

ABC

TERMODINAMIKE

VPRAŠANJA IN ODGOVORI

Dodatno gradivo; preglej tudi originalen ABC
termodinamike!



februar 2015

TERMIČNO RAZTEŽANJE TRDNIN

α - KOEFICIENT TEMPERATURNE DILATACIJE

$$\Delta L = \alpha \times \Delta T$$

$$dL = \alpha_0 \times dT \quad T_2$$

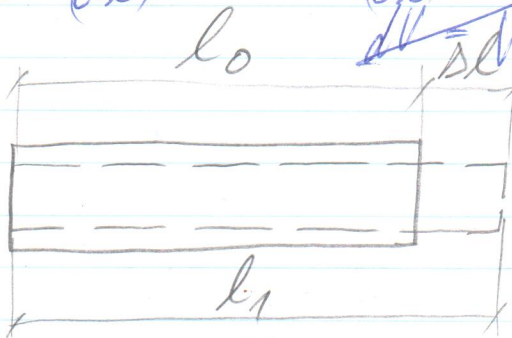
$$\Rightarrow \Delta L = \alpha_0 \int_{T_1}^{T_2} \alpha(T) dT$$

V SPLOŠNEM JE $\alpha = \alpha(T)$

ELEMENTARNA KOCKA

$$dV = (dL)^3$$

~~$$\frac{dV}{dL} = (L \times dT)^3$$~~



$$- l_1 = l_0 + \Delta l$$

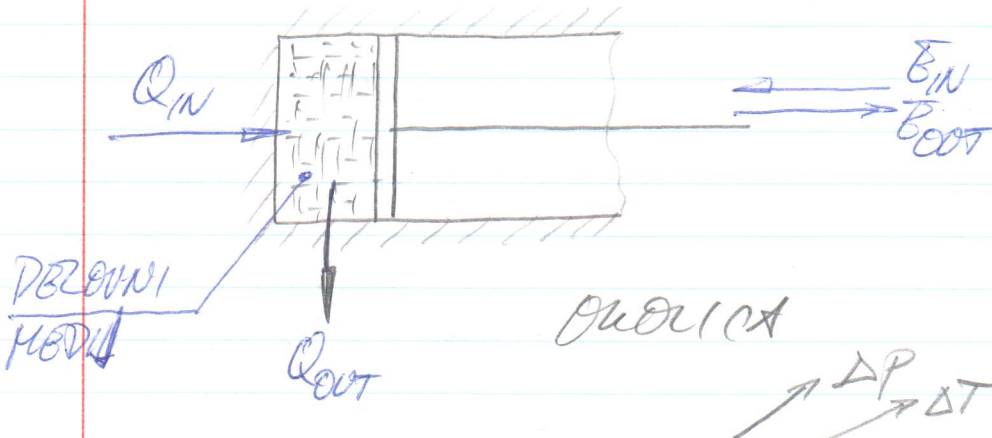
$$= l_0 + l_0 \alpha \Delta T$$

$$= l_0 (1 + \alpha \Delta T)$$

MAXIMA IN ENERGIJSKA BILANCA ODPRTEGA IN ZAPRT. SISTEMA

- ZAPRTI IN ODPRTI SISTEMI

ENERGIJSKA BILANCA ZAPRTA SISTEMA



- OB obstoji različni potenciala med ovolico in delovnim medijem, potrebujemo bodisi 3. delom ali toploto.

14) ZAKON O OHRANITVI ENERGIJE DEJAVNA VEČJA.

OPRAVLJANJE DEJAV - POUČANOST Q IN W

- ČRA STA POUČANA S PROCESEM IN NE STANJE
KAKI TO FENOMENI?

$$W = \int_a^b \vec{p} d\vec{V} = 0$$

STANJE

DA PRIDE DO SPREMEMBE SE MORA RAVNOTEŽJE PORUŠITI, ZATO JE PREDSTAVBA NEPOUČLJIVA (RAZORI IDEALNO).

RAZLOG ZA POVSOTNO RAVNOTEŽJE JE, DA SEM INTEGRIRATE PO PUBLI, KI NIŠTA SINGULARNI

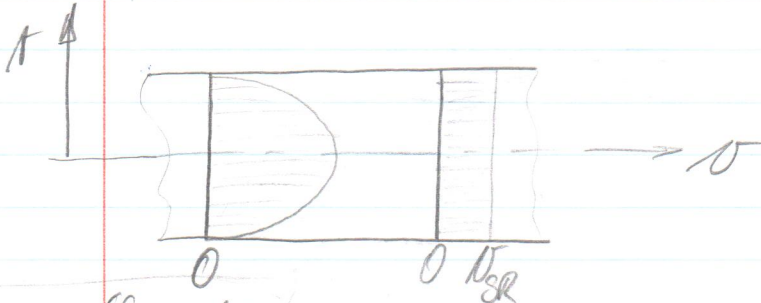
$$W = \int_a^b \vec{p} d\vec{V}$$

ENOTO VEČJA ZA VELETO: $Q = \int_a^b C \cdot dT$

O NISNI. BILNOCI ZAPRTEGA SISTEMA NIŠTA SMISLA GOVORITI.

TEORETIŠKA BILNOCI ODPRTEGA SISTEMA

- NE TOČABI NA TREMA FLUID - ČEV!



$$v = \frac{\iint_A v \, dA}{\iint_A dA}$$

$$m = \rho \cdot V$$

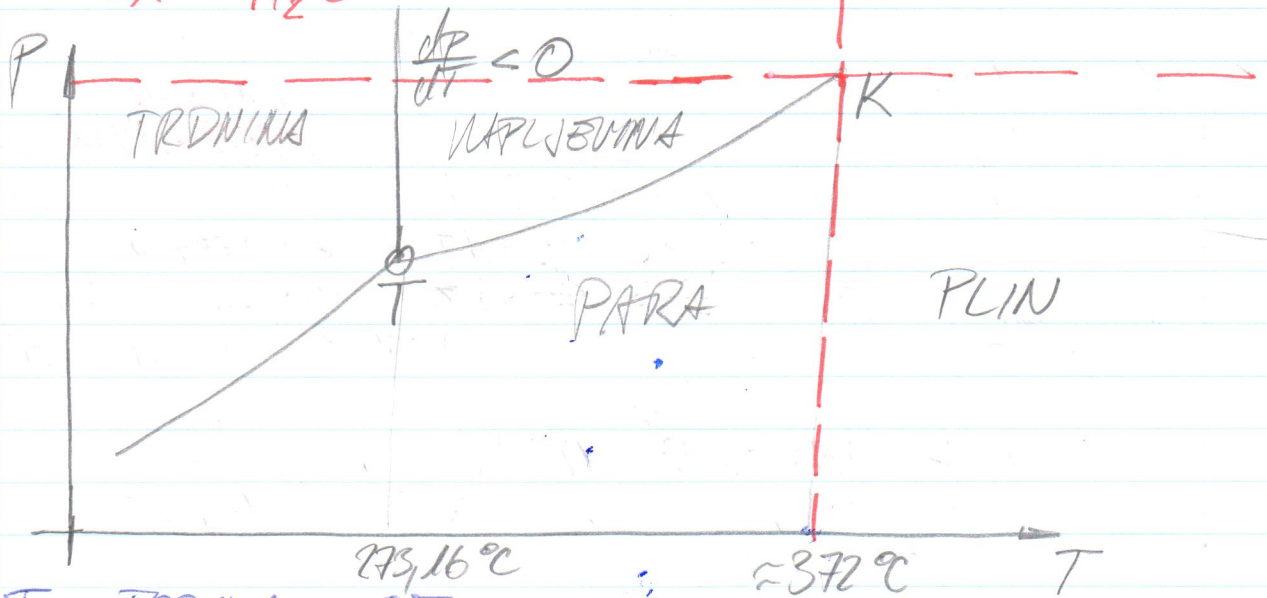
$$\dot{m} = \rho \cdot \dot{V}$$

$$\frac{dm}{dt} = \frac{\rho \cdot dV}{dt} \quad \text{--- } A \cdot ds$$

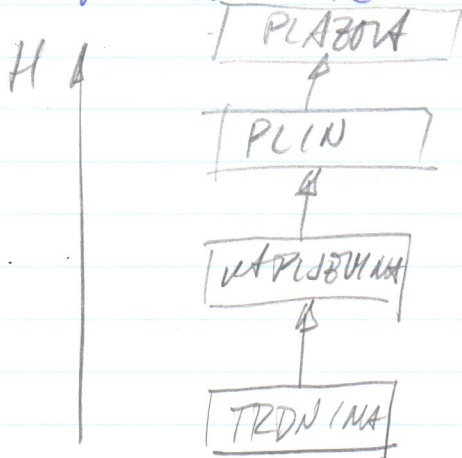
$$\frac{dm}{dt} = \frac{\rho \cdot A \, ds}{dt} = \rho \cdot A \cdot v$$

P-F ZA H₂O

SUPERKURITNI FLUID



T - TRŽNA TOČKA
K - KRITIKNA TOČKA



MA JE KRITIKNA TOČKA JE TOČKA, KJER NE GLAŽE NA TEMP RI TKA NI VBO FAZNO SPREMEMBE.

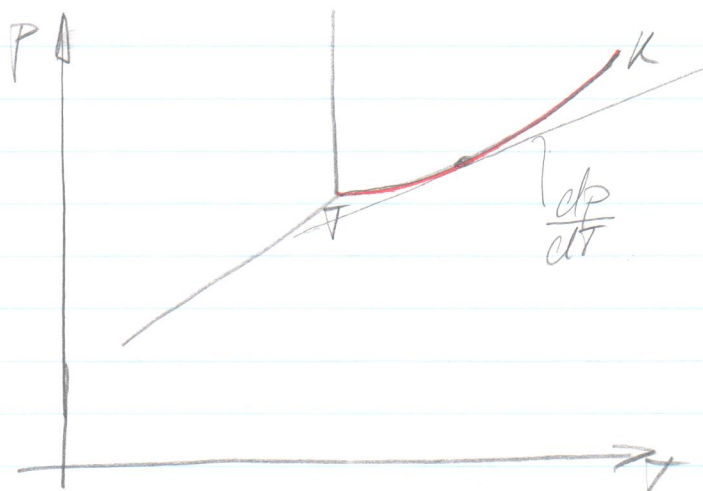
MATHEMATIČNO

$$\frac{\partial P}{\partial V} = 0 \quad \text{TOČKA V KRITIKNI}$$

$$\frac{\partial^2 P}{\partial V^2} = 0 \quad \text{TOČKA Ž PRAVI}$$

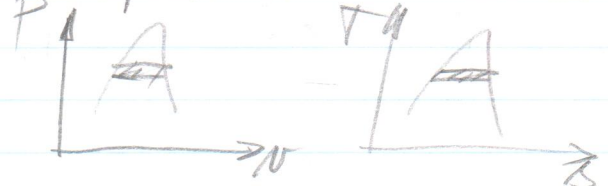
$$\frac{\partial^3 P}{\partial V^3} \neq 0 \quad \text{ZETAŽNE ŽIVLO}$$

~~CLAYTON~~ CLAYPERONOVA ŽNAČBA



MED FAZNO TRANSFORMACIJO JE TKA ODŽENI SATIO OD ŽBNIERTURE

ZA NEK ELEMENTARNI PROCES V P-n IN T-s ŽIAGRMAU



DELO ZUNAJŠA

$$\frac{dW}{m} = (v'' - v') dp \quad \cdot \quad \frac{dW}{m} = (s'' - s') dT$$

$$(v'' - v') dp = (s'' - s') dT$$

$$\Delta s = \frac{\Delta Q}{mT} = \frac{\Delta H}{mT} = \frac{\Delta h}{T} = \frac{q}{T}$$

$$(v'' - v') dp = \frac{q}{T} dT$$

$$T = T(v'' - v') \frac{dp}{dT}$$

CLAUSIUS CLAPEYRONOVA ENAČBA

$v' \ll v''$ (ZA TRAJENJE
TUKA JE NIZKA SUBSTANCA)
→ IDEAL. PLIN
 $v = v'' = \frac{RT}{P}$

$$T = T v'' \frac{dp}{dT}$$

$$\frac{dT}{T} = \frac{RT}{P T} dp$$

INTEGRIRAJE

$$\frac{1}{T} = \frac{R}{P} \ln P + C$$

NEPOSREDNO LAHKO MERLIVE
VARIABLE

T JE ENTALPIJA, KI JE POTREBNO DOVESTI SNOLI ZA
POPOLN PRESTOP IZ ENEGA V DRUGO TERMOSTATNO
STANJE.

BULBERGIIJA - ZAMISLI SI NEK CUKER MOTORJA

VSTOPA: U_1 - NOTR. ENERGIJA
 $P_1 V_1$ - VRTILOVARNO DELO

IZSTOPA: U_2 - NOTR. ENERGIJA
 $P_2 V_2$ - VRTILOVARNO DELO V OKOLICO
 Q - TOPLOTA V OKOLICO
 W_t - PRIDOBLENO DELO

KER $\Sigma E = 0$

$$U_1 + P_1 V_1 = U_2 + P_2 V_2 + Q + W_t$$

$$H_1 = U_1 + P_1 V_1$$

$$H_2 = U_2 + P_2 V_2$$

V "IDEALNI" PRIMERU SE TOPLOTA
ODVJA OB IZOTERMI, Torej

$$Q = T_{ok} (S_1 - S_2)$$

Torej $W_t = H_1 - H_2 - T_{ok} (S_1 - S_2)$

TO TEHNIČNO DELO, KI STROGA PRIDOBILI JE NAVEDJE
MOŽNO TEHNIČNO DELO, SAJ PO 0. GLAVNI ZAKONU
IN 2. GLAVNI ZAKONU TOPLOTA PREHITA SAMA OD
SEBE, DEJEL OBSTAJA TEMPERATURNA RAZLIKA.

V SPLOŠNEM → DEJEL OBSTAJA RAZLIKA POTENCIALOV
SE LAHKO NEKA DEJELA.

ZAKAS ČUČICA → VOR ČUČICA JE "NEBTREJEN"
HEAT SINK.

ZAKAS ČUČICO SESTAVJA 100% ENERGIJA? VOR NE
OBSTAJA NEKA ČUČICA ČUČICE MED KATERO BI
OBSTAJAL POTENCIAL ZA OPRAVEJANJE DELA.
(GRAVITACIJSKO POLJE JE KU...)

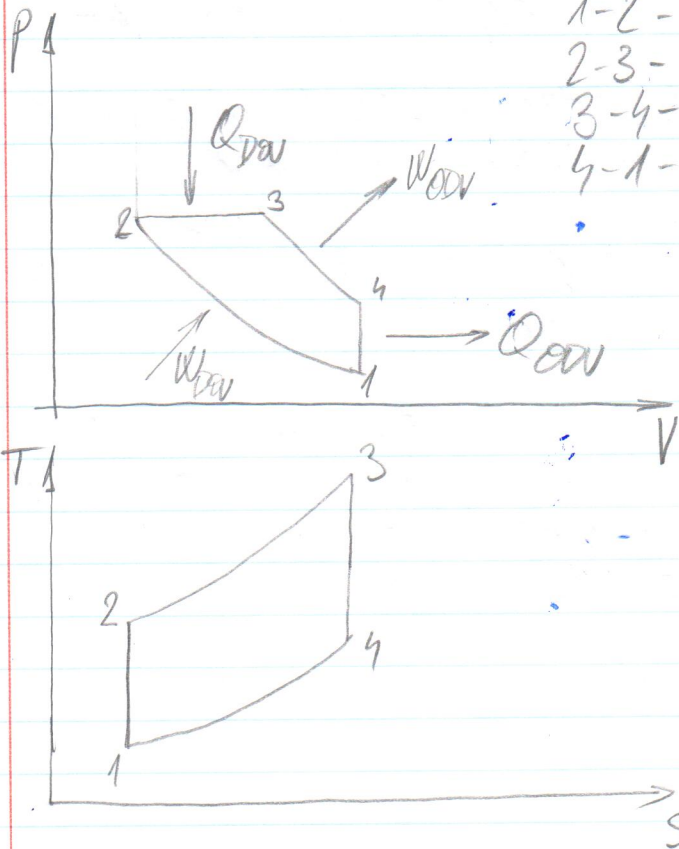
ENERGIJA TOPLOTE

$$dW_{\text{EMAX}} = dQ \frac{T - T_0}{T}$$

OSTALE ZNANE OBlike ENERGIJE SE DA POPOLNOMA
PRETVORITI V DRUGE (SO 100% ENERGIJSKE), STA
NI SPODNJE LIMITE POTENCIALA. (NISO ODVISNE OD
ČUČICE) -

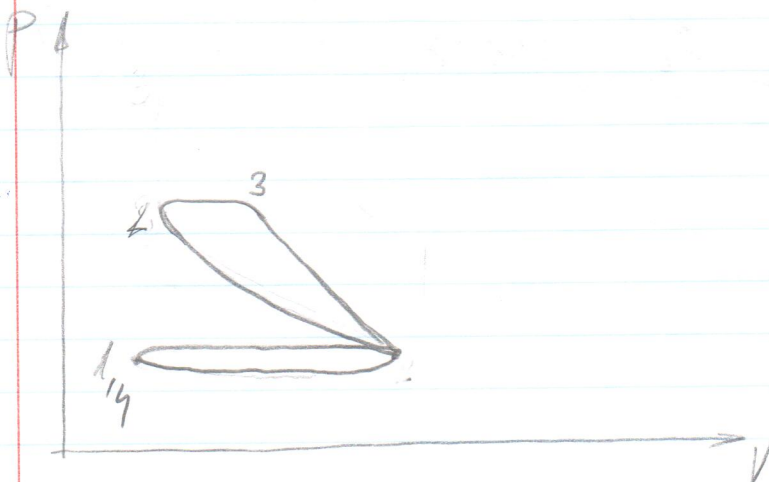
UVA PRAM PRIJATELJI DIESEL IN ~~UVA~~ WOLSKA OT

DIESEL:



- 1-2 - KOMPRESIJA (IZENTROPNA)
- 2-3 - IZOPRANI DOVED B.
- 3-4 - EKSPANZIJA (IZENTROPNA)
- 4-1 - IZOPRANI ODVED B.

REZEN DIESELOU CILIBZ



- ~~REKLEN~~ POTRE DISELEKCIJA CIKLA (4 TAKTNI MOTOR)

1. TAKT - SESNJE - SESA SE OČISTI ZRAK

2. TAKT - KOMPRESIJA IN ZGROVANJE

- KOMPRESIJA SE ~~DO~~ 15-25 KRAT NAJVIŠ VOLUMEN

$$V_s = \frac{1}{(15-25)} (V_g + V_s)$$

1
GIZNI ZA ZGROVANJE

- PRINSKO OČE SE VERIŽA V ZGROVANJE MOTORU. PRED INJEKCIJO PRED VELIKIM TAKTOM (DO 1000 bar)

- PRI ZELO SOPHISTICIRANIH MOTORIH JE INJEKCIJA RAZDELJENA TUDI DO 5 PODCILKOV

3. TAKT - EKSPANZIJA - $\int_{V_s}^{V_s+V_f} p dV$ SE LAHKO PRIDOBIVA DELO NA GREDI

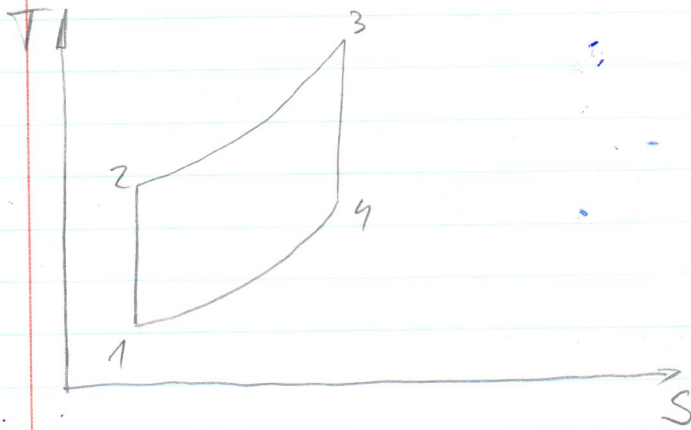
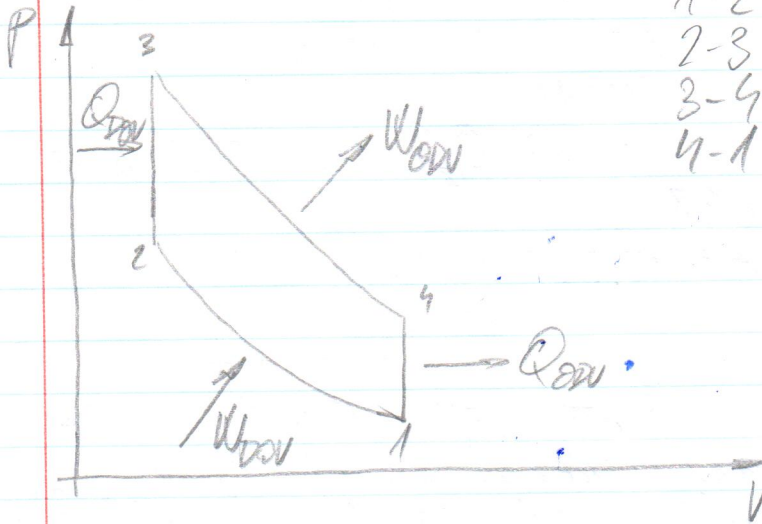
4. TAKT - IZPUH - IZ CILINDRA SE IZPRAZNI IZGORELE PRODUKTE:

- H_2O
- CO_2
- CO
- C - SAJE
- NO SPOLINE
- HC NEIZGORELI
- SO SPOLINE
- OSTALI ELEMENTI (PEPEL, ZRAK)...

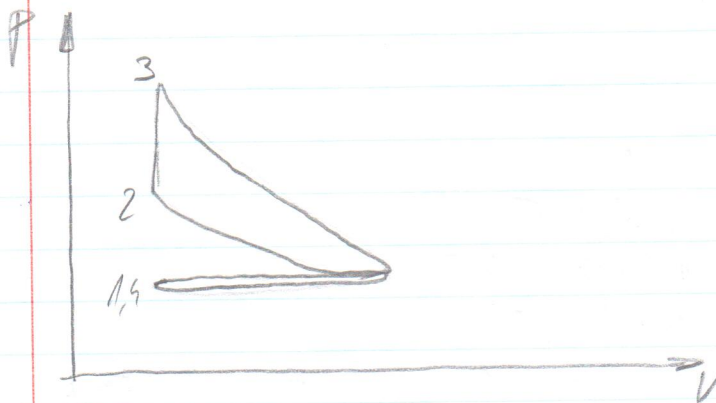
IZKORISTI ZELO OPTIMIRANIH MOTOROV (STACIONARNI)
SO DO 50%

OTTO CYCLE

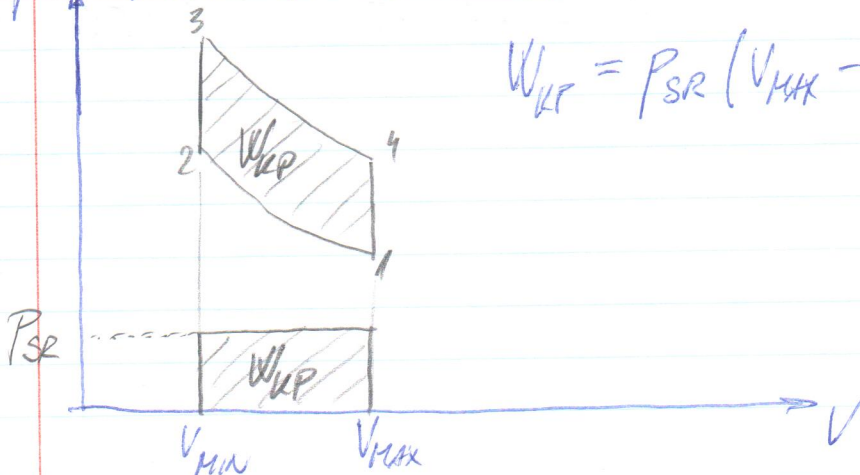
- 1-2 - КОМПРЕССИЯ (ИЗЕНТРОПА)
- 2-3 - ИЗОХОРИЧЕСКОЕ ДАВЛЕНИЕ
- 3-4 - РАСШИРЕНИЕ (ИЗЕНТРОПА)
- 4-1 - ИЗОХОРИЧЕСКОЕ ДАВЛЕНИЕ



РЕАЛЬНЫЙ ОТТОВЫЙ ЦИКЛ



MEAN EFFECTIVE PRESSURE



$$W_{kp} = P_{sr} (V_{max} - V_{min})$$

4 TRATI OTTU CILJE

1. TRAT - SRSTANJE - SRSA SE MESTANICA (STOHIOMETRICKA) GORIVA IN ZRAKA

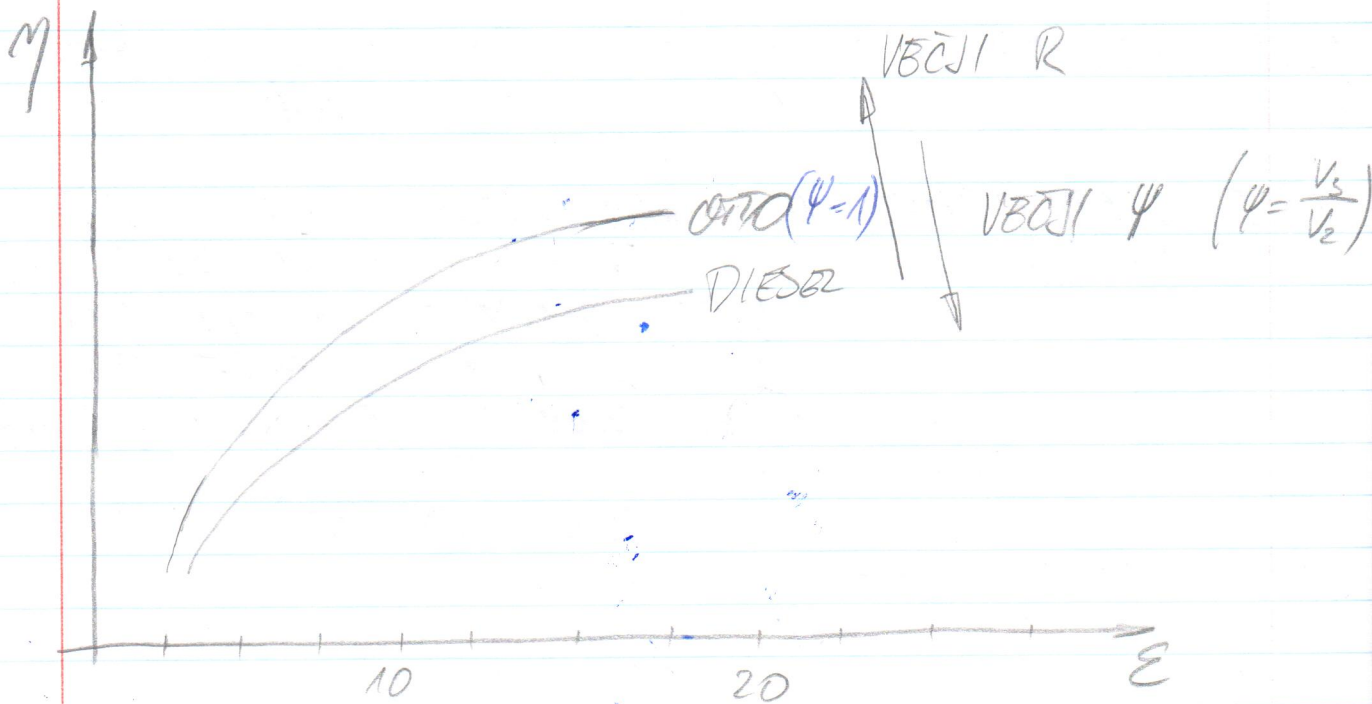
2. TRAT KONTROLIRANJE IN - KOMPRESIJA POTRBA DO
 VELEJ $7 \div 12 \times$ PRINSIPELA VELOCITNA
 VELEJ. ZONANJE KONTROLIRAN
 PRIBO VELEJ. SVEČE (PROBLEMI
 PERIODE STABILNOSTI GORIVA
 - KLENVANJE !!
 - OVTANJNO STANJO)

3. IN 4. TRAT BNAJA LOT PRI DIEZELU.

PRIMERJANA OTTO - DIEZEL

	OTTO	DIEZEL
ϵ	2 TRAT $5 \div 9$ 4 TRAT $7 \div 12$	2 TRAT $12 \div 14$ 4 TRAT $15 \div 25$
n	2 TRAT DO 12000 min^{-1} 4 TRAT DO 8000	2 TRAT $100 \div 300$ 4 TRAT $2000 \div 6000$
η_{pot}	$0,2 \div 0,4$	$0,3 \div 0,5$
GORIVO	BENCIN, ZEM. PLIN, BENCIN - ETANOL ...	LAMKA DO SREDNJE TEŽKA OLJA
PRIPRAVA GORNJA	OPTIMIZACIJA ALI INJEKTOR $P = 10 \div 50 \text{ bar}$ $T = 300 \div 500 \text{ } ^\circ\text{C}$	V ZGORNJ. PROSTORU $P = 30 \div 70 \text{ bar}$ $T = 600 \div 800 \text{ } ^\circ\text{C}$
REGULACIJA MOTOR	SREDNEMBA KOLIČINE ZRAKA MESTANICE	SREDNEMBA KOLIČINE GORIVA

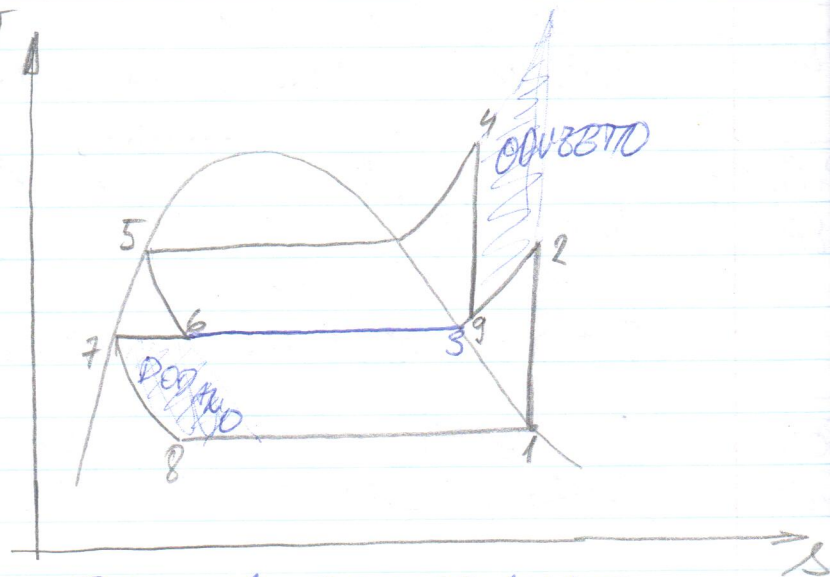
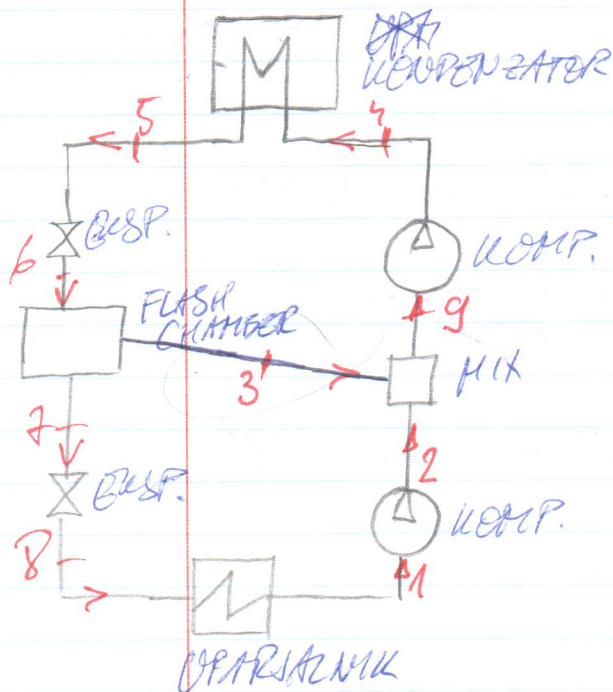
IZBORI STRUJNIH ENERGIJSKIH KARAKTERISTIKA



DOSEGANJE VEĆE TEMPERATURE

- ZA POTREBE UPLIJEVANJA PLINOV (MNOGO PROJEKTA) (NPR 1 K ZA UPLIJEVANJE He)

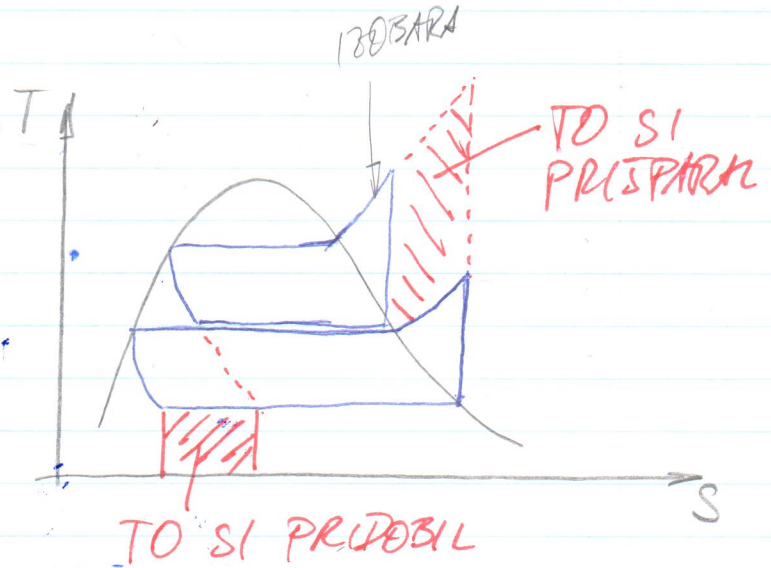
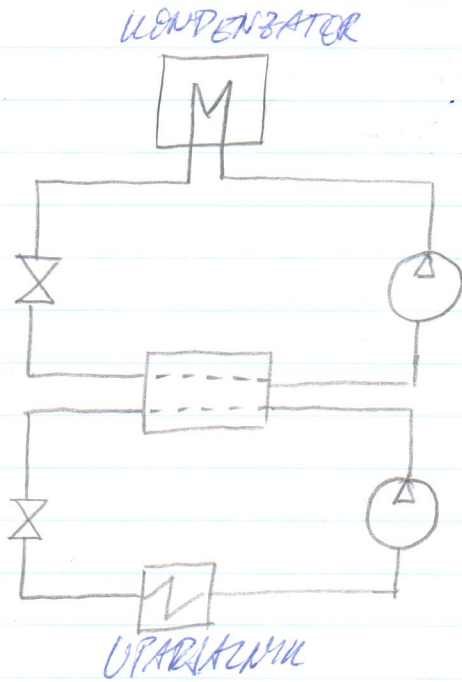
VEĆESTOPENJSKO ZAPRTO S FLASH CHAMBERJEM



PAZI NA OCENJEVANJE
POVRŠIN, KER NI POUSOD ENERGIJA
PROMENI TOL.

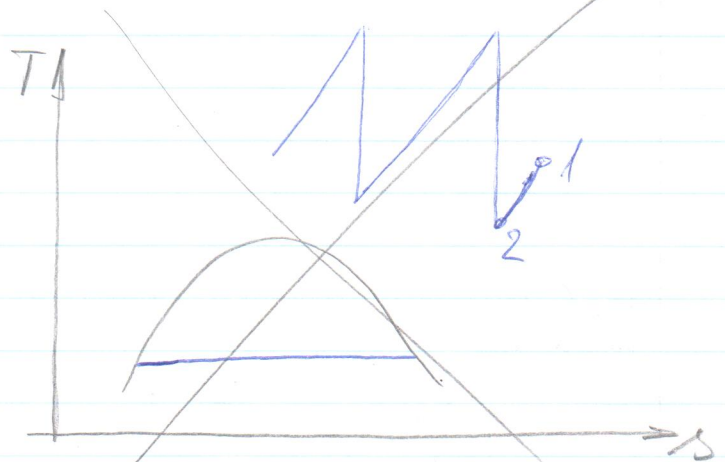
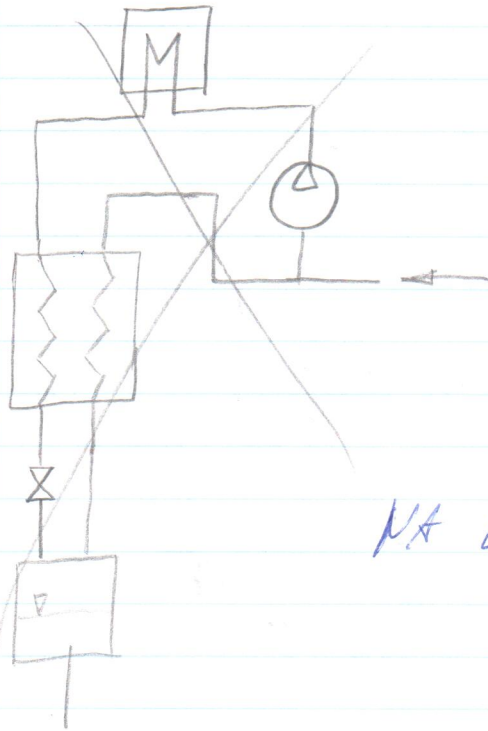
ZARADI DOPATNE ZANJE (LINJA 3) SE JE IZBOLJŠAL
IZOBRISBU.

UKLADANJE SISTEMA



NOVA ZANJA POUČA UČENIKOV

UKLADJEVANJE PCLNOU (LINDE - HAMPSON)



NA LISTU JE SUČA.

ENACIJA IZENTROPJE

$$S = \text{const}$$
$$dQ = 0$$

$$dU = dQ - dW$$
$$dH = dQ - dW_{\pm}$$

ZA IDEALNI PLIN:

$$dU = -dW$$
$$C_V dT = -P dV$$

$$dU = C_V dT$$

$$dH = C_P dT$$

$$dW = P dV$$

$$dW_{\pm} = -V dp$$

$$dH = -dW_{\pm}$$
$$C_P dT = V dp \Rightarrow dT = \frac{1}{C_P} V dp$$

$$\frac{C_V}{C_P} V dp = -P dV$$

$$\left[\frac{C_P}{C_V} \right] P dV + V dp = 0$$

\int

$$\int P dV + V dp = 0$$

$$\int \frac{dV}{V} + \frac{dP}{P} = 0$$

INTEGRAL:

$$\int \frac{dV}{V} + \int \frac{dP}{P} = 0$$

$$K \cdot \ln V + \ln P = C$$

$$\ln(PV^K) = C$$

$$PV^K = C_1$$

KONSTANTO SE DOLOČI IZ
POBNIH POGOJEV.

MAXWELLOVÉ BNACBB

$$G = H - TS$$

$$F = U - TS$$

$$H = U + pV$$

$$U = Q - W$$

$$dU = dQ - dW$$

$$ds = \frac{dQ}{T} \Rightarrow dQ = Tds$$

$$dQ = dU + dW$$

$$Tds = dU + pdV$$

$$dQ = dH + dW_p$$

$$Tds = dH - Vdp$$

DIEBSONA PROSTA E:

$$dG = dH - Tds - SdT$$

$$dG = Tds + Vdp - Tds - SdT$$

$$\underline{dG = Vdp - SdT}$$

DIFERENCIACI

$$f(x, y) \Rightarrow \left(\frac{\partial f}{\partial x}\right) dx + \left(\frac{\partial f}{\partial y}\right) dy = df$$

$$dG = \frac{\partial G}{\partial p} dp - \frac{\partial G}{\partial T} dT$$

$$\frac{\partial G}{\partial p} = V \quad -\frac{\partial G}{\partial T} = S$$

$$\frac{\partial^2 G}{\partial p \partial T} = -\frac{\partial^2 G}{\partial T \partial p} \quad - \text{18 MATHEMATIK}$$

HELMHOLTZOVA PROSTA ENERGIJA:

$$dF = dU - Tds - SdT$$

$$dF = Tds - pdV - Tds - SdT$$

$$\underline{dF = -pdV - SdT}$$

ENTALPIJA:

$$dH = dU + pdV + Vdp$$

$$dH = Tds - pdV + pdV + Vdp$$

$$\underline{dH = Tds + Vdp}$$

NOTRANA ENERGIJA:

$$\underline{dU = Tds - pdV}$$

$$\left(\frac{\partial U}{\partial T}\right)_p = -\left(\frac{\partial S}{\partial p}\right)_T$$

$$\left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_v = \left(\frac{\partial s}{\partial v}\right)_T$$

$$\left(\frac{\partial T}{\partial p}\right)_s = \left(\frac{\partial v}{\partial s}\right)_p$$

$$\left(\frac{\partial T}{\partial v}\right)_s = -\left(\frac{\partial p}{\partial s}\right)_v$$

MAXWELLOVÉ BNACBB

REALNI, IDEALNI PLINI

IDEALNI PLIN JE TISTI PLIN, KATERI:

- NIMA VELIKOSTI (MOLEKULE SO NAVIDEJNE)
- VST TRKI MOLEKUL SO PROZNI (NI DISIPACIJE ENERGIJE)
- MOLEKULE SE GIBAJO NEUREJENO (BROWNOVO GIBANJE)
- VSE MOLEKULE SO ENAKE.

IDEALNI PLIN JE PLED KINEMATONE TEORIJE PLINOV

BOYLE - MARIOTTOV ZAKON

GAZ - LOUSSAKOV ZAKON



SGA PLINSKA ENAJEBA

$$P \cdot V = n R_m T$$

TERMIČNA ENAJEBA

$$f(P, n, T) = 0$$

P - TLAK

V - VOLUMEN

n - ST. MEREV SNOVI

R_m - SPLOŠNA PLINSKA KONSTANTA

$$\approx 8314,5 \text{ J/kmol} \cdot \text{K}$$

T - TEMPERATURA

KAJ JE R_m ?

$$R_m = \frac{R}{M}$$

R JE RAZLIKA V DELU, OE SNOV SSGREJEMO IZOBARNO ALI IZOKERNO.

$$R = \lim_{P \rightarrow 0} \frac{P \cdot V}{T}$$

OE $R_m = k_B \cdot N_A$

k_B - BOLZMANNOVA KONSTANTA [J/K]

N_A - AVOGADROVO ŠTEVILKO [mol⁻¹]

$$\Rightarrow \underline{P \cdot N} = \underline{N \cdot k_B \cdot T}$$

MIKROSKO-
PSKI
VARIABLE

MIKROSKOPSKA
VARIABLE

TEMPERATURA JE NEPESKODNA

MERITEV HITROSTI

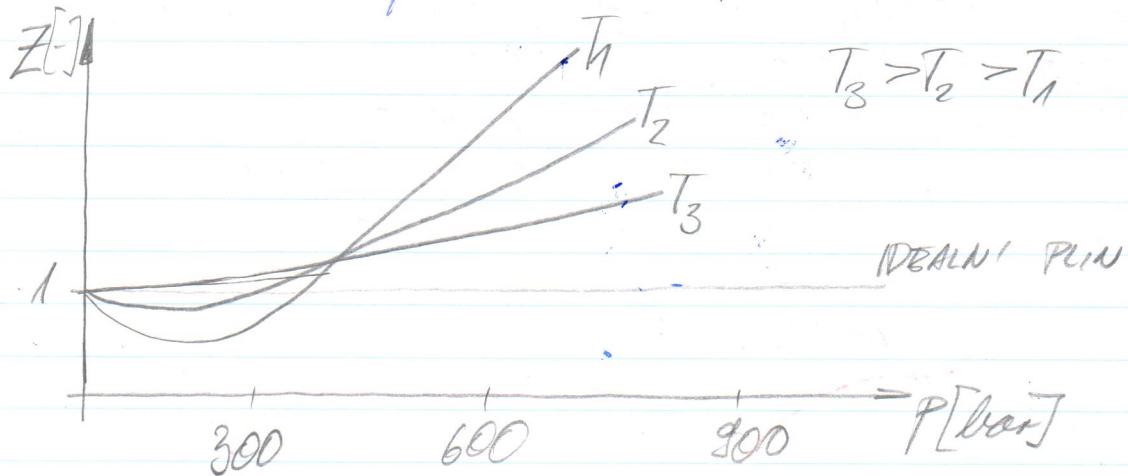
MOLEKUL

REALNI PLIN JE VSKA PLIN, ~~UPOREBA JE DA VAZEJI~~
 NAJMANJO OBSTAJA.

OBSTAJA VEČ METOD, KATERE OPISUJEJO OBNAŠANJE
 NEVEGA PLINA PRI DANIH POGOJIH

- FAKTOR STIŠLJIVOSTI Z

PLINSKA ENAČBA DOBI OBILNO
 $P \cdot V = Z \cdot R \cdot T$



- VAN DER WAALSOVA ENAČBA STANJA

$$\left(P + \frac{a}{V^2}\right)(V - b) = R \cdot T$$

a - FAKTOR, KI OPOŠTEVA ATRAKCIJO MOLEKUL ("PRIVLAČNA"
 NAPEČENOST - STIHL PLIN - STIHLA)

b - KOLEVOLUCIJA - OPOŠTEVA VELOKOST MOLEKUL

TI DVE KONSTANTI SE POČEJO (Z) POGOTO:

$$\left(\frac{\partial P}{\partial V}\right)_T = 0 \quad \left(\frac{\partial^2 P}{\partial V^2}\right)_T = 0 \quad \left(\frac{\partial^3 P}{\partial V^3}\right)_T \neq 0$$

KONTRENI POGOJI

PO DOLUČE: IZOTERMA MORA IMETI NEKAJ PREVOJ.
 $\Rightarrow 2 \times 2$ SISTEM

ЗАЧЕМ НЕОБХОДИМО ДЕЛАТЬ ЭТО?
ИНТЕРМОЛЕКУЛЯРНЫЕ СИЛЫ

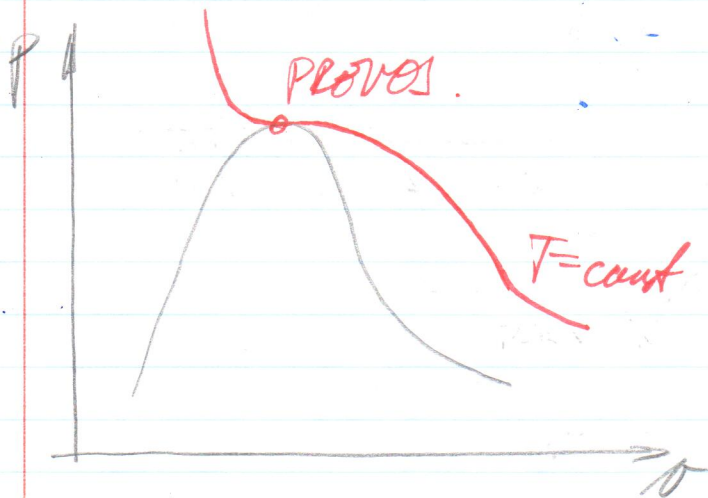
УДАЛЕНИЕ ВЕЩ -> ИНТРАМОЛЕКУЛЯРНАЯ СИЛА



ИНТРАМОЛЕКУЛЯРНАЯ СИЛА

ТЕ СИЛЫ ВОЗНИКАЮТ МНОГОЕ УСТОЙЧИВ УПР.!

- ФАЗНЫЕ ПРОЦЕССЫ (ТЕМПЕРАТУРА)
- ВНЕШНЯЯ ФАЗНАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ
- ОБЛИКА СТРУКТУРЫ МОЛЕКУЛ (ПРОТЕИНЫ...)
- ...

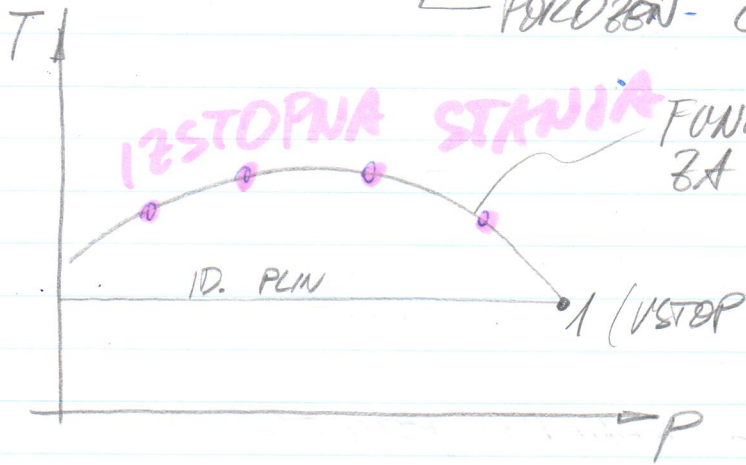
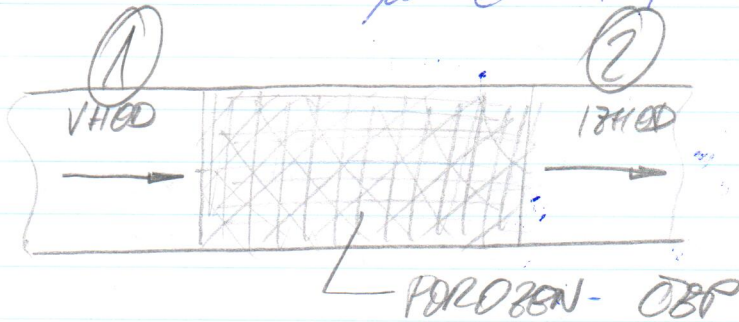


JOULE-THOMSONOV KOEFICIENT (DIZENJE POKRETA PLINA)

POVEŽI MASO DEBITA S TEMPERATURO MED PROCEZOM DIZENJA

$$\mu = \left(\frac{\partial T}{\partial P} \right)_h$$

$\mu > 0 \rightarrow T$ RASTE
 $\mu < 0 \rightarrow T$ PADNE
 $\mu = 0 \rightarrow T = \text{const.}$



FUNKCIJA IZSTOPNIH STANJ ZA ENAKO VSTOPNO STANJE

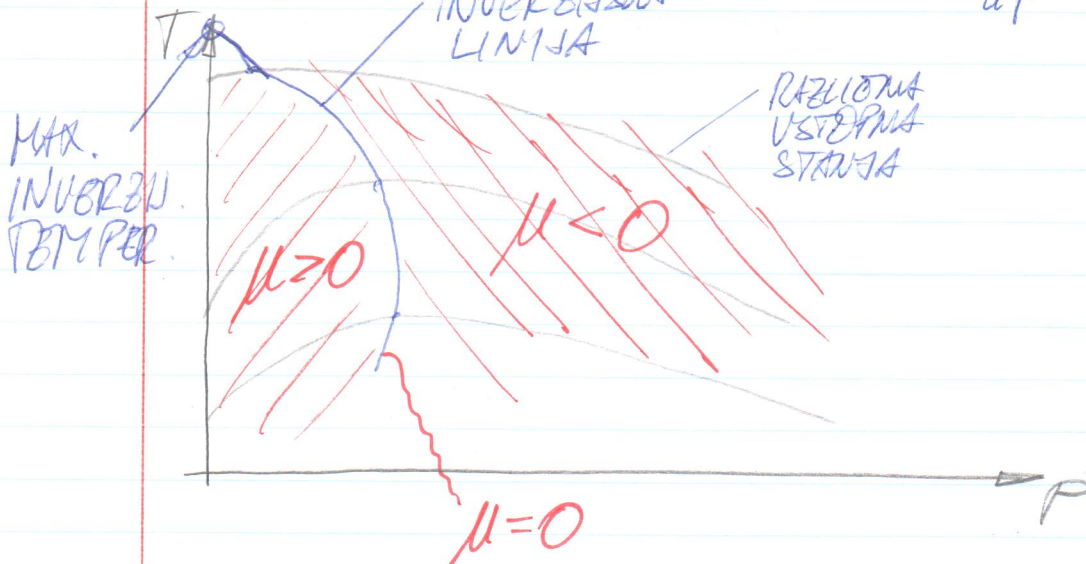
$$dh = c_p dt + \left[v - T \left(\frac{\partial v}{\partial T} \right)_p \right] dp$$

$$h = \text{const} \Rightarrow dh = 0$$

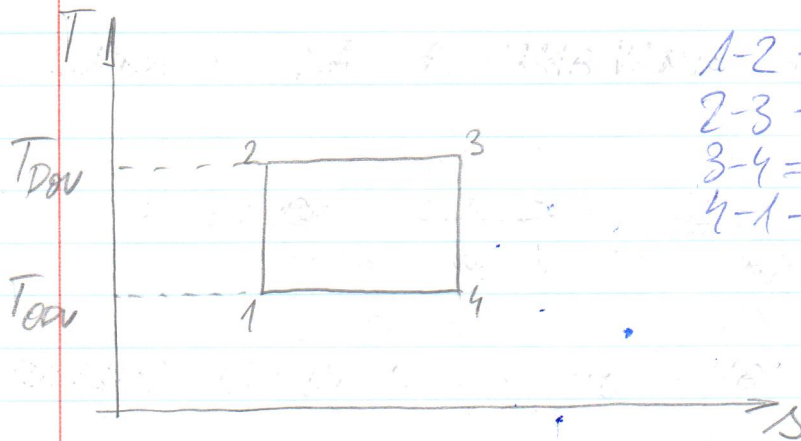
$$dh = c_p dt + \mu dp$$

INVERZIJNA LINIJA

$$\frac{dT}{dP} = \left(\frac{\partial T}{\partial P} \right)_h = - \frac{1}{c_p} \left[v - T \left(\frac{\partial v}{\partial T} \right)_p \right] = \mu$$



CARNOTOV PROCES



- 1-2 = IZENTROPNA KOMPRIZIJA
- 2-3 = IZOTERMA DOVOD B
- 3-4 = IZENTROPNA RASPIJANJE
- 4-1 = IZOTERMA DOVOD B

CARNOTOV CILJ DOSEGA NAJVEŠI MOŽNI TERMOVNI ISKORISTENOST ZA ODREĐENI RAZLIKU TEMPERATURA IZMEĐU DVA TJELOVA. UČINAKOVITOST OSTALIH PROCESUVA JE NIŽIJE.

$$\eta = \frac{W_{\text{net}}}{Q_{\text{Dov}}} = \frac{Q_{\text{Dov}} - Q_{\text{Dev}}}{Q_{\text{Dov}}} = 1 - \frac{T_{\text{Dev}}(S_4 - S_1)}{T_{\text{Dov}}(S_4 - S_1)} = 1 - \frac{T_{\text{Dev}}}{T_{\text{Dov}}}$$

ZAKLJ. CARNOTOV STROJ NIJE UČINAKOVIT

- UČINAK JE VEŠI PRIBLIŽNO POKRETNOSTI
- ADIABATSKO DEFINICIJA POKRETNOSTI
- IZOTERMA NIJE UČINAKOVITOST VEŠIJE (UČINAKOVITOSTI)

CARNOTOV PRINCIP:

NIJE MOŽNO, UČINAKOVITOSTI IZMEĐU DVA TJELOVA. UČINAKOVITOSTI IZMEĐU DVA TJELOVA. UČINAKOVITOSTI IZMEĐU DVA TJELOVA. UČINAKOVITOSTI IZMEĐU DVA TJELOVA.

2. GLAVNI ZAKON TERMODINAMIKE

PROCESI SE ODVIJAJO V DOLGOBREMNIH STANJih, KI ZADOŠČAJA I. IN II. ZAKONU.

VELJUVANJE: NI PROSES PERIODIČNO DELUJE STROJ, KI BI ODPRAZ ENERGIJO IZ VALENTIČNE MOJČNOSTI ENERGIJSKE TOPILEGA TELESIA IN JO PRETVARJAL V DELO

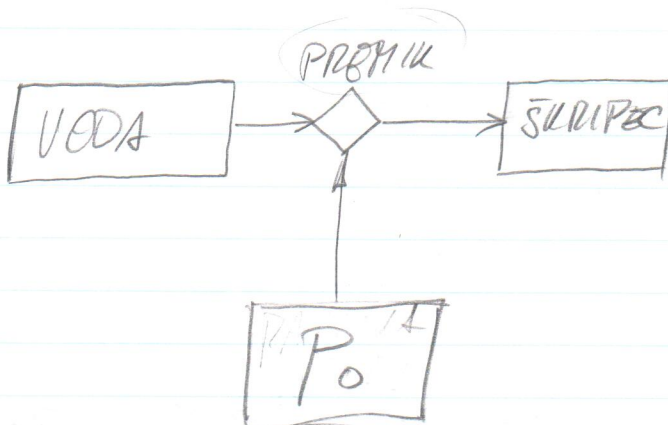
COZSIJOS: TOPILOTA NE PRETVARJA SAMO OD SEBE IZ TELESIA Ž NJIČO NA DELO Ž VIŠJO TEMPERATURNO

POURACIJI V PROSES JE TUDI, KI SE LAHKO SAMI OD SEBE VINE NAZI V ZAJETNO STANJE BREZ DA BI SE ZGODILE TRAJNE SPREMEMBE SISTEMA IN OJLOVICE NEPOURACIJSKOSTI, PREPOZNAVATI PO:

- DISSIPACIJA (ENERGIJSKE) (RAZTRJES ENERGIJSKE) IN MASE!
- NESTACIONARNOST
- LABILNOST (NE STABILNOST)
- VERJETNOST
- NARAVA VEČIH SUČAL

DISSIPACIJA - RAZUMIŠIJO, TAM SE NEKAJ RAZTRJESA, PREDARNO JE PREMA NADOLNADIT'...

NESTACIONARNOST - ČE NEKA STVAR NI STACIONARNA NPR. PRIMER SKRIPCENJA, KI GA DRŽI VODA, KI VAZOVU → OBSTAJA ŽELO GUSKINA VETAJETNOST, DA BO V DAVEM TRENTU PO PREMIJU VODA ZAVZELA TOČNO NASPROTNE HITROSTI IN PRETAVNILA SKRIPCEC V PROJEKTO POZICIJO



UBESEDEME ERD VAG: NA ENI STRANI IMAS VODO, NA DRUGI SKRIPCEC, KI TVERHO SISTEM. DA BI SE ZGODIL PREMIK SKRIPCET SE MERA PRETAVNITI TUPI VODA, ZAKAS → RAZLIKA TEMPERATUR P_0 TLAK OJLOVICE

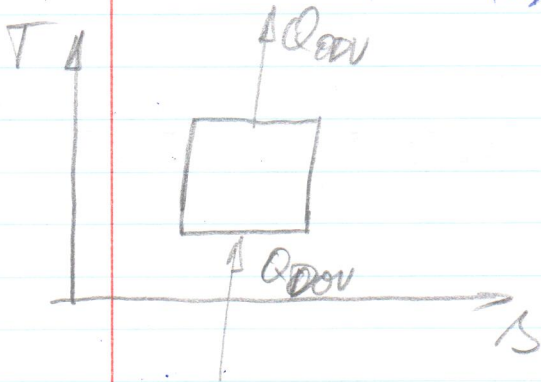
HLADILNO STROJICO

SE KONA NA OBESEVANJE IN PROSTANO USTVARJANJE VITROTI HLADILNIH STROJEV

$$\epsilon_H = \text{COP} = \frac{Q_{\text{UPRA}}}{W_{\text{KOMP}}} = \frac{Q_{\text{UP}}}{P_{\text{KOMP}}} \quad \begin{array}{l} \text{TOPLOTNI TERA NA} \\ \text{UPRAVANJU} \\ \text{KOTI KOMPRESORJA} \end{array}$$

HLADILNO STROJICO ČRNO TEBEGA STROJA JE ENAKO

$$\epsilon_H = \frac{|Q_{\text{DOV}}|}{|W|} = \frac{|Q_{\text{DOV}}|}{|Q_{\text{DOV}} - Q_{\text{DOV}}|} = \eta^{-1}$$



NEK. STROJ NE MORE IMETI VEČJEGA IZKORISTKA KOT ENKA ČRNO TEBEGA STROJA, SAJ JE ČRNOT ~~JE~~ POUKAZJIV, TEREJ COP VEČJEGA STROJA NE MORE BITI VEČJE OD COP ISTEGA ČRNOTEBEGA STROJA

NEPOUKAZJIV PROCES

JE VSA PROCES, KI NI POUKAZJIV, TEREJ:

- OBSTAJA DISSIPACIJA ENERGIJE IN ~~MASS~~ (MATERIJE)
- PROCES NE PETAJA STACIONARNO
- PROCES NI STABILEN
- PROCES IMA NARAVO VEČJA SILE
- V PROCESU OBSTAJA VERJETNOST

NEPOUKAZJIV PROCES PO OBRNITU ZA SEBOJ V OBLICI POSTI & TRAJNE SLEDI.

PRIMERI NEPOUKAZJIVIH PROCESOV:

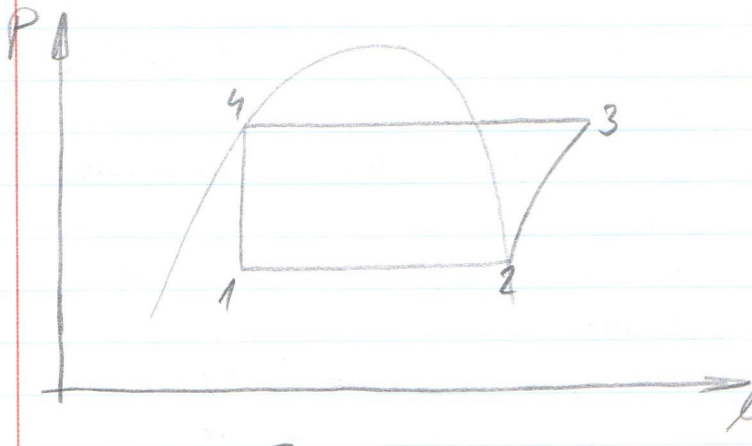
- PRENOS TOPLOTE
- DUŠENJE
- PRAVA BODRANJA (BREZ OPRANJANA DEJA)

- KEMUNG BEKALISE
- TRENGE
- TALENGE

POURTOJIN ADIABATEN PROCES

ZA POURTOJIN PROCES JE ZNANO, DA PO ~~REVERZIBI~~ NISBEJOM OBRNITU (OB. PO OPRVITVI CELESTNEGA CIKLA, JE JE CIKLIČEN) PROCES NA OVOJCI NE, POSTIJE PRAMJA POSLEDIC (NA SISTEMU TUDI NE). ADIABATA JE PREJ TRENGSA

ENOSTAVEN IN KOMBINIRAN HLAJILNY PROCES



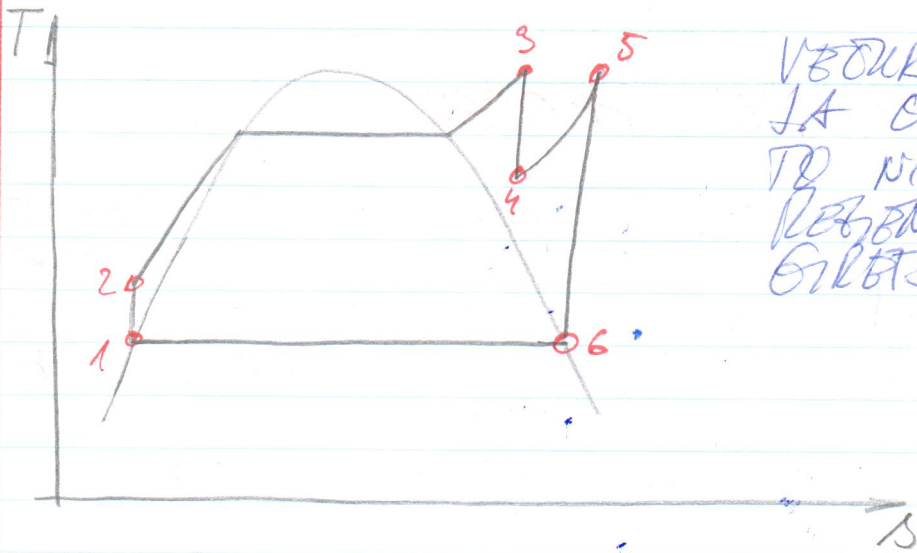
- 1-2 - UPRAVANJE MEDJA (IZOBATA IN IZOTERMA)
- 2-3 - ISENTROPNA KOMPRESIJA
- 3-4 IZOTERMA ~~IZOTERMA~~ ODVED Q - KONDENZACIJA
- 4-1 ISENTROPNO ZMIRANJE TEKLA (EVAPORACIJA)

ZAKAJ ISENTROPA?

KER JE LAJSE NAREDITI - POUKNO KOT PA EVAPORACIJSKI STROJ, PRI TEMER NE PORABIMO VELIKIH NEPOVRATNOSTI, KER SO ISENTROPE ZMERAJ KVALIFIKACIJE.

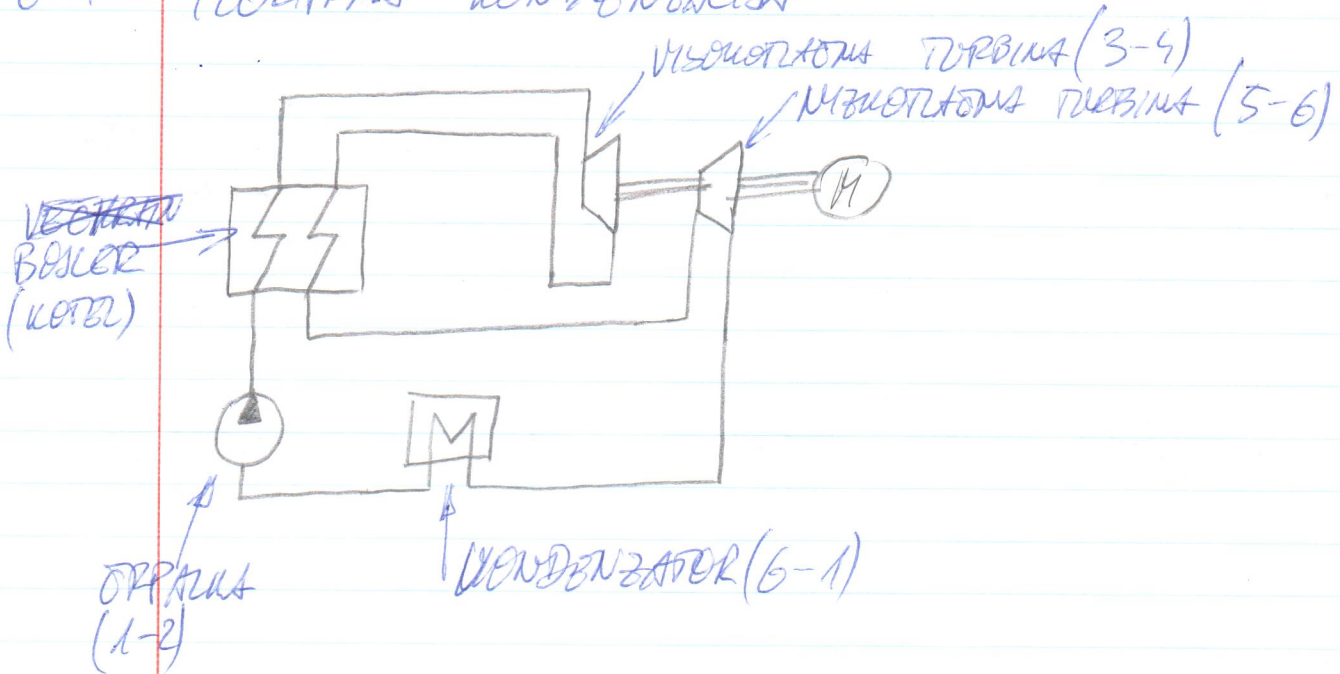
NAKVALNI SISTEM, MULTISTABI SISTEM - JE OPISANO PRI NIZKI TEMPERATURAH.

РЕГЕНЕРАТИВНО ГРЕТЪЕ НАПАЈАЊЕ ВОДЕ ПРИ ПАРНОМ ПРОЦЕСУ (БЛОКУИ? БРД)

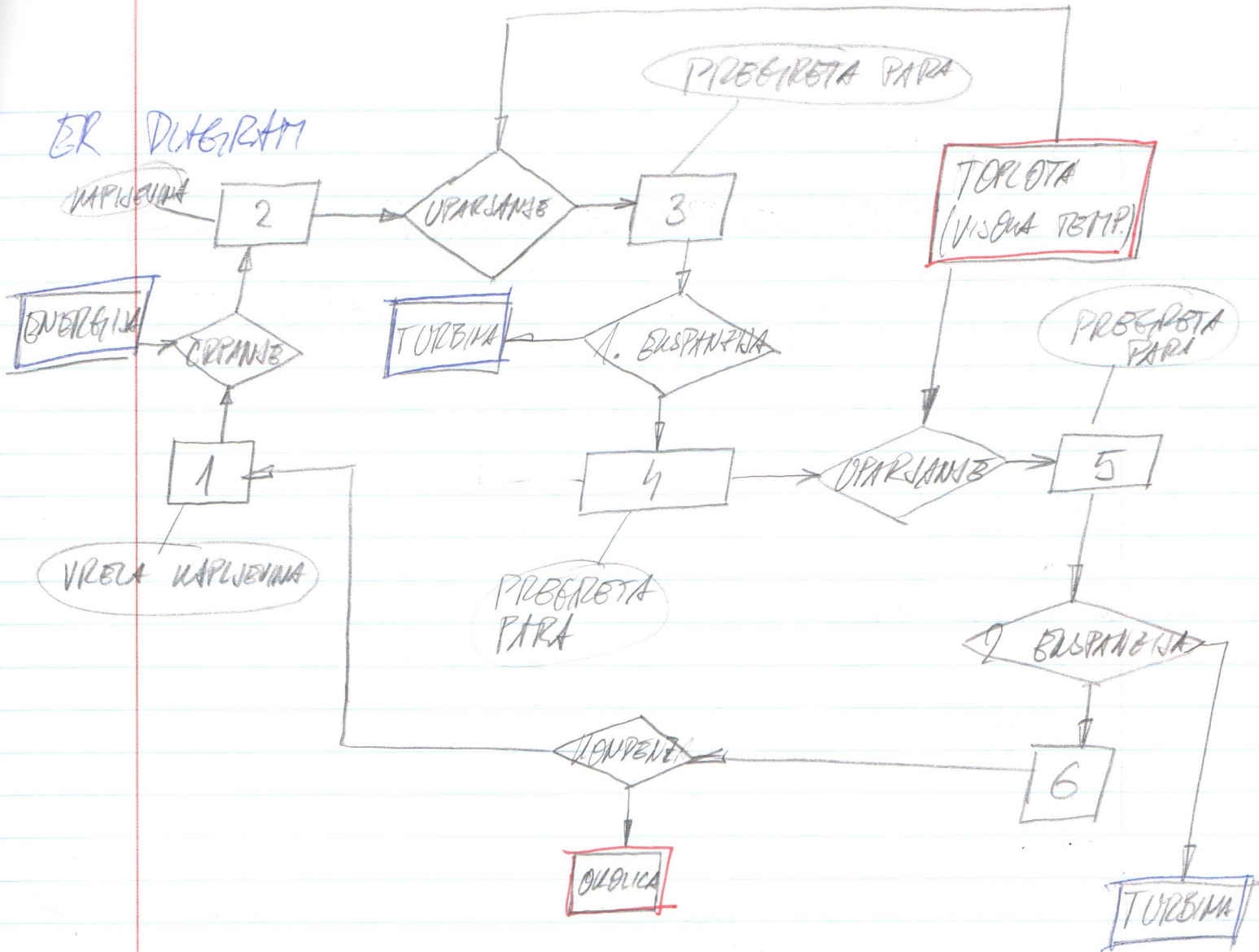


ВЕОУРАТНА БАСПАНЗИЈА ОЗ ПРЕГРЕВАЊЕ, ТО НИ РЕГЕНЕРАТИВНО ГРЕТЪЕ

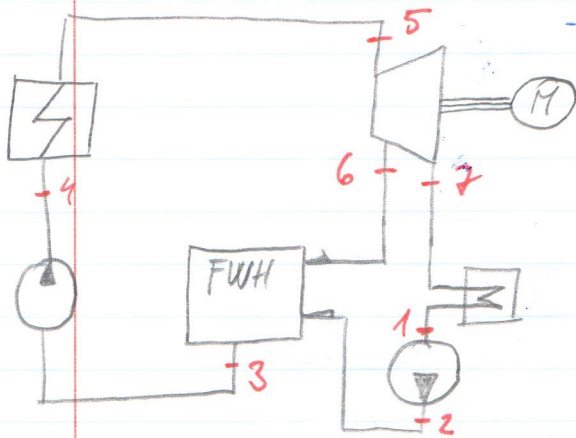
- 1-2 - ИЗОТРОПНО ЦРПАЊЕ НА ВИСИ ТРАЈИ ПЕРФОРИРА
- 2-3 - ПРИМАРНО ГРЕТЪЕ (УПАРИВАЊЕ, ИЗОВАРА)
- 3-4 - ИЗОТРОПНА БАСПАНЗИЈА (ВИСОКОТРАЈНА ТУРБИНА)
- 4-5 - СЕКУНДАРНО ГРЕТЪЕ (ИЗОВАРА)
- 5-6 - ИЗОТРОПНА БАСПАНЗИЈА (НИЗКОТРАЈНА ТУРБИНА)
- 6-1 - ИЗОБАРНА КОНДЕНЗАЦИЈА



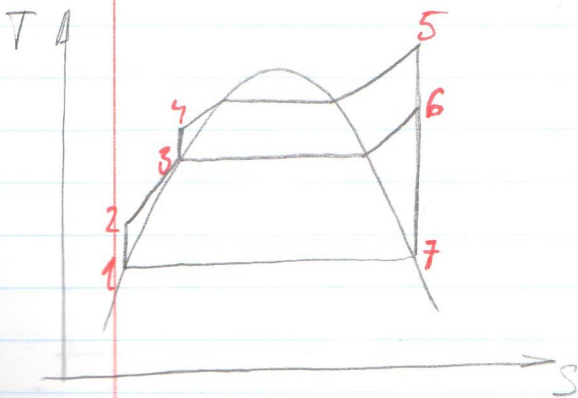
ER DUTIRAM



Z REGENERACIJO (EDPETO)



6747, PRILAZNO
LISTE!



TEHNIČNO DELO

DELO JE POKRIBANJE ENERGIJE ZA PRIDOBIVANJE DOBRIN.

SILA JE PROTIK POTENCIALNO ENERGIJSKIM POLO.

$$dW = F ds \quad \text{KRIVULJA}$$

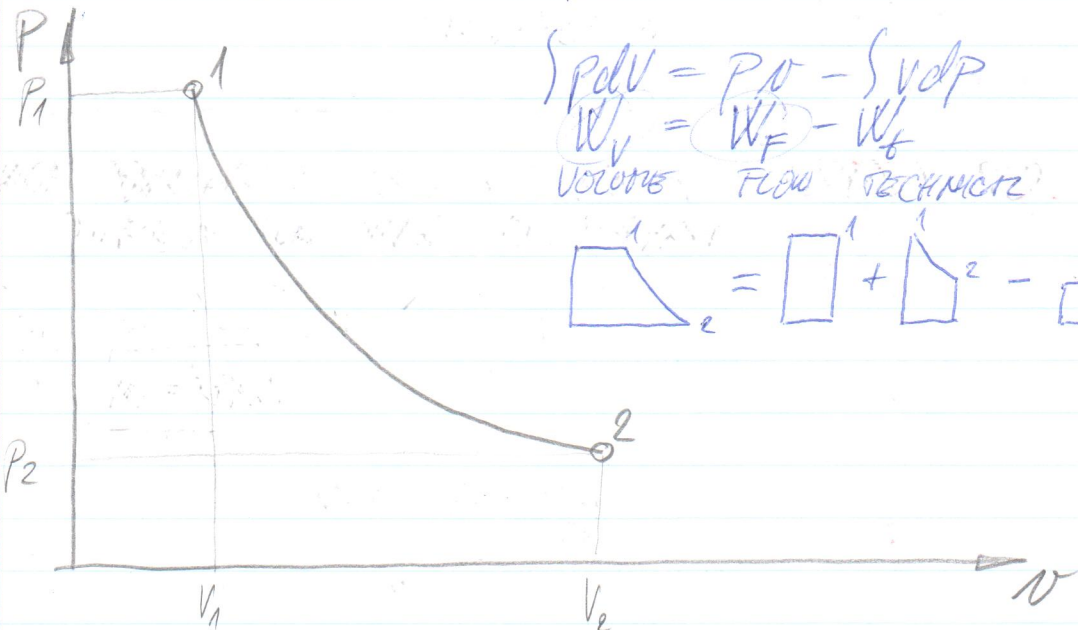
$$F = p \cdot A \Rightarrow dW = p A ds = p dV$$

$$W = \int p dV = \underbrace{pV}_{\substack{\text{MOVING} \\ \text{BOUNDARY} \\ \text{WORK} \\ \text{VELOCIŠNO} \\ \text{DELO}}} - \underbrace{\int V dp}_{\substack{\text{FLOW} \\ \text{WORK} \\ \text{SHAFT} \\ \text{WORK}}}$$

$$\begin{aligned} dU &= dQ - dW & W &= pV \\ &= dQ - d(pV) \\ &= dQ - p dV - V dp \end{aligned}$$

TEHNIČNO DELO JE USTVARJENO ZA TEHNIČNO. TO JE DELO, KI GA PRIDOBIM ILOT MERNIŠKO DELO NA EKVIDI SPREMA. PRI PREDOMER NAJRAVIJI JE TO DELO:

$$\underbrace{W_T}_{\text{TEH. DELO}} = \underbrace{W_M}_{\text{MERNIŠKO DELO}} + \underbrace{W_K}_{\text{DELO ZA SPREMEMBO KINETIČNE ENERGIJE}}$$



REŠENJE INTEGRALA

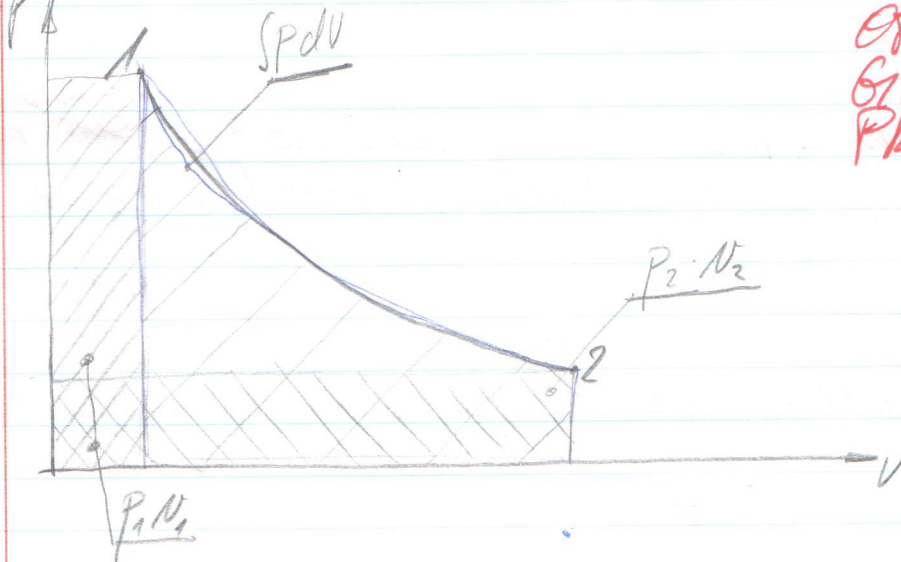
$$\int_1^2 p dV = p_1 V_1 - \int_1^2 V dp \quad \text{- PER PARTI}$$

$$= p_2 V_2 - p_1 V_1 - \int_1^2 V dp$$

- JE ZARADI TEGA, KER SO MOJE OBRNJEV

$$\int_1^2 p dV = p_2 V_2 - p_1 V_1 + \int_2^1 V dp$$

KO PAŠ V TO OBLIKO SI LAHKO GRAFIČNO UPOVEDNO PREDSTAVLJAS.



NOTRANJA ENERGIJA - DELO V UROBNEM PROCESU

$$dU = dQ - dW \quad dH = dQ - dW_t$$

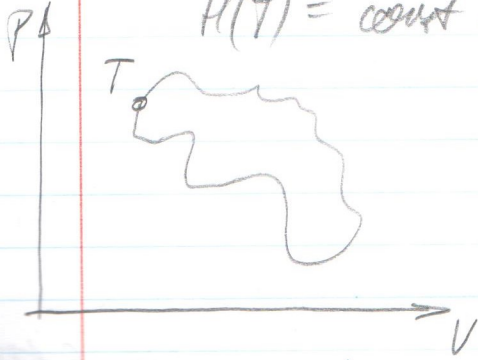
$$H = U + pV$$

NOTRANJA ENERGIJA IN ENTALPIJA STA VELOJINI STANJA, TO Pomeni DA KO OPRAVIMO 1 (ZAKRT) CIKL (UROBN PROCES) BO NOTRANJA ENERGIJA TEGA SISTEMA ENAKA POSLEDIČNO TUDI ENTALPIJA.

ZATO $\Rightarrow U(T) = \text{const} \Leftrightarrow dU = 0$ $\Rightarrow dQ - dW = dQ - dW_t$

$H(T) = \text{const} \Leftrightarrow dH = 0$

$$dW = dW_t$$



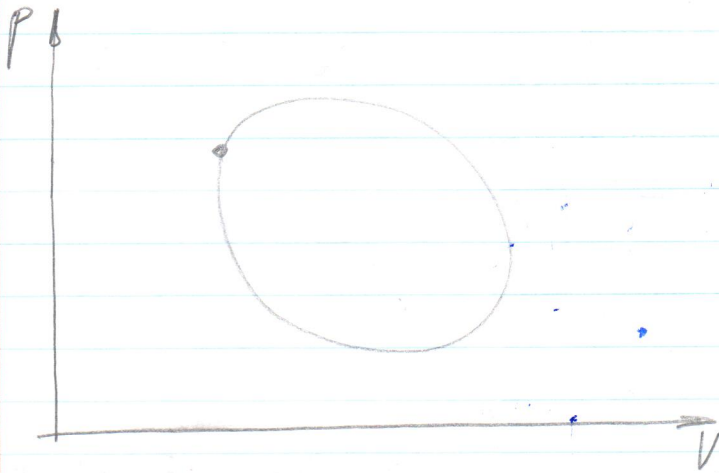
$$dU = dQ - dW$$

$$0 = dQ - dW$$

$$| dQ = dW = dW_t |$$

V UROBNEM PROCESU

MATEMATIČNA RAZLAGA



PRIDROSTAVLJAMO
VEKTORSKO POLJE
 $F = (M(V, P), N(V, P))$

POLJE JE KONSERVATIVNO
(POTENCIALNO), ŽE JE
 $M_P = N_V$

OBSTAJA NEKA FUNKCIJA
 ϕ , TAKO DA BO

$$F = \nabla \phi \rightarrow \text{GRADIENT SLEK. POLJA}$$

TAKO BO: $\int F d\vec{r} = \int(\text{KONČNA LEGA}) - \int(\text{ZACBTNA LEGA})$

OZ. $\oint F d\vec{r} = 0$, KER V ZAPRTI POTI
JE VSKA ZACBTNA
TOČKA HURATI KONČNA

PATH INDEPENDENCE!

TROJNA TOČKA VEDE

V P-T DIAGRAMU JE MOŽNO TO TOČKO OPAZITI PRI
273,16 K in $P_{\text{atm}} \approx 0,01$ bar. ZNAČILNOST JE TOČKA
JE, DA HURATI OBSTAJAJO 3 TIPICNA TERMOBILNA
STANJA: PLINASTO, KAPLJAVO IN TRDNO
OZ. PARA, VODA IN LED

VELIKO TAKIH TOČK JE LAHKO IZRAČUNANO S POMOČJO
GIBBSOVEGA PRTILA O FAZAH

$$PS = K - F + 2$$

PS - PROSTOSTNE STEPNE

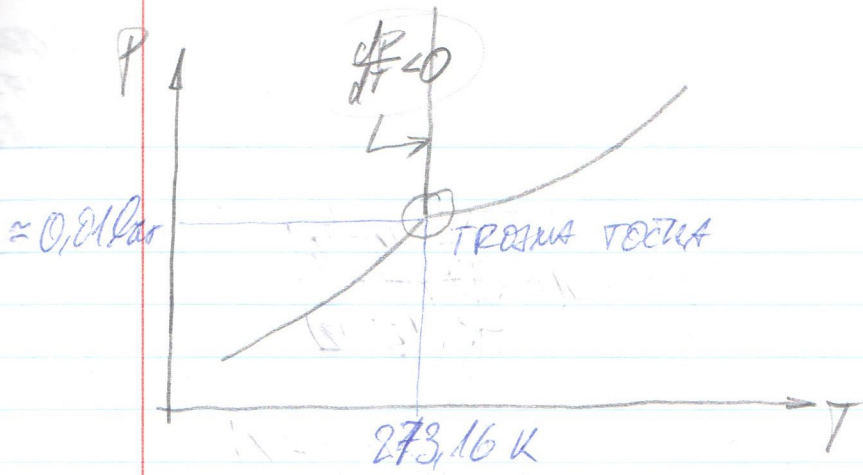
K - KOMPONENTE

F - FAZE

Torej, ZA TROJNO TOČKO VEDE:

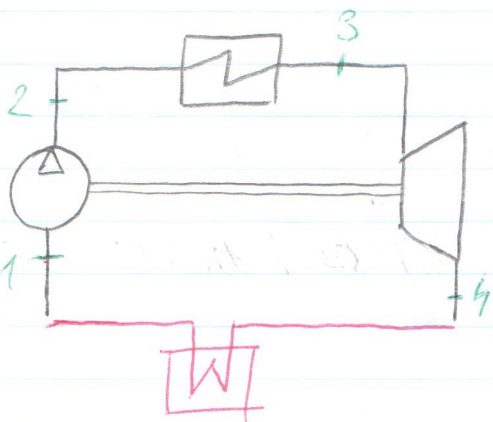
$$\left. \begin{array}{l} K=1 \\ F=3 \end{array} \right\} \begin{array}{l} PS = K - F + 2 \\ = 1 - 3 + 2 \\ = 0 \end{array}$$

= 0 — TO Pomeni, DA OBSTAJA SAMO
1 TOČKA

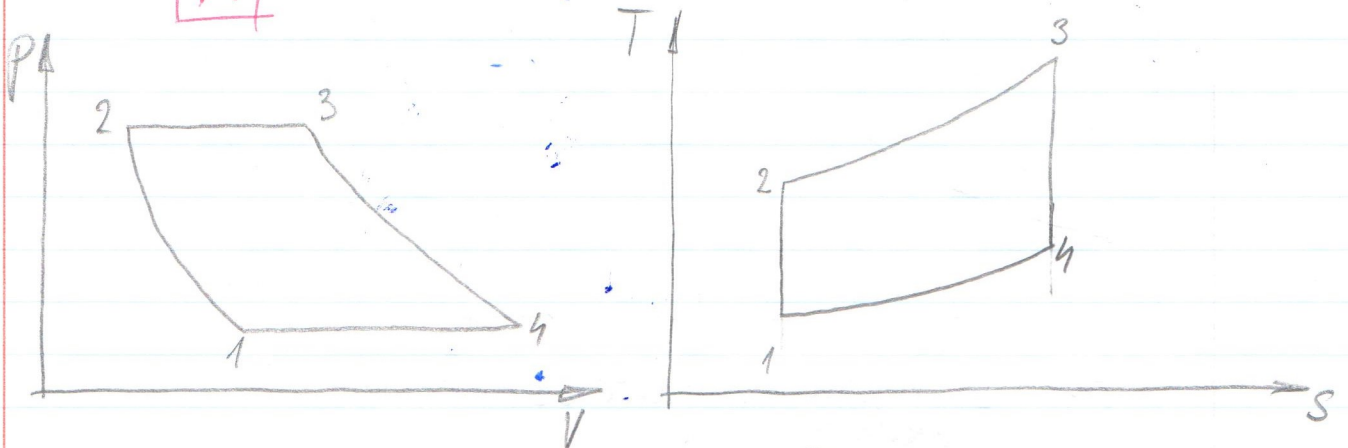


PLINSKA PARNI ELEKTARNA (FRAYTON)

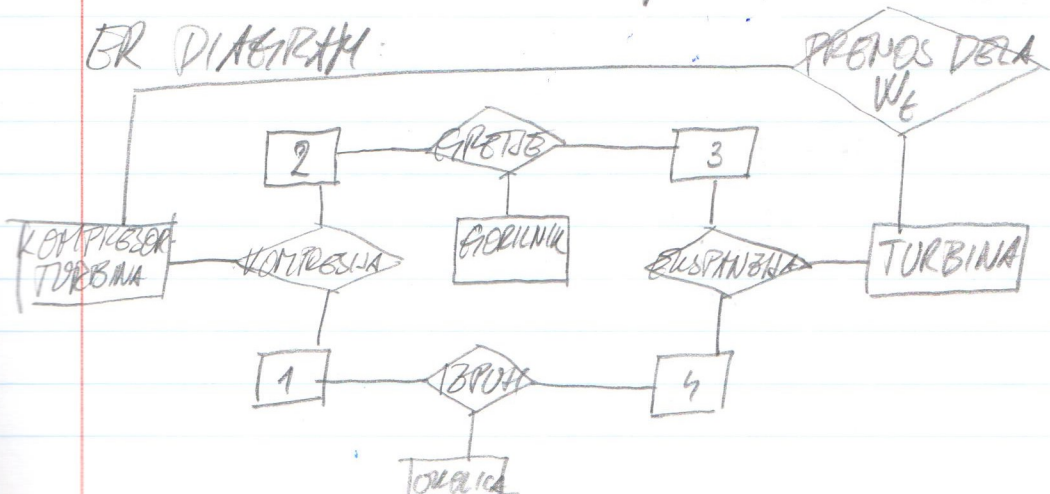
- PRISTOJNI STROJ, KATEREGA SE VBOJNOST OPOREKVA ZA POGON LETAL IN "GENERACIJO" ELEKTRIČNE ENERGIJE
- LIMITACIJO POUZROČA PREDVSEM VZDRŽLIVOST MATERIALA (TLAKI, TEMPERATURJE)



— — ODPRT TIP (LETALA)
 — — ZAPRT TIP



ER DIAGRAM:



STEVIC JE MROŽJE
 ŽALISU, UBR JE ODVE-
 DENA TOPLOTA UBRJAT.

IZOLIRANA TURBINE:

$$\eta = \frac{W}{Q_{DOL}} = \frac{Q_{DOL} - Q_{ODV}}{Q_{DOL}} = 1 - \frac{Q_{ODV}}{Q_{DOL}} = 1 - \frac{c_p (T_4 - T_1)}{c_p (T_3 - T_2)}$$

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} = \frac{T_3}{T_4} = \left(\frac{P_3}{P_4}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} \rightarrow = 1 - \frac{T_1 \left(\frac{T_4}{T_1} - 1\right)}{T_2 \left(\frac{T_3}{T_2} - 1\right)}$$

$$\frac{T_2}{T_1} = \pi^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}$$

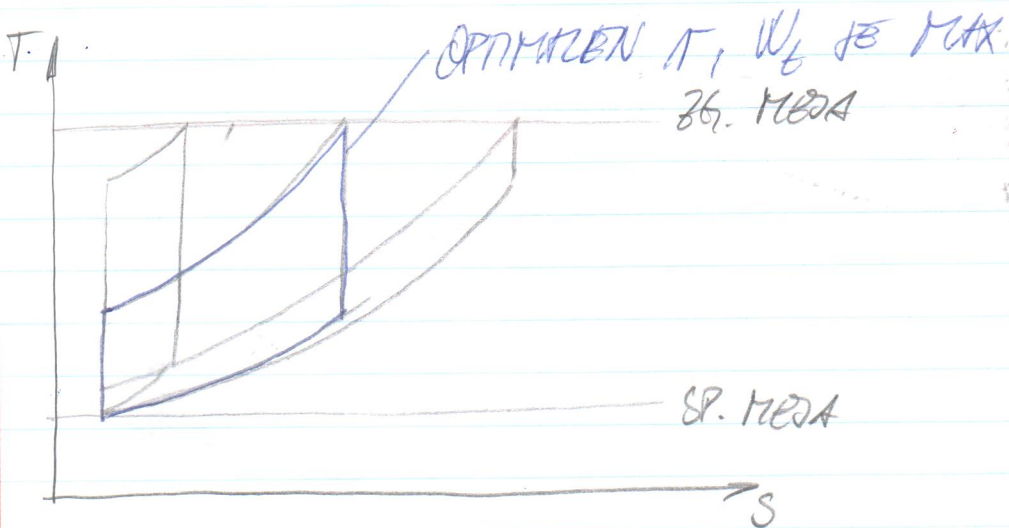
$$\eta = 1 - \frac{T_1}{T_2}$$

$$= 1 - \frac{1}{\pi^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}}$$

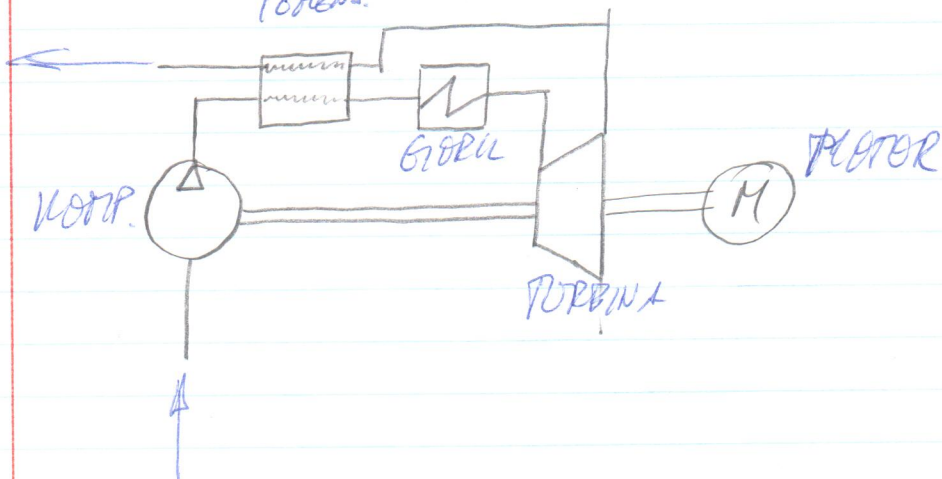
IZOLIRANA SO MAX, UO

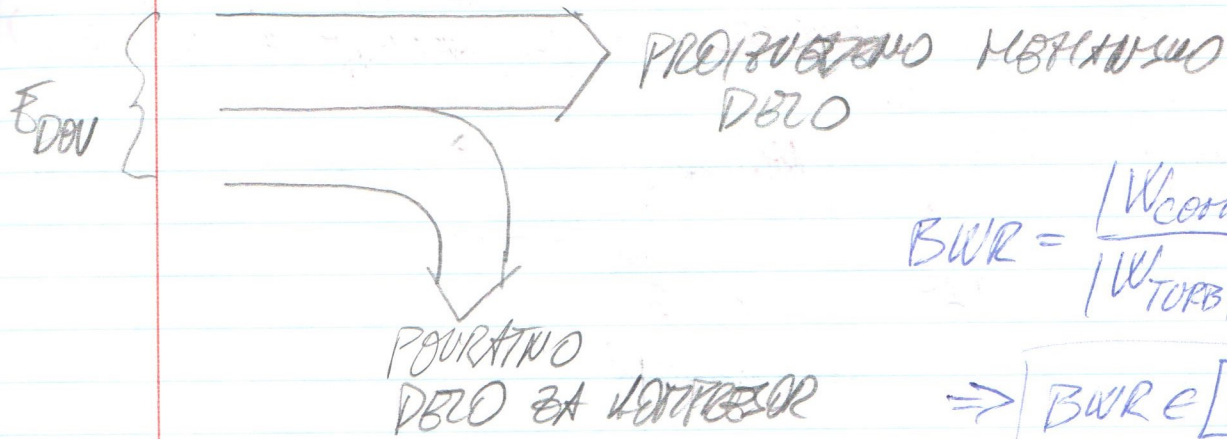
$$\frac{d\eta}{d\pi} = 0 \quad \text{IN} \quad \frac{d^2\eta}{d\pi^2} < 0$$

POGODI ZA MAX



BRAYTON S REGENERACIJO





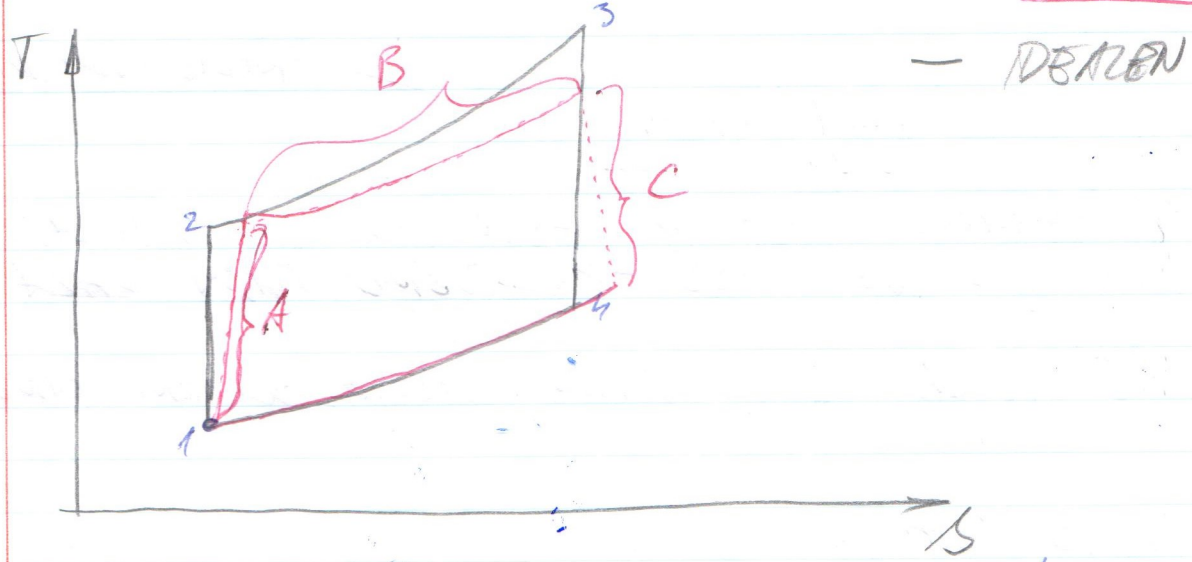
$$BWR = \frac{|W_{comp}|}{|W_{Turb}|}$$

$$\Rightarrow BWR \in [0, 1]$$

BREK WORK RATIO

BWR POVE VEKINO DELA JE SLO MAZI V PROCES (LISTNA RABA)

ODSTOJNIŠE REALNEGA OD IDEALNEGA (ODPRT)

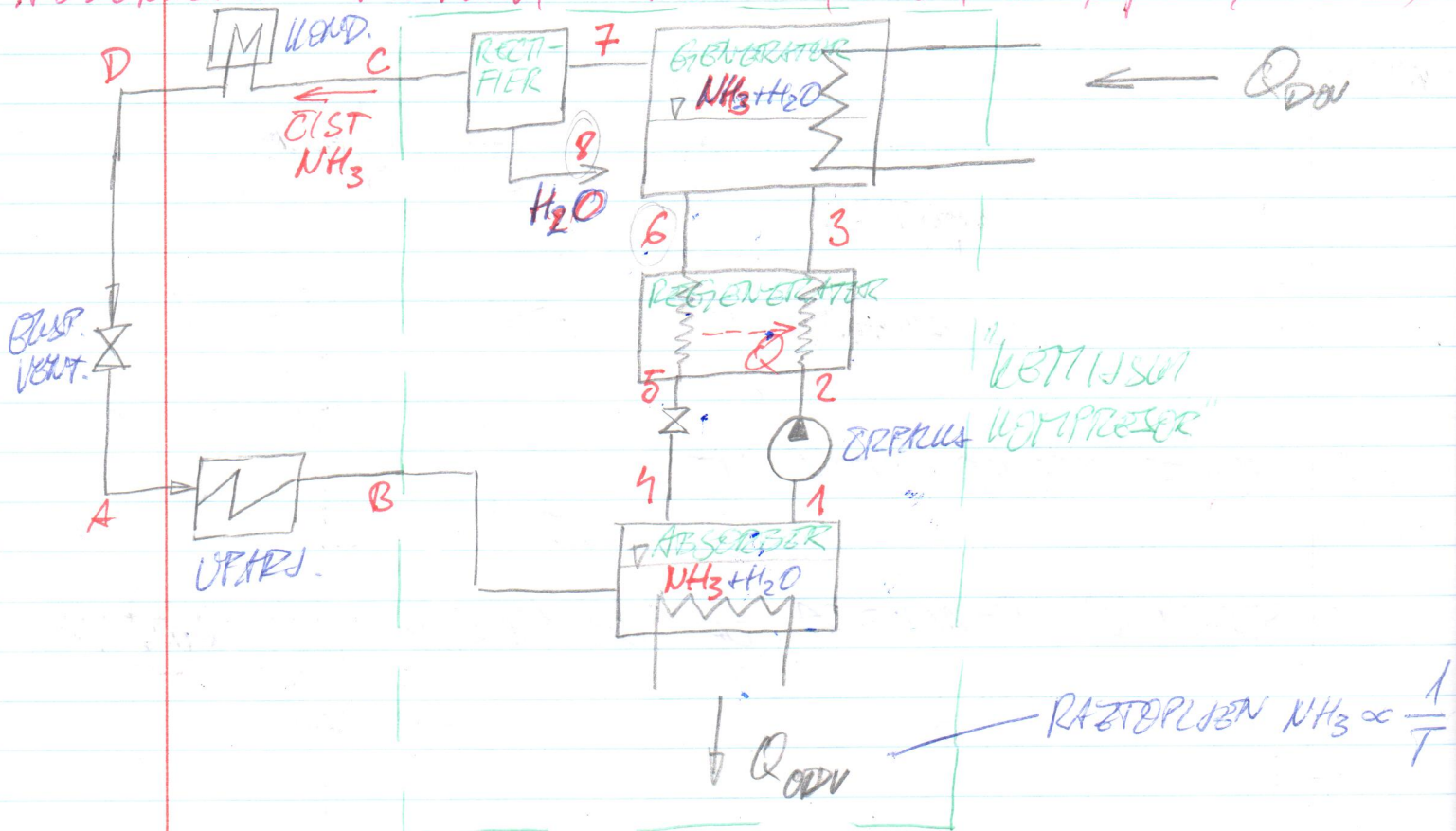


TOČKA 1 JE FLEKNA, KOR JE TAM ATMOSFERA

ODSEKI A, B, C :- ODPRTI OČE, GREŠIL SEM, GREŠIL SEM NEPOVRATLJIVOSTI.

- KAKŠNE PA?
- PRI KOMPRESIJI SEM TRESIL Z ENERGIJO, ZAGREŠIL VIŠJO TEMPERATURO V PROCESU;
- SMOJI SE JE TILA MED DOVEDEN, TOU NI BIL LAMINAREN. IN NA KONCU VSEGA MI SEM PRIDELI TOLIKŠNEGA DEZA V TURBINI KET BI MORAL, SAJ MI SEM POUŽIL ŽUNA MED PREDANIMI.
- NO, VSAJ IZOBARNI ODVED TERČETE JE IZOBAREN. 40X PONEVI KOLIKU ŽUN NAS.

ABSORPCIJSKI HLADILNI PROCES (BLOK, ERD, P-H, 8 ROZ.)



ZAKAJ TO DRAMO? ZARADI TEBLA KER KOMPRESORNO VAPLOVANJE IN NE PARO → BISTVENO TUKAJ DRZA

- DRAGA
- IČO IMAMO PROBLEM Q_{ODV} (ODPADNA TEPLOTA, SOLARNI PANEVI...)

STRAN 659

RECTIFIER JE NAPRAVA KI PRELOSTI MOŠANICO, TUKO DA IZLOČA H₂O

ERCI ZA ABSORPCIJSKI PROCES

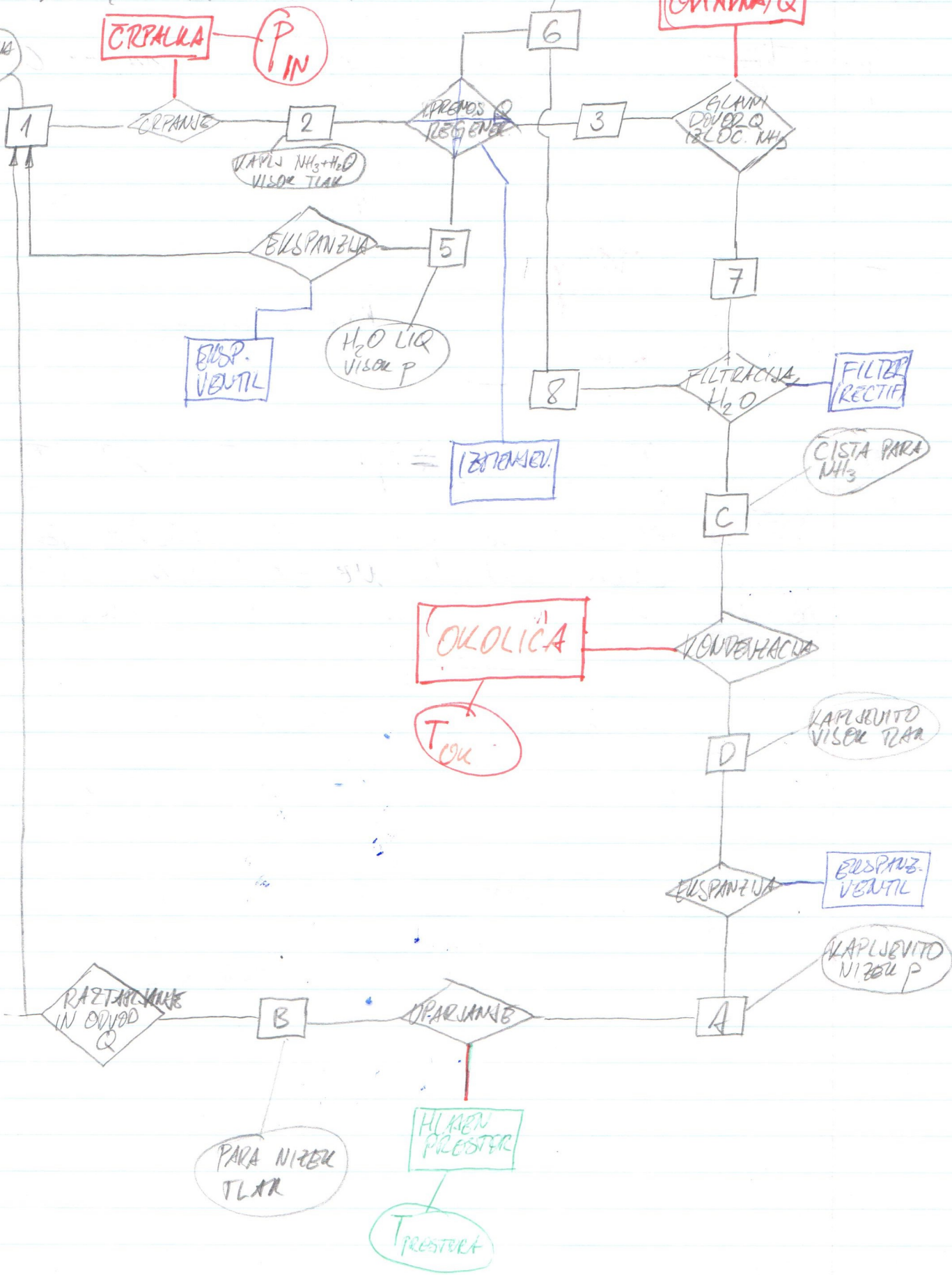
KAPLJEVINA $NH_3 + H_2O$

CRPALKA P_{IN}

VODA, KAPLJEVINA
VIŠOK TLAK

T_{ODP}

(ODPADNA) Q



OKOLICA

T_{OK}

**HLAVEN
PRESTERT**

$T_{prestert}$

PARA NIZEK
TLAK

EUSPANZIJA
VENTIL

KAPLJEVITO
NIZEK P

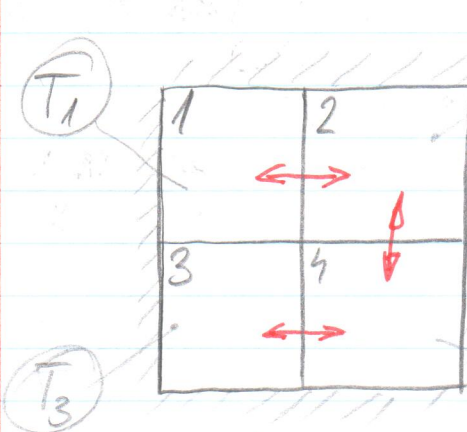
FILTRACIJA
RECTIF

CISTA PARA
 NH_3

511

0. PRAVNI ZAKON TERMODINAMIKE

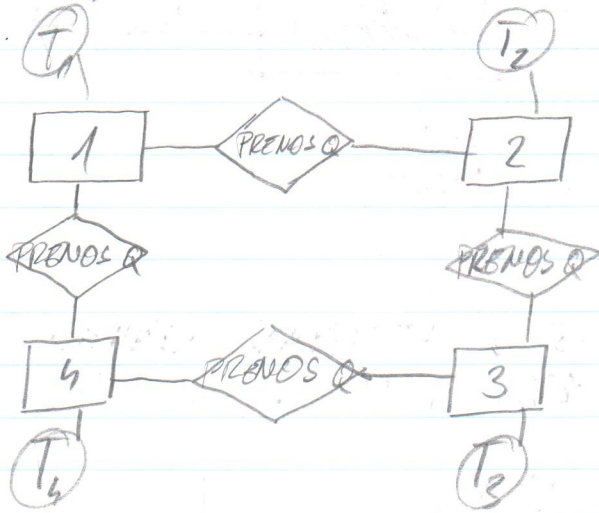
PREDPOSTAVLJAMO 4 REZERVOARJE, KI SO ADIABATNO LOBENI OD OBLICE VENDAR NE MED SEBOJ



T_2 CE MED POLJOBNIMA DVBMA REZERVOARJEMA OBSTAJA TEMPERATURNA RAZLIKA, POTEM SISTEM NI V TERMOVEM RAVNODRŽJU.

MATEMATIČNO: $(T_1 = T_2) \wedge (T_2 = T_4) \wedge (T_3 = T_4) \Rightarrow T_1 = T_3$
 UGOTOVITEV:

RAZLIKA TEMPERATURE MED DVEMA TELESOMA JE POTREBNA, DA POTREBEN VENDAR NE ZADOSTEN POGOJ, DA SE MED NJIMA VZPOSTAVI TOPLOTNI TOK (FLUX)



DA SHETA VBJA, MORA VBJATI $T_1 \neq T_2 \neq T_3 \neq T_4$

VUOLIKOR ^{TRA} PAR TELES ENKO TEMPERATURO, POTEM PROCESA "PRENOS Q" MED NJIMA NI.

NOTRANJA ENERGIJA (OBLIKE NA MIKROSKALI, LATENTNA ENERGIJA, DEFINICIJA STANJA)

ENERGIJA = - MIKROSKOPSKE (ORGANIZIRANE) SISTEMI SO IMA GLEDE NA NEKO IZBODILO (KINETIČNA, POTENCIJALNA ENERGIJA) - PAZI NA RELATIVNOST!
- MIKROSKOPSKE (NEORGANIZIRANE) V POUZANJE Z MOLEKULARNO STRUKTURO IN AKTIVNOSTJO MOLEKUL

NOTRANJA ENERGIJA: VSKOTA VSEH MIKROSKOPSKIH OBLIK ENERGIJE

ENERGIJA: NALOPIČENA (ČKA NA SPREMEMBO V SISTEMU, DA SE LAHKO PRETVORI)
ZAKON O OHRANITVI ENERGIJE!

PREHODNA (OBSTAJA TAURAT NO OBSTAJA PROCES MED DVEMA TALENTA, V DANI OBILI SE NE DA SHRANITI)

MIKROSKOPSKE OBILKE ENERGIJE $U = \sum_{i=1}^N (E_k + E_p)_i$

SENZIBILNA - POUZANA Z KINETIČNO ENERGIJO MOLEKUL (TRANSLACIJA, ROTACIJA, VIBRACIJA)

KEMIČNA - POUZANA Z ENERGIJO POTREBNO ZA GENERACIJO NOVE SPOLNE (KEMIČNE VEZI)

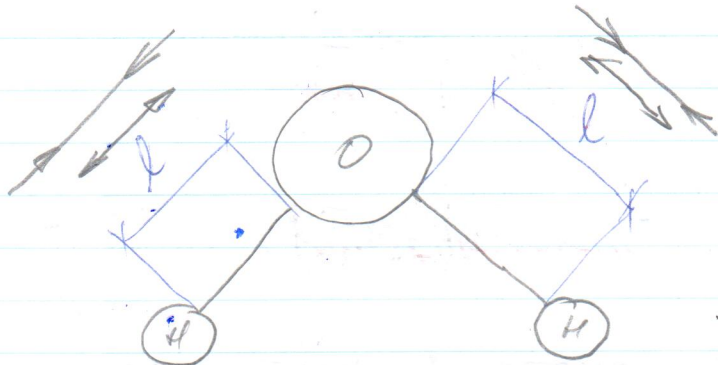
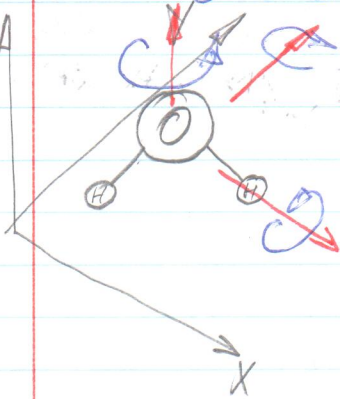
JEDRSKA - POUZANA S SILAMI, KI SO POTREBNE ZA OBSTOJ ATOMSKEGA JEDRA (VEZ MED p^+ IN n^0)

LATENTNA - POUZANA Z KONFIGURACIJO MOLEKUL V NEKI SNEVI (TRDNINA - KAPLJAVNA, - PLIN - PLAZMA) ZA VSAK PREHOD MED FAZAMI JE POTREBNA TA ENERGIJA (DOVEDE SE ENERGIJE)

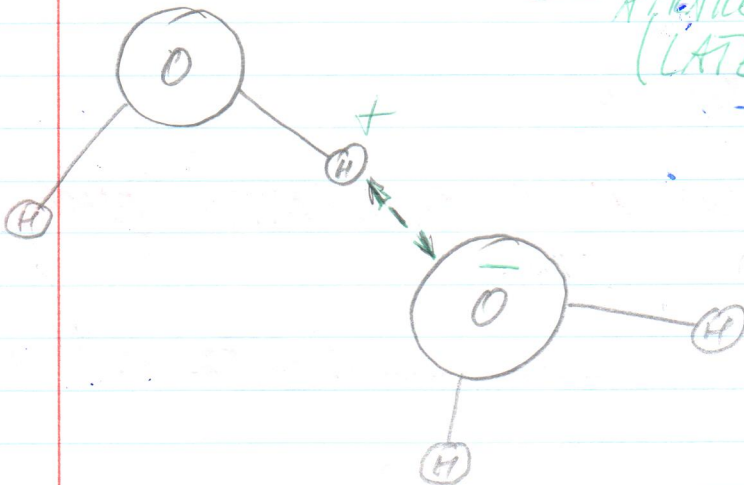
SENZIBILNA ENERGIJA:

- VIBRACIJA (DOLŽINA VEŽI)
- TRANSLACIJA
- ROTACIJA

z-A



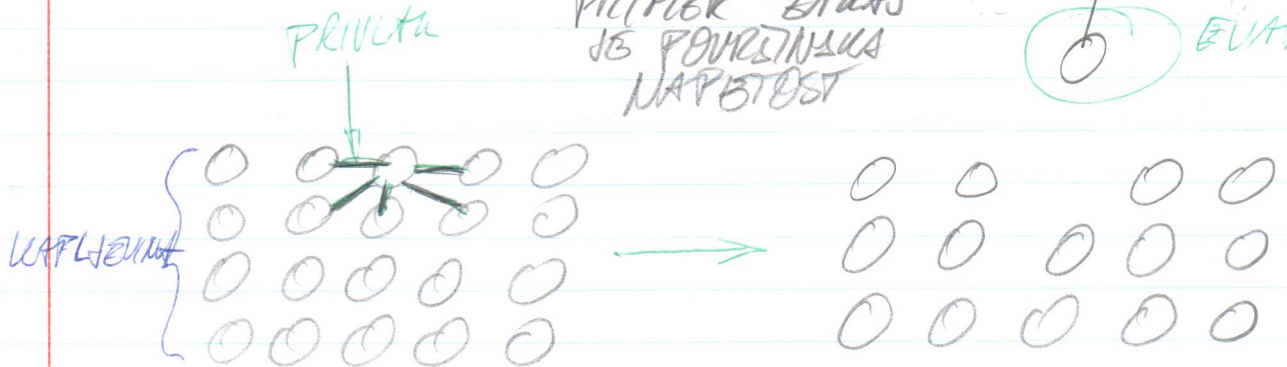
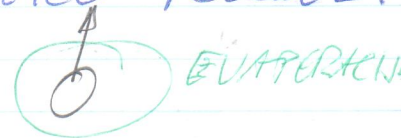
— ATRAKCIJA NASPROTNE MOLEKULE (LATENTNA ENERGIJA)



LATENTNA ENERGIJA

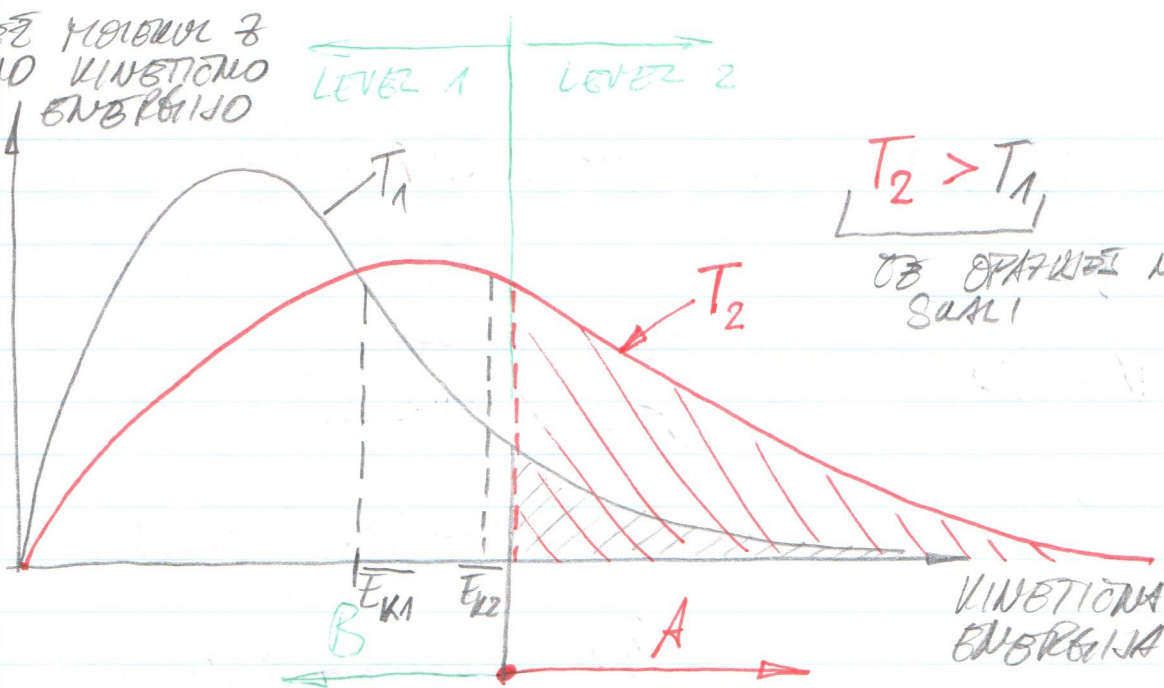
POTREBNA, DA MOLEKULI POVEČA KINETIČNO ENERGIJO, TAKO DA LAHKO ZAPUŠTI OBLOTNO KMOŽIČO MOLEKUL.

PRIMER ZRAKA JE POUKREJANJA NAPETOST



... ...

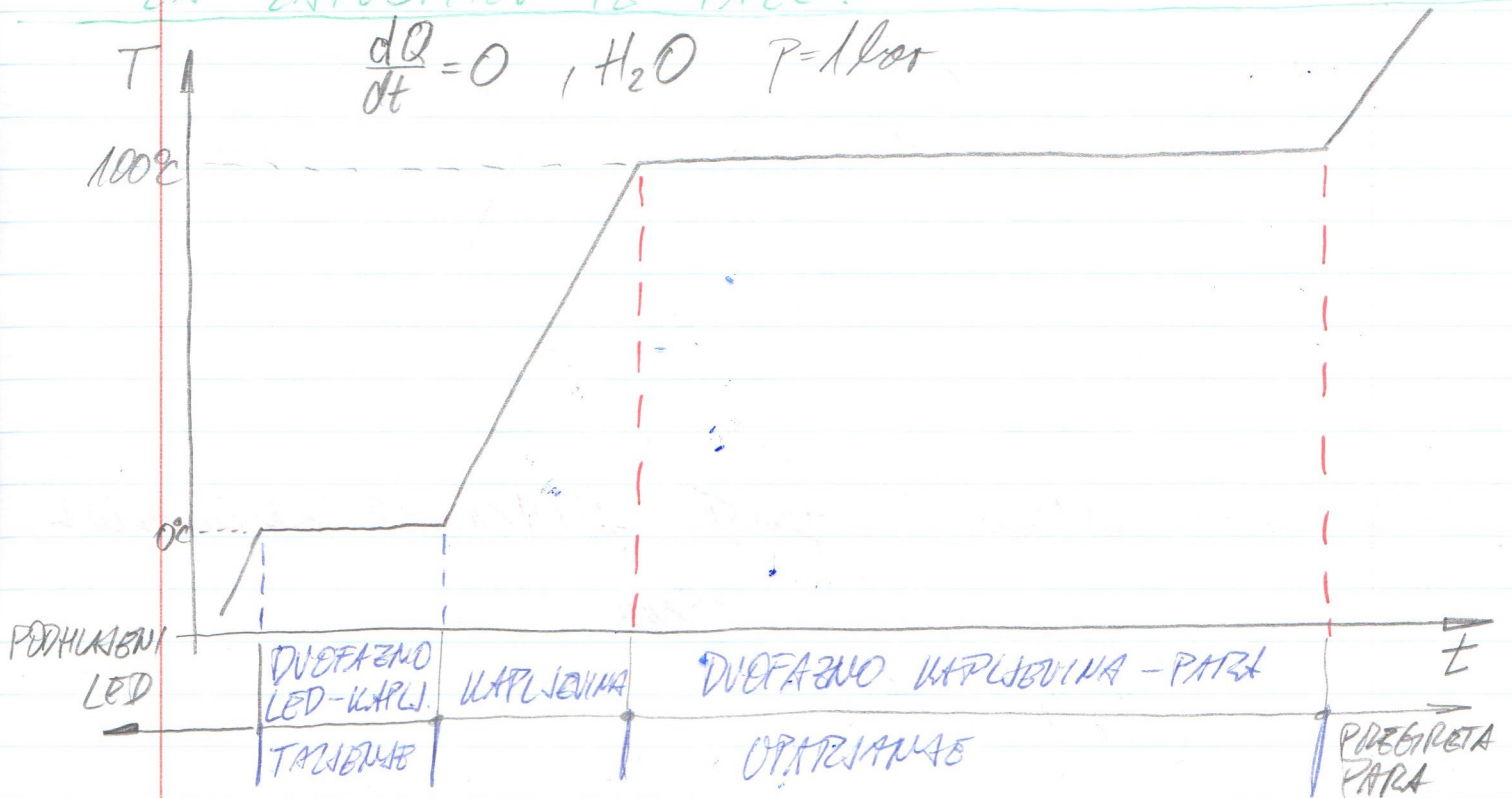
DELEŽ MOLEKUL Z DANO KINETIČNO ENERGIJO



A - MOLEKULA, KI IMA TAKO ALI VEČJO KINETIČNO ENERGIJO, DO IMA DEJAVN, DA ZAPUŠTI DANO FAZNO OBLIKO IN PREIDE V NASLEDNJO

B - MOLEKULA, KI IMA MANJŠO E_k POTEM NI MA POTREBE ZA ZAPUŠTITEV TE FAZE.

$$\frac{dQ}{dt} = 0, H_2O \quad P = 1 \text{ bar}$$



ZAKAJ SE VSAKA NASLEDNJA FAZA SPREMEMBA PROTI VIŠJI TEMPERATURI TERJA VEČ ČASA (\Rightarrow VEČ ENERGIJE)?

ZATO KER Z NARASTAJOČO KINETIČNO ENERGIJO MOLEKULE DANA MOLEKULA LAHKO ZASEDE VEČ ENERGIJSKIH STANJ.

VERJETNOST, DA BO PRI 1000°C NEKA MOLEKULA TAKŠNO E_k , KI USTREJA -15°C JE NEZNATNA, VENDAR OČISTAJA!

IDEALNI PLIN IN PROSTOSTNE STOPNJE

$$P \cdot V = n R_m T$$

$$P V = N k_B T$$

PO TEOREMU O EKVIPARTICIJI ENERGIJE:

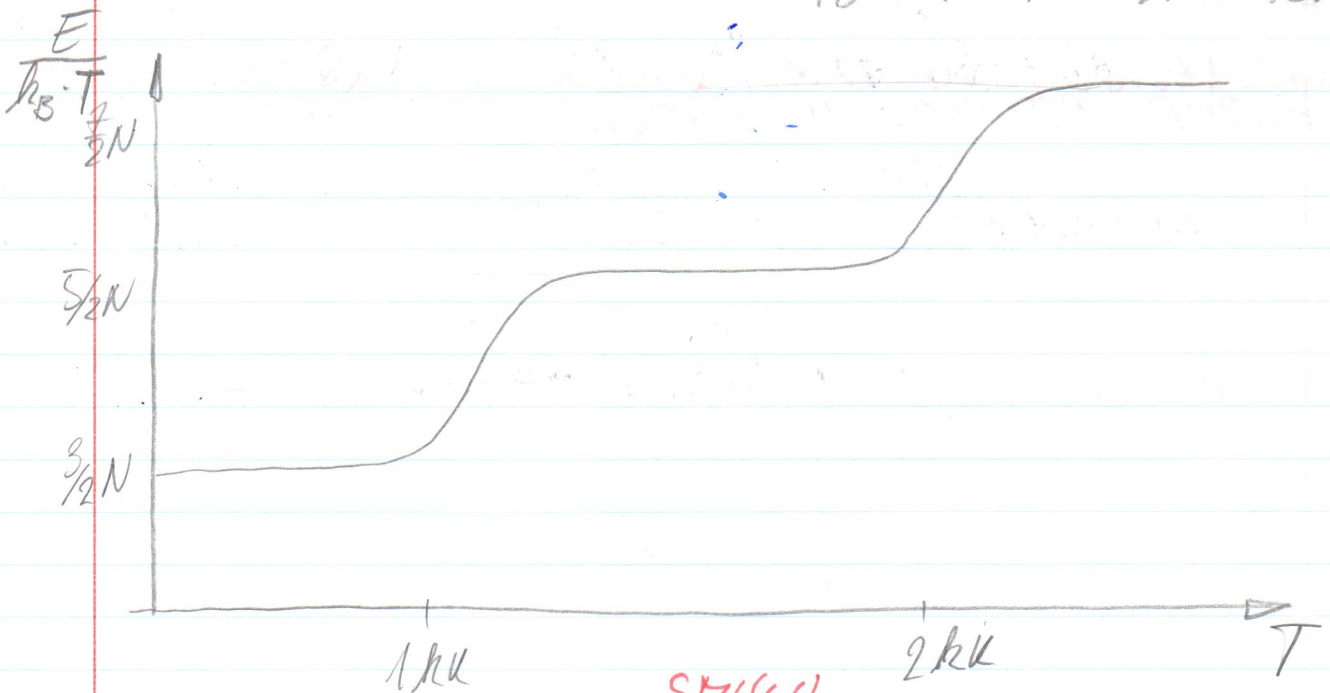
$$E = f \cdot \frac{N k_B T}{2}$$

NOT. ENERGIJA f - PROSTOSTNE STOPNJE (CELO STEVILJE)

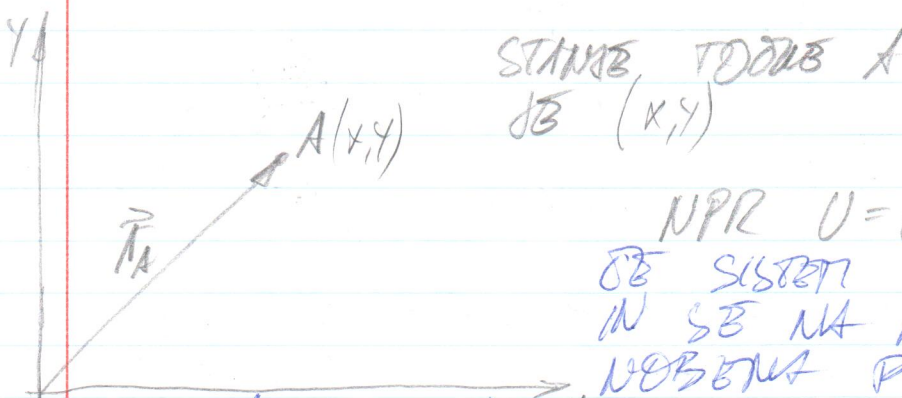
$\frac{N k_B T}{2}$ - ENERGIJA 1 PROSTOSTNE STOPNJE PRI DANI TEMP.

~~$$\frac{E}{k_B T} = \frac{f \cdot N}{2}$$

$$T = k_B x = \frac{N}{2} f$$~~



DEFINICIJA STANJA V OBLASTI NOTRANJE ENERGIJE



STANJE SISTEMA (PROSTORNA), SPISLIVEGA LAHUO PORIŠMO Z DVEH INTENZIVNIMA VARIABLAMA. (TEMPER, ρ)

NPR $U = U(H, S)$
 JE SISTEM MIKUJE V NEKI TOČKI IN SE NA NASTU NE VRSI NOBENA PREDBRABZA POBETI LAHUO VSE LASTNOSTI IZPERIŠMO KU PARTIČIATION, TILU, DA JE SISTETI PEPOVOMA OPISAN. TO JE STANJE SISTEMA.

MATEMATIKA ODRUGO PARC. ODGOVOR IN POKAZOVANJE
 IZBRAN NOSTANJE ENERGIJE IZ TLA, TEP. IN VECINA
 NAJ BO: $U = U(T, V)$

$$\Rightarrow dU = \left(\frac{\partial U}{\partial T}\right)_V dT + \left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T dV$$

$$\Rightarrow \boxed{dU = c_V dT + \left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T dV}$$

IZBIRA O NOTRANJI
 ENERGIJI ZA POLJUBNO
 SUD

NAJ BO: $S = S(T, V)$

$$dS = \left(\frac{\partial S}{\partial T}\right)_V dT + \left(\frac{\partial S}{\partial V}\right)_T dV \rightarrow \text{DISEN POKAZIJA}$$

$$dU = T dS - P dV$$

$$dU - P dV = \left(\frac{\partial S}{\partial T}\right)_V T dT + \left(\frac{\partial S}{\partial V}\right)_T T dV \quad dS = \frac{1}{T} (dU - P dV)$$

$$dU = \left(\frac{\partial S}{\partial T}\right)_V T dT + \left[\left(\frac{\partial S}{\partial V}\right)_T T - P\right] dV \quad - \text{MIXL. RELACIJA}$$

$$dU = \overset{1}{c_V} dT + \overset{1}{\left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T} dV$$

$$\rightarrow c_V = \left(\frac{\partial S}{\partial T}\right)_V \cdot T$$

$$\rightarrow \left(\frac{\partial S}{\partial V}\right)_T \cdot T - P = \left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T \quad - \text{MIXL. RELACIJA}$$

$$\left(\frac{\partial S}{\partial V}\right)_T = \left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V$$

$$\boxed{\left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V \cdot T - P = \left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T} \quad - \text{VSTAVIMO V } dU$$

$$dU = c_V dT + \left[\left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V \cdot T - P\right] dV$$

$$\Delta U = \int_{T_1}^{T_2} c_V dT + \int_{V_1}^{V_2} \left[\left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V \cdot T - P\right] dV$$

BRANUN ENKALPIJE 18 P, V, in T

NAJ BO: $u = u(T, P)$

$$\Rightarrow du = \left(\frac{\partial u}{\partial T}\right)_P dT + \left(\frac{\partial u}{\partial P}\right)_T dP$$

$$\Rightarrow du = C_p dT + \left(\frac{\partial u}{\partial P}\right)_T dP$$

SPLOŠNA ENKALPIJA ZA
OPREMETNO ENKALPIJE
POLOVNE SNOVI

NAJ BO $S = S(T, P)$

$$dS = \left(\frac{\partial S}{\partial T}\right)_P dT + \left(\frac{\partial S}{\partial P}\right)_T dP$$

→ DIBSEVA REKACIJA

$$dh = T ds + v dp$$

$$dh - v dp = \left(\frac{\partial S}{\partial T}\right)_T dT + \left(\frac{\partial S}{\partial P}\right)_T dP$$

$$\leftarrow ds = \frac{1}{T} dh - \frac{1}{T} v dp$$

$$dh = \left(\frac{\partial S}{\partial T}\right)_T dT + \left[\left(\frac{\partial S}{\partial P}\right)_T T + v\right] dP$$

$$dh = \frac{1}{T} dT + \left(\frac{\partial u}{\partial P}\right)_T dP$$

$$\rightarrow \frac{C_p}{T} = \left(\frac{\partial S}{\partial T}\right)_P$$

$$\rightarrow \left(\frac{\partial u}{\partial P}\right)_T = \left(\frac{\partial S}{\partial P}\right)_T \cdot T + v$$

— MAXWELL RELACIJA

$$\left(\frac{\partial S}{\partial P}\right)_T = - \left(\frac{\partial v}{\partial T}\right)_P$$

$$\left(\frac{\partial u}{\partial P}\right)_T = v - \left(\frac{\partial v}{\partial T}\right)_P \cdot T$$

JBS!

$$dh = C_p dT + \left[v - \left(\frac{\partial v}{\partial T}\right)_P \cdot T\right] dP$$

$$\Delta h = \int_{T_1}^{T_2} C_p dT + \int_{P_1}^{P_2} \left[v - \left(\frac{\partial v}{\partial T}\right)_P \cdot T\right] dP$$

$$h = h(T, P)$$

$$dh = \left(\frac{\partial h}{\partial T} \right)_P dT + \left(\frac{\partial h}{\partial P} \right)_T dP$$

$$dh = c_p dT + \left(\frac{\partial h}{\partial P} \right)_T dP$$

$$- \left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_P$$

$$S = S(T, P)$$

$$dS = \left(\frac{\partial S}{\partial T} \right)_P dT + \left(\frac{\partial S}{\partial P} \right)_T dP$$

$$dh = T dS + V dP$$

$$dh - V dP = T \left(\frac{\partial S}{\partial T} \right)_P dT + T \left(\frac{\partial S}{\partial P} \right)_T dP$$

$$dS = \frac{1}{T} (dh - V dP)$$

$$dh - V dP = T \left(\frac{\partial S}{\partial T} \right)_P dT + T \left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_P dP$$

$$dh = \underbrace{T \left(\frac{\partial S}{\partial T} \right)_P}_{c_p} dT + \underbrace{\left[V - T \left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_P \right]}_{\left(\frac{\partial h}{\partial P} \right)_T} dP$$

JOULE - THOMPSON

$$0 = c_p dT + \left[V - \left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_P \cdot T \right] dP$$

$$\frac{dT}{dP} = - \frac{1}{c_p} \left[V - \left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_P \cdot T \right] = \mu = \left(\frac{\partial T}{\partial P} \right)_H$$

18P17 10.2.2015

- TERMINO DELO
- JOULE - THOMPSONOV KOEFICIENT
- LINDE - HATPSONOV CÍKEL VYAPŔEVANIA PLYNOV


Pozor!


**Teško filozofiranje na
naslednjih straneh.**

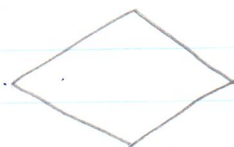
ER DIAGRAMI (ŽUNOU STIL - BŘEŠ DEDATNIK ...)

ER (ENTITY RELATIONSHIP) DIAGRAM JE GRAFIČNÁ UVEDITELNÁ PODATKOVÁ V PODATKOVNO BAZE.

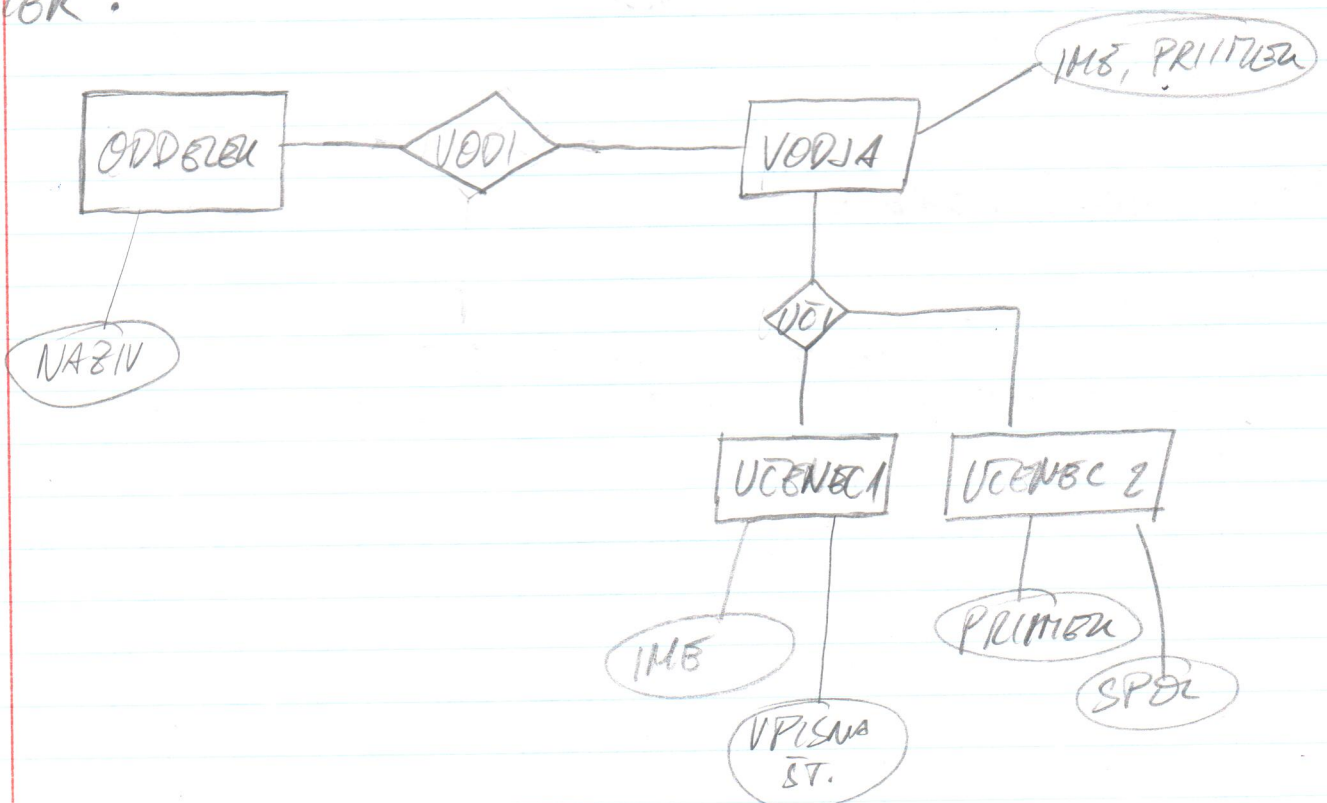
3 OSNOVNI GRADNUI, SO:

 **ENTITY** (SOMETHING THAT HAS SEPARATE AND DISTINCT EXISTANCE [AN EXISTING THING])
→ ENTITETA - OBJEKT, SUBJEKT

 **ATTRIBUTE** - (INHERENT CHARACTERISTIC) ZÁKLADNÁ VLASTNOST
OZ. **LASTNOST**

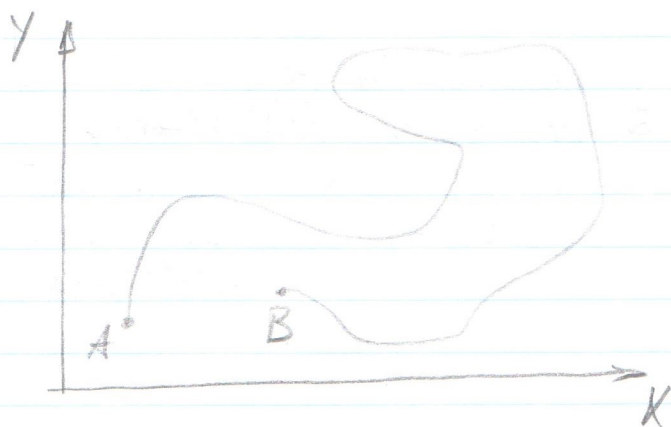
 **RELATIONSHIP** - PŮVZTAH OZ. RELACIJA (ODNOS)

PRIMER:

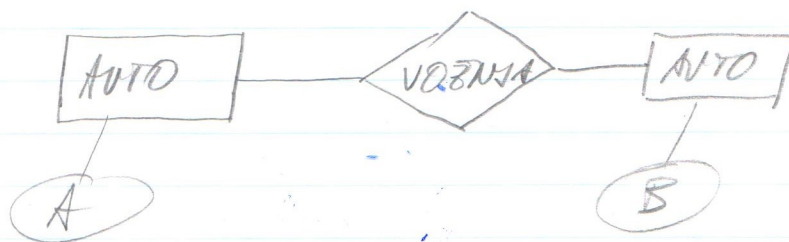


ER DIAGRAMI SO ODLOMNI ZA POPIS SISTEMOV, KI SO V POLOŽENEM TRAJANJU ČAKA MED SEBOM POVEZANI IN SE S ČAKOM NE SPREMINJATA BISTVENO (ZA VSKO SPREMEMBO MORATA GENBRIRATI NOV ER DIAGRAM).

PRIMER: LINIJSKI ^{POZICIJSKI} MAKROSKOPSKI OPIS VOZNE AVTOMOBILA



ZA OPIS POKI NE ZADOŠČATA ZGOLJ POZNAVANJE KOORDINAT V TOČKI A IN B.

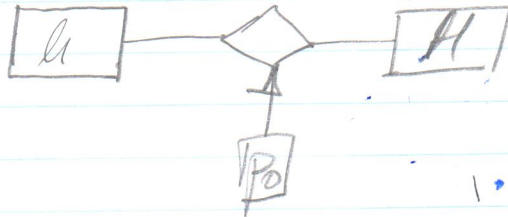


1. PROBLEM ER DIAGRAMOV:
 - NISO ZA POPIS DINAMIČNIH SISTEMOV (T.J. ČRANNO SPREMEMLJIVIH SISTEMOV)
2. PROBLEM ER DIAGRAMOV (IZHATA IZ 1.)
 - VILIKER POPISJEM DINAMIČEN SISTEM ZA VSKO ~~JE~~ SPREMEMBO ČAKA GENBRIRATI NOVO ~~SISTEMSKO ENTITETO~~, KATERA PA V REALNOSTI NE OBSTAJA - NI PRAKTIČNO

GLEJ PRIMER SPREMEMBE VEDNE GLADINE V POVEZANJ & VSKO ~~SKRATA~~ MSE.

Komentar na retikulacijo elementov:

PO ZUNANJIH PREDKAVNIH SEDEB JE POUČLIV PROCES:
(GLEJ SKICO VODA → SKRIBO)

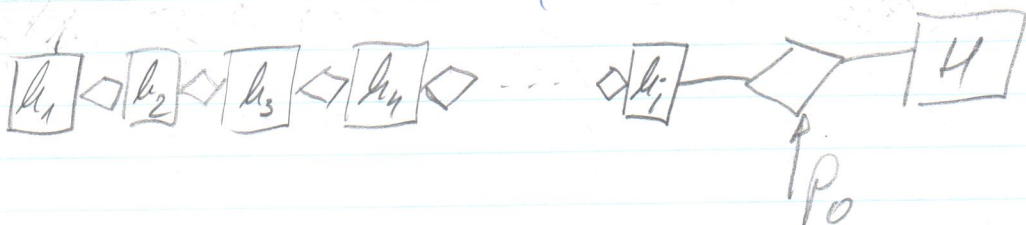


KAR JE V PRINCIPU RES (P. DEJAVE NA "L" IN JE TO TILKO NABEŽNA "LASTNOST" IN NE LASTNOST PROCESA), SKI JE TO V MAKROSKOPSKEM SVETU GLEJAMO NAMENJE ENERGIJSKO STANJE SISTEMA (GLEJAMO V LUOTI Kvantne MEHANIKE). PO DOKAZ: STACIONAREN (MIRUJOČ) SISTEM NE MORE BITI BOLJ UREJEN IN PREDVIDLIV.

TRDITEV:

^{MAKROSKOPSKI}
ČE JE SISTEM MIRUJOČ V NEKEM INTERVALU ČASA, POTEM OB PREDPOSTAVKI, DA NAMA NE BI BO NOBENEGA BISTVENEGA VPLIVA, POTEM BO TILK SISTEM V ENAKEM STANJU ŠE NAPREJ.
KER JE ZANEMARJEN VPLIV POTRANJE DOBRATA ČIJE!

PO ZUNANJIH PREDKAVNIH SEDEB JE BUNA PROCES VERNI VILUČIŠČO NEPOVARNOSTI: (DINAMIČEN SISTEM)



TA DIAGRAM PRIKAZUJE DRUGO RESNICO (TODIŽANJE)

ČE JE VODA DEKODIRANA, POTEM JE POTREBNO VSAKO VISINO OBRUNAVATI POSEBEJ, KAR JE RETIKULACIJA, VEMPAR TA DIAGRAM POVB, DA JE MOŽNOSTIČE VISIN NEŠKONČNO, ~~VSAKA JE~~ VSAKA ELEMENTI MNOŽICE L PA JE INVARIANTEN NA KATERIKOLI ELEMENT

WAR TEORETIČNO NI PRILATNO NI RES.

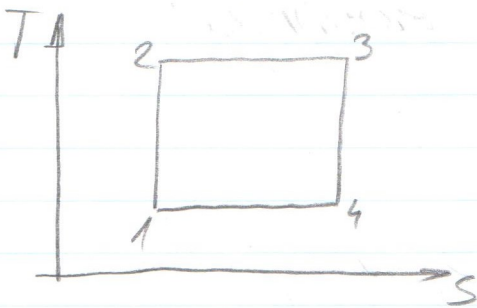
- ZA VSTALO VSTANO VODNEGA STREKA 4 MORA OBSTAJATI NEKA VIŠJA MASE H.
- V PRINCIPU P_0 NI KONSTANTA JE PA ZAVENARLJIVA, OB JE MBDIJ NI GA POUVEDA DOVOLJ PREDZ (WAR JE TRABA POUVEDITI!!!)

V BRD SO PRI RETINULACIJI NEPOVEDLJIVOSTI :-
DA, VEMAR TO NI LASTNOST DIABETA.

PRIMER ČRNOTOVEGA STREJA:

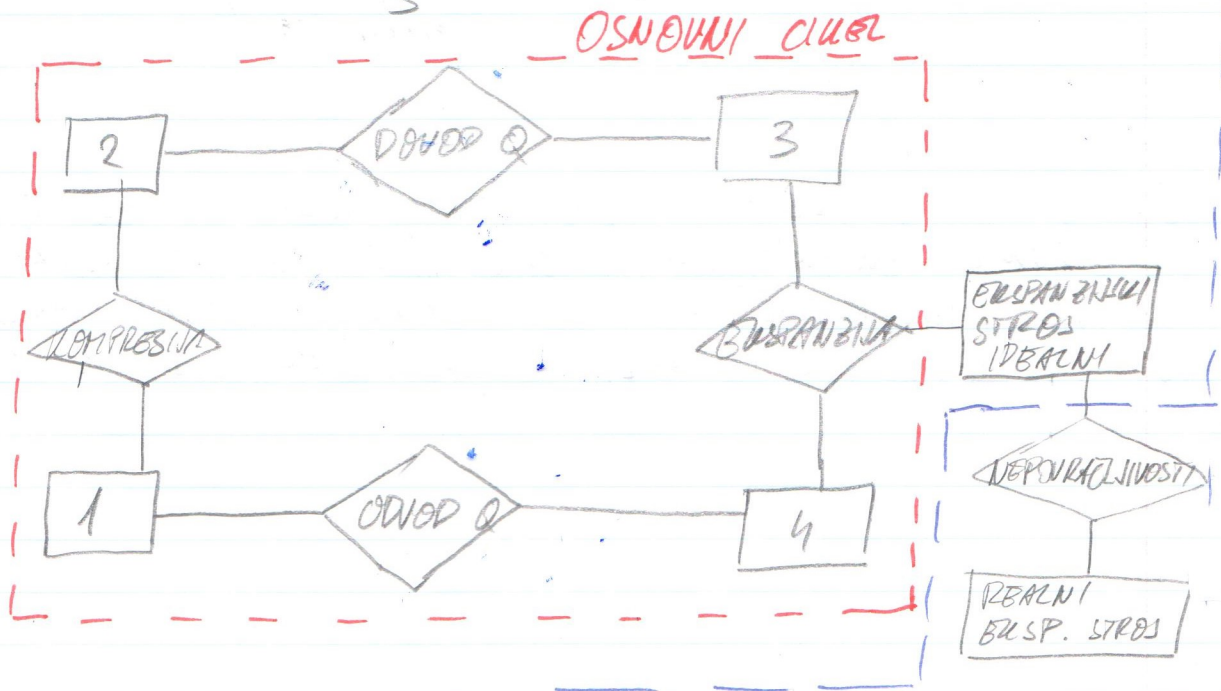
2x IZOTERMA, 2x IZENTROPA

(IZENTROPA JE NOSNO ADIABATA, ADIABATA PA NI NOSNO IZENTROPA)



RAŠIRJEN REALNI ČIKEL (SYSTEM)

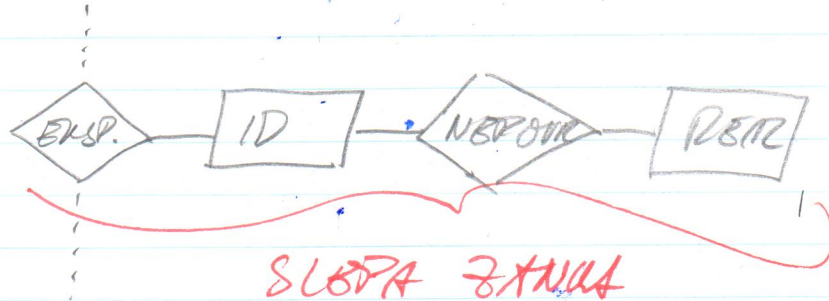
RAŠIRJEN IDEALNI ČIKEL (SYSTEM)



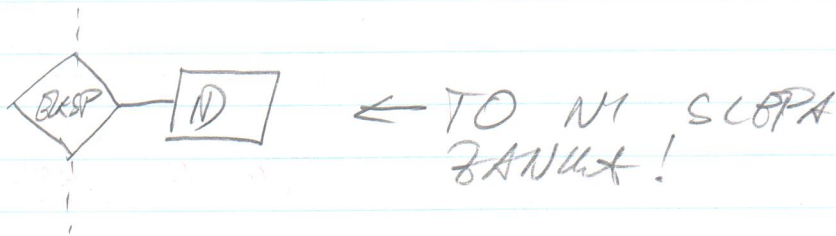
ENAKO KOT PRI EKSPANZIJI SE DA STORITI TUDI PRI DRUGIH DELACIJAH (ODVOD, ODVOD, KOMPRESIJA)

UVR JE PROBLEM?

ZARADI POTREBE PO ZAJETU CROTNOSTI SISTEMA (UVR JE TUDI "PRAVIL" DA SE ENTROPIJA SISTEMA STALNO UVECA) SMO GENERIRALI 4 SLEPE ZANUBE



UVR PROCES TAJU NI MREZEN NI POPOLN IN NE MORE DOSEGATI TERMOECONOMIJA CARNOTOVEGA IZKORISTKA → TU SLEDI "TERMOECONOMIJA" - ALI CE IZPLACA MREZENJE SLEHETNE ZANUBE?

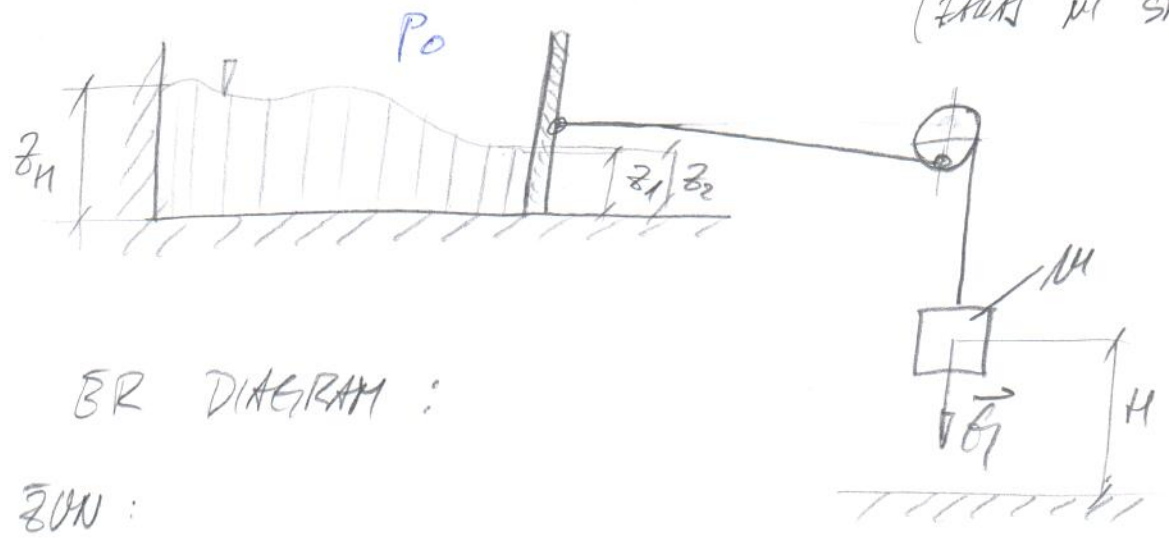


KLONIR IMAM V PROCESU NEPOVRATNOSTI IN ZELIM DISPONIBILNO ENERGIJO MARI BOM ZA TA POKRATA PERJEN VED ENERGIJE KET JO LAHKO DOBIM MARI. TAKO NE OBSTAJA STRES, KI BI UVR 100% IZKORISTEK

Dodatki

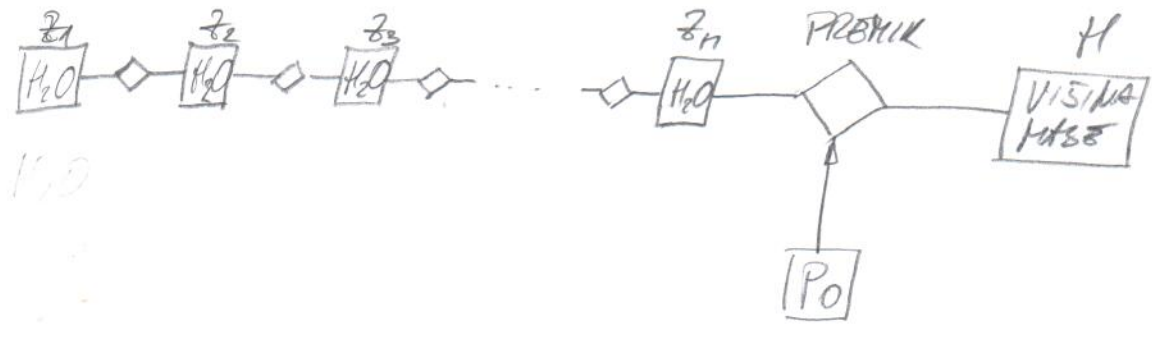
Grafi, diagrami

KOORDINATE NA NESTACIONARNOST PROCESA: (ZNAJ MI STUJEN)



ER DIAGRAM:

ZUN:

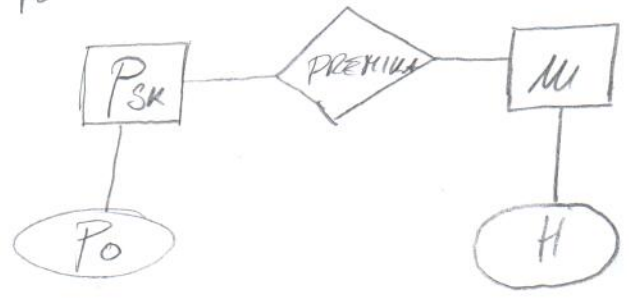


1. OBRAMAVA STACIONARNEGA PROCESA:

STAC. PROCES

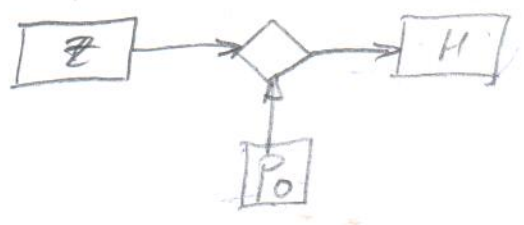
-SAZ:

KER ZA PRENIK NI URINA VISINA VEDE AMPAK NASEN TLAK (SISTEM VENTOR ZA VENTOR)
 $P_0 = const.$



STACIONAREN PROCES

-ZUN:



Z BESEDO:

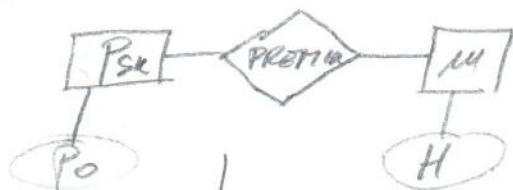
VISINA VEDE JE V RELACIJI Z MITNO OBJENTA, KATRO POKRANJE P_0 .

NESTACIONARNI PROCES

JAZ:

NI MOGOČE OPRIJAVATI
DINAMIČNEGA PROCESA
S STACIONARNIMI DIAGRAMI,
ZATO:

t_0 :

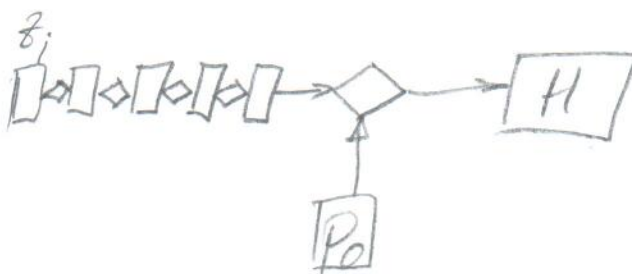


ČAS VISTNA

t_0	H_1
$t_0 + dt$	H_2
$t_0 + 2dt$	H_3
\vdots	\vdots
$t_0 + ndt$	H_{n+1}

ZUN:

ERD DEMAND: ELEMENT RETICULATION

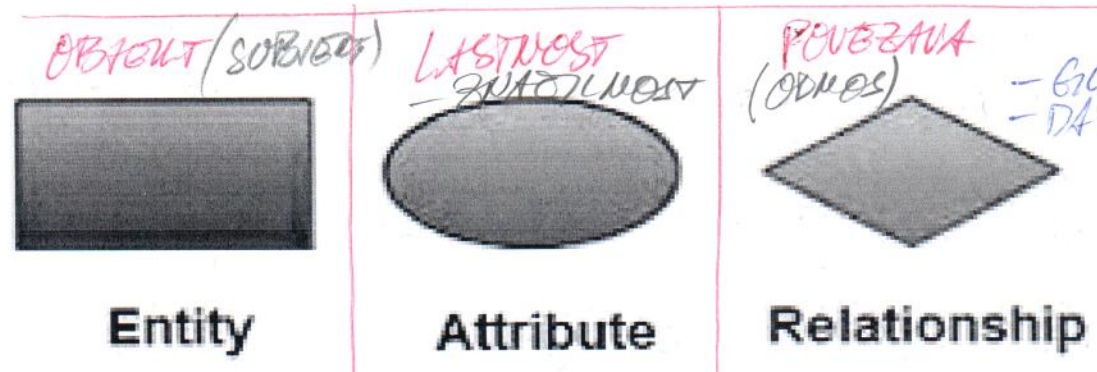


POSAMEZNE VISTNE VEDNEGA STOLPCA
SO POVEZANE MED SEBES SLOVNO
Z P_0 DOLOČAMO VISTNO MSH.

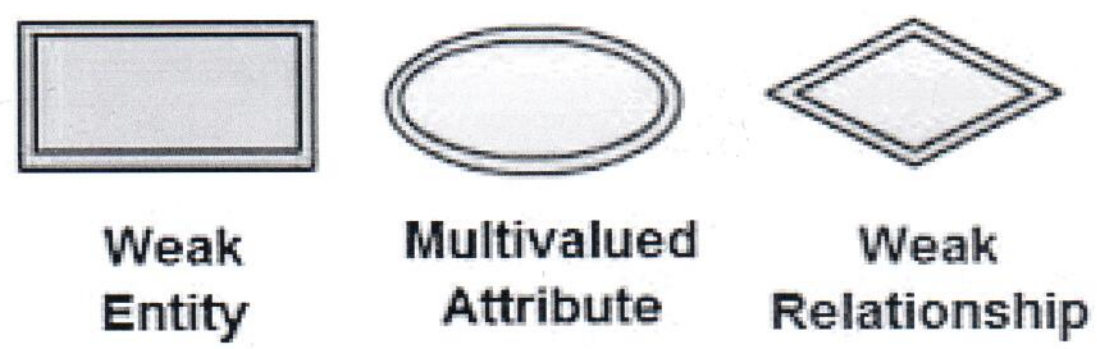
TO VIDIM ŽE IZ SLICE.

KJE SO NEPOVRATNOSTI?

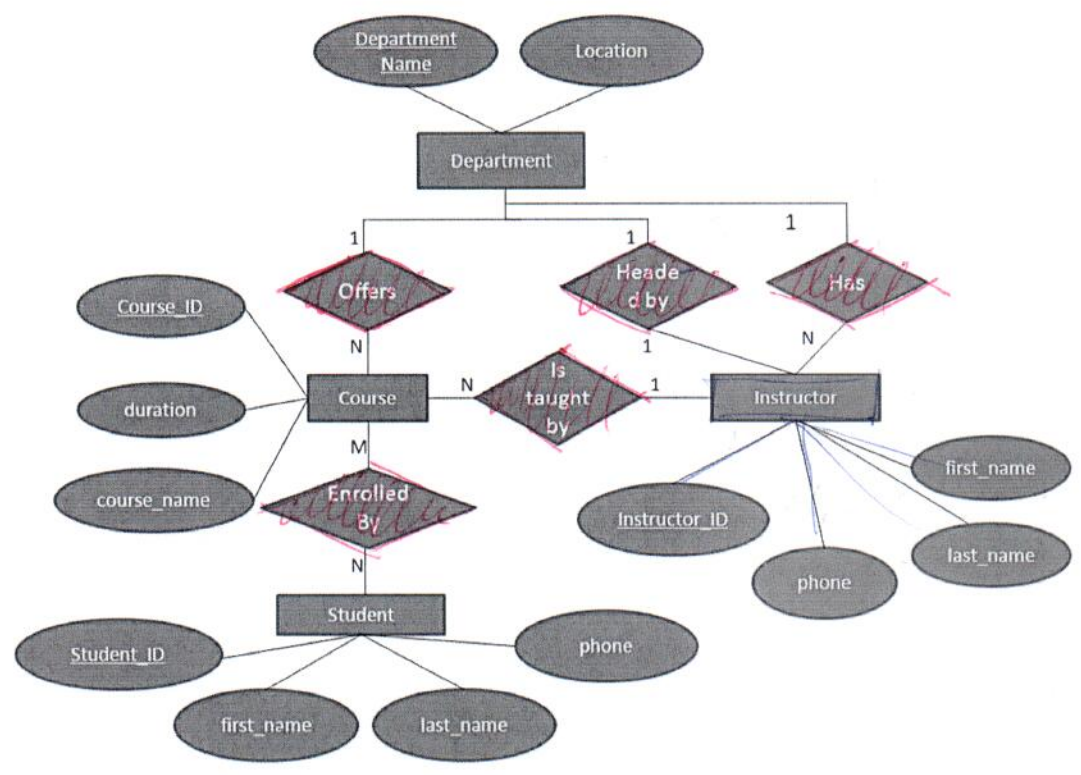
- LASTNOST SE KUPUJE SA MO NUT ENTITY OBJEKAT
- POVEZANA SE KUPUJE NA KA OBJEKTE



- GLEDAJ ZA
- DA VIDIŠ "MA"



PRAKTIČNO MIŠLJENJE PO ER DIAGRAMU:



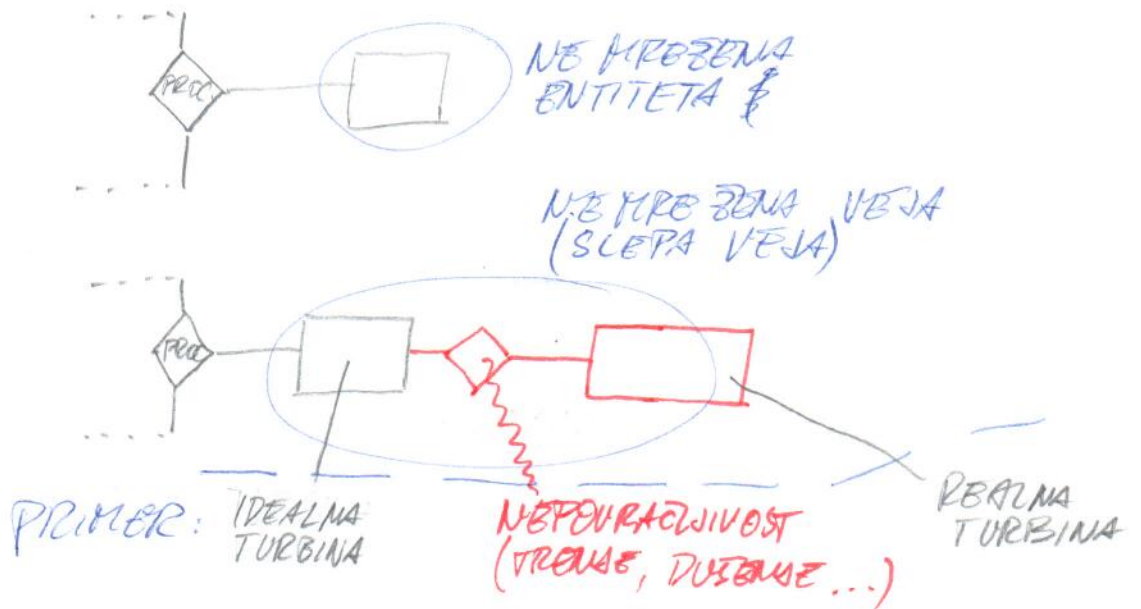
PREVODI →

ENTITY - SOMETHING THAT HAS SEPARATE AND DISTINCT EXISTENCE (EXISTING THING)

ATTRIBUTE - INHERENT CHARACTERISTIC (ZNAČILNA LASTNOST - "ZNAČILNA")

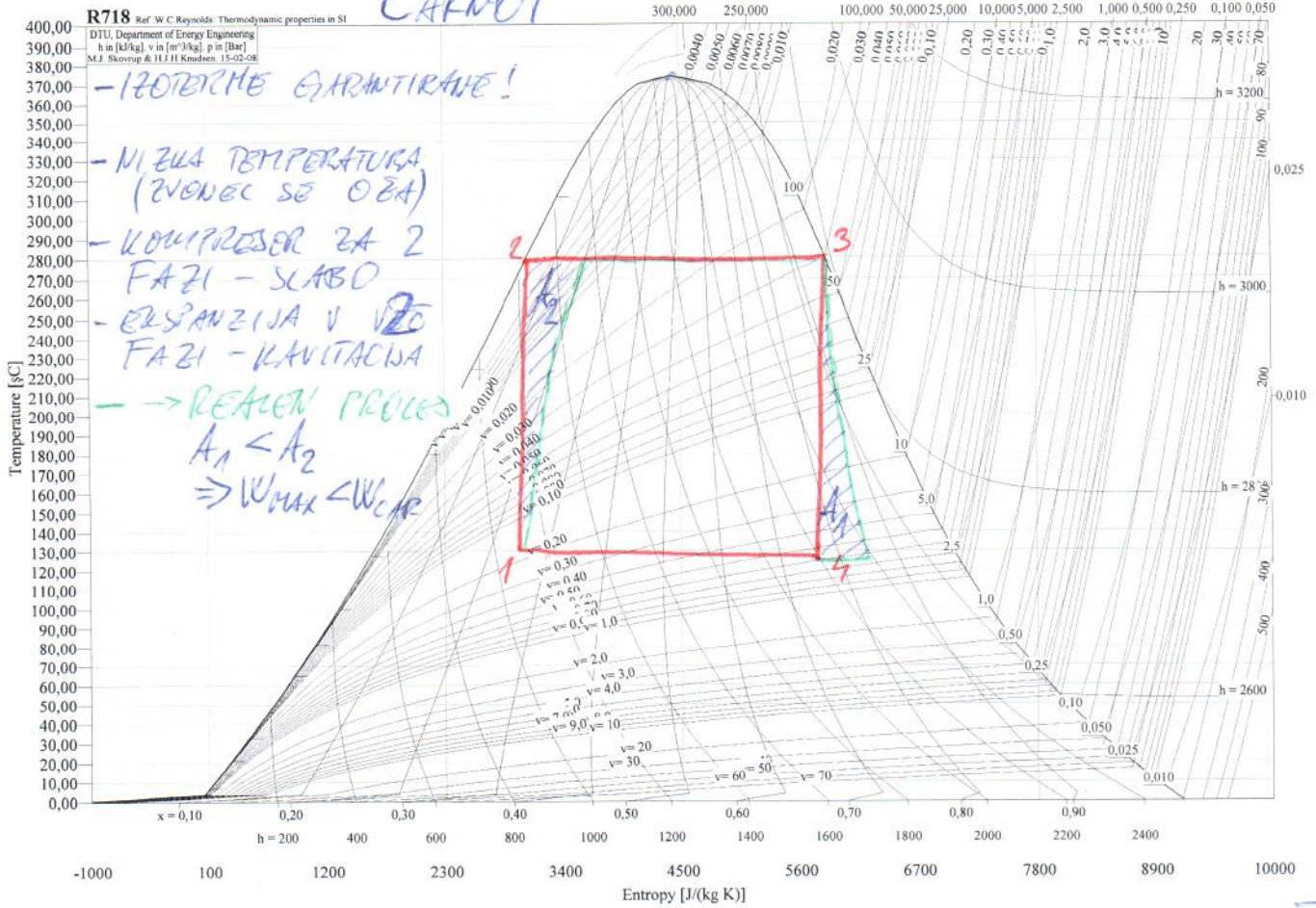
VIZUALIZACIJA DOGMAJAMA Ž ER DIAGRAMOM

UJEDNOI IMAM ZNAKO, KI NI ZAKLJUČENA POTREBI, DA JO LAHKO IZBOLISAM OZ. ODPRAVIM. TA NEPOUREBAN ČLEN MI POTREBI V MREŽNI TERMODINAMIKI BODISI ODVED AZI DOVED ENERGIJE.

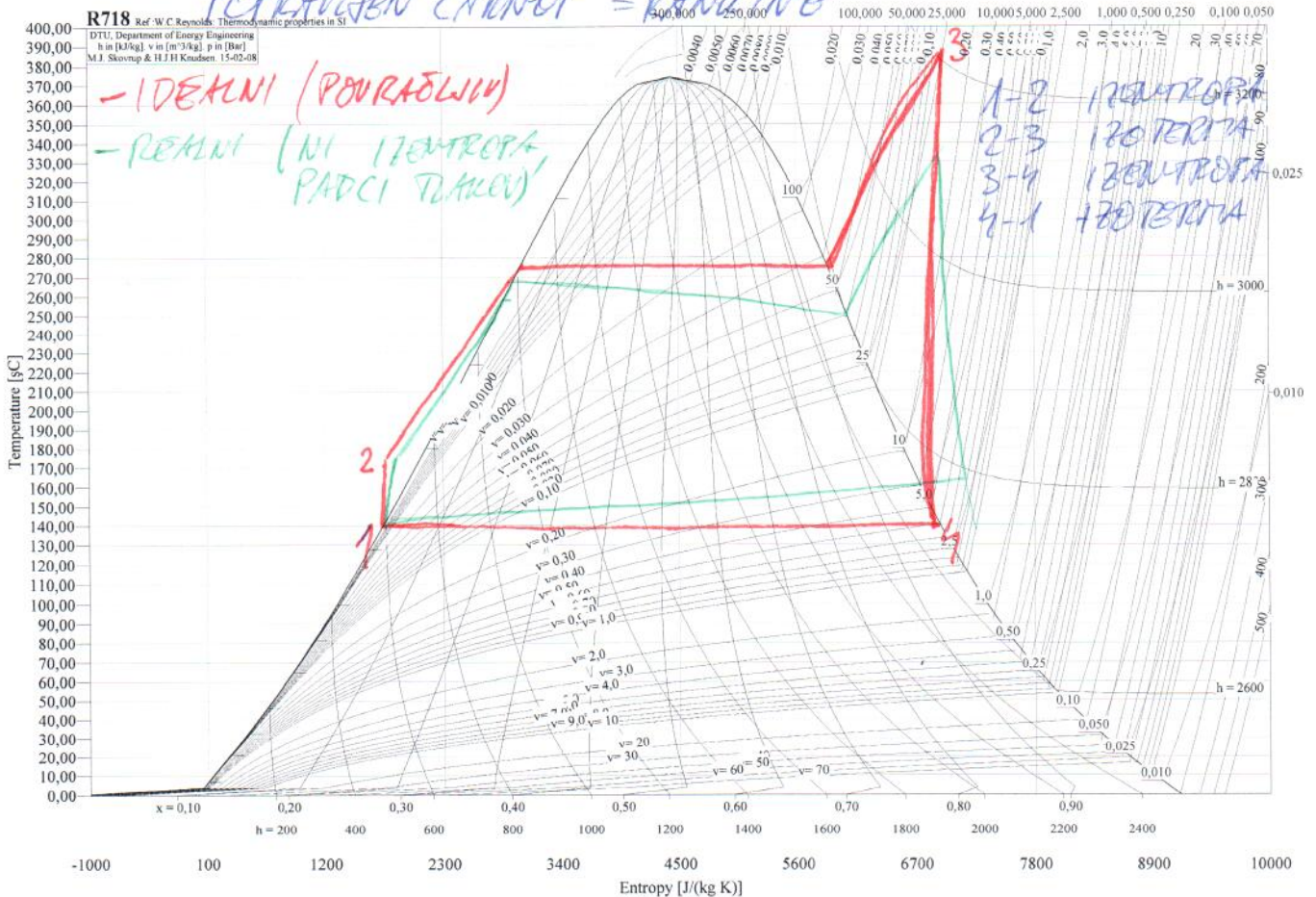


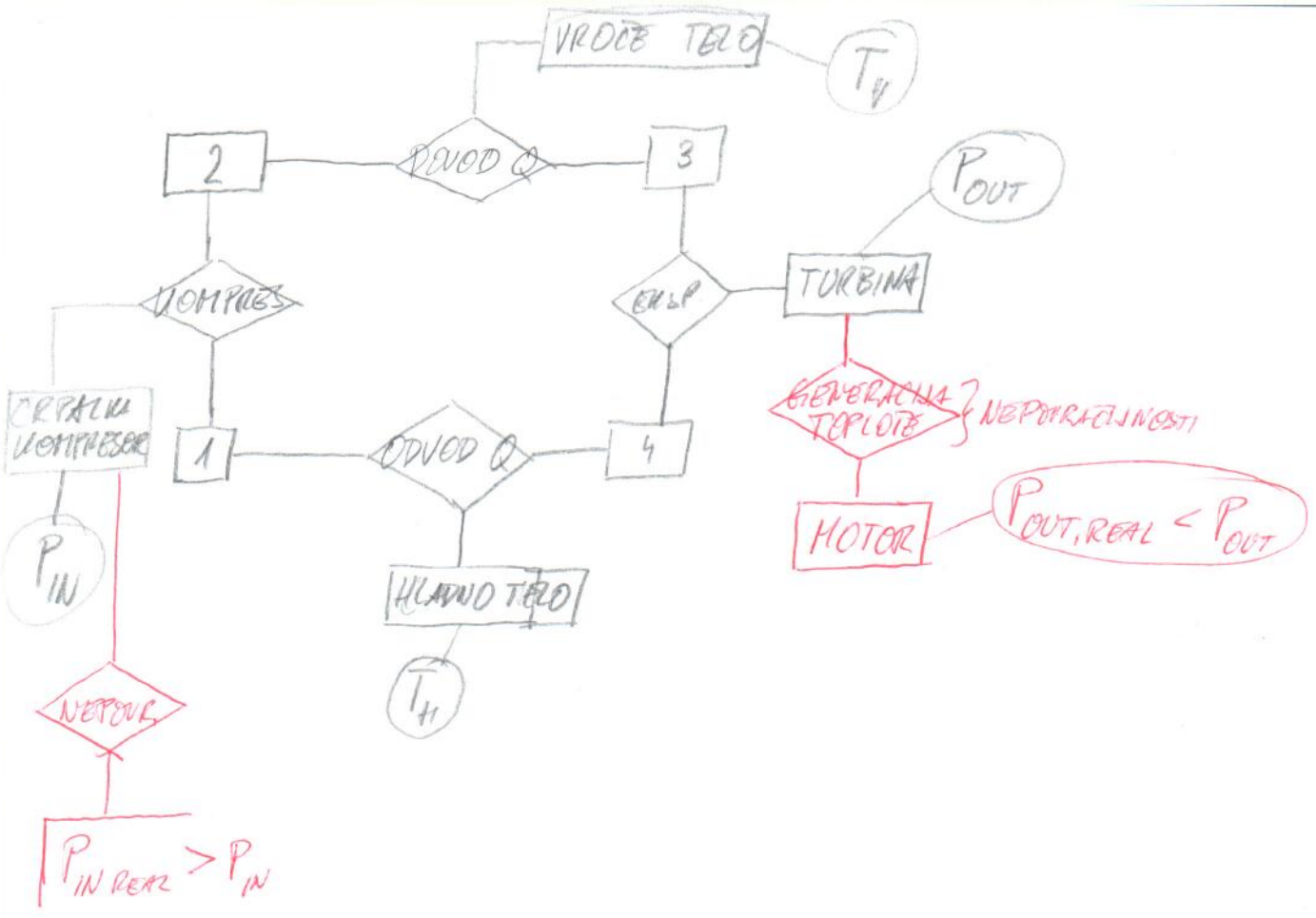
GENERACIJA ENERGIJE

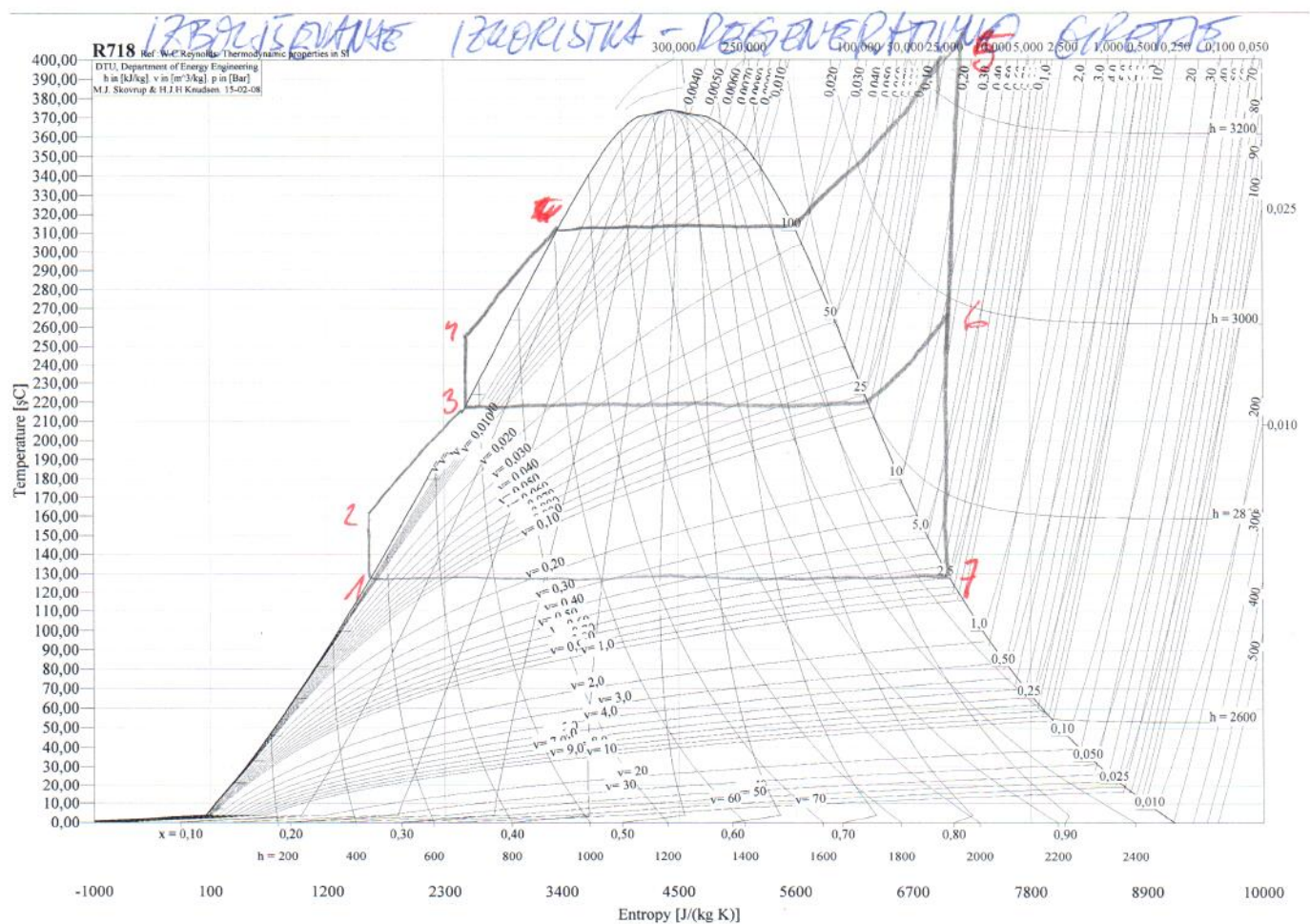
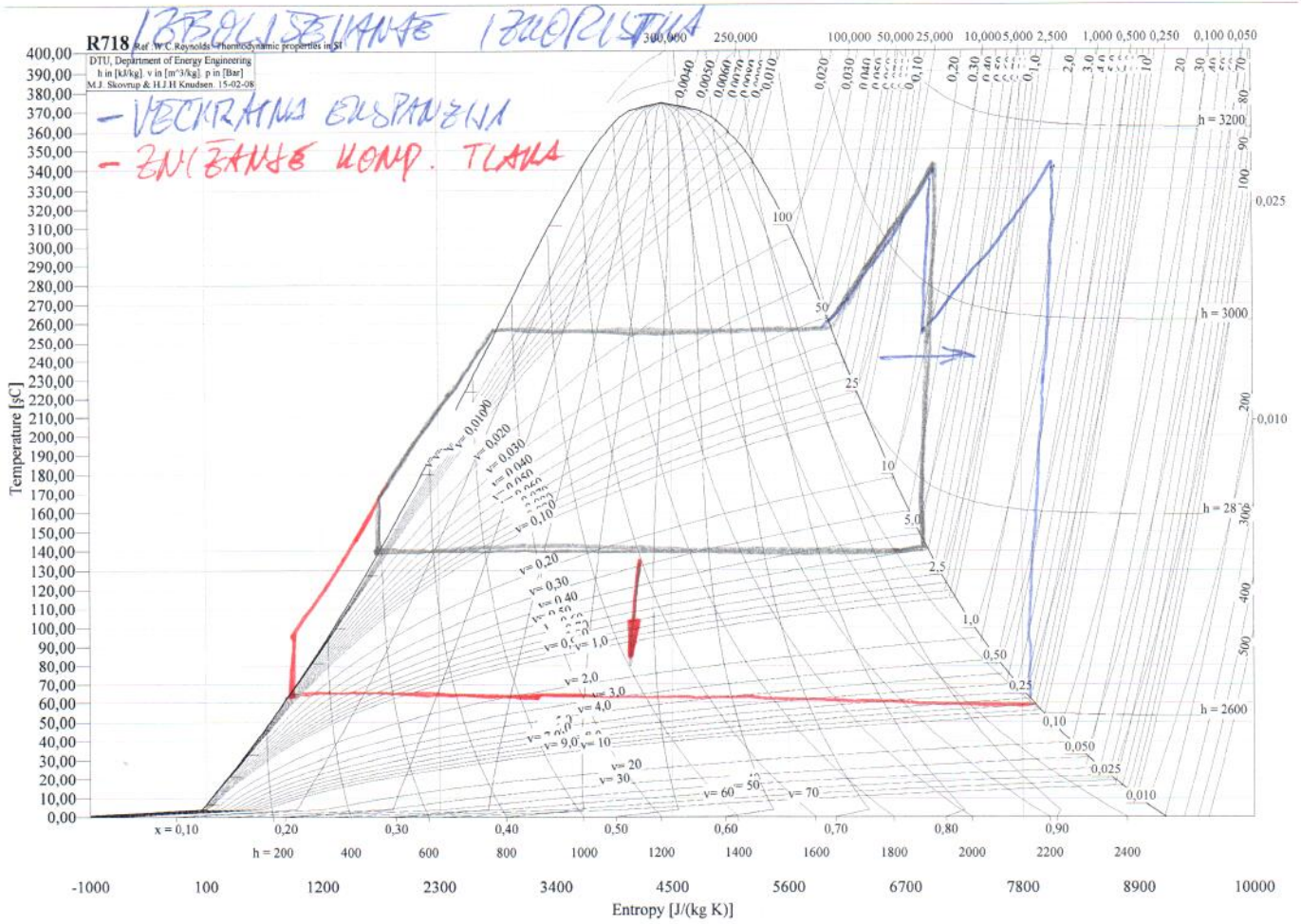
CARNOT

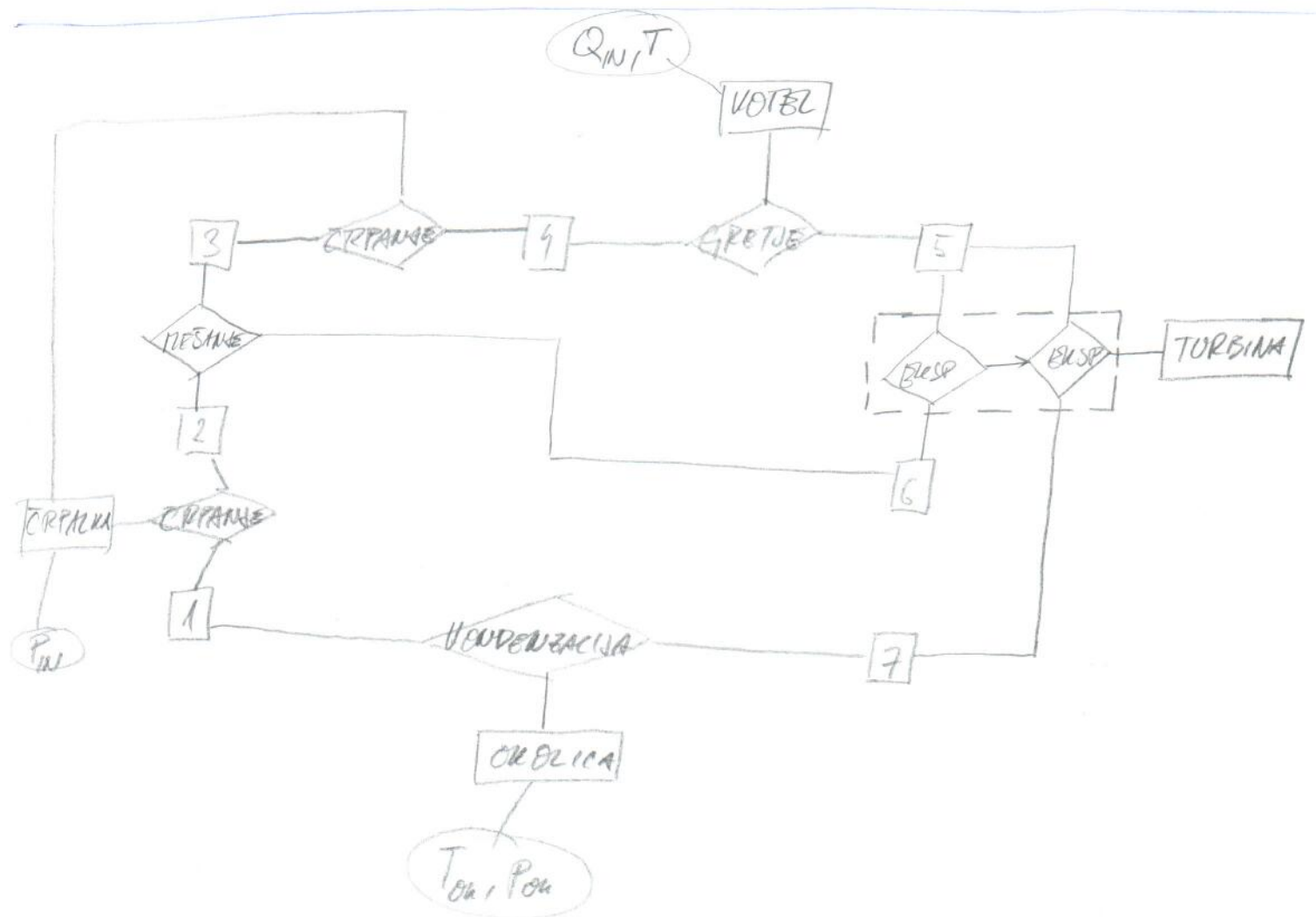
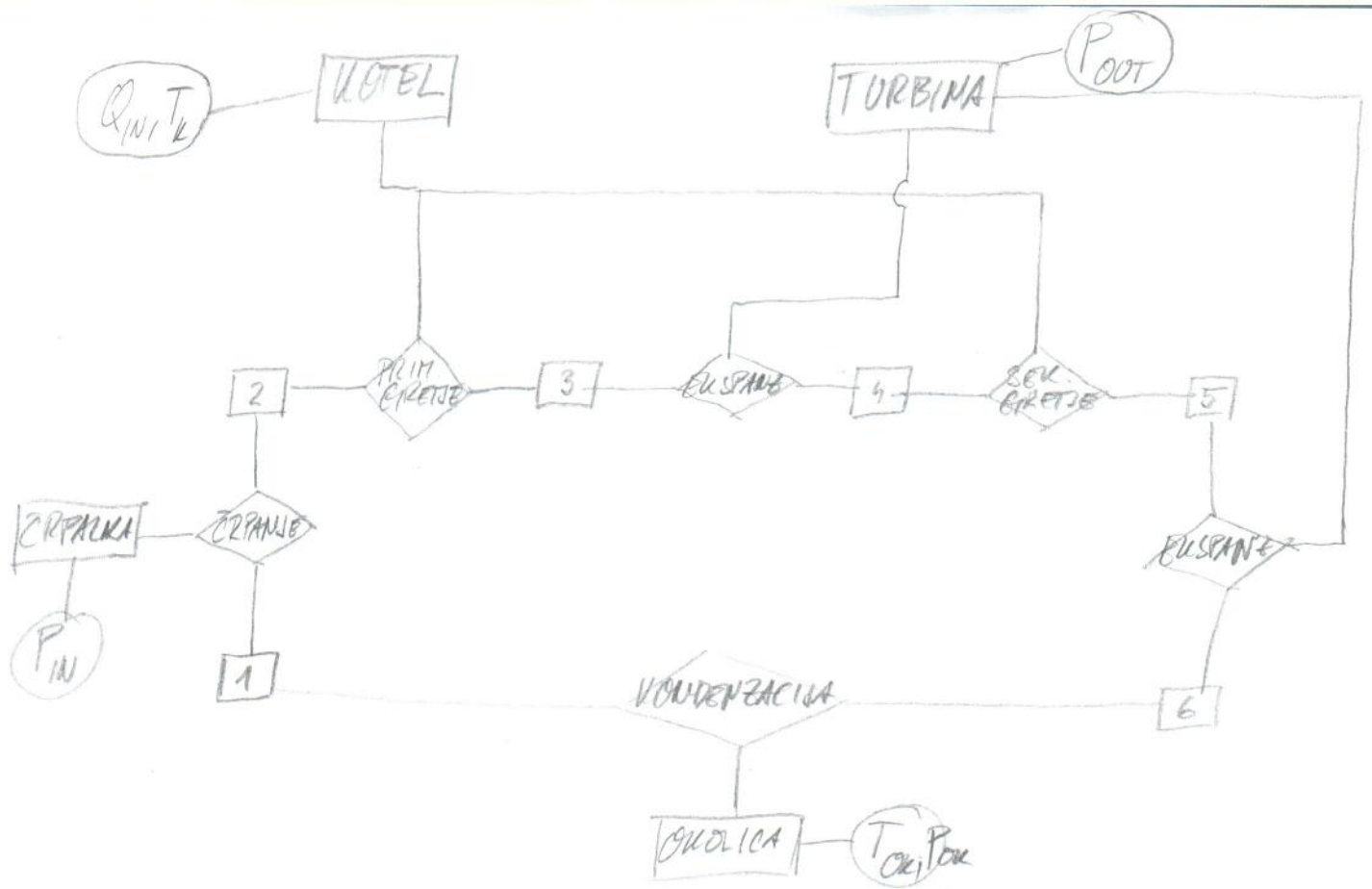


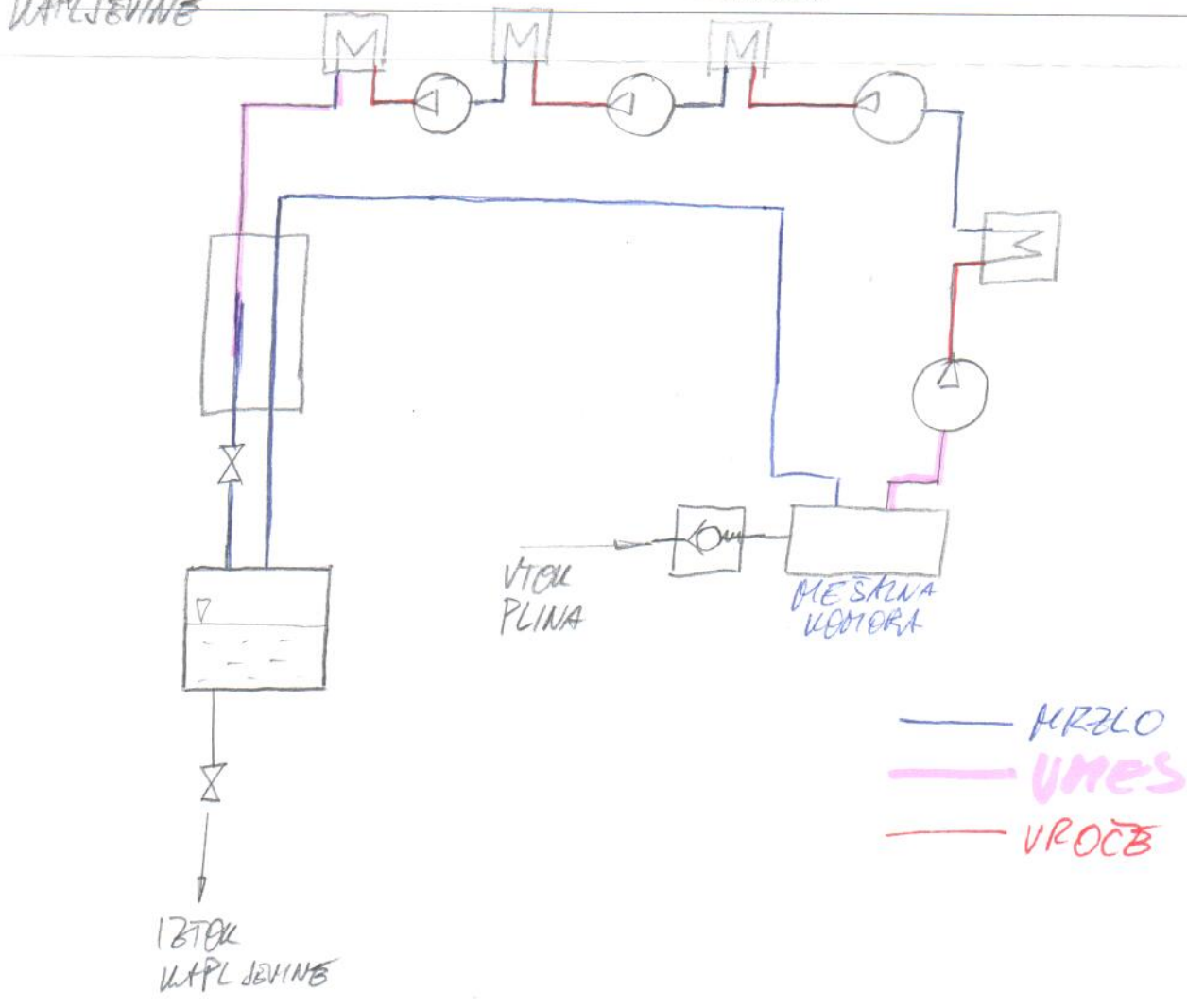
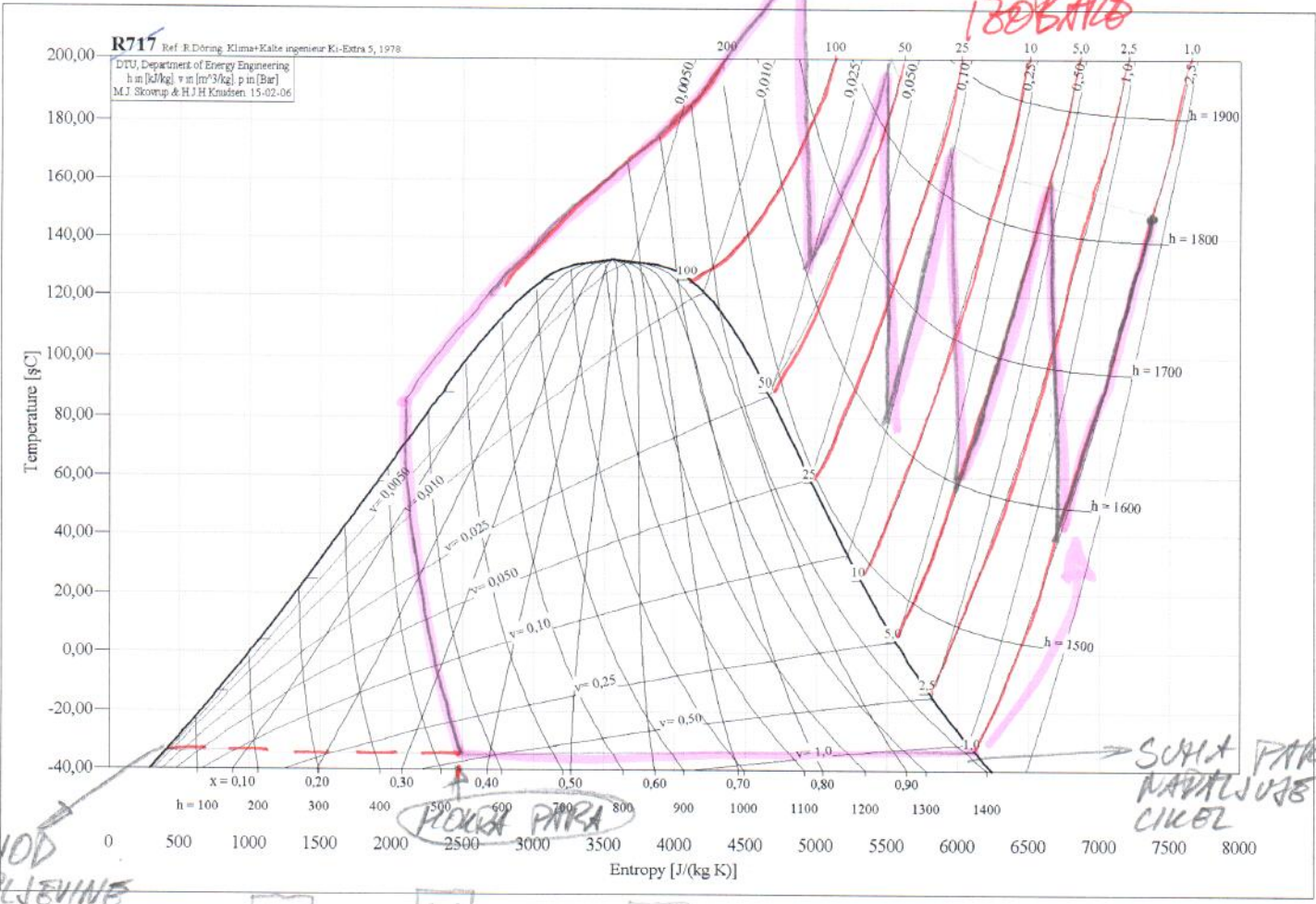
POPRAVLJEN CARNOT = RANKINE



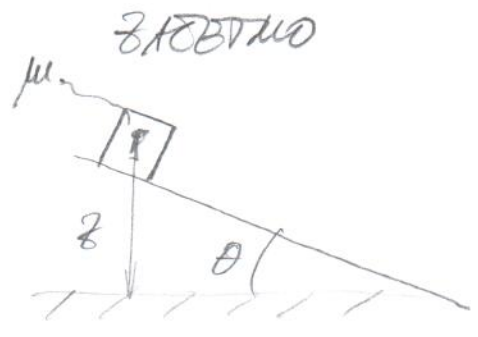




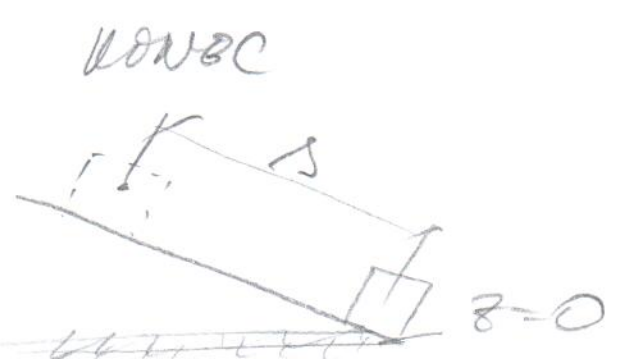




TRENJE

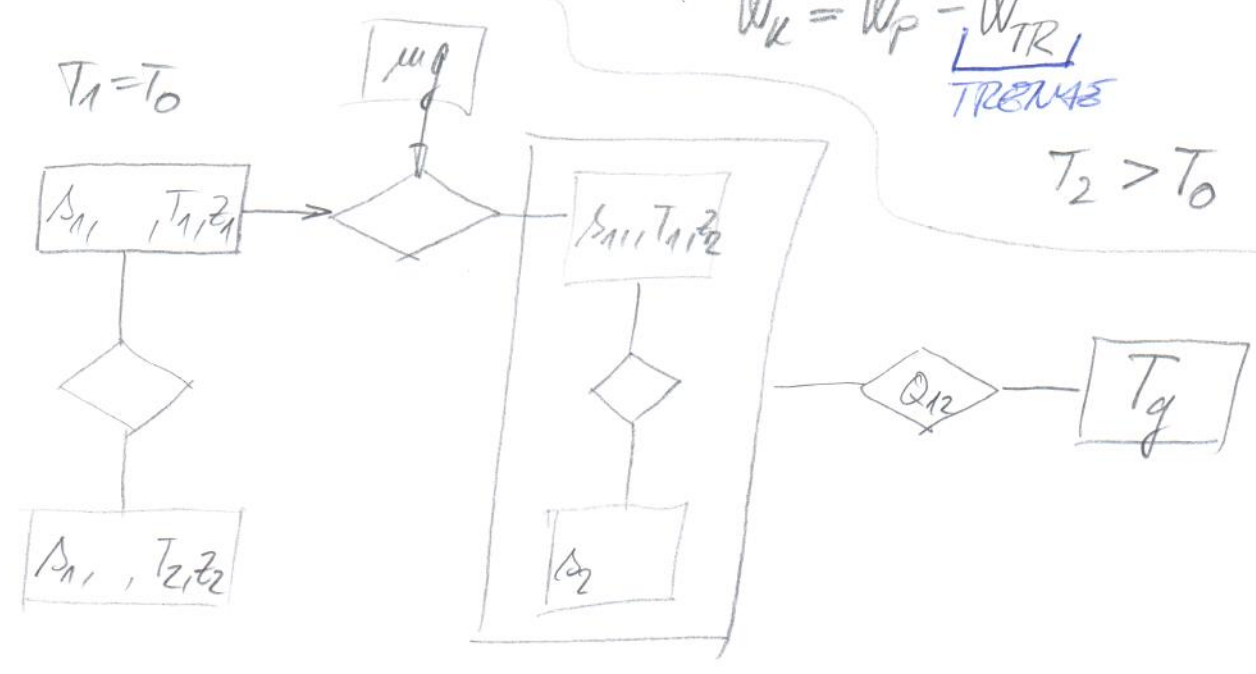


$W_p = MAX$



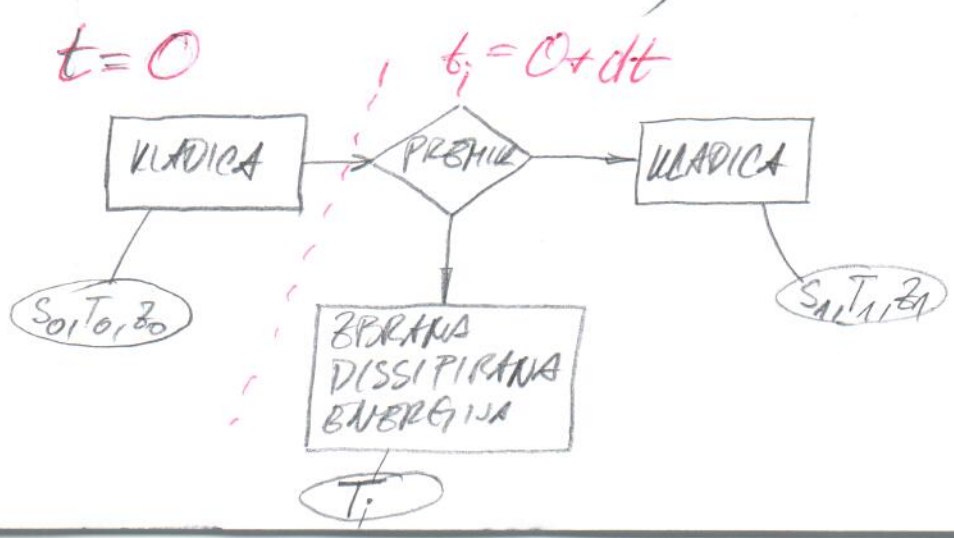
$W_p = 0$
 $W_k = W_p - \frac{W_{TR}}{TRENJE}$

$T_2 > T_0$



ZAKAJ JE PA POTRS NARILANO TANO, PRI NESTABILNOSTI PA NB?

GLEDE NA PRVILA BR DIVERGIRA NI ZMUSENO GENERIRATI ZA VSA dt SVOJO KLADICO Z PROSTORNIH LASTNOSTMI. (POTRSI JE IN KLADICO, V REALNOSTI PA ENA)



TO POTRSI NI VEO BR DIVERGIRI

... NADLEEVANJE
 POKLER
 $z_i \geq 0$

NEPREDVETLJIVOST

ZA PORAZLOVIN PROCES JE ZNAČILNO, DA PO VRNITU NAZAJ V ZARJETNO STANJE TER NA OBUČI NE PUSTI SLEDI, DA SE JE ODVIL.

OB DVOH O NEPREDVETLJIVOSTI, POTEM SE MORAMO U ZAKLJUČENETI SISTEMU SAHE OD SEBE TVORITI RAZLIČE V POTENCIALIH, TAKO DA BI SE SISTEMI VRNIL NAZAJ V PREDJENJE STANJE. - SPET KRESIATI

↓
IZRANACNI PROCESI
(ΔT , ΔP , ...)

DISIPATIVNI PROCESI - RAZPOS
(TRENJE, DUSENJE...) ENERGIJE