vrijednost (NPV) i

(0.5) internu stopu rentabilnosti (IRR).

izvidja totalnog troška nekog price-taker proizvođača električne energije
okarakterizirati pomoću 3 pravca:

$$100 \leq P \leq 250 \text{ (MW)}: C(P) = 11.57 \cdot P + 78 \left(\frac{\text{€}}{\text{h}} \right)$$

$$250 \leq P \leq 400 \text{ (MW)}: C(P) = 12.35 \cdot P - 117 \left(\frac{\text{€}}{\text{h}} \right)$$

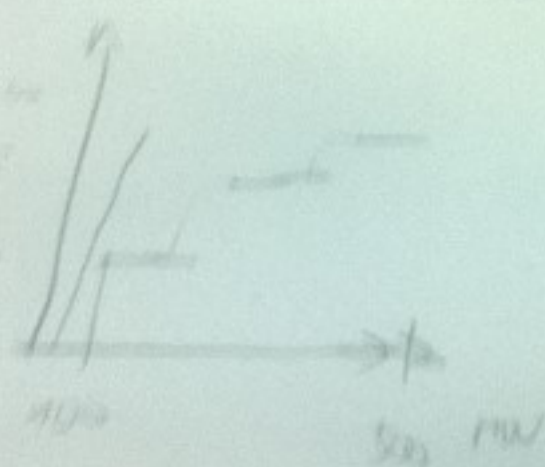
$$400 \leq P \leq 500 \text{ (MW)}: C(P) = 13.00 \cdot P - 377 \left(\frac{\text{€}}{\text{h}} \right)$$

- a. (1) Skicirajte krivulju ponude ovog price-taker proizvođača s cijenama
(označite mjerne jedinice na x i y-os).
- b. (0.5) Ukoliko je (rezidualna) potražnja električne energije savršeno n
siječe x-os krivulje ponude iz (a) u točki 55 MW, koliko će €/MWh
proizvođač (Skiciraj potražnju)?
- (0.5) Ukoliko je cijena na tržištu jednaka 20 €/MWh, koliko će bi
također koliko će biti proizvodnja ako je cijena na tržištu 11 €/MWh.

$$b) \pi < (P_i - 100) \quad \times) 20$$

$$\pi = 0$$

$$11.0 < 11$$



1. ISPITNI ROK IZ EKONOMIJE U ENERGETICI 2015

Napomena: Brojevi u zagradama su bodovi. Zadaća ima ukupno 55 bodova. Praz je 27.5 bodova. Trajanje ispita je 180 minuta.

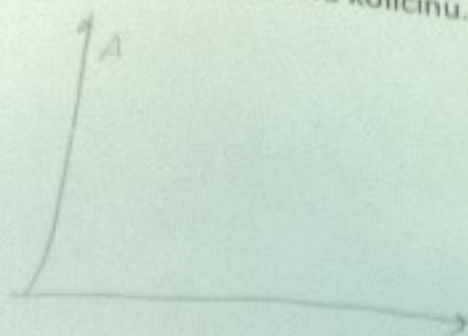
GRUPA: B

1) Ako je agregirana krivulja marginalnog troška nekog sustava sljedeća:

$$100 \leq P < 500 \text{ (MW): } MC(P) = 0.2 \cdot P \left(\frac{\text{€}}{\text{MWh}} \right)$$

$$500 \leq P \text{ (MW): Savršeno neelastična ponuda}$$

- a. (1) Skicirajte krivulju ponude ovog proizvođača s cijenama i iznosima.
- b. (1) Ako je krivulja potražnje definirana sa $\pi = -0.01 \cdot P + 130 \left(\frac{\text{€}}{\text{MWh}} \right)$ odredi tržišnu cijenu i protrgovanu količinu. (Skiciraj krivulju)
- (1) Ako je krivulja potražnje definirana sa $\pi = -0.01 \cdot P + 80 \left(\frac{\text{€}}{\text{MWh}} \right)$ odredi tržišnu cijenu i protrgovanu količinu. (Skiciraj krivulju).



1. ISPITNI ROK IZ EKONOMIJE U ENERGETICI 2015

GRUPA: B

Način pisanja: Brojevi u zagradama su bodovi. Zadatak ima ukupno 55 bodova. Prazn je 27.5. bodova. Trajanje ispita je 180 minuta.

14) Proizvodna tvrtka u svom portfelju ima tri elektrane, čiji su troškovi aproksimirani sljedećim izrazima:

$$\text{Elektrana A: } C(P_A) = 10 + 1,2 P_A + 0,02 P_A^2$$

$$\text{Elektrana B: } C(P_B) = 15 + 1,4 P_B + 0,04 P_B^2$$

$$\text{Elektrana C: } C(P_C) = 15 + 1,6 P_C + 0,06 P_C^2$$

- 1.5) Postavi kompletan optimizacijski problem minimizacije troškova pritom uvažavajući:
 1. Ako trebaju zadovoljiti potražnju od $D = 450$ MW
 2. Ako je minimalna izlazna snaga Elektrane A, $P_A^{\min} = 100$ MW
 3. Ako je maksimalna izlazna snaga Elektrane A, $P_A^{\max} = 200$ MW
 4. Ako je minimalna izlazna snaga Elektrane B, $P_B^{\min} = 50$ MW
 5. Ako je maksimalna izlazna snaga Elektrane B, $P_B^{\max} = 300$ MW
 6. Jedinica C nema ograničenja

(2) Nađi plan proizvodnje za slučaj a.

(0.5) Ukoliko je moguće dio potražnje pokriti kupovinom na tržištu po cijeni 8 EUR/MWh, kakav će tada biti plan proizvodnje?

1) 1700 MW 2)

1. ISPITNI ROK IZ EKONOMIJE U ENERGETICI 2015

GRUPA: B

Brojevi u zagradama su bodovi. Zadaća ima ukupno 55 bodova. Prag je 27,5 bodova. Trajanje ispita je 180 minuta.

- (10) Proizvodna tvrtka u svom portfelju ima tri elektrane i sudjeluje na tržištu električne energije kao price-taker i želi maksimalnu dobit, njezini su troškovi aproksimirani sljedećim funkcijama:
- Elektrana A: $C(P_A) = 15 + 1,4 P_A + 0,04 P_A^2$
Elektrana B: $C(P_B) = 25 + 1,6 P_B + 0,05 P_B^2$
Elektrana C: $C(P_C) = 20 + 1,8 P_C + 0,02 P_C^2$
- (12) Kakav će biti plan proizvodnje ako je cijena na tržištu 10 EUR/MWh?
- (12) Kakav će biti plan proizvodnje ako je cijena na tržištu 10 EUR/MWh i ako zbog kvara Elektrana A proizvodi fiksno 100 MW?
- (12) Kakav će biti plan proizvodnje ako je cijena na tržištu 10 EUR/MWh i ako Elektrane A i B zbog tehničkih razloga moraju sumarno proizvoditi 250 MW ($P_A + P_B = 250$)?

I. ISPITNI ROK IZ EKONOMIJE U ENERGETICI 2015
GRUPA: B

Način rada: Brojevi u zagradama su bodovi. Zadatak ima ukupno 55 bodova. Prig je 27.5 bodova. Trajanje ispita je 180 minuta.

(1) Razmotrimo reverzibilnu HE (RHE) s akumulacijom za koju je utrošeno 1000 MWh kako bi se napunila. Efikasnost cijelog ciklusa je 75%.

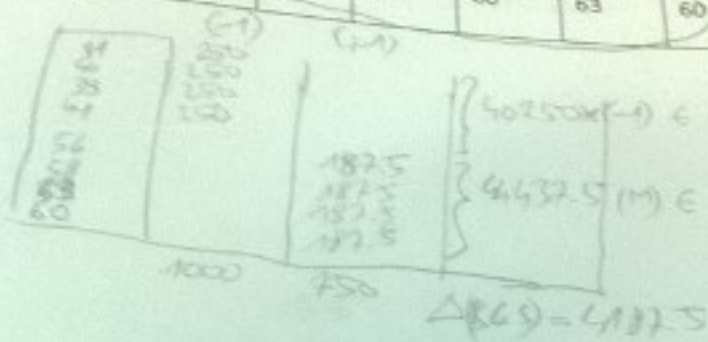
Operator ove HE odlučio se za sljedeću strategiju:

- akumulaciju puni tijekom 4 sata najniže cijene električne energije,
- dok električnu energiju proizvodi 4 sata tijekom najviše cijene električne energije.

(0.5) Koliki je profit ili gubitak elektrane u razmatranom razdoblju, za kojeg su podaci dani u tablici.

(0.5) Kolika bi morala biti efikasnost elektrane, da profit/gubitak bude jednak 10 000€.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
41	40	39	41	45	56	58	60	63	60	55	49



1. ISPITNI ROK IZ EKONOMIJE U ENERGETICI 2015

GRUPA: B

Napomena: Brojevi u zagradi su bodovi. Zadatak ima ukupno 55 bodova. Preg je 27.5 bodova. Trajanje ispita je 180 minuta.

Četiri kompanije prodaju električnu energiju s pretpostavkom da za njih važi Cournotov model ponašanja.

Troškovi proizvodnje:

$$\begin{aligned}K_A &= 15 \cdot P_A \\K_B &= 15 \cdot P_B \\K_C &= 15 \cdot P_C \\K_D &= 15 \cdot P_D\end{aligned}$$

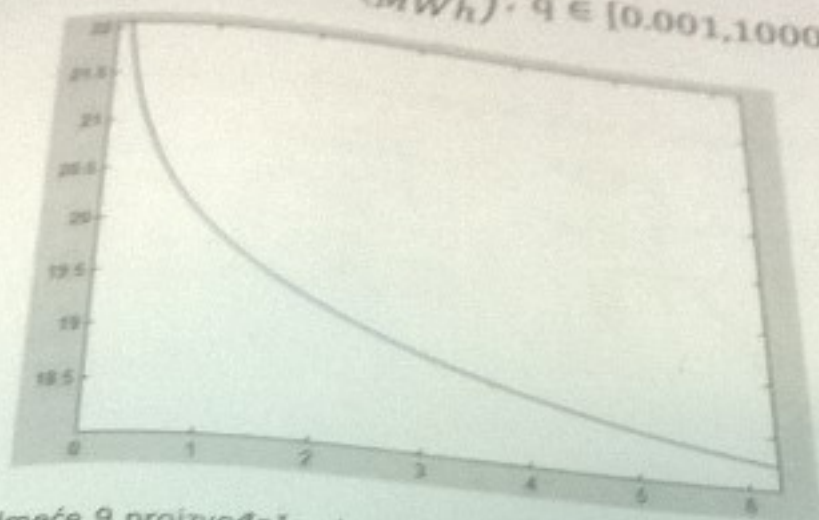
- a) (3) Odredite kako će svaki od njih postaviti svoju proizvodnju.
b) (1) Odredite također profite za svaku tvrtku.

Potražnja: $\pi(D) = 100 - D$, (€/MWh). Gdje je D ukupna potražnja.

2. SUDJETA BODI IZ EKONOMIJE, I. SEMESTAR 2015
GRUPA: B

Pretpostavljamo neko dan unaprijed tržište električnom energijom na kojem je potražnja D određena funkcijom (inverzna funkcija potražnje)

$$\pi(q) = 20 \cdot q^{-0.05} \left(\frac{\text{€}}{\text{MWh}} \right) \cdot q \in [0.001, 1000]$$



Na ovom tržištu se nadmeće 9 proizvođača ukupne proizvodnje Q , i proizvođač Gamabet d.o.o. ima kratkoročnu krivulju totalnog troška

$$TC(q) = 10q^2 + 0.1q + 1 (\text{€})$$

- (2) Postavi optimizacijski problem maksimizacije dobiti tvrtke Gamabet, te iz njene krivulju ponude kojom Gamabet d.o.o. maksimizira svoju dobit
- (2) Odredi krivulju ponude za proizvodnju Gamabeta ako je tržišni udio Gamabeta 0.5 i $s = 0.2$.
- (2) Skiciraj krivulje ponude na jednom grafu tako da se približno vide njihovi odnosi ako se elastičnost potražnje promijenila sa $\epsilon(D) = -20$ (elastična potražnja) na 10000 .

(0.5) Kakva bi tada bila potražnja:

- elastična,
- neelastična,
- savršeno elastična,
- savršeno neelastična.

(0.5) Također, krivulja ponude gamabeta d.o.o. je tada jednaka kao u slučaju:

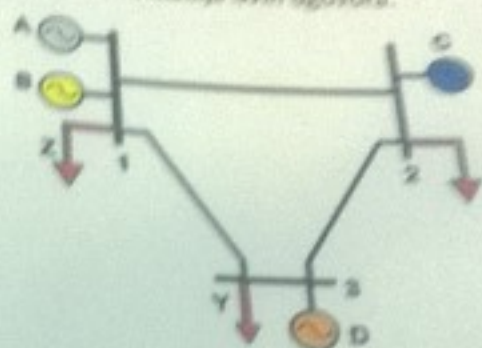
- Savršena konkurencija
- Nesavršena konkurencija
- Duopol
- Monopol

1. ISPIYNI ROK IZ ENERGIJSKIH IZ OBLASTI ENERGIJE 2015
 OBLASTI ENERGIJE IZ OBLASTI ENERGIJE 2015
 OBLASTI ENERGIJE IZ OBLASTI ENERGIJE 2015

OBRAZLOŽENJE

2. Energetski sustav s tri sabirnice i tri grane prikazan na slici. Karakteristične grane dane su u
- proizvođač A i potrošač Y žele sklopiti ugovor za 500 MW, a
 - proizvođač D i potrošač Z za 500 MW,
 - proizvođač C i potrošač D za 300 MW,
 - proizvođač B i potrošač Z za 300 MW.
3. Iračunaj tokove snaga kroz vodove i odredi je li moguća realizacija ovih ugovora.

Grana	Reaktancija [p.u.]	Prijenosna moć [MW]
1-2	0,4	100
1-3	0,4	300
2-3	0,2	150



I. ISPITNI ROK IZ EKONOMIJE U ENERGETICI 2015
GRUPA: B

Način rada: Brojevi u zagradama su bodovi. Zadatak ima ukupno 55 bodova. Prag je 27,5 bodova. Trajanje ispit je 180 minuta.

Na centraliziranom aukcijskom tržištu sudjeluju tri proizvođača i tri potrošača sa ponudama navedenim u tablici.

Ponude proizvođača za prodaju:

Company	Quantity (MWh)	Price (\$/MWh)
Red	200	12.00
Red	50	13.00
Red	50	20.00
Green	150	16.00
Green	50	17.00
Blue	100	13.00
Blue	50	18.00

Ponude opskrbljivača za kupnju:

Company	Quantity (MWh)	Price (\$/MWh)
Yellow	50	13.00
Yellow	100	23.00
Purple	50	11.00
Purple	150	22.00
Orange	50	10.00
Orange	200	25.00

U ulozu operatora tržišta odredi:

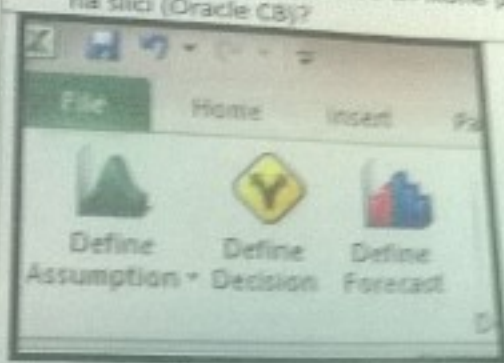
- (0.5) agregiranu krivulju ponude i potražnje (napiši jedinice za x i y os).
 - (0.5) tržišnu cijenu električne energije, protrgovanu količinu električne energije.
- slučaju b, operator tržišta je odlučio da je bolje predvidjeti dan-unaprijed potražnju potrošača savršeno neelastičnom i ako je prognozirana potražnja 200 MWh.
- (0.5) Nacrtaj krivulju potražnje u tom slučaju i
 - (0.5) protrgovanu količinu i cijenu



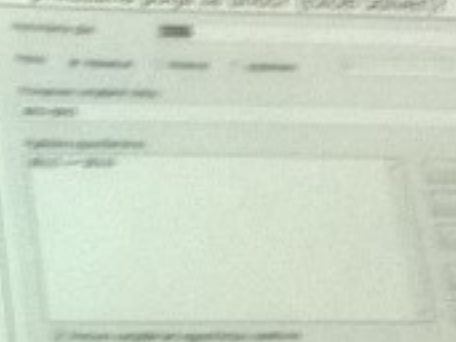
NAME: []	PRÄGENUMMER: []
-----------	------------------

- (1) Napisi optimizacijski problem koji ste našli u prethodnom (funkcija cilja, ograničenja, nametnuti dio su varijable, a što konstante).
- (1) (0.5) Napisi izraz za indeks profitabilnosti. (0.5) Nametni i dopiši sve parametre u indeksu profitabilnosti.

- (2) Što znače i čemu služe tri ikone prikazane na slici (Oracle CB)?



- (2) Čemu služi prikazani prostor i čemu s prikazane polja za unos? (Excel Solver?)



- (1) Matematički izvedite uvjet optimalne proizvodnje elektrane na savršenom tržištu. Pri tome pretpostavite da je P proizvodnja električne energije u MW, ukupnih troškova elektrane, a π cijena električne energije u satu t .