

**UNIVERZA V LJUBLJANI  
FAKULTETA ZA ELEKTROTEHNIKO**

**Miran KOJC**

**VPLIV UČINKOVITE RABE ENERGIJE NA  
EMISIJE OGLJIKOVEGA DIOKSIDA V  
SLOVENIJI**

**MAGISTRSKO DELO**

**LJUBLJANA, SEPTEMBER 2006**

## **ZAHVALA**

Zahvaljujem se mentorju, prof.dr. Rafaelu Mihaliču, za izkazano pomoč, za posredovane nasvete in strokovno znanje v času izdelave magistrskega dela.

Zahvaljujem se mag. Aleksandri Murks za pomoč pri pridobivanju programske opreme, ki je bila uporabljena pri izdelavi magistrskega dela. Prav tako se zahvaljujem gospe Rafaeli Novak-Kren za opravljeno lektoriranje.

Še prav posebno pa se zahvaljujem svojim bližnjim, ki so me bodrili in podpirali v času celotnega študija.

## KAZALO

SEZNAM UPORABLJENIH SIMBOLOV .....	V
KAZALO TABEL.....	IX
KAZALO GRAFOV.....	X
KAZALO ENAČB .....	XI
<b>POVZETEK.....</b>	<b>1</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>3</b>
<b>1 UVOD .....</b>	<b>5</b>
<b>2 OKOLJE IN IZHODIŠČA ZA ZMANJŠEVANJE TGP .....</b>	<b>7</b>
<b>3 UPRAVLJANJE Z ENERGIJO NA STRANI PORABE .....</b>	<b>16</b>
3.1 DEFINICIJA IRP .....	19
3.1.1 IRP v reguliranem okolju .....	20
3.1.2 IRP v tržnem okolju .....	20
3.2 UMETNI DSM SISTEMI, RAZEN IRP .....	21
3.3 NARAVNI DSM SISTEMI .....	21
<b>4 ZMANJŠEVANJE EMISIJ TGP V SLOVENIJI .....</b>	<b>23</b>
4.1 PRILAGODITEV INDUSTRIJE OKOLJSKIM STANDARDOM (IPCC).....	25
4.2 PROMOCIJA ENERGETSKE UČINKOVITOSTI IN ENERGETSKO UČINKOVIT JAVNI SEKTOR (TPF) .....	26
4.3 SPODBUJANJE UČINKOVITE RABE ENERGIJE PRI PORABNIKIH .....	28
4.4 ENERGIJSKO OZNAČEVANJE GOSPODINJSKIH APARATOV .....	29
4.5 ENERGETSKE LASTNOSTI STAVB .....	30
4.6 TOPLOTNE IZOLATIVNE LASTNOSTI GRADBENIH PROIZVODOV.....	32
<b>5 POTENCIALI IN NAJPOGOSTEJŠI UKREPI ZNIŽANJA EMISIJ TGP .....</b>	<b>34</b>
5.1 INDUSTRIJA.....	34
5.2 STAVBE .....	35
5.3 IZVEDBE V PRAKSI .....	38
5.3.1 Enegetski pregledi.....	39
5.3.2 Nadzor porabe energije in energentov .....	40
5.3.3 Elektromotorski pogoni .....	42
5.3.4 Razsvetljava.....	45
5.3.5 Bioklimatske zgradbe.....	46
5.3.6 Zmanjšanje toplotnih izgub v stavbah .....	47
5.3.7 Ogrevanje, prezračevanje in klimatizacija – HVAC .....	49
5.3.8 Pogodbeno financiranje na področju ukrepov učinkovite rabe energije.....	50
<b>6 PRIHRANKI IN EKONOMSKA UPRAVIČENOST DSM PROGRAMOV .....</b>	<b>52</b>
6.1 ENERGETSKI PRIHRANKI ZARADI IZVAJANJA DSM PROGRAMOV .....	52
6.2 EKONOMSKA UPRAVIČENOST DSM PROGRAMOV .....	53
6.2.1 Uspešnost s stališča akterjev.....	53
6.2.2 Uspešnost kratkotrajnih in dolgoročnih vplivov .....	56
<b>7 REGRESIJSKA ANALIZA .....</b>	<b>62</b>
7.1 POPULACIJSKA REGRESIJSKA FUNKCIJA .....	63
7.2 REGRESIJSKA FUNKCIJA VZORČNIH PODATKOV .....	64

7.3	OCENJEVANJE POPULACIJSKEGA REGRESIJSKEGA MODELA.....	65
7.4	PREDPOSTAVKE, NA KATERIH TEMELJI METODA NAJMANJŠIH KVADRATOV.....	68
7.5	VZORČNE LASTNOSTI METODE NAJMANJŠIH KVADRATOV .....	68
7.6	MERE PRIMERNOSTI OZIROMA ZANESLJIVOSTI REGRESIJSKEGA MODELA .....	70
7.6.1	<i>Standardna napaka regresije in koeficient variabilnosti .....</i>	70
7.6.2	<i>Determinacijski koeficient multiple regresije.....</i>	70
7.6.3	<i>Testiranje statistične značilnosti regresijskega modela kot celote.....</i>	71
<b>8</b>	<b>PRIMERI IZ PRAKSE .....</b>	<b>73</b>
8.1	PRIMERI REGRESIJE.....	73
8.2	PRIMERI DOBRE PRAKSE .....	76
<b>9</b>	<b>PONORI .....</b>	<b>82</b>
<b>10</b>	<b>DOLOČITEV EMISIJ .....</b>	<b>86</b>
10.1	PODATKI.....	86
10.2	IZRAČUN EMISIJ .....	87
<b>11</b>	<b>IZRAČUNI IN ANALIZA .....</b>	<b>90</b>
11.1	PRIMER 1 .....	90
11.2	PRIMER 2 .....	107
<b>12</b>	<b>ZAKLJUČEK .....</b>	<b>113</b>
	PRILOGE .....	116
	LITERATURA.....	123
	<b>IZJAVA O AVTORSTVU .....</b>	<b>128</b>

## SEZNAM UPORABLJENIH SIMBOLOV

<i>AC</i> – avoided costs – izogibni stroški	str.17
<i>ACC</i> – avoided capacity costs – izogibni proizvodne oz. kapacitetni stroški	str.56
<i>AC<sub>ij</sub></i> – izogibni marginalni stroški na proizvodni strani zaradi uporabe DSM tehnologije <i>j</i> v letu <i>i</i>	str.55
<i>ADR(t)</i> – annual demand reduction - znižana letna napoved porabe	str.60
<i>AEC<sub>ij</sub></i> – izogibni zunanji stroški za DSM tehnologijo <i>j</i> v letu <i>I</i>	str.55
<i>AGC</i> – avoided generating cost - izogibni proizvodni stroški	str.57
<i>AI</i> - letni brok vzpodbude	str.60
<i>AOC</i> – avoided operating costs - izogibni operativni stroški	str.60
<i>APC</i> – avoided pollution cost- izogibni onesnaževalni stroški	str.57
Ar – argon	str.7
ASD – adjustable speed drive	str.43
AURE – Agencija za učinkovito rabo energije	str.27
BAT – Best Available Technic	str.25
BDP – bruto družbeni proizvod	str.36
<i>BDP<sub>t</sub></i> – letna stopnja spremembe bruto domačega proizvoda Slovenije v <i>t</i> -tem letu	str.96
<i>b<sub>ij</sub></i> – stopnja subvencije za tehnologije <i>j</i> v letu <i>I</i>	str.54
<i>B<sub>pj</sub></i> – sedanja vrednost vseh prihrankov za porabnike z DSM tehnologijo <i>j</i>	str.54
BREF – referenčni dokumenti BAT	str. 26
<i>B<sub>sj</sub></i> – sedanja vrednost vseh prihrankov za družbo z DSM tehnologijo <i>j</i>	str.56
<i>B<sub>uj</sub></i> – sedanja vrednost vseh prihrankov za dobavitelje z DSM tehnologijo <i>j</i>	str.55
<i>b<sub>x</sub></i> – cenilke regresijskih koeficientov $\beta_x$	str.64
<i>C<sub>d</sub></i> – cena povpraševane dobrine	str.62
CDM – Clean Development Mechanism – Mehanizem čistega razvoja	str.14
<i>cee</i> – cena električne energije / denarna enota/Kw	str.43
<i>Ceg</i> – cena električne energije za gospodinjstva	str.94
<i>Cei</i> – cena električne energije za industrijo	str.94
<i>CE<sub>t,j</sub></i> – letna stopnja sprememb cen električne energije v <i>t</i> -tem letu in <i>j</i> -ti dejavnosti	str.96
CFC – klorofluorogljiki	str.5
CH <sub>4</sub> – metan	str.5
<i>Ckol</i> – cena kurilnega olja	str.93
<i>Ckol<sub>t</sub></i> – letna stopnja sprememb cen kurilnega olja v <i>t</i> -tem letu	str.96
<i>C<sub>m</sub></i> – strošek meritev	str.41
<i>C<sub>o</sub></i> – cena ostalih dobrin	str.57
CO <sub>2</sub> – ogljikov dioksid	str.5
<i>CO<sub>2,t,j</sub></i> – letna stopnja spremembe emisij CO <sub>2</sub> v opazovanih segmentih zaradi proizvodnje v privatnih in javnih energetstkih objektih, v <i>t</i> -tem letu in <i>j</i> -ti dejavnosti	str.96
<i>CO2P<sub>t,j</sub></i> – letna stopnja spremembe emisij CO <sub>2</sub> v opazovanih segmentih zaradi proizvodnje v privatnih energetstkih obektih v <i>t</i> -tem letu in <i>j</i> -ti dejavnosti	str.108
COP – Conference of Parties – Konferenca strank	str.11
<i>Cpg</i> – cena plina za gospodinjstva	str.93
<i>Cpi</i> – cena plina za industrijo	str.93
<i>C<sub>pj</sub></i> – sedanja vrednost vseh stroškov za porabnike z DSM tehnologijo <i>j</i>	str.54
<i>CP<sub>t,j</sub></i> - letna stopnja sprememb cen plina v <i>t</i> -tem letu in <i>j</i> -ti dejavnosti	str.96
<i>C<sub>sj</sub></i> – sedanja vrednost vseh stroškov za družbo z DSM tehnologijo <i>j</i>	str.56
<i>C<sub>uj</sub></i> – sedanja vrednost vseh stroškov za dobavitelje z DSM tehnologijo <i>j</i>	str.55
<i>DC<sub>ij</sub></i> – neposredni strošek v letu <i>I</i>	str.54
<i>D</i> – dohodek potrošnika	str.62

$d_l$ – spodnja kritična vednost $d$ -statistike	str.102
DSM – <i>Demand Side Management</i> – Upravljanje z energijo na strani porabe	str.17
$d_u$ – zgornja kritična vednost $d$ -statistike	str.102
$DUMMY_t$ – vrednost dummy ali neprave spremenljivke v $t$ -tem letu	str.96
$E(Y x_1, \dots, x_n)$ - pogojna pričakovana (povprečna) vrednost $Y$	str.63
$ED(s,p,t)$ – <i>energy demand</i> - poraba energije	str.58
$e_i$ – napaka modela v $i$ -tem letu	str. 52
EPC – <i>energy performance contracting</i>	str.21
ESCO – <i>Energy Service Companies</i>	str.21
EST – <i>Energy Saving Trust</i>	str.19
EVM – energetska varčni motor	str.42
$F(t)$ – stroški goriva	str.58
FAR – <i>First Assessment Report</i> – Prvo ocenitveno poročilo	str.11
FCCC - Framework Convention on Climate Change – Okvirna konvencija o klimatskih spremembah	str.10
$F_p$ – neto prihodek v življenjski dobi za porabnike z DSM tehnologijo $j$	str.54
$F_s$ – neto prihodek v življenjski dobi za družbo	str.56
$F_u$ – neto prihodek v življenjski dobi za dobavitelje z DSM tehnologijo $j$	str.55
$G(i,t)$ - proizvodne kapacitete tipa $i$ v letu $t$ pred uporabo DSM programov	str.58
$G(i,t)$ - proizvodne kapacitete tipa $i$ v letu $t$ po uporabi DSM programov	str.58
GWP – <i>Global Warming Potential</i> – potencial globalnega segrevanja	str.9
$h$ – Durbin Watsonova $h$ -statistika	str. 105
$h_t$ – obratovalne ure	str.43
$H$ – potisna višina	str.44
$H_0$ – nulna hipoteza	str.100
$H_1$ – pozitivna hipoteza	str.100
HFC – fluoroogljikovodik	str.8
HVAC – <i>Heating, Ventilation, Air-Conditioning</i>	str.46
$IC(t)$ – investicijski stroški	str.58
IEA – <i>International Energy Agency</i> – Mednarodna energetska agencija	str.17
$I_{ij}$ – subvencija za nakup tehnologije $j$ v letu $I$	str.54
IPCC – <i>Intergovernmental Panel on Climate Changes</i> – Medvladni odbor za podnebne spremembe	str.25
IRP – <i>Integrated Resource Planning</i>	str.56
JI – <i>joint implementation</i> – Mehanizem skupnega izvajanja	str.14
$k$ – število neodvisnih spremenljivk regresijskega modela	str.99
$k'$ – število pravih spremenljivk regresijskega modela	str.102
KPTE - kombinirana proizvodnja toplotne in električne energije	str.31
$KV$ – koeficient variabilnosti	str.70
LP – letni prihranek	str.43
LS – <i>least squares</i> – metoda najmanjših kvadratov	str.98
MOLP – <i>multiple objective linear programming</i>	str.58
$N_2$ – dušik	str.7
$N_2O$ – didušikov oksid	str.5
NEP – Nacionalni energetska program	str.17
NIR – <i>National Inventora Report</i> – Nacionalno letno poročilo	str.86
NKV – neto kalorična vrednost goriv	str.87
NPV – <i>net present value</i> – neto sedanja vrednost	str.61
$O_p$ – okus potrošnika	str.62
$O_2$ – kisik	str.7

$O_3$ – ozon	str.7
OP – Operativni program zmanjševanja emisij toplogrednih plinov	str.23
OVE – Obnovljivi viri energije	str.31
$P$ – moč motorja / kW	str.43
$PA_{ij}$ – operativni stroški projekta za DSM tehnologijo $j$ v letu $i$	str.55
$PBY$ – <i>pay back year</i> – vračilna doba	str.61
$PC(t)$ – zunanji onesnaževalni stroški	str.58
$PD(s,p,t)$ – <i>peak demand</i> – vršna poraba	str.58
PFC – polifluorirani ogljik	str.8
<i>Pooled</i> – ukaz za izvajanje pooling ali analize združenih podatkov	str.98
ppbv – ‘ <i>parts per billion by volume</i> ’	str.10
ppmv – ‘ <i>parts per million by volume</i> ’	str.10
pptv – ‘ <i>parts per trillion by volume</i> ’	str.10
$PP_{t,j}$ - letna stopnja spremembe porabe plina v $t$ -tem letu in $j$ -ti dejavnosti	str.107
$PS$ – matrika pojasnjevalnih spremenljivk	str.98
$PVCI$ - sedanja vrednost kapitalskih naložb brez izvedenih DSM programov	str.58
$PVCI'$ - sedanja vrednost kapitalskih naložb po izvedenih DSM programih	str.58
$PVF(r,d,t)$ – <i>present value factor</i> - faktor sedanjih vrednosti	str.58
$Q$ – pretok zraka	str.44
$Q_p$ – količina povpraševanja po določeni dobrini	str.62
$R^2$ – determinacijski koeficient	str.70
$\bar{R}^2$ – popravljeni determinacijski koeficient	str.71
$RDC$ – <i>reduced demand charge</i> – letni račun zaradi znižanja porabe	str.60
$s_e$ – standardna napaka regresije	str.70
$SE$ – število enot	str.46
$SER$ – <i>Standard Error of Regression</i> – standardna napaka regresije; računalniški izpis	str.104
$SF_6$ - žveplov heksafluorid	str.8
$s_i$ – skupni prihranki energije	str.51
$S_{ij}$ – strošek nakupa DSM tehnologije $j$ v letu $I$	str.54
$ST$ – stopnja uporabljenosti neučinkovitih svetil	str.46
$SZ$ – število predvidenih zamenjav svetil	str.46
$TC$ – <i>total cost</i> – celotni stroški sistema	str.58
TE - termoelektrarna	str.95
$TEG_{t,j}$ – letna stopnja spremembe porabe tekočih goriv v $t$ -tem letu in $j$ -ti dejavnosti	str.107
TEP – Traditional electrical expansion planning	str.19
TE-TO – termoelektrarna toplarna	str.91
TGP – toplogredni plini	str.5
TO – toplarna	str.95
TOU – <i>three stage time of use</i> – razdelitev diagrama porabe na tri dele	str.56
TPF – <i>Third Party Financing</i> – financiranje s tretje strani	str.26
$TRG_{t,j}$ – letna stopnja spremembe porabe trdih goriv v $t$ -tem letu in $j$ -ti dejavnosti	str.107
$u_i$ - slučajni (stohastični) odklon pri $i$ -ti opazovani enoti	str.64
$UIC(i,t)$ – investicijski strošek v proizvodni tip $I$ v letu $t$ v enoti	str.59
UNEP – <i>United Nations Environmental Program</i> - Okoljski programom ZN	str.10
UNFCCC – <i>United Nations Framework Convention on Climate Change</i> – Okvirna konvencija Združenih narodov o spremembi podnebja	str.10
URE – učinkovita raba energije	str.6
$URE_t$ – letna stopnja spremembe proračunskih sredstev za ukrepe učinkovite rabe energije v $t$ -tem letu	str.96
$VOM(t)$ - variabilni operativni in vzdrževalni stroški	str.58

VSD – <i>variable speed drive</i> – frekvenčni regulator	str.43
WCC – <i>World Climate Conference</i> - Svetovna podnebna konferenca	str.10
We – poraba električne energije	str.35
$WE_{t,j}$ – letna stopnja spremembe porabe električne energije v t-tem letu in j-ti dejavnosti	str.96
$W_L$ – letna poraba energije sistema svetil	str.46
WMO – <i>World Meteorologic Organization</i> – Svetovna meteorološka organizacija	str.10
Wt – poraba toplotne energije	str.35
$WT_{t,j}$ – letna stopnja spremembe porabe toplotne enrgije v t-tem letu in j-ti dejavnosti	str.96
X – pojasnjevalne spremenljivke v regresijskem modelu	str.62
Y – odvisna spremenljivka v regresijskih modelih	str.62
$\hat{y}_i$ - cenilka vrednosti $E(Y   x_{1i}, \dots, x_{ki})$	str.63
$\alpha$ – stopnja značilnosti	str.75
$\beta$ – regresijski koeficienti spremenljivk X	str.63
$\zeta$ - razmerje porabe energije porabnika po in pred uvedbo DSM programov	str.57
$\eta_e$ – izkoristek energetskega motorja	str.42
$\Delta E_{dij}$ – prihranek energije oz. neproizvedena energija na strani proizvodnje zaradi DSM tehnologije j v letu i	str.54
$\Delta E_{dij}$ – prihranek energije zaradi DSM tehnologije j v letu i	str.53
$\eta_k$ – izkoristek konvencionalnega motorja	str.43
$\theta_k$ - razmerje porabe energije v posamezni periodi glede na celotno porabo - pred DSM	str.57
$\theta'_k$ - razmerje porabe energije v posamezni periodi glede na celotno porabo - po DSM	str.57
(n - k) – stopinje prostosti regresijskega modela	str.100



## KAZALO TABEL

Tabela 2.1: GWP .....	10
Tabela 2.2: Koncentracije TGP v ozračju .....	10
Tabela 3.1: Razdelitev strank v DSM programih .....	18
Tabela 3.2: Razdelitev strank v naravnih DSM sistemih .....	22
Tabela 4.1: Energijski razredi gospodinjskih aparatov .....	30
Tabela 8.1: Rezultati regresije TEC za Turčijo .....	76
Tabela 8.2: Rezultati regresije TCO <sub>2</sub> za Turčijo .....	76
Tabela 8.3: Primerjalna tabela porabe topote na Ptuju-1 .....	80
Tabela 8.4: Primerjalna tabela porabe topote na Ptuju-2 .....	80
Tabela 8.5: Podatki o projektu TPF v Kranju .....	81
Tabela 10.1: Uporabljene kurilnosti .....	87
Tabela 10.2: Faktorji neoksidiranega ogljika .....	88
Tabela 10.3: Ocena negotovosti podatkov za izračun emisij TGP .....	89
Tabela 11.1: Rezultati pooling analize vseh podatkov - 'Primer1' .....	99
Tabela 11.2: Meje sprejetja ali zavrnitve nulte hipoteze .....	102
Tabela 11.3: Rezultati pooling analize z odlogom za URE in Dummy- 'Primer1' .....	103
Tabela 11.4: Rezultati pooling analize stasistično. zanesljivih podatkov- 'Primer1' .....	104
Tabela 11.5: Rezultati pooling analize – 'Primer2' .....	110

## KAZALO GRAFOV

Graf 5.1: Poraba $W_t$ in $W_e$ v industriji v Sloveniji .....	35
Graf 5.2: Poraba $W_e$ in $W_t$ v gospod. in ost. rabi v Sloveniji .....	37
Graf 5.3: Poraba $W_e$ in $W_t$ v zgradbah .....	37
Graf 5.4: Struktura končne rabe energije v gospodinjstvih .....	38
Graf 5.5: Struktura končne rabe energije v storitvenem sektorju .....	38
Graf 5.6: Primerjava konvencionalnih in varčnih elektromotorjev .....	42
Graf 5.7: Poraba $W_e$ z in brez frekvenčnega regulatorja .....	44
Graf 8.1: Primerjava spremljanih podatkov za leti 1998 in 1999 .....	78
Graf 8.2: Procentualna primerjava spremljanih podatkov za leti 1998 in 1999 .....	79
Graf 11.1: Poraba $W_e$ (končna raba), $W_t$ (primarna energija) in emisije .....	90
Graf 11.2: Trend porabe $W_e$ , $W_t$ in emisij $CO_2$ .....	91
Graf 11.3: Gibanje emisij zaradi celotne proizvodnje $W_e$ in $W_t$ .....	91
Graf 11.4: Poraba $W_e$ v ind., gosp. in ostali rabi – končna raba .....	92
Graf 11.5: Poraba $W_t$ v ind., gosp. in ostali rabi – primarna energija .....	92
Graf 11.6: Cene plina v gospodinjstvu in ostali rabi .....	93
Graf 11.7: Cene električne energije in kurilnega olja .....	93
Graf 11.8: Gibanje BDP-ja in prispevkov za URE .....	94
Graf 11.9: Poraba trdih, tekočiv gotiv in plina ter gibanje emisij $CO_2$ .....	108
Graf 11.10: poraba tekočih goriv.....	112

## KAZALO ENAČB

Enačba 5.1: Upravičenost stroškov meritev .....	41
Enačba 5.2: Prihranek energije EVM .....	43
Enačba 5.3: Kubni zakon (Q/n razmerje) .....	44
Enačba 5.4: Kubni zakon (P/n razmerje) .....	44
Enačba 5.5: Razmerje med potisno višino in številom vrtljajev .....	44
Enačba 5.6: Št. predvidenih zamenjav svetil v posameznem letu .....	46
Enačba 5.7: Letna poraba energije svetil predvidenih za zamenjavo .....	46
Enačba 5.8: Prihranek energije pri zamenjavi žarnic .....	46
Enačba 6.1: Regresijska enačba skupnih prihrankov .....	52
Enačba 6.2: Enačba skupnih prihrankov z upoštevanjem vplivov na druge sisteme .....	53
Enačba 6.3: Regresijski model prihrankov javnih neinvesticijskih DSM programov .....	53
Enačba 6.4: Sedanja vrednost vseh prihrankov za porabnike .....	54
Enačba 6.5: Sedanja vrednost vseh stroškov za porabnike z DSM .....	54
Enačba 6.6: Neto prihodek v življenjski dobi za porabnike .....	54
Enačba 6.7: Sedanja vrednost vseh prihrankov za dobavitelje z DSM .....	55
Enačba 6.8: Sedanja vrednost vseh stroškov za dobavitelje z DSM .....	55
Enačba 6.9: Neto prihodek v življenjski dobi za dobavitelje .....	55
Enačba 6.10: Sedanja vrednost vseh prihrankov za družbo z DSM .....	56
Enačba 6.11: Sedanja vrednost vseh stroškov za družbo z DSM .....	56
Enačba 6.12: Neto prihodek v življenjski dobi za družbo .....	56
Enačba 6.13: Razmerje porabe pred in po uvedbi DSM .....	57
Enačba 6.14: Razmerje porabe energije v posamezni periodi glede na celotno porabo - pred DSM .....	57
Enačba 6.15: Razmerje porabe energije v posamezni periodi napram celotni porabi - po DSM .....	57
Enačba 6.16: Izogibni operativni stroški .....	57
Enačba 6.17: Izogibni operativni stroški na enoto energije .....	58
Enačba 6.18: MOLP funkcija .....	58
Enačba 6.19: Sedanja vrednost kapitalskih naložb – brez DSM programov .....	58
Enačba 6.20: Sedanja vrednost kapitalskih naložb – z DSM programi .....	59
Enačba 6.21: Sedanja vrednost ACC .....	59
Enačba 6.22: Letni obrok vzpodbude .....	60
Enačba 6.23: RDC .....	60
Enačba 6.24: Neto sedanja vrednost .....	61
Enačba 6.25: Vračilna doba investicije v DSM programe .....	61
Enačba 7.1: Enačba povpraševanja, .....	62
Enačba 7.2: Stohastična enačba povpraševanja, .....	63
Enačba 7.3: Odvisnost Y od x .....	63
Enačba 7.4: Deterministična funkcija .....	63
Enačba 7.5: Pogojna pričakovana (povprečna) vrednost Y .....	63
Enačba 7.6: Pogojna pričakovana vrednost Y kot linearna funkcija .....	63
Enačba 7.7: Slučajni (stohastični) odklon .....	64
Enačba 7.8: Stohastična specifikacija PRF .....	64
Enačba 7.9: Regresijska funkcija vzorčnih podatkov, .....	64
Enačba 7.10: Regresijski model vzorčnih podatkov v stohastični obliki .....	65
Enačba 7.11: Regresijski model vzorčnih podatkov v stohastični obliki .....	65
Enačba 7.12: Napake regresijskega modela, .....	65

Enačba 7.13: Vsota kvadratov napak regresijskega modela.....	66
Enačba 7.14: Sistem lineranih enčb regresijskega modela vzorčnih podatkov.....	66
Enačba 7.15: Vektorski zapis sistema linearnih enačb regresijskega modela vzorčnih podatkov. .....	66
Enačba 7.16: Vektorji regresijskega modela vzorčnih podatkov. ....	66
Enačba 7.17: Matrika pojasnjevalnih spremenljivk regresijskega modela vzorčnih podatkov. .....	67
Enačba 7.18: Vektorski zapis koeficientov regresijskega modela vzorčnih podatkov.....	67
Enačba 7.19: Matrični zapis regresijskega modela vzorčnih podatkov.....	67
Enačba 7.20: Izračun koeficientov regresijskega modela vzorčnih podatkov.....	67
Enačba 7.21: Prikaz koeficientov regresijskega modela vzorčnih podatkov v eksplicitni obliki. .....	67
Enačba 7.22: Standardna napaka ocene regresije.....	70
Enačba 7.23: Koeficient variabilnosti. ....	70
Enačba 10.1: Emisije ogljika.....	88
Enačba 10.2: Izračun emisij CO <sub>2</sub> .....	89
Enačba 11.1: Splošni populacijski regresijski model 1, .....	96
Enačba 11.2: Regresijska funkcija vzorčnih podatkov,.....	97
Enačba 11.3: Matrični zapis spremenljivk sistema .....	97
Enačba 11.4: Matrični zapis pojasnjevalnih spremenljivk.....	98
Enačba 11.5: Računalniški zapis regresijskega modela –'Primer1' .....	98
Enačba 11.6: Stopinje prostosti v števcu, .....	101
Enačba 11.7: Stopinje prostosti v imenovalci. ....	101
Enačba 11.8: Splošni populacijski regresijski model 1 z odloženima spremenljivkama.....	102
Enačba 11.9: Računalniški zapis regresijskega modela –'Primer 1' z odloženima spremenljivkama.....	102
Enačba 11.10: Računalniški zapis regresijskega modela –'Primer1' z odloženo spremenljivko URE.....	103
Enačba 11.11: Durbin-Watsonova h-statistika .....	105
Enačba 11.12: Splošni populacijski regresijski model 2. ....	108
Enačba 11.13: Regresijska funkcija vzorčnih podatkov – 'Model 2',.....	108
Enačba 11.14: Računalniški zapis regresijskega modela –'Primer2' .....	109
Enačba 11.15: Računalniški zapis regresijskega modela –'Primer2' z odloženo spremenljivko URE .....	110

## POVZETEK

Energetika je ena ključnih dejavnosti vsakdana. Prodrla je na vse nivoje našega življenja. S svojo dejavnostjo zelo vpliva na okolje. Eden od vplivov je emitiranje t.i. toplogrednih plinov v ozračje, kar predstavlja globalni problem. Energetske politike po vsem svetu predvidevajo različne ukrepe za znižanje emisij toplogrednih plinov. Med njimi je tudi učinkovita raba energije na vseh segmentih in področjih. Tako na proizvodni, prenosni kot tudi na strani porabe.

Glavno področje proučevanja magistrskega dela predstavlja raziskava vplivov ukrepov učinkovite rabe energije v Sloveniji, na strani porabe, na emisije toplogrednih plinov, predvsem ogljikovega dioksida kot najpomembnejšega toplogrednega plina. Sektorji rabe energije, ki so vključeni v proučevanje, so gospodinjstva, storitveni in javni sektor ter industrija. Dejavnikov, ki vplivajo na razvoj in uvedbo ukrepov učinkovite rabe energije je veliko. V nalogi je zato pozornost usmerjena zgolj na najbolj pomembne parametre. Ti so v večini primerov edini dosegljivi podatki, in so bili tudi uporabljeni v podobnih modelih. Ker ukrepi na področju učinkovite rabe energije predstavljajo le enega od ukrepov izvajanja energetske politike na področju varovanja okolja in trajnostnega razvoja, so v delu predstavljeni tudi nekateri ostali ukrepi. Poudarek predstavitve je na novejših in na najaktualnejših ukrepih. Izhodišča za te ukrepe izhajajo neposredno iz Kjotskega protokola. Ta je bil sprejet leta 1997 in pomeni dodatek h Konvenciji Združenih narodov o spremembi podnebja, ki je bila sprejeta že leta 1992 v Rio de Janeiru.

Magistrsko delo je sestavljeno iz dveh delov. Teoretičnega in prektčnega oz. analitičnega. V teoretičnem delu ima namen podati pogled na področje upravljanja z energijo na strani porabe, s poudarkom na sistemu in ukrepih učinkovite rabe energije. V nalogi je, skozi obravnavano časovno obdobje, prikazana poraba primarne in končne energije in posledično s tem povezane emisije CO<sub>2</sub>. Prav tako so obdelani tudi ostali podatki, ki so vključeni v analizo (cene električne energije, plina in tekočih goriv, BDP-ja in prispevkov države za vzpodbujanje ukrepov učinkovite rabe energije). Predstavljeni so tudi primeri ukepov učinkovite rabe in primeri podobnih analiz v tujini in v Sloveniji.

Analitični del je bil izveden z regresijsko analizo v programu Econometric Views 2.0. Sestavljen je iz dveh primerov. Prvi obravnava proučevanje gibanja odvisne spremenljivke emisij ogljikovega dioksida v odvisnosti od obravnavanih neodvisnih spremenljivk. V tem primeru emisije CO<sub>2</sub> predstavljajo vse emisije, ki so posledica zagotavljanja potreb po toplotni in električni energiji v sektorjih industrije, gospodinjstev in ostale rabe. Vključujejo emisije javnih in privatnih energetskega objektov. Neodvisne spremenljivke v tem primeru predstavljajo: poraba toplotne in električne energije; cene električne energije, plina in tekočih goriv; BDP-ja in prispevkov države za vzpodbujanje ukrepov učinkovite rabe energije. Te spremenljivke so bile vključene v analizo, ker predvidevamo, da posredno vplivajo na znižanje oz. povišanje emisij toplogrednih plinov.

Tudi drugi primer proučuje gibanje odvisne spremenljivke emisij CO<sub>2</sub> od neodvisnih spremenljivk. Emisije CO<sub>2</sub> pa v tem primeru predstavljajo neposredne emisije na strani porabe. Torej emisije, ki so posledica lastne proizvodnje na strani porabe. Iz analize so izključene emisije, ki jih prispevajo javni energetske objekti. Neodvisno spremenljivko, poleg cen energentov, BDP-ja in stroškov za ukrepe učinkovite rabe energije, predstavlja poraba trdih in tekočih goriv ter plina za lastno proizvodnjo.

S pomočjo proučevanja razmerij med emisijami ogljikovega dioksida in neodvisnimi spremenljivkami skušamo dokazati povezanost med njimi oziroma ustreznost celotnega modela. Pričakovati je, da bodo rezultati podali pozitivno povezavo med emisijami CO<sub>2</sub>, porabo energije in porabo fosilnih goriv ter negativno z ostalimi neodvisnimi spremenljivkami. Predvsem bo zanimivo ugotoviti vpliv BDP-ja na emisije CO<sub>2</sub> v tako postavljenem primeru. V podobnih študijah vpliv BDP-ja na emisije CO<sub>2</sub> ni bil nikoli enoznačno določen. Torej ni bila dokazana neposredna povezava med BDP-jem in emisijami CO<sub>2</sub> oz. je njegova povezanost odvisna od posameznega modela.

Rezultati oz. povezanost med proučevanimi spremenljivkami bo pripomogla k lažjemu razumevanju strategije zmanjševanja emisij toplogrednih plinov, kjer so med glavnimi ukrepi zmanjšanja emisij v Sloveniji navedeni tudi ukrepi učinkovite rabe energije. Prav tako bo mogoče postavljati nove smernice v določene ukrepe oz. segmente.

Pri analizi je bila uporabljena metoda multiple regresije. Regresijska analiza je zelo znana in najbolj uporabljena metoda proučevanja odvisnosti ene spremenljivke - odvisne od ene ali več pojasnjevalnih spremenljivk. Zaradi pomanjkanja podatkov za daljša časovna obdobja na obravnavanih področjih, je bila narejena t.i. pooling ali združena regresijska analiza. Pri tem smo združili podatke časovnih vrst (time series) in časovne prereze podatkov (cross-section data). Časovne vrste predstavljajo leta med 1994 in 2004, časovni prerezi pa podatke spremenljivk po izbranih dejavnostih (industrija, gospodinjstva in ostala raba).

Za analizo je bilo predvidena uporaba še več pojasnjevalnih spremenljivk. Največja težava se je pojavila v nedostopnosti oz. nesprenmljanju (na državni ravni) podatkov za določene dejavnosti.

Ključne besede: Učinkovita raba energije, emisije CO<sub>2</sub>, upravljanje na strani z energijo (DSM), regresijska analiza, Kjotski protokol

## ABSTRACT

Energetics is one of the main activities of an everyday life. It has penetrated to all levels of our lives. Its activity has a big influence on the environment. One of the influences is emitting the so called greenhouse gases into the atmosphere which represents a global problem. Energy policies all over the world forecast different measures for reducing greenhouse emissions, which includes the efficient use of energy or energy efficiency in all segments and areas, on a production and distribution as well as on a demand side.

The main part of the study in Master of Science thesis represents the research of the influence of the energy efficiency measures on the demand side in Slovenia on the greenhouse gases emissions, particularly carbon dioxide as the most important representative of greenhouse gases. Sectors that are included in the research are households, service and public sector as well as industry. There are many factors which influence the development and introduction of energy efficiency measures. Therefore, only the most important parameters are treated in the thesis. In most cases they are the only available data. Some data were also used in other similar models. Energy efficiency measures represents only one of the measures of the implementation of energy policy in the field of the environment protection and sustainable development. Out of this reason other possible measures are presented in the thesis with an emphasis on the latest and most recent ones. The starting point for these measures comes directly from Kyoto Protocol, which was accepted in 1997 and it represents an addition to the United Nations Framework Convention on Climate Change – UNFCCC – which was accepted already in 1992 in Rio de Janeiro.

Master of Science thesis consists of two parts, theoretical and practical (analytical). The aim of theoretical part is to represent the demand side management with an emphasis on the energy efficiency system and measures. Primary and final energy consumption and consecutive CO<sub>2</sub> emissions are represented over a period of time. Other data, included in an analysis, are treated (prices of electric energy, gas and liquid fuels, GDP, contribution of the state for the efficient use of energy). Examples of the efficient use of energy and similar analysis abroad and in Slovenia are also presented.

The analytical part was carried out with regression analysis with Econometric Views 2.0 software. It consists of two parts. The first one deals with the investigation of changing of depended variable CO<sub>2</sub> in dependence to treated independent variables. In this case, CO<sub>2</sub> emissions represent all the emissions which are caused by assuring needs for heat and electricity in sectors such as industry, households and other uses. These emissions include public and private energy objects. In this case independent variables are: heat and electricity demands, electricity prices, gas and liquid fuels, GDP and state contribution for the efficient use of energy. These variables were included into analysis because it is assumed that they have an indirect influence on the change of greenhouse gases emissions.

The second example also investigates the change of dependent variable CO<sub>2</sub> in dependence of treated independent variables. In this case CO<sub>2</sub> emissions present direct emissions on the demand side. These are the emissions that are caused by production on the demand side. Emissions from public energy objects are excluded from the analysis. Fuel prices, GDP, the costs of the efficient use of energy, the use of solid and liquid fuels and gas are in this case presented as independent variables for self production.

The connection between carbon dioxide emissions and independent variables as well as the suitability of the model is tried to be proved by an investigation of their relation. It is expected that the results will show a positive connection between CO<sub>2</sub> emissions, the use of energy and the use of fossil fuels, and a negative connection between CO<sub>2</sub> emissions and other independent variables. It will be interesting to find out the influence of GDP on CO<sub>2</sub> emissions in such a model. In similar studies, the influence of GDP on CO<sub>2</sub> emissions was never clearly determined. The direct influence of GDP on CO<sub>2</sub> emissions was never proved because the connection depends on an individual case.

The results and the connection between the studied variables will help to get an easier understanding of greenhouse gases reduction strategy where one of the main measures of the reduction of emission in Slovenia is the efficient use of energy. There are also options for setting new guidelines for certain measures and segments.

Multiple regression method was used in the analysis. Regression analysis is a very known and the most common used method for studying the dependence of one variable, dependent from one or more independent variables. Due to lack of data for a longer period of time in treated segments pooling analysis was made. In this case time-series and cross-section data were joined. The time from 1994 to 2004 represents time series data and cross-section data includes information according to the chosen segments (industry, households and other uses).

The use of some other independent variables was meant for the analysis. The main problem occurred in inaccessibility and gathering of data (on national level) for certain activities.

Key words: Rational use of energy, CO<sub>2</sub> emissions, Demand Side Management, regression analysis, Kyoto protocol



## 1 UVOD

Energija je ena najpomembnejših usmerjevalnih sestavin razvoja vsake družbe. Ni samo ena od ali skupek dobrin, nepovezanih z drugimi človeškimi potrebami ali skrbmi. Je ključna vhodna in omejitvena dejavnost večine dejavnosti družbe, še posebej industrije, kmetijstva in prometa. Preskrba z energijo in uporaba energije imata mogočen vpliv na družbo in okolje. Z večanjem števila prebivalstva se okoljski vplivi širijo tudi geografsko. Zato je potrebno na energijska vprašanja gledati globalno, z njihove celostne, družbene in institucionalne, gospodarske ter okoljske perspektive.

Poraba energije ima precejšen vpliv na okolje, ki se v zadnjih letih vse bolj spreminja. To spreminjanje povzroča predvsem človek - s svojim delovanjem. Pri tem v veliki meri nepotrebno onesnažuje in s tem škoduje samemu sebi. Znanstveniki domnevajo, da so razne naravne nesreče, ki v zadnjem času pestijo naš planet, tudi posledica spreminjanja ozračja [99].

Eden največjih obravnavanih ekoloških problemov, ki ga je povzročil človek s svojimi aktivnostmi, je antropogeni učinek tople grede. Ogrevanje ozračja oz. učinek tople grede, katerega glavni pokazatelj je povišanje povprečne temperature, povzročajo različni plini. Pomembnejši plini, ki ga povzročajo, so ogljikov dioksid – CO<sub>2</sub>, metan – CH<sub>4</sub>, didušikov monoksid – N<sub>2</sub>O in klorofluorogljiki - CFC. Imenujemo jih toplogredni plini. Med njimi je najpomembnejši CO<sub>2</sub>. Predvsem uporaba fosilnih goriv nenehno povečuje delež CO<sub>2</sub> v atmosferi.

Zmanjševanje emisij toplogrednih plinov (TGP) zahteva drugačen pristop kot reševanje večine drugih okoljskih problemov. Vzrok za to je dejstvo, da za zmanjševanje emisij teh plinov ni na razpolago čistilnih naprav, ki bi omogočale njihovo zmanjševanje po načelu »end of pipe«, kot je to na primer zmanjševanje učinkovito pri emisijah SO<sub>2</sub>, ki so še nedavno prevladovali kot osrednji okoljski problem. Emisije toplogrednih plinov so povezane predvsem z obsegom in načinom proizvodnje in porabe energije. Razmeroma cenena fosilna goriva (premog, nafta, plin) so v preteklosti omogočala ekstenzivni gospodarski razvoj in večanje količinske proizvodnje, čeprav ne vedno v prid kakovosti življenja.

Poleg emisij zaradi kurjenja fosilnih goriv se toplogredni plini sproščajo tudi iz nekaterih industrijskih procesov, v kmetijstvu, pri ravnanju z odpadki ter v prometu, kar povečuje kompleksnost problematike. Dodatna značilnost je torej velika razpršenost virov neposrednih in posrednih emisij, tako da je njihovo zmanjševanje odvisno od množice odločitev individualnih porabnikov. Podobno kot v industriji in prometu, se tudi v energetiki srečujemo z močnimi viri škodljivih izpustov. Ob tem moramo upoštevati, da je energetika le dejavnost, ki je posledica potreb celotne družbe po energiji in nikakor ni sama sebi namen. Moteči so tudi razpršeni viri onesnaženja, kot so npr. manjša kurišča ipd.

Zmanjševanje emisij toplogrednih plinov zahteva korenite posege v način produkcije in porabe ter prilagoditev življenjskega sloga. Tehnološki in ekonomski potencial znižanja TGP je dovolj velik, da zadrži letne globalne emisije TGP na stopnji blizu ali celo pod tistimi med leti 2000 do 2010 ali celo 2020. Za realizacije takšnih zmanjšanj so potrebne akcije v vseh sektorjih ekonomije, vključno s prisvojitvijo energetske učinkovitih tehnologij in praks, povečanega števila zamenjav goriv z manjšo vsebnostjo ogljika, nadaljevanje rasti uporabe plinsko učinkovitih turbin in uporabe sistemov KPTE (kombinirana proizvodnja toplotne in električne energije), večja raba obnovljivih virov energije, zmanjšanje emisij metana kot

posledice izboljšane upravljanja farm, raznovrstnost uporabe in izrabe zemljišč za pridobivanje ponorov in 'izravnateljev oz. kompenzatorjev' emisij, povečana ponovna izraba metana za proizvodnjo električne energije, zmanjšanje emisij industrijskih plinov, višja učinkovitost vozil, fizična ločitev CO<sub>2</sub>, izboljšanje učinkovitosti končne rabe energije ter zaščita ozonske plasti.

Ekološki problemi postajajo globalni problemi in jih je potrebno tudi reševati na globalen način. To pomeni, da odpravljanje ekoloških problemov samo v eni državi ne zadošča, potrebno ga je izvajati v vseh državah sveta. Tradicionalni ekonomski instrumenti na področju varstva okolja ne dajejo več dobrih rezultatov in jih je treba dopolniti z uvajanjem novih instrumentov, med katere danes lahko štejemo ukrepe učinkovite rabe energije (URE). Ti ukrepi spadajo med ekonomsko-tehnične instrumente za spodbujanje trajnostnega razvoja. Trajnostni razvoj omogoča ohranjanje kakovosti naravnega okolja za bodoče generacije.

V tržni ekonomiji je energetska učinkovitost predvsem stvar osebnega razmišljanja in ravnanja ter racionalizacije energetskih uporabnikov. Preprečevanje nepotrebne porabe energije ali izbira najprimernejše opreme za znižanje stroškov energije prispevajo k zmanjšanju osebne porabe energije brez zmanjšanja osebne ugodja. Vse skupaj prispeva tudi k povečanju skupne energetske učinkovitosti na nacionalnem nivoju. Povečanje energetske učinkovitosti je le eden od ukrepov energetske politike, direktiv in aktov Evropske unije, ki so osnova tudi za slovensko zakonodajo. Zato so ti ukrepi zapisani tudi v zakonih, podzakonskih aktih in smernicah slovenske zakonodaje na tem področju. Povečanje energetske učinkovitosti na ustreznih področjih gospodarstva, javnega in privatnega sektorja v državi izhaja neposredno iz Kjotskega protokola. Kjotski protokol torej predstavlja izhodišče in začetek priprav na uvedbo sistema ukrepov učinkovite rabe energije. Ta določa tudi ciljne količine emisij toplogrednih plinov, ki jih morajo države doseči v obdobju od 2008 do 2012. Protokol predvideva uporabo ekonomskih instrumentov, ki naj bi omogočali fleksibilnost, učinkovitost in uspešnost pri doseganju zastavljenih ekoloških ciljev. Ukrepi URE, kot eden od teh mehanizmov, se lahko nanašajo na proizvodno, prenosno oz. distribucijsko stran in na stran porabe. Izvajanje ukrepov učinkovite rabe energije oz. splošno povečanje energetske učinkovitosti v vseh sektorjih je tudi ena od osnov za izvajanje drugih mehanizmov Kjotskega protokola. Najbolj znani takšni mehanizmi so t.i. fleksibilni mehanizmi, med katere sodijo mednarodno trgovanje z emisijami, mehanizem čistega razvoja in mehanizem skupnega izvajanja.

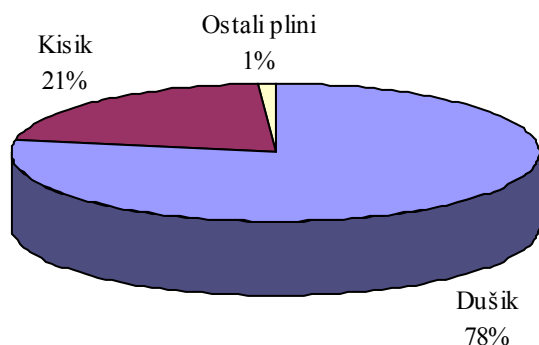
Nasprotni oz. nasprotujoči si socioekonomski in vedenjski trendi pa povzročajo povečevanje emisij TGP. Takšni trendi so: povečano število stanovanjskih objektov, povečano število težkih in močnejših prevoznih sredstev, povečana uporaba teh prevoznih sredstev, zmanjšanje pobud za učinkovito rabo energije ali nakup energetske učinkovitejših naprav - predvsem zaradi nizke cene energije, povečana splošna poraba in poraba energije zaradi vse večje elektrifikacije, povečanje števila prebivalcev, širitev industrije, ...

## 2 OKOLJE IN IZHODIŠČA ZA ZMANJŠEVANJE TGP

Vreme je definirano kot trenutno stanje v atmosferi, podnebje pa predstavlja atmosferski pojav kot tipično kombinacijo večih vplivov. Podnebje je zelo spremenljiv sistem, ki ga določajo mnogi medsebojno povezani dejavniki. Nanj vplivajo hidrosfera oz. vodovje (oceani, jezera, reke in globalen vodni cikel), biosfera (flora in favna), zemlja in skalovje. To so torej pogoji v bližini Zemlje in tisti, ki so posledica vplivov s površja planeta ter vremenske prilike skozi določeno daljše časovno obdobje v karakteristični porazdelitvi najpogostejših srednjih in ekstremnih vrednosti za določeno lokacijo, pokrajino ali večje geografsko območje.

Atmosfera se razteza v višino približno 300 km in je razdeljena na pet sfer (ekzosfera, termosfera, mezosfera, stratosfera in troposfera). Zadnji dve, stratosfera (od 12 do 50 km višine) in troposfera (do 12 km višine), sta pomembni za podnebne pojave. Oblaki in padavinski pojavi se dogajajo v področju troposfere.

Atmosfera je v glavnem sestavljena iz približno 78 % dušika ( $N_2$ ) in približno 21 % kisika ( $O_2$ ). Poleg teh dveh glavnih sestavnih elementov so v atmosferi še vodna para in razni plini, kot so argon (Ar), ozon ( $O_3$ ), ogljikov dioksid ( $CO_2$ ) ter ostali, ki pa ne presegajo 1-odstotnega deleža skupne sestave. Sestava plinov v atmosferi je prikazana na sliki 2.1:



Slika 2.1: Sestava plinov v atmosferi

Pojav, ki ga imenujemo efekt tople grede, je naravni pojav v zemeljski atmosferi oziroma podnebju. Antropogeni ali toplogredni efekt zaradi vplivov človeka pa se je začel z dobo industrializacije.

### EFEKT TOPLE GREDE

#### - Naravni toplogredni efekt

Zemljino atmosfero lahko primerjamo s stekleno streho rastlinjaka. Kratkovalovno sončno sevanje lahko skoraj nemoteno prehaja skozenj in greje zemeljsko površino. Del tega sončnega kratkovalovnega valovanja se absorbira na zemeljski površini, del pa se ga kot dolgovalovno toplotno valovanje odbije nazaj v atmosfero. Vendar to dolgovalovno toplotno valovanje ne more nemoteno zapustiti atmosfere zaradi toplogrednih plinov. Del se jih odbije nazaj na zemeljsko površino. Če ne bi obstajal naravni toplogredni efekt, povprečna

temperature na Zemlji ne bi dosegla sedanjih približno  $+15^{\circ}\text{C}$ , ampak bi znašala približno minus  $18^{\circ}\text{C}$  [100].

Med toplogredne pline spada tudi vodna para, zaradi katere je v zraku povprečna temperatura višja za  $30^{\circ}\text{C}$ . Ostali toplogredni plini pa skupaj povečujejo temperaturo ozračja le za nekaj stopinj. Vodna para je odgovorna za približno dve tretjini toplogrednega efekta, sledijo ji ogljikov dioksid s približno 15-odstotnim deležem, ozon s približno 10 % ter didušikov oksid in metan, vsak s po približno 3-odstotnim deležem. Vendar človek ne more znatno vplivati na količino vodne pare v ozračju, zato je, kadar učinek tople grede povezujemo s človekovo dejavnostjo, običajno ne prištevamo k toplogrednim plinom. Ogljikovega dioksida je v ozračju le 0,03 %, a kljub temu predstavlja zelo velik problem. Ogljikov dioksid namreč prepušča sevanje kratkovalovnih sončnih žarkov, zadržuje pa večino dolgovalovne energije, ki jo Zemlja seva v vesolje.

#### - Antropogeni toplogredni efekt

Glavni razlog za razvoj t.i. antropogenega toplogrednega efekta je povečan izpust emisij ogljikovega dioksida, ki primarno izvira iz povečane rabe energije in tako posledično večjega zgorevanja fosilnih goriv.

Ogljik, ki je vezan v fosilnih gorivih, je bil izločen iz atmosfere. V procesu zgorevanja se ta vezani ogljik sprosti kot ogljikov dioksid in se koncentrira v atmosferi. To vpliva na spremembe v zgradbi atmosfere in tako povečuje njeno ogrevanje.

Ogljikov dioksid je najbolj značilen toplogredni plin, ki je posledica človeškega delovanja. Njegov prispevek v antropogenem toplogrednem efektu znaša približno 50 %, sledijo mu: metan, ozon, didušikov oksid in fluoroogljikovodik.

### TOPLOGREDNI PLINI

Toplogrednih plinov, ki so v glavnem odgovorni za t.i. antropogeni toplogredni efekt, je šest in so obravnavani v Kyotskem protokolu. To so:

#### - Ogljikov dioksid ( $\text{CO}_2$ )

Je produkt vseh izgorevanj. Za razliko od ostalih izgorevalnih produktov, se ogljikov dioksid ne more odstraniti s filtracijo ali katalizacijo. Velike količine ogljikovega dioksida se sproščajo tudi pri nekaterih industrijskih procesih, kot so denimo pridobivanje jekla in železa. V naravi se ogljikov dioksid izloča z dihanjem živih bitij in skozi geološke procese (vulkani).

#### - Metan ( $\text{CH}_4$ )

Glavna področja sproščanja metana zaradi človeške dejavnosti se nanašajo na kmetijstvo in gozdarstvo ter na upravljanje z odpadki.

#### - Didušikov oksid ( $\text{N}_2\text{O}$ )

Je stranski produkt pri izgorevanju premoga, nafte ali kateregakoli drugega fosilnega goriva. Prav tako nastaja pri mikrobioloških procesih pretvarjanja dušikovih sestavin v zemljo.

#### - Fluoroogljikovodik (HFC), polifluorirani ogljik (PFC) in žveplovei heksafluoridi ( $\text{SF}_6$ )

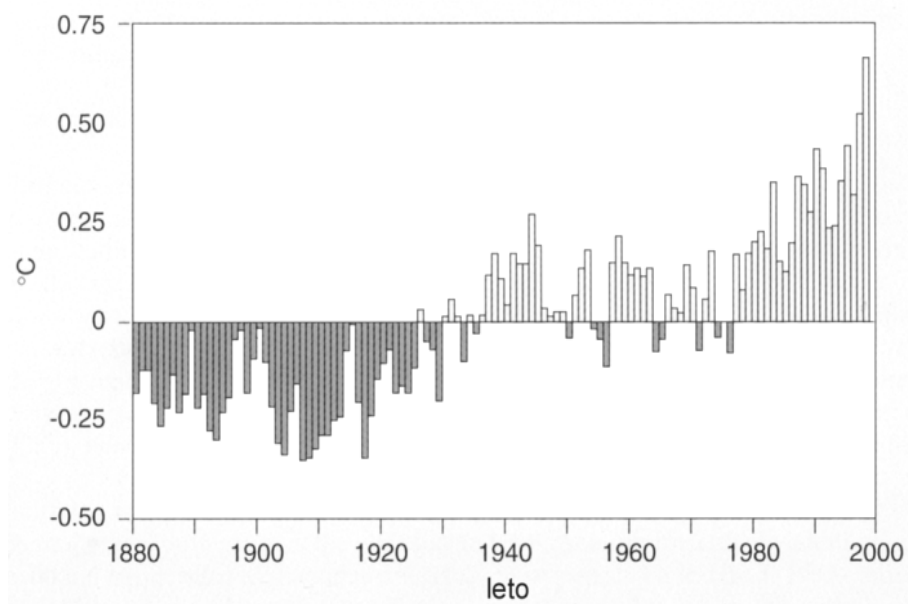
Ti industrijski plini vplivajo na okolje zaradi njihovega dolgotrajnega obstanka v atmosferi, kjer imajo določene molekule visoko stopnjo absorpcije ustreznega toplogrednega infrardečega spektra. Emisije HFC v največji meri izvirajo iz njihove uporabe kot hladilnega sredstva. Te emisije se konstantno povečujejo, odkar je ta plin postal alternativa za klorfluoroogljikov (CFC). Njihova uporaba je prepovedana zaradi pojava tanjšanja ozonske

plasti in zapisana v Montrealskem protokolu. PFC nastaja pri taljenju aluminija. SF<sub>6</sub> se uporablja pri pridobivanju magnezija in v elektroindustriji.

## POSLEDICE ANTROPOGENEGA TOPLOGREDNEGA EFEKTA

Natančna predvidevanja in projekcije so, zaradi kompleksnosti procesa globalnega podnebja, zelo težke. Vendar je dejstvo, da se je temperatura zemeljske površine v zadnjih stotih letih povečala za skoraj 0,6°C [37]. Največji porast temperatur je zabeležen v zadnjih tridesetih letih. Možne posledice toplogrednega efekta:

- vpliv za bogastvo flore in favne, in sicer kot povečanje globalne temperature, ki najprej privede do premika podnebnih in rastlinskih območij, nato pa se pojavijo tudi težave s prilagodljivostjo na novonastale naravne sisteme;
- povečana frekventnost ekstremnih podnebnih pojavov;
- pomanjkanje vodnih virov;
- taljenje polarnega ledu;
- dvig gladine morja in
- premik morskih tokov, ki privedejo do regionalnih klimatskih sprememb, ...



Slika 2.2: Odkloni povprečne letne temperature zraka na zemeljskem površju v obdobju 1880-1998 od povprečja za isto obdobje [74]

Z uvedbo termina Potencial globalnega segrevanja (GWP – Global Warming Potential) je prišlo do razvrstitve ‘toplogrednih aktivnosti’ in vplivov različnih toplogrednih plinov. GWP za vsak posamezni toplogredni plin ocenjuje toplogredni efekt emitirane mase posamezne enote v primerjavi s posledicami emitiranja iste mase CO<sub>2</sub> v enakem časovnem obdobju. V tabeli 2.1 so predstavljeni TGP in njihov GWP. Vsebnosti CO<sub>2</sub> v atmosferi pripisujejo 50 % povzročanja efekta tople grede, dušiku 18 %, ozonu 12 %, didušikovemu oksidu 6 % in preostalih 14 % ostalim plinom [45]. Procentualni podatki o vplivu posameznih toplogrednih plinov na povzročanje toplogrednega efekta veljajo v primeru neupoštevanju vpliva vodne pare.

	GWP
CO <sub>2</sub>	1
CH <sub>4</sub>	21
N <sub>2</sub> O	310
HFC	1.290-1.330
SF <sub>6</sub>	23.900
PFC	6.600-8.100

Tabela 2.1: GWP

	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CFC-11	HFC-23	CF <sub>4</sub>
Predindustr. koncentr.	~ 280 ppmv	~ 700 ppbv	~ 270 ppbv	0	0	40 pptv
Koncentr. v letu 1998	365 ppmv	1745 ppbv	314 ppbv	268 pptv	14 pptv	80 pptv
Življ. doba v ozračju	5-200 let	12 let	120 let	45 let	260 let	>50000 let

Tabela 2.2: Koncentracije TGP v ozračju [18]

Zapisovanje oz. sistem simbolov 'parts-per' (delci na) se uporablja za označevanje ekstremno nizkih koncentracij kemijskih elementov. Npr. 'part per milion' (ppm) označuje en delec določene substance na vseh 999.999 ostalih delcev. Volumenska enota ppmv 'parts per million by volume' predstavlja delež volumna plina, ki ga določeni delec zavzame, pomnoženo z milijon. Vrednost 365 ppmv za CO<sub>2</sub> pomeni, da je na vsakih milijon molekul v ozračju 365 molekul ogljikovega dioksida. Vrednosti 'ppb' in 'ppt' se, podobno kot se 'ppm' nanaša na potenco 10<sup>6</sup>, nanašajo na potence 10<sup>9</sup> oz. 10<sup>12</sup>.  
(vir: [http://en.wikipedia.org/wiki/Parts\\_per\\_million](http://en.wikipedia.org/wiki/Parts_per_million) )

## MEDNARODNI ODZIV

Potencialna ekološka škoda, ki bi jo povzročile povečane koncentracije CO<sub>2</sub> v atmosferi, je vzpodbudila mednarodno javnost k ukrepom. Konvencija Združenih narodov o spremembi podnebja (United Nations Framework Convention on Climate Change – UNFCCC), ki je bila sprejeta v Riu de Janeiru leta 1992, je prvi mednarodno zavezujoč dokument, ki obravnava vprašanje odziva na spreminjanje podnebja. Temeljni cilj konvencije je doseči ustalitev koncentracij toplogrednih plinov (TGP) v ozračju na ravni, ki bo preprečevala nevaren človekov vpliv na podnebni sistem. Leta 1997 je bil k tej konvenciji dodan še Kjotski protokol.

Okvirno konvencijo klimatskih sprememb (Framework Convention on Climate Change - FCCC) je leta 1992 v Rio de Janeiru podpisalo 155 držav (151 jo je tudi ratificiralo). S tem so se zavezale:

- da bodo industrializirane države iskale rešitve za stabilizacijo koncentracije toplogrednih plinov na stopnjo, ki ne bo vplivala na klimatski system;

- da bodo vse podpisnice izvedle študije za ocenitev trenutnih stopenj emisij in potenciala za njihovo zmanjšanje ter
- da bodo narejeni mehanizmi za finančno in tehnično pomoč državam v razvoju, ki bodo omogočali doseganje ciljev konvencije.

Pred tem pa je zgodovina mednarodne podnebne politike potekala tako:

- 1979

Prva svetovna podnebna konferenca (WCC – World Climate Conference) je bila v Ženevi. Štejemo jo kot rojstvo novega podnebjeslovja.

- 1988

Med konferenco v Torontu je bil podan predlog za pripravo mednarodne konvencije in 20-odstotnega znižanja emisij CO<sub>2</sub> do leta 2005. Istega leta je Mednarodna meteorološka organizacija (WMO – World Meteorologic Organization), skupaj z Okoljskim programom ZN (UNEP – United Nations Environmental Program) ustanovila IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Changes). IPCC predstavlja znanstveni del podnebne politike.

- 1990

Na drugi podnebni konferenci v Ženevi IPCC predstavi Prvo ocenitveno poročilo (FAR– First Assessment Report). Med sestanki na konferenci je bil tudi dosežen dogovor na najvišji politični ravni, ki govori o začetku pogajanj o vzpostavitvi dogovorov o varovanju podnebja, ki bodo mednarodno pravno zavezujoči.

- 1992

Okvirno konvencijo Združenih narodov o podnebnih spremembah (UNFCCC) je na konferenci Združenih narodov o okolju in razvoju v Rio de Janeiru podpisalo 155 držav. Njen glavni cilj je stabilizacija toplogrednih plinov v atmosferi. In to na stopnji, ko je nevarni človeški poseg v podnebni sistem (antropogeni toplogredni efekt) preprečen oz. omejen na stopnjo, ko se ekosistem lahko sam prilagaja na podnebne spremembe.

- 1994

Okvirna konvencija o podnebnih spremembah (FCCC) stopi v veljavo. Konferenca strank (COP – Conference of Parties) predstavlja najvišji organ FCCC in spremlja ter nadzoruje izvajanje konvencije in korakov potrebnih za uveljavljanje ciljev.

- 1995

Glavna naloga prve Konference pogodbenic (COP1) v Berlinu je bila preveriti prizadevanje držav podpisnic Aneksa I (Priloga 7) v doseganju zastavljenih ciljev, ki predstavljajo zmanjšanje emisij toplogrednih plinov do leta 2000 na stopnjo iz leta 1990. Nadalje so bile definirane nove t.i. Berlinske zahteve. Te definirajo nove zahteve, za razvite države, po letu 2000. Ustanovljena je bila skupina (AGBM), ki je pripravljala protokol s podrobnimi obveznostmi. To je leta 1997 privedlo do podpisa Kjotskega protokola.

- 1997

Na tretji Konferenci pogodbenic je bil podpisan Kjotski protokol. Ta specificira omejevanje in cilje zmanjšanja emisij za šest toplogrednih plinov v primerjavi z letom 1990 za leta od 2008 do 2012.

- 2001

Marakeško soglasje – potrebna je izvedba Kjotskega protokola.

- 2005

Novembra 2004 je Rusija objavila svojo ratifikacijo Kjotskega sporazuma. Ta je začel veljati 90 dni pozneje, 18. februarja 2005. S tem je v veljavo stopil Kjotski protokol, saj ga je ratificiralo več kot 55 držav podpisnic, ki prispevajo vsaj 55 % emisij CO<sub>2</sub> glede na leto 1990 in so po UNFCCC države podpisnice Aneksa I.

Kjotski protokol opredeljuje količinsko in časovno zmanjšanje oziroma omejitev emisij toplogrednih plinov. Pravzaprav določa ciljne količine emisij toplogrednih plinov, ki jih morajo države doseči do obdobja 2008 - 2012. Protokol od industrijskih držav zahteva, da zmanjšajo emisije toplogrednih plinov za več kot 5,2 % v obdobju 2008 - 2012 glede na izhodiščno leto 1990. Nekatere države so sprejele ostrejšje pogoje, in sicer: Evropska unija, Švica ter države Srednje in Vzhodne Evrope so sprejele 8-odstotno, ZDA 7-odstotno ter Japonska, Kanada, Madžarska in Poljska 6-odstotno zmanjšanje emisij glede na leto 1990. Nova Zelandija, Rusija in Ukrajina morajo stabilizirati emisije na raven 1990, medtem ko je dovoljeno povečati emisije naslednjim državam: Norveški za 1 %, Avstraliji za 8 % in Islandiji za 10 % - glede na leto 1990 [110]. Kjotski protokol pa ne obvezuje držav v razvoju zaradi tehničnih in ekonomskih omejitev.

Po Kjotskem protokolu je treba zmanjšati emisije za naslednje toplogredne pline: ogljikov dioksid (CO<sub>2</sub>), metan (CH<sub>4</sub>), didušikov oksid (N<sub>2</sub>O) in žveplov heksafluorid (SF<sub>6</sub>) ter za skupine plinov: fluorirane ogljikovodike (HFC-je) in perfluorirane ogljikovodike (PFC-je). Izhodiščno leto, v primerjavi s katerim je treba zmanjšati emisije prvih treh plinov (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> in N<sub>2</sub>O), je za razvite države leto 1990. Države na prehodu pa so si izhodiščno leto lahko izbrale po svoji želji; Slovenija si je izbrala leto 1986, ko so bile emisije največje. Za slednje tri skupine plinov (sintetični plini) protokol dopušča izhodiščno leto 1995, ki ga je izbrala tudi Slovenija.

Kjotski protokol predvideva, poleg uporabe standardnih ukrepov, tudi uporabo novega zbira ekonomskih instrumentov, ki naj bi državam podpisnicam Aneksa I omogočal fleksibilnost pri doseganju zastavljenih ciljev. V mednarodnih pogajanjih jim pravijo "Kjotski mehanizmi". Ti se bistveno razlikujejo od načina, kako so si države članice Evropske unije organizirale okoljsko politiko v zadnjih desetletjih. Njihova okoljska politika je namreč temeljila na različnih tehničnih standardih, regulativnih omejitvah emisij in v zadnjem času na ekonomskih instrumentih, kot so davki, takse in okoljski sporazumi. Evropska unija se mora torej spopasti s povsem novim načinom reševanja učinka tople grede.

Kjotski protokol predstavlja osnovna izhodišča za nadaljnje ukrepe in politike, tako trajnostnega, kot tudi ekonomskega, energetskega, okoljskega ter drugih razvojev.

### **Kjotski mehanizmi**

Čeprav kjotski mehanizmi niso podrobneje obravnavani v nalogi, so v tem poglavju predstavljeni. So namreč najbolj znani in trenutno med najaktualnejšimi ukrepi.

Kjotski protokol predvideva - kot dopolnilo k domačim ukrepom - tri t.i. kjotske mehanizme in sicer: trgovanje z emisijami, skupno izvajanje (projektov zmanjševanja emisij) in mehanizem čistega razvoja, ki je tudi projektno naravnani mehanizem. Prva dva sta dovoljena le med državami Aneksa I, tretji pa med državami Aneksa I in državami v razvoju. Kjotski mehanizmi so namenjeni doseganju ciljev z manjšimi skupnimi stroški. Projektni mehanizmi naj bi tudi pospeševali mednarodno sodelovanje in prispevali k uvajanju naprednejših

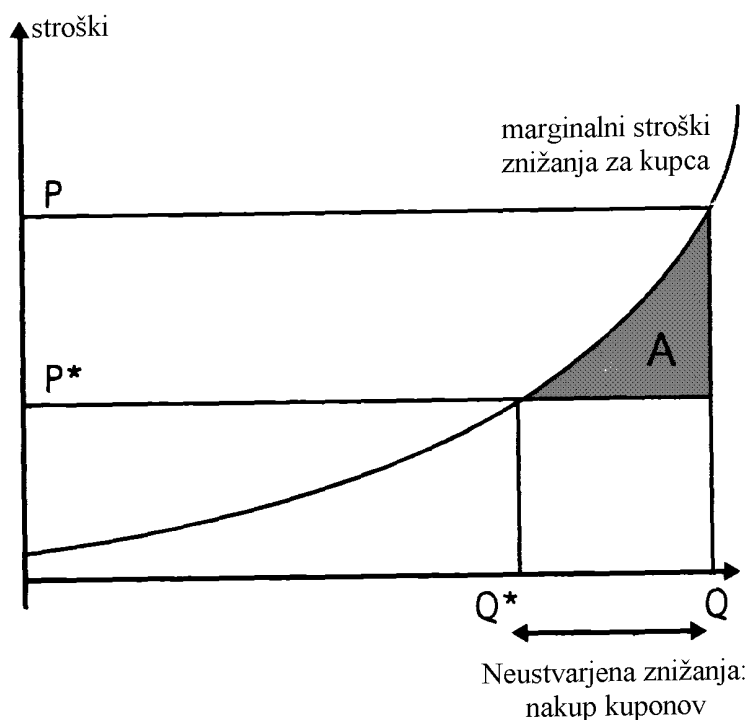


tehnologij v državah v razvoju. Dogovorjeno je, da so kjotski mehanizmi lahko le dopolnilo k ukrepom, ki jih vsaka država izvaja na lastnem ozemlju.

## TRGOVANJE Z EMISIJAMI

Trgovanje z emisijami predstavlja enega fleksibilnejših mehanizmov Kjotskega protokola in se zgodi, ko vir onesnaženja zmanjša lastne emisije in nato prenese lastništvo emisijskih prihrankov na drugo stranko.

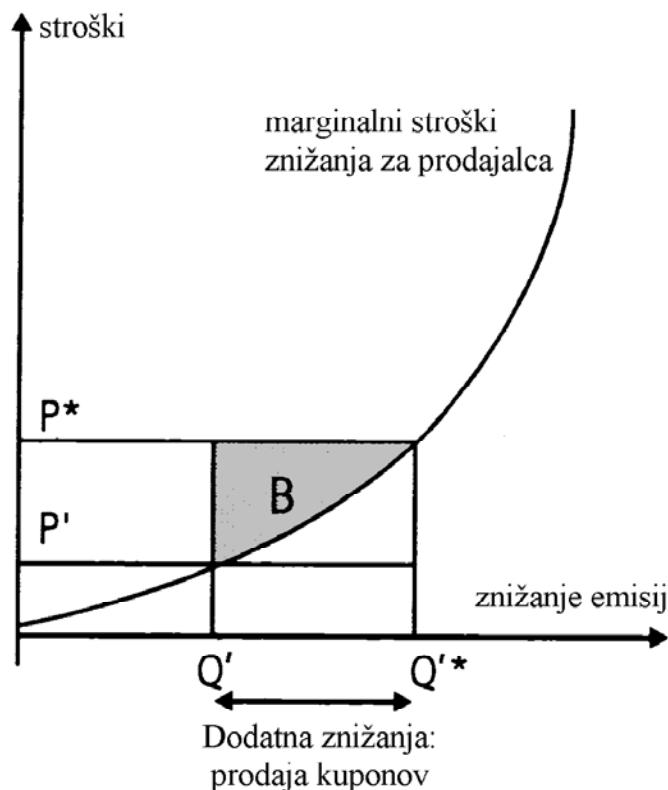
Sistem trgovanja z emisijami pomeni, da ima vsak onesnaževalec obveznost omejevanja svojih emisij na tisto količino, ki mu jo predpisuje dovoljenje. Če onesnaževalec, ki je lahko posamezno podjetje ali država, onesnažuje pod dovoljeno ravni, lahko neuporabljeno dovoljenje proda drugemu podjetju ali državi, ki se sooča s prekomernim onesnaževanjem. S pomočjo trgovanja se oblikuje tržna cena za dovoljenja, ki predstavlja mejni strošek zmanjševanja emisij. Vsak onesnaževalec se lahko odloči, ali je bolj učinkovito zmanjšati emisije ali kupiti dovoljenja od ostalih udeležencev. Skupne emisije vseh onesnaževalcev, ki sodelujejo v sistemu trgovanja, ne presegajo zastavljenega ekološkega cilja, tj. skupne emisije toplogrednih plinov. V sistemu mednarodnega trgovanja z emisijami lahko država z nizkimi stroški zmanjšanja emisij toplogrednih plinov zmanjša emisije pod zahtevano raven in preostanek dovoljenj proda državi, ki ima visoke stroške zmanjšanja emisij. Država bi z nakupom dovoljenj povečala raven emisij in presegla zastavljeni ekološki cilj, vendar bi skupna količina emisij udeležencev ostala enaka [75].



Slika 2.3: Ekonomika trgovanja z emisijami - nakup emisijskih kuponov [29]

Na slikah 2.3 in 2.4 je predstavljena ekonomska logika trgovanja z emisijskimi kuponi. Vir emisij na sliki 2.2 mora ustvariti količino znižanj  $Q$ , da bo deloval v okviru sebi predvidenih

oz. predpisanih količin emisij. Če se odloči, da bo izvajal ukrepe znižanja emisij sam, bo pri tem imel marginalne stroške  $P$ . V primeru, da je cena emisijskih kuponov  $P^*$  nižja od cene  $P$ , vir zniža emisije le do te stopnje in kupi emisijske kupone in tako ustvari razliko med  $Q$  in  $Q^*$ . Polje  $A$  predstavlja prihranek stroškov zaradi nakupa kuponov.



Slika 2.4: Ekonomika trgovanja z emisijami - prodaja emisijskih kuponov[29]

Prav takšna logika je uporabljena na primeru, prikazanem na sliki 2.3. Vir emisij ima lastne marginalne stroške znižanja  $P'$  nižje od tržne cene emisijskih kuponov  $P^*$ . Dovoljena količina emisij vira znaša  $Q'$ . Ker pa je cena  $P^*$  višja od cene  $P$  bo vir znižal emisije na količino  $Q^*$  in tako ustvaril razliko med  $Q'$  in  $Q^*$  in prodal višek emisij oz. emisijskih kuponov. V tem primeru polje  $B$  predstavlja dobiček od prodaje emisijskih kuponov.

## MEHANIZEM ČISTEGA RAZVOJA IN MEHANIZEM SKUPNEGA IZVAJANJA

Mehanizma čistega razvoja (CDM – clean development mechanism) in mehanizem skupnega izvajanja (JI – joint implementation) sta namenjena investiranju razvitih držav v države v razvoju in nerazvite države. Države v razvoju (developing countries or less developed countries) so tiste države, ki so v postopku industrializacije, vendar še imajo omejene vire za reševanje svojih okoljskih problemov. Razlika med tema dvema mehanizmoma je, da se je CDM že začel uporabljati po letu 2000, JI pa se bo začel šele po letu 2008. CDM je namenjen investiranju razvitih držav v tiste države v razvoju in nerazvite države, ki niso podpisnice Aneksa I k UNFCCC (t.i. non Annex I Parties), JI pa predvideva investiranje razvitih držav v države v razvoju, ki so podpisale Aneks I (t.i. Annex I Parties). Države, ki niso podpisale Aneksa I, so s tem zavrnile sprejetje kakršnihkoli obveznosti glede zmanjševanje emisij toplogrednih plinov, dokler države podpisnice Aneksa I same ne dosežejo znatnih zmanjšanj

emisij toplogrednih plinov v svojih državah. Namen mehanizma CDM je torej pomagati državam, ki niso podpisale Aneksa I, doseči trajnostni razvoj, hkrati pa omogočiti državam podpisnicam Aneksa I doseči zastavljene cilje glede zmanjševanja izpusta toplogrednih plinov:

Mehanizmi skupnega izvajanja predvidevajo, da država investitorica vloži denar v državo gostiteljico, v kateri naj bi se kot posledica investicije zmanjšale emisije toplogrednih plinov. Država investitorica naj bi v zameno za vloženi denar od države gostiteljice prejela "emisijski kredit" za določeno količino toplogrednih plinov. Do te količine bi nato lahko povišala svojo domačo količino toplogrednih plinov. Zagovorniki JI projektov poudarjajo, da bi razvite države s takim načinom mednarodnega sodelovanja dosegle zmanjšanje svojih emisij z znatno nižjimi stroški, hkrati pa bi ti projekti vzpodbudili tuje investicije v države v razvoju. Zaradi zahtevnega administrativnega postopka pri izvajanju JI in CDM projektov, bo verjetno od vseh treh kjotskih mehanizmov najzanimivejše trgovanje z emisijami.

### 3 UPRAVLJANJE Z ENERGIJO NA STRANI PORABE

Rekonstruiranje in liberalizacija trga z električno energijo in plinom je bilo v preteklih letih, s strani proizvodnje, zelo pospešeno (EU direktive 96/92/EC in 98/30/EC). Podobne trende pričakujemo tudi v bližnji prihodnosti. V tem procesu pa upravljanje z energijo na strani porabe in s tem povezana energetska učinkovitost izrabe energije na strani porabe nista bili deležni potrebne pozornosti. Kljub temu pa so novo nastale razmere ustvarile in na nek način postavile v ospredje nove poti in načine stimuliranja in inicative za povečanje učinkovitosti v končni rabi in upravljanju z energijo na strani porabe. V preteklosti so bile energetske politike v večini izpeljane neposredno s strani države, največkrat preko državnih monopolov ali preko predpisane zakonodaje.

Danes je izboljšanje energetske učinkovitosti ena bistvenih komponent energetske politike v Evropski Uniji in vseh njenih članicah. Podprta in motivirana je z upoštevanjem sigurnosti dobave, ekonomiko, okoljsko in zdravstveno zaščito in tudi s komponento dolgoročne stabilnosti globalnega podnebja. Direktiva o trgovanju z emisijami CO<sub>2</sub>, ki je stopila v veljavo v začetku leta 2005, ima pomemben vpliv na energetska učinkovitost, predvsem v energetsko intenzivnih sektorjih industrije.

Evropska komisija je 10. decembra 2003 potrdila predlog direktive o učinkoviti rabi končne energije in energetskih storitvah, katere namen je, v Evropski uniji do leta 2012 dodatno prihraniti 6 % energije. Ta direktiva je ena od vrste direktiv na področju oskrbe in rabe energije, katerih pripravo in izvajanje narekujejo ambiciozni strateški cilji EU glede zanesljivosti energetske oskrbe, njene konkurenčnosti in varstva okolja.

Osnovni cilj direktive je povečati učinkovitost rabe končne energije. Medtem ko za povečanje učinkovitosti pri proizvodnji in distribuciji energije kratkoročno in srednjeročno obstajajo le omejene možnosti, se ocenjuje, da v EU zaradi vrste tržnih ovir še vedno obstajajo znatni ekonomski potenciali za povečanje učinkovitosti rabe končne energije. Ti potenciali znašajo za industrijo okoli 17 %, v gospodinjstvih in terciarnem sektorju 22 % in v prometu, brez upoštevanja sprememb načina prevoza, 14 % sedanje porabe energije. Povečanje energetske učinkovitosti bo, poleg povečanja konkurenčnosti gospodarstva in potencialnih novih delovnih mest, vplivalo tudi na nižje končne obremenitve energetskih omrežij. Izpadi oskrbe z električno energijo v EU in drugod po svetu so opozorili na vedno večjo potrebo po obvladovanju povpraševanja po energiji.

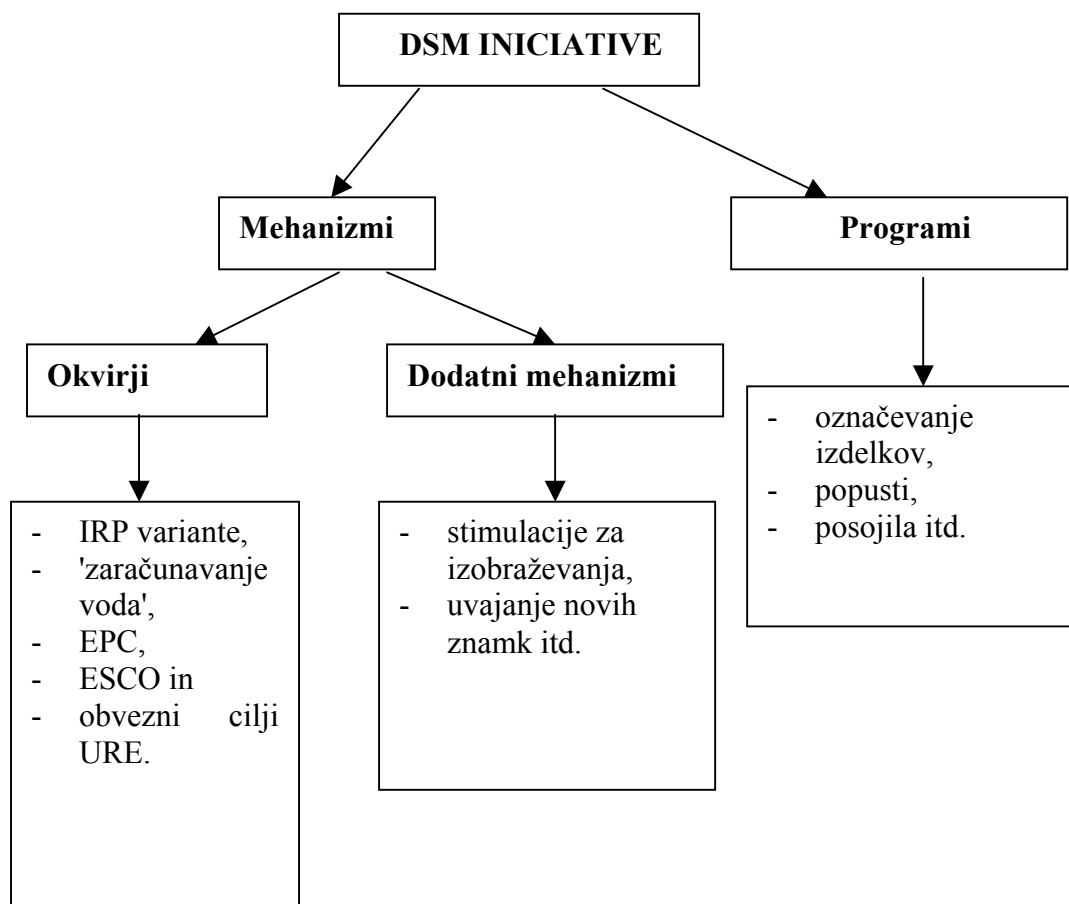
Direktiva se nanaša na električno energijo, daljinsko toploto in hlad ter na vsa goriva, vključno z gozdarskimi in kmetijskimi energetskimi proizvodi. Vključeni so vsi sektorji rabe energije: gospodinjstva, storitveni in javni sektor, kmetijstvo, industrija (razen naprav, ki so vključene v trgovanje s pravicami do emisije ogljikovega dioksida in naprav, ki sodijo pod direktivo o celovitem preprečevanju in nadzoru emisij) in promet (razen letalskega in pomorskega prometa). Po tej direktivi se bodo morale države članice zavezati, da bodo vsako leto po uveljavitvi direktive dosegale kumulativne prihranke energije v višini 1 % porabe v baznem letu, ki predstavlja povprečno porabo energije, dobavljeno končnim kupcem v petih letih pred uveljavitvijo direktive. Ker naj bi se drugi porabniki zgledovali po javnem sektorju, bo potrebno v tem sektorju letno doseči kumulativne prihranke v višini 1,5 % dobavljene energije.

Republika Slovenija izvaja aktivno politiko na področju URE in OVE že od leta 1991, pravno podlago je dobila leta 1996 s sprejetjem Resolucije o strategiji rabe in oskrbe Slovenije z

energijo (Uradni list RS, št. 9/96), ki je bila takrat ustrezna osnova. Z uveljavitvijo nacionalnega energetskega programa (NEP) Resolucija o strategiji rabe in oskrbe Slovenije z energijo preneha veljati, saj so se med tem bistveno spremenile okoliščine. Slovenija je ratificirala Kjotski protokol in pričela s pristopom k EU. Zakonska osnova za izvajanje aktivne politike na področju URE in OVE je bila sprejeta leta 1999 s sprejetjem Energetskega zakona. Energetski zakon v 65. členu določa, da imajo ob enakih stroških za izrabo varčevalnih potencialov na strani porabe ali za zagotavljanje novih zmogljivosti za isti obseg energije, prednost ukrepi za doseg varčevalnih potencialov. Zakon določa tudi programe oziroma instrumente, s katerimi država spodbuja URE in OVE, in sicer programe izobraževanja, informiranja, ozaveščanja javnosti, energetske svetovanje, spodbujanje energetskih pregledov, spodbujanje lokalnih energetskih konceptov, pripravo standardov in tehničnih predpisov, fiskalne ukrepe, finančne in druge oblike spodbud. Večina predpisanih spodbujevalnih programov je bilo financiranih iz proračuna Republike Slovenije in finančno podprtih predvsem iz energetskih programov Evropske komisije. Programi URE in OVE so pripomogli k zmanjševanju energetske intenzivnosti in s tem neposredno vplivali na povečanje zanesljivosti oskrbe z energijo, na konkurenčnost gospodarstva in na zmanjševanje okolju škodljivih vplivov.

Vidimo, da je bilo v preteklosti izvedenih veliko iniciativ z namenom vzpodbujanja porabnikov k sprejemanju energetske učinkovite navade. Te iniciative se skupno imenujejo DSM (*Demand Side Management*) ali po slovensko 'upravljanje z energijo na strani porabe'. Termin DSM se nanaša na spremembe v času in količini porabljene energije zaradi uvedbe raznih ukrepov, kot so: nadzor porabe energije, izboljšana energetska učinkovitost, porabe nevršne energije, ... Kakorkoli, DSM iniciative bodo v praksi uspešne le, če bodo akterji, ki jih morajo izvajati in tisti, ki imajo možnost pri tem sodelovati, uspeli ugotoviti, da imajo od tega korist. Teoretično, struktura stroška energije in DSM vzpodbude lahko osvetijo oportunitetni strošek v energetskega sistema. Ker implementacija DSM programov znižuje vršno obremenitev sistema in povečuje operativno učinkovitost, so oportunitetni stroški sistema, kot so t.i. izogibni stroški (*AC – avoided costs*), vidni zaradi primernih DSM programov. Povedano drugače, znižanje stroškov ali izogibni stroški, so posledica prihrankov tako kapitalnih kot operativnih stroškov [50].

DSM aktivnosti lahko v grobem delimo na več podrazdelkov oz. podskupin. V nadaljevanju je predstavljena razdelitev v podskupine, kot je bila definirana v delovni skupini *DSM Implementing Agreement*, ki je delovala znotraj IEA (Mednarodna energetska agencija – *International Energy Agency*). Klasifikacija DSM iniciativ je prikazana na sliki 3.1. V IEA porazdelitvi so vse DSM iniciative razdeljene v dve skupini. Prvo skupino, imenovano *Programi*, predstavljajo tiste pobude, ki neposredno vplivajo na porabo energije pri končnem porabniku. Druga skupina, imenovana *Mehanizmi*, vzpodbuja izvajanje *Programov*. *Mehanizmi* se nadalje delijo na dve podkategoriji. In sicer na *Okvirje* in na *Dodatne mehanizme*. *Okvirji* so *mehanizmi*, ki določajo, kako bodo določene skupine porabnikov plačevale določene DSM *programe*. Uporaba oz. izvajanje več kot enega okvirja za določene porabnike istočasno privede do tega, da je za DSM aktivnosti zadolženih več akterjev. To pa, po izkušnjah sodeč, privede do kontraproduktivnosti. Na trgu prihaja do zmede, povečane birokracije, država pa ima večje težave z zakonodajo.



Slika 3.1: Klasifikacija DSM iniciativ

Veliko vlogo pri uveljavljanju DSM ukrepov imajo države oz. njihove vlade s svojimi politikami oz. usmeritvami glede teh vprašanj. Eden od načinov reševanja tega vprašanja je, da država podeli odgovornost za izvajanje energetske učinkovitih ukrepov primerni stranki oz. partnerju. Za takega se smatra tista stranka, ki v procesu izvajanja DSM ukrepov ne utрпи finančne izgube. To je kvalitativno prikazano v tabeli 3.1, kjer je kot 'zmagovalec' definirana stranka, ki zaradi izvajanja DSM ukrepov finančno pridobi.

ZMAGOVALCI (+)	PORAŽENCI (-)
Porabniki	Proizvajalci 'konvencionalne' opreme
Proizvajalci energetske učinkovite opreme	Primarni dobavitelji energije
	Distributerji

Tabela 3.1: Razdelitev strank v DSM programih

V kolikor razmišljamo o uvedbi politike DSM ukrepov, moramo ugotoviti, kateri organizaciji zaupati izvajanje. V grobem je možna delitev na dva okvirja oz. smernici:

#### 1. Ustanovitev umetnega DSM sistema

Tak sistem dobimo v primeru, ko odgovornost za izvajanje DSM politike oz. ukrepov dobi stranka, ki se nahaja na listi 'poraženci' v tabeli 3.1. Torej stranka, ki nima primarne vzpodbude za energetske prihranke. V smislu uspešnega izvajanja DSM politike, mora biti ta

stranka finančno vzpodbujena. Torej se v tabeli 3.1 umetno prestavi iz strani 'poraženci' na stran 'zmagovalci'. Najbolj poznan umeten sistem je IRP (*Integrated Resource Planning*).

## 2. Ustanovitev naravnega DSM sistema

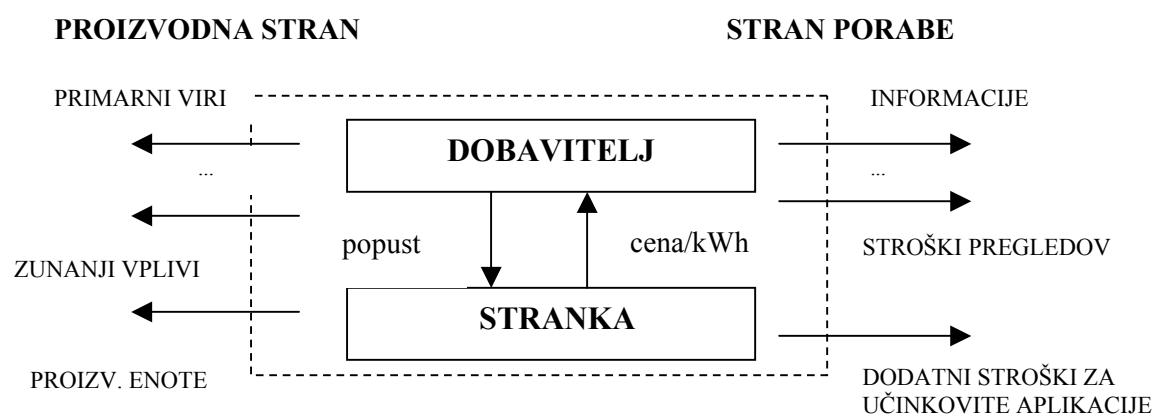
Tak sistem dobimo v primeru, ko odgovornost za izvajanje DSM politike oz. ukrepov dobi stranka, ki se ne nahaja na listi 'poraženci' v tabeli 3.1. med najbolj znanimi primeri naravnega DSM sistema je angleški EST (*Energy Saving Trust*).

### 3.1 DEFINICIJA IRP

Integrated Resource Planning (IRP) je proces optimizacije energetskih prihrankov in možnosti energetske proizvodnje v smislu minimiziranja celotnih stroškov. V bistvu pomeni celovito načrtovanje energetike. V širšem smislu IRP pomeni načrtovanje kapacitet (proizvodnja, prenos in distribucija) z upoštevanjem DSM-a in socialni stroškov [2].

IRP predstavlja umetni sistem izvajanja DSM politike in je bil predstavljen v ZDA že v osemdesetih letih prejšnjega stoletja. Pred njegovo predstavitvijo in implementacijo so distribucijska podjetja v ZDA planirala porabo na osnovi t.i. TEP (*Traditional electrical expansion planning*) modelov. Osnovni cilj takšnih modelov je bil doseči predvideno porabo pri najnižjih stroških. Stran porabe ni bila vključena v proces modeliranja.

Zaradi energetske krize v sedemdesih letih prejšnjega stoletja, je ameriška vlada predstavila in vpeljala IRP proces planiranja. IRP model temelji na ideji, da morajo distribucijska podjetja strankam zagotoviti energetske storitve (npr. javna razsvetljava) po najnižjih socialnih oz. družbenih stroških. Tako so morala distribucijska podjetja upoštevati tako proizvodno stran kot tudi stran porabe, občasno pa računati tudi z okoljskimi stroški. Najnižji družbeni stroški so definirani kot minimum skupnih stroškov distributerjev in porabnikov, ki so lahko predstavljeni s skupnimi stroški virov ali družbenimi stroški, če vključujejo tudi okoljske vidike oz. stroške [33, 50].



Slika 3.2: IRP aplikacija

Slika 3.2 [69] prikazuje konkretno IRP aplikacijo. Družbeni stroški so na proizvodni strani razdeljeni na primarne vire, proizvodne zmogljivosti, zunanje vplive itd, na strani porabe pa na informacije, razne stroške itd. Plačilo računa, ki ga stranka plača dobavitelju, predstavlja interni denarni transfer znotraj IRP procesa. To pomeni, da cena za kWh ne vpliva na optimizacijo IRP procesa. S spreminjanjem cene za kWh pa dobimo štiri glavne IRP variante, ki so se skozi leta uveljavile v praksi:

- Stranka plača enako ceno električne energije za kWh, kot jo je pred vpeljavo IRP procesa; tako dobavitelj pokrije tako vse stroške nastale na strani porabe, kot tudi izgubo profita zaradi zmanjšane prodaje energije. Tak sistem so poimenovali 'goli IRP'.
- Dobavitelj dvigne tarife za energijo, da poplača DSM ukrepe. Regulator trga mora odobriti takšna zvišanja cen. Tak sistem so poimenovali 'zaračunavanje voda'.
- Dobavitelj ne dvigne tarife za energijo, samo zato da bi poplačal DSM ukrepe, ampak tudi zato, da pokrije izpad dohodka zaradi zmanjšane porabe energije, ki je posledica DSM ukrepov. Tak sistem so poimenovali 'regulativno obvezen DSM'.
- Dobavitelji lahko, poleg kritja stroškov za DSM ukrepe in izpada dela dohodka, tudi zaslužijo z denarjem porabljenim za DSM ukrepe. Tak sistem so poimenovali 'spodbujen DSM'.

### 3.1.1 IRP v reguliranem okolju

Večina IRP procesov se je v Evropi začela v začetku devetdesetih let prejšnjega stoletja in so bili tipa 'goli IRP' ali 'zaračunavanje voda'. Skupna lastnost teh variant je bila pomanjkanje vzpodbud dobaviteljem, da bi izvajali plane na osnovi teh IRP variant. Brez finančnih vzpodbud, dobavitelji planirajo na osnovi IRP procesov le zaradi zakonskih obveznosti, ali pa zaradi ustvarjanja lastnega imidža. Za vzpodbujanje DSM aktivnosti so v ZDA uvedli standard (*'demand side profitability' standard*), ki je od dobaviteljev zahteval, da investicije v energetske učinkovitost in DSM ukrepe tretirajo enako kot investicije v proizvodne in prenosne kapacitete. Dobavitelji so na tak način lahko pokrili tako stroške, nastale zaradi DSM ukrepov, kot tudi tiste, ki so bili posledica izpada dohodkov zaradi teh ukrepov. Pri uveljavljanju teh stroškov pa je večkrat prišlo do prerekanja med regulatorjem na trgu in dobavitelji. Težava se je pojavljala predvsem pri dokazovanju t.i. izgube dobička zaradi uvajanja DSM ukrepov. Eden od stranskih učinkov DSM ukrepov je ta, da se določeni uporabniki odločijo za ukrepe učinkovite rabe energije brez vzpodbud s strani dobaviteljev. Tak efekt so poimenovali *'free-riders'*. Naslednji podobni učinek so poimenovali *'rebound effect'*. V tem primeru stranke uporabljajo energetske učinkovitejšo opremo, ker je pač cenejša od t.i. konvencionalne. Zaradi teh stranskih učinkov, so si dobavitelji zaračunavali prevelike stroške oz. izpade dobička, kar je vrglo slabo luč na DSM in IRP.

### 3.1.2 IRP v tržnem okolju

V tem odseku bodo pregledane možnosti implementacije IRP v strukturah, ki so danes najpogosteje uporabljene v Evropi, na področju proizvodnje, prenosa in distribucije ter maloprodaje.

#### - Proizvodnja

Zahteva po IRP strategiji na strani proizvodnje ni izvedljiva v sistemu odprtega trga. Posebej v 'elektro poolu', kjer se ne ve, katera proizvodna enota pokriva kateri del diagrama porabe. Tudi evropska direktiva o liberalizaciji (EU, 1996) govori o tem, da IRP strategija proizvodnim enotam ne more biti vsiljena.

#### - Prenos in distribucija

Glede na to, da prenosna in distribucijska omrežja ostajajo v monopolni lasti vsake države, obstajajo možnosti za obvezen IRP proces. Teoretično obstajajo možnosti, da od lastnika in/ali operaterja omrežja zahtevajo, da obravnava možnosti na proizvodni strani in na strani porabe glede na isto osnovo. V praksi pa se pojavljajo težave. Prva od njih je, kje naj lastnik in/ali operater pridobi podatke o strani porabe. Te podatke imajo, v večini primerov, le maloprodajalci in eventualno proizvajalci. Dodatna - bolj tehnična - težava pa je dejstvo, da se v večini primerov ne ve, katera stranka je odgovorna za kateri del diagrama porabe.



- Maloprodaja

V primeru popolnega odprtja trga obstaja velika verjetnost, da bi bili 'maloprodajalci' zavezani k izvajanju IRP procesov. Eden glavnih razlogov je ta, da IRP zahteva dolgoročno planiranje. To pa je pri popolnoma odprtem trgu težko doseči, saj lahko stranka kadarkoli zamenja dobavitelja.

### 3.2 UMETNI DSM SISTEMI, RAZEN IRP

#### 1. Energetski servisi in energetske storitve

Velikokrat se predvideva, da nudenje energetskih storitev, ki jih nudijo proizvajalci ali maloprodajalci, predstavlja primeren način doseganja maksimalne energetske učinkovitosti na tržišču. V okviru energetskih storitev, dobavitelj ugotovi potrebo po takšnih storitvah, kot so razsvetljava, ali ogrevanje in hlajenje stavb, ... Uporabnik letno plačuje fiksno ceno za energetske storitve. V tem primeru je dobaviteljev dobiček odvisen od njegovih lastnih stroškov. Zato dobavitelji instalirajo kar se da energetsko učinkovitejšo opremo, da tako čimbolj povečajo prihranke. Vendar so se v praksi pojavile tudi neprijetne izkušnje s takšnim sistemom. Dobavitelji so s takšnim sistemom želeli le obdržati svoje stranke, ki niso mogle primerjati različnih cen med dobavitelji in tako izračunati resničnih prihrankov. Poleg tega pa stranka, ki za energijo plačuje fiksne stroške, ni stimulirana za energetsko učinkovito obnašanje.

#### 2. Predpisani oz. obvezni cilji na področju energetske učinkovitosti

Čeprav zakonodajalci maloprodajalcem ne morejo vsiliti IRP procesov, imajo instrumente, ki jih vzpodbujajo k promociji energetske učinkovitosti. Regulator trga npr. lahko od maloprodajalcev zahteva doseg določenih ciljev s področja energetske učinkovitosti. Ti morajo biti doseženi v določenem časovnem obdobju. Dobaviteljeva lastna odločitev pa ostaja, za kateri DSM program se bo odločil. V kolikor ti cilji niso doseženi, je dobavitelj oz. maloprodajalec lahko denarno ali kako drugače kaznovan. Glavna pomanjkljivost takšnega sistema so veliki stroški nadzora in evaluacije.

### 3.3 NARAVNI DSM SISTEMI

Osnovna ideja naravnega DSM sistema je, da odgovornost za ukrepe učinkovite rabe prevzame subjekt, ki zaradi zmanjšane porabe energije ne bo imel finančne izgube. Ti so v tabeli 3.1 zapisani v koloni 'zmagovalci'. V nadaljevanju bo govora o dveh različnih naravnih DSM sistemih:

- EPC – *energy performance contracting in*
- 'zaračunavanje voda' izven IRP procesa.

#### 1. EPC

Izvajanje EPC največkrat izvajajo t.i. ESCO (*Energy Service Companies*), ki instalirajo in uvajajo energetsko učinkovite ukrepe in sisteme ter nato prevzemajo polno odgovornost za njihovo pravilno delovanje. ESCO je plačan samo od prihrankov energije pod pogoji, ki so predhodno dogovorjeni. Dogaja se, da so nekateri dobavitelji zainteresirani za sodelovanje z ESCO. Pri tem je potrebno poudariti, da EPC ni pogodbeno podizvajanje. V primeru EPC je ESCO plačan od prihrankov energije, ki so posledica povečane energetske učinkovitosti. Če pa bi ESCO bil pogodbeni podizvajalec dobavitelju, bi bil plačan od izvajanja energetskih storitev, kot so dobava električne ali toplotne energije ipd. Vzpodbuda v takšnih primerih je

manjša kot pri izvajanju EPC, kjer se finančne prednosti razdelijo med ESCO in porabnike. To je prikazano v tabeli 3.2. V primeru EPC ni potrebe po zakonodajni obveznosti doseganja energetske učinkovitosti, saj predstavlja potrebe na tržišču.

ZMAGOVALCI (+)	PORAŽENCI (-)
Porabniki	Proizvajalci 'konvencionalne' opreme
Proizvajalci energetske učinkovite opreme	Primarni dobavitelji energije
ESCO	Distributerji

Tabela 3.2: Razdelitev strank v naravnih DSM sistemih

Pri izvajanju EPC je potrebno upoštevati naslednja vprašanja, ki se pojavljajo:

- ESCO dohodek – ESCO pričakuje, da bo imel pokrite vsaj vse stroške. Torej stroške predhodnih energetskih pregledov ter instalirane opreme ter vseh ostalih nujnih stroškov.
- Instalirana oprema – dogaja se, da ESCO ne instalira najsodobnejše in najbolj energetske učinkovite opreme. S tem se zmanjšuje uspešnost projekta in investicije, ESCO pa to največkrat argumentira s poznavanjem instalirane opreme. Le-to je po pogodbi zavezan vzdrževati in skrbeti za njeno pravilno delovanje.
- Uveljavljanje ESCO – princip ESCO podjetij je precej nov, še posebej v Evropi, zato je potrebna stimulatívna vloga države pri promoviranju tovrstnih podjetij.
- Pri promociji EPC je primerno, da država razišče, če je stroškovno učinkovita stopnja DSM ukrepov - s strani porabnika, enaka socialni stopnji teh ukrepov.

## 2. Zaračunavanje voda izven IRP procesa

Kot je že bilo omenjeno, predstavlja 'zaračunavanje voda' davek na tarifo energije, ki bo porabljena za DSM ukrepe. Za razliko od IRP procesa, kjer ta denar porabljajo dobavitelji, ga v teh primerih porabi neka druga organizacija, oz. ena od dveh možnih. To sta vladna organizacija ali neodvisna organizacija. Obe možnosti predstavljata filozofijo 'naravnega DSM sistema', saj 'poraženci' iz tabele 3.1 ne bodo imeli nobenih obveznosti do DSM sistema.

Glavna razlika med sistemoma 'zaračunavanje voda' znotraj in izven IRP procesa, je količina dviga tarife za energijo. Dvig tarife v primeru znotraj IRP procesa je fiksni, kot rezultat *namernega planiranja* s težnjo po minimalnih družbenih stroških. V primeru 'zaračunavanje voda' izven IRP procesa se dvig tarife izračunava drugače. V različnih primerih in državah obstaja več načinov in metod izračunov. Dvig tarife je rezultat stroškovno-prihodkovne analize izvajanih DSM ukrepov in ni postavljen od dobavitelja energije. To pomeni, da se ne šteje kot IRP proces.

## 4 ZMANJŠEVANJE EMISIJ TGP V SLOVENIJI

Za doseganje obveznosti iz Kjotskega protokola so bili v Sloveniji uvedeni dodatni ukrepi. Energetska politika preko svojih programov spodbuja izboljšanje ravnanja z energijo v tehnološkem, ekonomskem in okoljskem pomenu - z izgradnjo ustrezne infrastrukture in uvajanjem učinkovitejših tehnologij. Ključni dokumenti, ki opisujejo načrtovane korake v smeri zmanjšanja emisij toplogrednih plinov, so Operativni program zmanjševanja emisij toplogrednih plinov, Nacionalni energetski program in Energetski zakon.

Slovenija je leta 2003 izdala Operativni program zmanjševanja emisij toplogrednih plinov (OP), ki izhaja iz Nacionalnega programa varstva okolja na področju varstva zraka in podnebja (Uradni list RS št. 83/99) in obvez iz Kjotskega protokola. Dejanske emisije TGP v Sloveniji so v letu 1996 že presegle ciljno količino za obdobje 2008 - 2012. Zaznavno naraščajoče gibanje emisij od leta 1992 do leta 1996 in tudi kasneje je mogoče tolmačiti s ponovnim zagonom in nadaljnjo količinsko rastjo gospodarskih in drugih aktivnosti, ki povzročajo emisije TGP. To velja zlasti za porabo fosilnih goriv (energetika v širšem pomenu, ki vključuje tudi promet). Ocenjen upad emisij v letih 1996 - 1999 še ni v celoti pojasnjen; vsekakor pa je v največji meri posledica manjših nakupov goriv tujcev (obmejni nakupi).

V sektorju energetike, ki zajema oskrbo z električno energijo in gorivi, pri emisijah toplogrednih plinov po količini in učinkih prevladuje CO<sub>2</sub> (80 % v letu 1999). Emisije CO<sub>2</sub> so posledica kurjenja fosilnih goriv (premoga, nafte, zemeljskega plina idr.), rabe goriv neposredno v prometu, v industrijskih procesih, za ogrevanje in za energetske pretvorbe, zlasti v termoelektrarnah. Ukrepi za zmanjševanje emisij TGP so obenem naravnani na povečevanje energijske učinkovitosti. Zahodna Evropa (tudi Slovenija) je glede fosilnih goriv zelo odvisna od uvoza, zato je zmanjševanje emisij TGP lahko tudi strateški ukrep za zmanjševanje uvozne odvisnosti. Dolgoročna strateška prednost trajnostne usmeritve je tudi razvoj in uvajanje energijsko učinkovitih tehnologij.

Tudi v industriji večino emisij predstavlja CO<sub>2</sub>, le nekaj odstotkov drugi TGP. Poleg neposrednih emisij pri kurjenju fosilnih goriv je potrebno upoštevati tudi posredne emisije, zlasti za proizvodnjo električne energije in za proizvodnjo toplote v sistemih za daljinsko ogrevanje.

Ukrepi za zmanjšanje emisij CO<sub>2</sub> v industriji so enaki kot v energetiki v ožjem pomenu: učinkovitejša raba energije in zamenjava fosilnih goriv z gorivi, ki vsebujejo manj ogljika (zemeljski plin ipd.).

Toplotne izgube v zgradbah, ki so izvedene po današnjih predpisih, so za več kot polovico manjše od toplotnih izgub starejših zgradb (na primer v javnem sektorju: šole, bolnišnice, ustanove). Če upoštevamo vrednost zmanjševanja emisij TGP, se obseg sicer ekonomsko upravičenih sanacijskih posegov poveča. Le malo posegov, ki jih saniramo pred iztekom življenjske dobe stavbnih elementov (okna, fasade), je gospodarnih. Hitrejši učinki so mogoči na sistemih za oskrbo s toploto. Ukrepi obsegajo boljše vzdrževanje in obnovo kurilnih naprav. Spodbude za prispevek k zmanjšanju emisij TGP bi pospešile zamenjavo manj učinkovitih kurilnih naprav z učinkovitejšimi, prehod na kurjenje biomase ali zemeljskega plina, rabo toplotnih črpalk in izgradnjo strojev za sproizvodnjo toplote in električne energije v lokalni energetiki. Značilno je, da se sedaj za ogrevanje uporablja predvsem kurilno olje (več kot 50 %). Tržni delež tega goriva je smiselno zmanjšati tako zaradi zmanjšanja emisij TGP, kot zaradi zmanjšanja odvisnosti od uvožene nafte. Ukrepi za zmanjševanje

emisij TGP na strani rabe energije prispevajo tudi k drugim strateškim ciljem: izboljšanju bivalnih in delovnih razmer ter zmanjšanju strateške odvisnosti od uvoza goriv. Zaradi zmanjšane uvoza energentov iz tujine, bi se lahko doma odpirala nova delovna mesta, zlasti v lokalni energetiki in pri uporabi biomase za ogrevanje.

Stroški, ki so potrebni za doseganje kjotskih ciljev, so zelo odvisni od izbire ukrepov in instrumentov za aktiviranje potencialov za zmanjšanje koncentracij TGP v ozračju. Prožno prilagajanje gospodarstva je najučinkovitejše, dosegljivo pa je z ekonomskimi instrumenti, ki učinkujejo enakomerno na vse sektorje (kot na primer CO<sub>2</sub> taksa in trgovanje z emisijami). K uporabi ekonomskih instrumentov usmerja tudi Nacionalni program varstva okolja. Za EU so ocenili, da se stroški doseganja kjotskih ciljev lahko gibljejo od 0,03 % (za primer optimalnega prilagajanja) do 0,6 % BDP-ja letno. Skupni letni družbeni stroški v RS za zmanjševanje emisij TGP po kjotskih obvezah so ocenjeni v razponu od 3,4 do 7,9 milijard SIT letno, kar predstavlja med 0,6 in 1,3 % BDP-ja [74].

Proračunski stroški obsegajo stroške za pripravo in izvajanje zakonskih in projektnih instrumentov. Možni so tudi neposredni proračunski posegi, na primer subvencioniranje ukrepov za učinkovito rabo energije ali izrabo obnovljivih virov energije. Namenske dajatve, na primer CO<sub>2</sub>-taksa ali povečana trošarina za porabljena goriva in električno energijo pa so namenski proračunski prihodki. Ključna proračunska priliva, in s tem javnofinančna vira financiranja, sta tudi taksa za obremenjevanje zraka z emisijo ogljikovega dioksida in taksa za obremenjevanje okolja zaradi odlaganja odpadkov.

Stroški za izvedbo ukrepov za zmanjšanje emisij TGP bodo razporejeni zelo široko, na primer med vse plačnike CO<sub>2</sub>-takse, kot tudi tiste, ki bodo morali upoštevati ostrejša tehnična predpisa, ki emisije zmanjšujejo posredno. Le manjši del stroškov bo neposredno bremenil proračun. Proračunske postavke lahko na različne načine vplivajo na doseganje kjotskih ciljev. V izvajanje teh proračunskih postavk je treba vnesti tudi ciljno komponento zmanjševanja emisij TGP in doseganje kjotskih ciljev, s čimer je mogoče doseči optimalni učinek.

Izvedba v Operativnem programu predvidenih ukrepov zmanjševanja emisij toplogrednih plinov je z vidika odlivov proračuna RS "nevtralna", kar pomeni, da ne predvideva bistvenega povečanja proračunskih odlivov za omenjene namene. V proračunu Republike Slovenije so predvidena sredstva za podprogram urejanje področja učinkovite rabe in obnovljivih virov energije pri Agenciji za učinkovito rabo energije, ki vključujejo tudi subvencioniranje ukrepov v učinkovito rabo energije (pp št. 2591), sofinanciranje pilotnih projektov DSM (pp št. 3939) in spodbujanje učinkovite rabe energije (pp št. 4261). Skladno z Uredbo o taksi za obremenjevanje zraka z emisijo ogljikovega dioksida bo delež sredstev razdeljen na javnem razpisu za pokrivanje upravičenih stroškov pri investiciji oziroma izvedbi določenih ukrepov za zmanjšanje emisij TGP (predvsem izvedbe ukrepov učinkovite rabe energije v obstoječem industrijskem obratu, rekonstrukcije obstoječih naprav za oskrbo naselij s toploto ali zamenjave uporabe fosilnih goriv z obnovljivimi viri energije, izvedba ukrepov zmanjšanja toplotnih izgub objektov).

Predvideni obseg investicijskih proračunskih sredstev za vzpodbude in investicije v ukrepe učinkovite rabe energije (DSM) znaša v letu 2015 okrog 1,2 Mrd SIT. Vse obravnavane investicije so ob tem analizirane anuitetno, glede na življenjsko dobo in diskontno stopnjo 10%. Zaradi anuitetnega obračuna bi v absolutnem znesku pomenilo to znesek nad 10 MrdSIT letno [92].

Slovenski pravni akti s področja zmanjševanje emisij TGP največkrat izhajajo iz mednarodnih obveznosti, direktiv in smernic. Tako tudi Operativni program zmanjševanja emisij toplogrednih plinov. V njem so vključeni ukrepi, katerih instrumenti za njihovo izvedbo so na celotnem območju EU harmonizirani ter imajo znatne in merljive učinke zmanjšanja emisij TGP. Zajema 22 instrumentov za doseganje kjotskih ciljev:

1. trgovanje z emisijami toplogrednih plinov;
2. trgovanje z zemeljskim plinom;
3. trgovanje z električno energijo;
4. taksa na emisijo ogljikovega dioksida;
5. prilagoditev industrije okoljskim standardom (IPPC);
6. uvajanje trošarinskih dajatev na fosilna goriva in električno energijo;
7. spodbujanje sproizvodnje toplote in električne energije;
8. spodbujanje proizvodnje električne energije iz obnovljivih virov;
9. spodbujanje povečanja rabe obnovljivih virov;
10. promocija energijske učinkovitosti in energijska učinkovitost javnega sektorja;
11. spodbujanje učinkovite rabe energije pri porabnikih (DSM);
12. energijsko označevanje gospodinjskih aparatov;
13. energetske lastnosti stavb;
14. toplotne izolativne lastnosti gradbenih proizvodov;
15. predpisi o rednem nadzoru sestave izpušnih plinov in nastavitvah motorjev motornih vozil;
16. strategija prostorskega in regionalnega razvoja, izgradnja ustrezne prometne infrastrukture ter prometne ureditve;
17. obveščanje potrošnikov o emisiji CO<sub>2</sub> motornih vozil;
18. spodbujanje rabe biogoriv;
19. zmanjšanje onesnaženosti zunanjega zraka zaradi prometa;
20. zmanjšanje emisij F-plinov;
21. kmetijska okoljska politika in
22. ravnanje z odpadki.

V naslednjih podpoglavjih so opisani nekateri pravni akti, ki se nanašajo na ukrepe, povezane z upravljanjem z energijo na strani porabe in tako posredno ali neposredno vplivajo na zmanjševanje emisij. Ti akti, poleg opisanega trenutnega stanja, predstavljajo smernice razvoja zmanjševanja emisij TGP. Predstavljenih je šest, od dvaindvajsetih, instrumentov, ki so namenjeni doseganju kjotskih ciljev. Za vsako od področij oz. instrumentov so na kratko podani tudi pričakovani učinki in akcije na nacionalni ravni v bližnji prihodnosti.

#### **4.1 PRILAGODITEV INDUSTRIJE OKOLJSKIM STANDARDOM (IPCC)**

V EU so se z uveljavitvijo Direktive o celovitem preprečevanju in nadzoru onesnaževanja iz industrije (direktiva IPPC) oblikovali enotni postopki dovoljevanja obratovanja industrijskih virov onesnaževanja. S harmoniziranimi postopki iz direktive IPPC so se začeli uvajati ukrepi zmanjševanja onesnaževanja okolja iz industrijskih obratov za istovrstne izdelke na enoten način na območju vseh držav članic EU. Industrijski obrati, za katere je harmoniziran postopek izdaje dovoljenja obvezen, so razvrščeni v skupine, izdaja dovoljenja za obratovanje pa sloni na načelu, da se morajo za industrijsko proizvodnjo uporabiti le najboljše na trgu dostopne in preizkušene tehnike (*BAT – Best Available Technique*).

Z uveljavitvijo direktive IPPC je bil sprejet tudi rok enajstih let, v katerem se morajo obstoječi industrijski obrati prilagoditi standardom najboljših dostopnih tehnologij. Zahteva, da morajo

obstoječi industrijski viri onesnaževanja do leta 2007 zmanjšati rabo naravnih virov ter emisije v okolje do ravni, ki so dosegljive le z najboljšimi poznanimi in preizkušenimi tehnologijami, bo v marsičem spremenila strukturo evropske industrije, bistveno pa bo prispevala tudi k zmanjšanju rabe fosilnih goriv. Z uvedbo sodobnih industrijskih tehnologij se bo povečala tudi učinkovitost rabe električne energije, tako da je pričakovati prav v obdobju 2008 - 2012, ko se bo ugotavljala učinkovitost ukrepov za doseganje kjotskih ciljev, znatno zmanjšanje porabe primarne energije pri proizvodnji industrijskih izdelkov.

Pri pridobivanju celovitih okoljskih dovoljenj za velike industrijske obrate bo potrebno upoštevati predloge iz dokumentov BREF (Referenčni dokumenti BAT) tudi glede zagotavljanja učinkovite rabe energije. Ocenjujemo, da se bo z izvajanjem direktive IPPC, odvisno od dejavnosti, zmanjšala specifična poraba energije na enoto proizvodnje do 20 %, kar bo posredno ali neposredno vplivalo na emisije toplogrednih plinov.

Za emisije TGP je odločilna poraba energije v tehnološkem procesu. To je mogoče doseči z večjo učinkovitostjo pri pretvorbi energije, zmanjšanjem toplotnih izgub in povečanjem izkoristkov proizvodnih procesov.

#### **4.2 PROMOCIJA ENERGETSKE UČINKOVITOSTI IN ENERGETSKO UČINKOVIT JAVNI SEKTOR (TPF)**

Direktiva SAVE 93/76/EEC se nanaša na izvajanje vrste t.i. neinvesticijskih ukrepov oziroma pristopov za povečanje energijske učinkovitosti v stavbah in industriji. Namen izvajanja teh ukrepov je med drugim tudi:

- z uvedbo obračuna stroškov za ogrevanje v več stanovanjskih stavbah po dejanski porabi, se poraba energije lahko zmanjša tudi za več kot 15 %;
- v industriji je mogoče z energetskimi pregledi, še posebej v obratih z večjo porabo energije, zagotoviti informacije o potrebnih organizacijskih in investicijskih ukrepih za zmanjšanje porabe energije.

Direktiva 93/76 Sveta Evropske skupnosti z dne, 13. 09. 1993, o omejitvi emisij ogljikovega dioksida z izboljšanjem energijske učinkovitosti (SAVE), obravnava naslednje dejavnosti:

- energijsko certificiranje zgradb;
- zaračunavanje stroškov za toploto, prezračevanje in toplo vodo na osnovi dejanske porabe;
- financiranje investicij v URE v javnem sektorju s tretje strani (*TPF – Third Party Financing*);
- toplotno izoliranje novih zgradb;
- redne preglede kotlov in
- preglede porabe energije velikih porabnikov.

Resolucija Sveta Evropske unije o energijski učinkovitosti v Evropski skupnosti izraža potrebo po večji energijski učinkovitosti in pri tem izpostavlja:

- večjo uporabo sproizvodnje toplote in električne energije;
- večji poudarek energijski učinkovitosti v zgradbah, industriji in gospodinjstvih;
- večjo in razširjeno uporabo označevanja z energijskimi nalepkami, certificiranja in uporabe standardov energijske učinkovitosti;
- boljše in razširjeno informiranje o primerih dobre prakse;
- večjo uporabo prostovoljnih sporazumov za energijsko učinkovitost;
- revizijo obstoječih predpisov in razvoj novih zakonskih instrumentov;

- predpisovanje energijske učinkovitosti v sisteme javnih naročil in
- razširjeno uporabo novih finančnih mehanizmov, kot je TPF.

Vsi omenjeni dokumenti so usmerjeni v aktivnosti, ki naj bi omogočile zniževanje emisij toplogrednih plinov. Od navedenih dokumentov je pomembna predvsem Direktiva 93/76 SAVE, ki zavezuje članice k izvajanju politik učinkovite rabe energije na specifičnih področjih, ki lahko pomembno vplivajo na zniževanje emisij toplogrednih plinov. V direktivi so določeni instrumenti, ki od članic zahtevajo pripravo ustreznih nacionalnih predpisov, ki neposredno vplivajo na zniževanje rabe energije.

Aktivnosti za celovito spodbujanje izdelave energetskih pregledov v industriji, storitvenem, javnem in stanovanjskem sektorju so se začele že v letu 1996. Izdelana je bila metodologija izdelave energetskih pregledov in izšolani so bili izvajalci energetskih pregledov in energetski menedžerji pri porabnikih. Agencija za učinkovito rabo energije (AURE) finančno spodbuja energetske preglede do 50 % njihove vrednosti. Do sedaj je bilo podprtih več kot 200 energetskih pregledov. Dosedanja evalvacija tega programa kaže, da sam energetski pregled zaradi gospodarnejšega ravnanja z energijo v prvem letu po izvedbi, brez realizacije predlaganih investicijskih ukrepov, povzroči v povprečju za 3 % nižjo porabo energije.

V letu 2002 sprejeti Pravilnik o toplotni zaščiti in učinkoviti rabi energije v zgradbah predstavlja izvedbo dveh določil direktive, saj omogoča tudi certificiranje zgradb. Učinek tega pravilnika bo do 30 % nižja poraba energije v novih zgradbah.

V zvezi z obračunom stroškov za ogrevanje je bil v letu 2003 sprejet Pravilnik o načinu delitve in obračunu stroškov za toploto v stanovanjskih in drugih stavbah z več odjemalci. Izvajanje tega pravilnika bo odvisno od odločitev lastnikov stanovanj v večstanovanjskih objektih. Pilotni projekt na dveh objektih je pokazal možnosti za znižanje rabe do 20 %.

Redni pregledi malih kurilnih naprav (na trdna goriva do 1 MW, na kurilno olje EL do 5 MW in na plinasta goriva do 10 MW) se izvajajo na osnovi že sprejetih emisijskih predpisov.

V Sloveniji je uveden princip TPF ali pogodbenega znižanja stroškov za energijo na osnovi izvedbe in financiranja ukrepov za zmanjšanje porabe energije oziroma za učinkovito oskrbo z energijo. Glavni namen pogodbenega zagotavljanja prihranka energije je vključevanje privatnih investitorjev v realizacijo ukrepov za učinkovito rabo energije brez angažiranja lastnih finančnih sredstev javnega sektorja. Pogodbeno zagotavljanje prihranka energije je postopek, ki povezuje naložbene in obratovalne postopke. Izvajalec (pogodbenik) financira in realizira ukrepe za prihranek energije in jih izvaja v teku dogovorjene dobe. Ker je njegovo plačilo odvisno neposredno od ustvarjenega prihranka, je izvajalec nosilec podjetniškega tveganja. Pilotni projekt v mestni občini Kranj kaže na možnost znižanja porabe energije v javnem sektorju za okoli 15 %.

Z ustreznimi spodbujevalnimi ukrepi države pri izvajanju določb teh dokumentov bi bili lahko skupni učinki pri zmanjševanju emisij naslednji:

a) Energetski pregledi v industriji so že opravljeni v preteklih letih v obsegu, ki predstavlja 80 % rabe energije v industriji. Z nadaljevanjem spodbujanja energetskih pregledov lahko dosežemo, da se v preostalem delu zmanjša raba energije za 3 %, kar pomeni 12kt CO<sub>2</sub> letno.

b) Na osnovi pravkar sprejetega Pravilnika o načinu delitve in obračunu stroškov za toploto v stanovanjskih in drugih stavbah z več odjemalci (Uradni list RS, št. 49/2003) bi ob spodbudi države v višini 3 SIT na kg privarčevanega CO<sub>2</sub> in pri 30-odstotni penetraciji ukrepa dosegli prihranek 19 kt CO<sub>2</sub> letno.

c) z intenzivnim uvajanjem pogodbenega financiranja ukrepov za učinkovito rabo energije v javnem sektorju bi lahko, ob 30-odstotni penetraciji tega instrumenta, do leta 2010 dosegli prihranek v višini 18 kt CO<sub>2</sub> letno.

#### **4.3 SPODBUJANJE UČINKOVITE RABE ENERGIJE PRI PORABNIKIH**

Povečanje energijske učinkovitosti rabe energije v vseh sektorjih predstavlja pomemben potencial za zmanjšanje emisij TGP (v EU prispevek v višini 40 % od celotnega potrebnega znižanja emisij TGP). Poleg tega prispeva tudi k povečani zanesljivosti oskrbe z energijo, povečani konkurenčnosti gospodarstva itd.

Na področju učinkovite rabe energije dodaja EU Direktivi o trgovanju z emisijami in direktivi o energijski lastnostih stavb sedaj še direktivo o energetskih storitvah, s katerimi bo poleg direktiv, ki se nanašajo na energijske učinkovitost naprav in proizvodov, zapolnila preostala področja rabe energije. Z Direktivo o energetskih storitvah se bodo v izvajanje ukrepov učinkovite rabe energije pri porabnikih vključila tudi podjetja za oskrbo z energijo, ki porabnikom dobavljajo električno energijo, plin oziroma toploto po omrežjih, za katere je značilna visoka strokovna usposobljenost, poznavanje vzorcev porabe posameznih porabniških skupin itd. Za financiranje izvajanja programov URE bodo poleg sredstev iz državnega proračuna uporabljena sredstva, zbrana na osnovi povečanja cene električne energije. Izvajanje programov učinkovite rabe energije pri porabnikih s strani podjetij za oskrbo z energijo (Demand Side Management – DSM) opredeljuje Energetski zakon v 67. členu, po katerem lahko dobavitelji električne energije, zemeljskega plina ali toplote pripravijo programe, ki spodbujajo njihove odjemalce k učinkoviti rabi energije. Stroške za izvajanje teh programov lahko pokrijejo iz cene za energijo. Soglasje k programu in z njim povezanim stroškom daje minister, pristojen za energetiko. Dobavitelji so dolžni poročati ministru o učinkih in stroških spodbujevalnih programov.

Podrobneje opredeljuje izvajanje programov DSM Uredba o načinu izvajanja gospodarskih javnih služb s področja distribucije električne energije (Uradni list RS št. 54/00, 99/01). Distributer električne energije je po 19. členu te uredbe dolžan vsaki dve leti pripraviti načrt razvoja distribucijskega omrežja in ga uskladiti z nacionalnim energetskim programom. Dobavitelj tarifnim odjemalcem je po 31. členu uredbe dolžan porabnike vsaj enkrat letno informirati o gibanjih in značilnostih njihove porabe in opozarjati na spodbujevalne programe dobavitelja ali drugih pravnih ali fizičnih oseb. Upravljavca distribucijskega omrežja je po 54. členu uredbe dolžan pripraviti in skrbeti za izvedbo programov DSM v skladu s 67. členom Energetskega zakona, ki morajo biti usklajeni z Nacionalnim energetskim programom, načrtom razvoja distribucijskega omrežja in drugimi programi URE. Stroške za izvedbo programov lahko delno ali v celoti krijejo iz cene za uporabo omrežja.

Direktiva o energetskih storitvah se je od prvotnega koncepta ukvarjanja samo z vidikom DSM razširila na vrsto instrumentov in praktično na vse sektorje rabe energije. Ciljne skupine bodo vsi porabniki, vključno s prometom (razen energetsko intenzivne industrije, ki bo vključena v trgovanje z emisijami).



Direktiva bo urejala naslednje:

1. Izvajanje programov učinkovite rabe energije, ki ga vršijo državne in lokalne agencije, distributerji energije (elektrika, plin, daljinska toplota) in drugi akterji.
2. Spodbujanje razvoja trga nudenja energetskih storitev, ki je naloga podjetij za nudenje energetskih storitev (ESCO – Energy Service Company) - na osnovi inovativnih metod financiranja projektov za zniževanje porabe energije oziroma za učinkovito oskrbo porabnikov z njo (npr. s kogeneracijo), ob podpori državne agencije pri promociji, informiranju in usposabljanju. V uporabi je splošen izraz Third Party Financing. Za primer zniževanja porabe energije je uporabljen Energy Performance Contracting, za primer učinkovitejše oskrbe pa Energy Supply Contracting.
3. Energijsko učinkovita javna naročila (public procurement).
4. Promocijo novih tarifnih sistemov in meritev za večjo odzivnost glede na ceno energije.
5. Znižanje DDV.
6. Informativne energetske preglede, informativne račune za energijo itd.

Predvideno je tudi ustanavljanje skladov za energijsko učinkovitost v državah članicah. Direktiva se bo nanašala na električno energijo, daljinsko toploto in na vsa goriva. Orientacijski cilj te direktive je doseganje prihrankov energije v višini 1 % na leto glede na porabo v prejšnjem letu. Zelo verjetno bo treba okvirno v tej višini postaviti tudi cilje v državah članicah. Poleg tega bodo programi DSM (predvsem ukrepi za izravnavo odjema in distribuirana proizvodnja električne energije) potencialno učinkovali tudi na časovno zamaknitev izgradnje dodatnih kapacitet omrežij za distribucijo električne energije. Pri določanju vpliva te direktive na emisije TGP, je potrebno upoštevati »prekrivanje« učinkov z drugimi instrumenti.

Na osnovi izvajanja obveznosti, ki bodo izhajale iz gospodarske javne službe distribucije električne energije in plina, izvajanja programov MOP/AURE in aktivnosti, ki bodo posledica tržnih akterjev, bo zagotovljena znižana rast porabe energije za 1 % letno in s tem sorazmerno zmanjšanje emisij TGP. Ta cilj mora biti obravnavan kot celovit cilj po posameznih gorivih oziroma sektorjih in vključuje tudi učinke drugih direktiv.

#### **4.4 ENERGIJSKO OZNAČEVANJE GOSPODINJSKIH APARATOV**

Poraba električne energije v Sloveniji v gospodinjstvih znaša okoli 2,7 TWh na leto, od česar odpade na gospodinjske aparate 56 %, na razsvetljava 11 % ter na ogrevanje in pripravo tople vode 33 %. Energijska učinkovitost novih gospodinjskih aparatov se sicer stalno izboljšuje, hkrati pa se povečuje tudi opremljenost gospodinjstev s temi aparati [74].

Za povečanje energijske učinkovitosti se uporabljata dva instrumenta, in sicer energijsko označevanje gospodinjskih aparatov, s katerim je kupec informiran o porabi energije aparata, tako da se lahko pri nakupu odloči za energijsko varčnejši aparat ter zahteva po minimalni energijski učinkovitosti, s katero je zagotovljeno, da se na trgu ne pojavljajo aparati oziroma oprema s preveliko porabo energije. To področje ureja množica direktiv, ki se nanašajo na energijsko označevanje gospodinjskih aparatov oziroma na postavljanje minimalnih zahtev glede energijske učinkovitosti gospodinjskih aparatov in energetskih naprav. V slovenski pravni red je prenesena večina evropskih direktiv.

Na področju energijske učinkovitosti gospodinjskih aparatov v EU poteka razprava o spremembah energijskih razredov za nekatere gospodinjske aparate, predvsem hladilnike, zamrzovalnike in pralne stroje, saj je tehnološki razvoj že presegel razrede, določene v obstoječih direktivah. Prav tako je formirana ekspertna skupina za energijsko učinkovitost

pisarniških naprav, ki bo določila kriterije za posamezne naprave. Ob nemotenem prostem pretoku blaga na notranjem trgu EU je osnovni cilj povečati energijsko učinkovitost na strani porabnikov z uporabo energijsko učinkovitejših gospodinjskih aparatov. Kupcem imajo zagotovljeno izbiro gospodinjskih aparatov - glede na njihovo energijsko učinkovitost. Realna posledica označevanja v trgovini ponujenih gospodinjskih aparatov (GA) z energijskimi nalepkami bo izboljšana struktura GA v uporabi. To pomeni manjšo porabo električne energije in vode ter posledično manjše emisije TGP.

Direktive ne vsebujejo nobenih opcij. S kontinuiranim sprejemanjem novih zahtev po označevanju energijske učinkovitosti vse večjega števila gospodinjskih aparatov oziroma z določanjem njihove minimalne energijske učinkovitosti, se oži področje nekontrolirane uporabe energijsko potratnih gospodinjskih aparatov. Ob ustreznih spremljajočih aktivnostih obveščanja in ozaveščanja kupcev je pričakovati izboljšanje strukture GA v uporabi vsaj za dva razreda.

Pomen tega je razviden iz tabele 4.1:

Energijski razred GA	D	C	B	A
Povprečna poraba energije GA v %	100	89	75	62

*Tabela 4.1: Energijski razredi gospodinjskih aparatov*

Pričakovati je, da bo instrument energijskega označevanja gospodinjskih aparatov, kljub naraščanju opremljenosti, dal pozitivne učinke v višini največ 100 GWh, kar v ekvivalentu CO<sub>2</sub> pomeni 40 kt v letu 2010. Ta ocena znižanj je izdelana na predpostavki, da na tem področju ne bo nobenih spodbud države. V predlogu novega zakona o dohodnini se namreč ukinja tudi sedanja spodbuda za nakup energijsko učinkovitih aparatov [74].

#### **4.5 ENERGETSKE LASTNOSTI STAVB**

Poraba energije v gospodinjstvih ter v storitvenem in javnem sektorju predstavlja okoli 40 % porabe celotne končne energije v Sloveniji [74]. Pretežni del te energije je porabljen za zagotavljanje ustreznih bivalnih in delovnih razmer ter pripravo tople vode v stavbah. V sektorju stavb se v EU ocenjuje, da znašajo ekonomsko upravičeni prihranki energije, ki jih je možno doseči z večjimi zahtevami glede toplotnih karakteristik ovoja stavb, energetske učinkovitejšimi sistemi za ogrevanje, prezračevanje, hlajenje, pripravo tople vode in razsvetljava prostorov okoli 22 %. Za zniževanje emisij TGP je pomemben tudi prehod na goriva z manjšo vsebnostjo ogljika oziroma na obnovljive vire energije (npr. lesno biomaso, sončno energijo, geotermalno energijo itd.).

Najpomembnejša direktiva v EU na tem področju Directive 2002/91/EC of the European Parliament and of the Council of 16<sup>th</sup> December 2002 on the energy performance of buildings (Direktiva o energetskih lastnostih stavb). Ta direktiva nadomešča Direktivo SAVE (93/76/EEC) iz leta 1993 na naslednjih področjih:

- energetske certificiranje stavb,
- toplotna zaščita novih stavb,
- redni pregledi kotlov in
- energetski pregledi stavb.

Direktiva se ne nanaša na industrijske stavbe in ne obravnava ukrepa razdeljevanja stroškov za ogrevanje in pripravo tople vode po dejanski porabi v večstanovanjskih stavbah, ki ga sicer

uvaja Direktiva SAVE iz leta 1993. Ta direktiva (93/76/EEC) članice EU obvezuje k razvoju in izvajanju programov na področju obračuna rabe energije za ogrevanje in pripravo tople vode po dejanski rabi, uvajanju strožje regulative za toplotno zaščito stavb, uvajanju pogodbenega financiranja projektov učinkovite rabe energije v javnem sektorju, energetskih pregledov velikih porabnikov, rednih pregledov kotlov in uvajanju energetske izkaznice za stavbe. Energetska izkaznica stavbe tudi v tujini praviloma vsebuje energetske kazalce, določene po računskem postopku SIST EN 832, zato je uvedba te metode ključnega pomena za skladnost različnih instrumentov in mednarodno primerljivost kazalcev.

V Sloveniji je izdelan akcijski načrt za prenos direktive o energetskih lastnosti stavb v naš pravni red, na osnovi katerega bodo pripravljene ustrezni pravni akti. Direktiva zahteva uskladitev naših predpisov do 4. 1. 2006. Trenutni predpisi na tem področju pa so: Energetski zakon, Zakon o graditvi objektov, Zakon o varstvu okolja, Pravilnik o toplotni zaščiti in učinkoviti rabi energije v stavbah, ...

Na končno rabo energije in emisije TGP, poleg ravnanja in osveščenosti uporabnikov, najbolj vplivajo sistemi za končno pretvorbo energije (kotli, grelniki idr.) ter vrsta goriva. Visok delež tekočih goriv v skupni porabi končne energije za ogrevanje in pripravo sanitarne tople vode v gospodinjstvih in storitvenem sektorju (okrog 50 PJ v letu 2000) predstavlja velik potencial za zmanjšanje emisij TGP z izboljšavami in zamenjavo kotlov ter prehodom na druga goriva (zlasti na zemeljski plin, lesno biomaso in druge obnovljive vire) in na daljinsko toploto.

Namen direktive o energetskih lastnostih stavb je učinkoviteje kot do zdaj promovirati in spodbujati izkoriščanje velikih stroškovno učinkovitih potencialov za URE pri novih in obstoječih stavbah ter hkrati zmanjšati velike razlike med rezultati dosedanjih tovrstnih programov v državah članicah. Po obdobju ugotavljanja možnosti za URE v stavbah in izvajanju programov v skladu z Direktivo SAVE je EU odločena preiti od besed k dejanjem in močnejše spodbuditi izvajanje projektov URE v novih in obstoječih stavbah. Direktiva o energetskih lastnostih stavb navaja zahteve glede:

- metodologije izračuna celovitih energetskih lastnosti stavbe - upoštevati je potrebno vplive toplotne zaščite, prezračevanja, lokacije in orientacije, kot je pri nas že predpisano, ter vplive ogrevalnega sistema, sistema za pripravo tople vode, klimatizacije, razsvetljave, hlajenja in pasivnih solarnih sistemov, pa tudi pozitivne učinke rabe OVE, naravnega osvetljevanja, soproizvodnje toplote in elektrike ipd.;
- minimalnih zahtev o toplotnih lastnostih novih stavb - oblikovanje zahtevane ravni rabe energije je prepuščeno posameznim državam, pomembno pa je periodično petletno posodabljanje zahtev v skladu z napredkom tehnike;
- minimalnih zahtev glede toplotnih lastnosti velikih obstoječih stavb, ki gredo v obsežnejšo prenovo - pri obstoječih stavbah bo potrebno poskrbeti za sistem, ki bo za obsežnejše prenove večjih stavb (nad 1000 m<sup>2</sup>) predpisoval tudi uskladitev njihovih toplotnih lastnosti z minimalnimi zahtevami;
- uvajanja energetske izkaznice stavbe - energetska izkaznica stavbe bo po novem obvezna pri prometu z nepremičninami, še posebej za stavbe v javni rabi, zelena je navezava na spodbujevalne programe na nacionalni ravni;
- rednih pregledov kotlov in naprav za klimatizacijo v stavbah ter v nadaljevanju tudi ocene ogrevalnih sistemov, pri katerih so kotli starejši od 15 let.

Učinek direktive na emisije TGP bo lahko znaten, težko pa je predvideti kolikšen. Ocenjeni potencial prikazuje naslednja slika. Znižanje emisij TGP se bo nanašalo na:

- znižano porabo energije v novih stavbah (manjše toplotne izgube, uporaba OVE in KPTE, energetske učinkoviti sistemi za proizvodnjo toplote (kotli) ter za prezračevanje in klimatizacijo);
- znižano porabo energije v rekonstruiranih obstoječih stavbah (isti razlogi kot v prvi alineji);
- redne preglede kotlov in klimatizacijskih sistemov;
- zamenjave starih kotlov (s starostjo nad npr. 15 let) v kombinaciji z izvedbo ukrepov za zmanjšanje toplotnih izgub stavb;
- znižanje porabe energije na osnovi dviga ozaveščenosti in informiranosti porabnikov energije za gospodarno in okolju prijazno ravnanje - z energijo z izvedbo ustreznih informativnih in promocijskih programov in kampanj.

Velike srednjeročne učinke lahko pričakujemo predvsem zaradi zamenjave starih kotlov z novimi – takimi z visokimi izkoristki. Zato bi moral imeti ta ukrep prednost in biti podprt z ustreznimi spodbujevalnimi mehanizmi.

#### **4.6 TOPLOTNE IZOLATIVNE LASTNOSTI GRADBENIH PROIZVODOV**

Na rabo končne energije v stavbah vplivajo toplotna zaščita ovoja stavbe, stopnja prezračevanja, lokacija in orientacija. Ti parametri določajo, koliko toplote bo stavba potrebovala za ogrevanje. Celotna raba končne energije pa je odvisna od izkoristka ogrevalnega sistema in naprave (kotla), navad uporabnika, sistema za pripravo tople vode, klimatizacije, razsvetljave in hlajenja. Upoštevati je treba tudi pozitivne učinke rabe obnovljivih virov, naravnega osvetljevanja, soproizvodnje toplote in elektrike ipd.

Na toplotne potrebe v stavbah najmočneje vplivata toplotna izolativnost gradbenih proizvodov, vgrajenih v ovoj stavbe, in stopnja prezračevanja stavbe. Zato je pomembno vgrajevati energijsko učinkovite gradbene proizvode. Nekoliko manjši, a kljub temu pomemben, je vpliv izkoristkov vgrajenih naprav za ogrevanje, prezračevanje in klimatizacijo.

Pri Direktivi o gradbenih proizvodih je za področje toplotne izolativnosti gradbenih proizvodov ključen zlasti razlagalni dokument ID 6 (Gospodarno ravnanje z energijo in zadrževanje toplote), ki opredeljuje načine izpolnjevanja bistvenih zahtev za gradbene proizvode oz. posredno stavbe. Prvi nivo postavljanja zahtev je najbolj enostaven in opredeljuje zahteve na nivoju posamezne lastnosti gradbenega proizvoda, zato tudi ne omogoča kreativnosti pri projektiranju in ne spodbuja povezovanja strok, medtem ko so zahteve na petem nivoju izražene kompleksno in omogočajo oblikovanje performančnega predpisa. Na višjem nivoju so izražene zahteve, večji je motiv za povezovanje različnih strok pri projektiranju in za uvajanje novih tehnologij za doseg končnega cilja, to je energetske učinkovite stavbe. Trenutno so naši predpisi oblikovani skladno s 4. nivojem, v prihodnosti pa bomo morali, glede na zahteve nedavne Direktive EU (91/2002/EC) o toplotnih lastnostih stavb, preiti na 5. nivo.

V skladu z ZGPro morajo gradbeni proizvodi, trajno vgrajeni v objekt, omogočati stavbi izpolnjevanje šestih bistvenih zahtev. Gradbeni proizvodi ne obsegajo le elementov, vgrajenih v ovoj stavbe, ampak tudi vse naprave za trajno vgradnjo v objekt. Zato je pojem "toplotna izolativnost gradbenih proizvodov" treba razumeti širše.

Na podlagi ZGPro je pričakovana izdaja podzakonskega akta – Razlagalnih dokumentov šestih bistvenih zahtev. Med njimi je tudi šesta bistvena zahteva »varčna raba energije in zadrževanje toplote«. Razlagalni dokument te bistvene zahteve navaja tiste lastnosti gradbenih proizvodov, ki pri gradbenih proizvodih, trajno vgrajenih v stavbo, vplivajo na rabo energije v stavbi in katerih navajanje omogoča neoviran pretok blaga znotraj EU in posredno energetsko učinkovito gradnjo stavb.

Direktiva 2002/91/EC o toplotnih lastnostih stavb (kot pred njo že tudi Direktiva SAVE (93/76/EEC)) narekuje obvezno periodično posodabljanje nacionalnih zahtev za rabo energije v stavbah, v skladu z napredkom tehnike. Hkrati direktiva 2002/91/EC navaja tudi potrebo po oblikovanju celovitega energijskega kazalca stavbe, ki upošteva vse toplotne tokove v stavbi (toplotne izgube, notranje vire, rasvetljava, hlajenje, ...) in se načrtno izogiba deklarativnemu predpisovanju toplotnih lastnosti gradbenih proizvodov, če za to ni kakšnega drugega razloga (npr. sanitarno tehničnega ali dolge življenjske dobe gradbenega proizvoda). V tem smislu sta že zasnovana Pravilnik o toplotni zaščiti stavb ter Pravilnik o prezračevanju (2002), ki pri postavitvi zahtev izhajata iz sedanjega stanja tehnike na trgu gradbenih proizvodov, s čimer je bilo realizirano najmanj 30-odstotno zmanjšanje rabe energije za ogrevanje pri novih stavbah.

V duhu Direktive 2002/91/EC in Razlagalnega dokumenta šeste bistvene zahteve bo treba Pravilnik o toplotni zaščiti stavb nadgraditi, tako da bo predpisoval celovit kriterij glede rabe (končne ali celo primarne) energije v stavbah in tako posredno spodbujal uporabo tistih gradbenih proizvodov z dobrimi toplotnimi lastnostmi (ovoj in naprave), katerih uporaba je tehnično izvedljiva in tudi stroškovno učinkovita. Zato bo po letu 2005 oz. po uveljavitvi zahtev Direktive 2002/91/EC mogoče močnejše računati na aktiviranje potenciala URE in OVE zaradi vgradnje energijsko učinkovitih naprav.

Po nadgradnji\* regulative lahko (izkušnje Nemčije, Nizozemske) pričakujemo pri prvi naslednji uskladitvi zmanjšanje rabe celotne energije najmanj za 15 % (\*namesto da bi realizirali zahtevano zmanjšanje rabe energije le na ovoju, ga bo mogoče realizirati tudi z vgradnjo energijsko učinkovitih naprav, torej gradbenih proizvodov z dobrimi toplotnimi lastnostmi) in nato srednjeročno najmanj za 30 %, dolgoročno (po letu 2012) pa za 50 % [74].

## 5 POTENCIALI IN NAJPOGOSTEJŠI UKREPI ZNIŽANJA EMISIJ TGP

V prejšnjih poglavjih so bila predstavljena izhodišča za izvajanje okoljskih politik, ki zmanjšujejo emisije TGP v ozračje. Opisani so bili tudi mehanizmi, s katerimi je možno doseči zastavljene cilje, prav tako pravna podlaga za njihovo izvajanje. Nadaljevanje tega poglavja prinaša opis možnosti in potencialov, tudi globalnih, zmanjšanja rabe energije z ukrepi URE v sektorjih Industrija in Zgradbe. Podani so tudi najpomembnejši in največkrat uporabljeni ukrepi URE, ki se v glavnem uporabljajo v obeh sektorjih.

### 5.1 INDUSTRIJA

Pri obravnavanju emisij iz industrijskega sektorja se pojavljajo izrazi, kot so: *težka oz. energetsko intenzivna industrija, lahka industrija* ter *posredne in neposredne emisije*. Težko industrijo predstavljajo: proizvodnja kovin (predvsem jeklarska in železarska industrija delno tudi proizvodnja aluminija), rafinerije, proizvodnja celuloze in papirja, proizvodnja osnovnih kemičnih sestavin in proizvodnja nemetalnih mineralov (cementarne). Energetsko manj intenzivno ali lahko industrijo predstavljajo, med drugimi, prehrabena in tobačna industrija, tekstilna industrija, proizvodnja in predelava lesa, proizvodnja sekundarnih kemičnih izdelkov, obdelava kovin ipd. V večini primerov ta industrija proizvede veliko število različnih končnih izdelkov. Neposredne emisije predstavljajo emisije, ki nastanejo med samim industrijskim procesom in se v največji meri pojavljajo v težki industriji. Posredne emisije pa nastanejo zaradi porabe energije oz. energentov, ki so potrebni za delovni proces. V največ primerih je to električna energija.

Emisije ogljikovega dioksida predstavljajo največji delež emisij toplogrednih plinov iz industrije. Največji del teh emisij pa je povezan s porabo in pretvorbo energije. V svetu je v zadnjih tridesetih letih prisotna stalna rast porabe energije. Izjema so le države v tranziciji, ki so v devedesetih letih prejšnjega stoletja zabeležile padec porabe za približno 30 %. Največjo rast porabe energije so imele države v razvoju iz azijsko-pacifiškega področja. V svetu tako industrija proizvede približno tretjino emisij, ki so predmet Kjotskega protokola. Ostale emisije, razen CO<sub>2</sub>, predstavljajo le približno 6 % industrijskih emisij [18].

Glavni faktorji, ki vplivajo na razvoj porabe energije, so v grobem trije:

- obseg oz. količina proizvodnje;
- struktura industrije - v svetu se celo kaže trend povečevanja energetsko intenzivnih panog industrije in
- energetska učinkovitost.

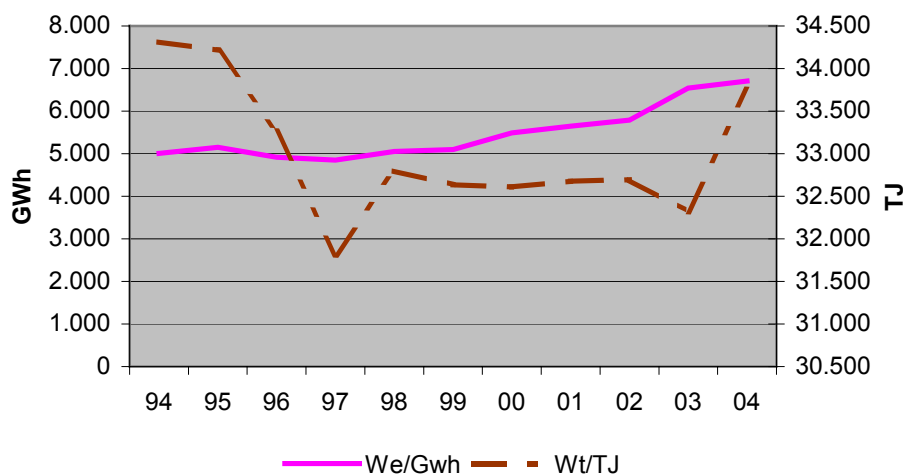
Možnosti za znižanje emisij CO<sub>2</sub>, ki obstajajo v industriji, so naslednje:

- povečana energetska učinkovitost;
- prehod na goriva z manjšo vsebnostjo ogljika;
- povečana uporaba obnovljivih virov energije in
- uporaba učinkovitejših materialov in surovin.

Izboljšanje energetske učinkovitosti v industriji velja za najustreznejšo in glavno metodo znižanja emisij toplogrednih plinov. Za izvajanje ukrepov učinkovite rabe energije obstaja vrsta tehnologij, ki so v večini primerov tudi že komercialno dosegljive. Po študijah, ki so bile izvedne [114], je do leta 2020 v glavnem predvidena porast porabe energije v industriji. Po osnovnem scenariju je predvideno povečanje od 136 EJ v letu 1990 do 205 EJ leta 2020. V scenariju, kjer je predvidena zamenjava opreme s trenutno najučinkovitejšo tehnologijo, je

predvidena rast energije do 173 EJ v letu 2020. Tretji scenarij predvideva mednarodno zavezanost energetske učinkovitosti in hiter tehnološki napredek ter široko razširjenost aplikacij politik in programov za pospešitev uvajanja energetske učinkovitih tehnologij po celem svetu. Po tem scenariju je do leta 2020 možno priti na raven porabe energije v letu 1990. Realno gledano je pričakovati povečano porabo energije v prihodnosti v sektorju industrije. Tretji scenarij je zelo malo verjeten.

Na grafu 5.1 je prikazana poraba toplotne in električne energije v Sloveniji - za sektor industrije med leti 1994 in 2004. Poraba električne energije je podana v GWh in predstavlja porabo končne energije. Iz grafa je razvidna konstantna rast porabe električne energije, ki je bila leta 2004 za 34,09 % višja od porabe leta 1994. Za razliko od električne pa je poraba toplotne energije v industriji v obravnavanem obdobju upadla in je bila leta 2004 za 1,62 % nižja kot leta 1994. Poraba toplotne energije je podana v TJ in predstavlja primarno energijo, ki je potrebna za pridobivanje toplotne energije.



Graf 5.1: Poraba  $W_t$  in  $W_e$  v industriji v Sloveniji [98]

## 5.2 STAVBE

Emisije CO<sub>2</sub>, ki so posledica uporabe energije v stavbah, predstavljajo pomemben del celotnih toplogrednih emisij. Pred časom sta bili objavljeni dve oceni obsega emisij ogljikovega dioksida, povzročenih z rabo energije v stavbah. IPCC v svojem Drugem ocenitvenem poročilu (*SAR – Second Assessment Report*) navaja, da emisije, vezane na stavbe, predstavljajo skoraj 30 % celotnih globalnih emisij CO<sub>2</sub>. Od tega jih je 19 % iz stanovanjskega sektorja in 10 % iz komercialnega sektorja. V svojem zadnjem, to je Tretjem ocenitvenem poročilu (*TAR – Third Assessment Report*) iz leta 2001, pa te deleže ocenjuje celo na 21 % za stanovanjski sektor in 10,5 % za ostale stavbe. IPCC (*SAR*) tudi navaja, da je bila stopnja rasti emisij iz držav v razvoju med leti 1973 in 1990 več kot štirikrat večja od svetovnega povprečja (4,4 %) in da je, v istem obdobju, njihov delež v svetovnih emisijah zgradb narastel iz 11 % na 19 %.

Druga podobna analiza potrjuje ta trend [113]. IEA analiza, ki pokriva 65 držav, katere porabijo več kot 90 % svetovne energije, ocenjuje emisije ogljikovega dioksida, iz stanovanjskega in storitvenega sektorja, na približno 25 % vseh emisij. EIA prav tako ugotavlja podobne stopnje rasti emisij v državah v razvoju, kot jih navaja študija IPCC. V tem obdobju ni bilo rasti emisij v vzhodni Evropi in državah bivše Sovjetske zveze, kar je odraz

ekonomskih in političnih preobrazb. Med leti 1988 in 1992 je bilo v državah bivše Sovjetske zveze 13 % zmanjšanje emisij zaradi energetske rabe.

Ključne dejavnike porabe energije, in s tem povezane emisije toplogrednih plinov iz stavb, predstavljajo: dejavnost (rast prebivalstva, količina delovne sile, urbanizacija, število stavb, število prebivalcev na bivališče, ...); ekonomske spremenljivke (spremembe BDP, spremembe osebnih prejemkov, ...); trendi energetske in ogljikove učinkovitosti. Ti dejavniki so odvisni od sprememb porabnikove nagnjenosti oz. osveščenosti, stroškov energije in tehnologije, stanovanjskih posebnosti, tehnoloških sprememb in od ekonomskega položaja.

Rast emisij v sektorju stavbe je posledica rasti potreb po energetskih storitvah ali spremembi goriva. Visoke stopnje rasti emisij CO<sub>2</sub> v državah v razvoju lahko pripišemo dejstvu, da se jih večina sooča z visoko rastjo omenjenih vplivnih faktorjev. Prav tako se je povečalo število prebivalstva in ekonomska aktivnost. V večini držav v razvoju, posebno v Aziji, je bila rast porabe električne energije, v zadnjih treh desetletjih prejšnjega stoletja, višja od 5 % na letni ravni. Čeprav se je, zaradi povečane energetske učinkovitosti, pojavljalo neprestano zmanjševanje t.i. ogljikove intenzivnosti energetskih storitev, pa je povpraševanje po energiji oz. energetskih storitvah presegalo napore zniževanja.

Globalne projekcije za sektor stavb v vseh scenarijih predvidevajo povečanje porabe primarne energije med leti 1990 in 2020. V osnovnem scenariju je predvidena podvojitvev potreb, od 103 EJ do 208 EJ. Največja rast je predvidena v komercialnem oz. storitvenem sektorju s povprečjem 2,6 % letno. Rast porabe energije v razvitih državah in državah v razvoju pa bi naj bila približno enaka. Povečanje porabe primarne energije do 170 EJ v letu 2020 predvideva scenarij, ki upošteva povečano uporabo modernejših tehnologij. Najmanjše povečanje porabe energije v tem sektorju, to je do 140 EJ v letu 2020, predvideva t.i. agresivni scenarij, ki predvideva globalno izvajanje ekoloških in energetsko učinkovitih politik in tehnologij [114].

V svetu obstaja veliko možnosti znižanja porabe energije v stavbah. Veliko tehnologij, ki to omogočajo, je že komercializiranih, vendar niso v celoti uporabljene v stanovanjskih in ostalih zgradbah. Nekatere tehnologije pa se šele uveljavljajo, saj so bile razvite pred kratkim. Razvoj in prilagoditev novih tehnologij, ki omogočajo učinkovitejšo proizvodnjo in porabo energije, je imel pomemben vpliv predvsem v razvitih državah. Poudarek razvijanja novih tehnologij za zmanjšanje toplogrednih emisij iz stavb poteka predvsem v treh smereh:

- izboljšanje izgradnje stavb,
- izboljšanje stanovanjske opreme in naprav ter
- prehod na goriva z manjšo vsebnostjo ogljika.

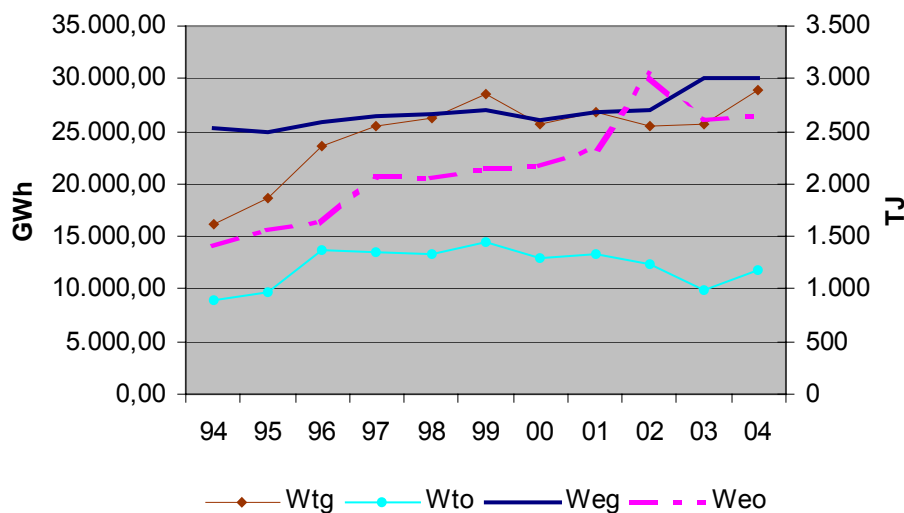
Ogrevanje prostorov predstavlja v razvitem svetu največjo porabo končne energije v segmentu stavb. Temu sledijo: ogrevanje vode, hladilni sistemi, ohlajevanje prostorov in razsvetljava [113].

Poraba toplotne in električne energije v zgradbah v Sloveniji je predstavljena v grafih 5.2 in 5.3. V grafu 5.2 so posebej prikazane porabe električne in toplotne energije v sektorjih gospodinjstvo in ostala raba, v grafu 5.3 pa sta sektorja združena in predstavljata porabo v zgradbah. Oznake v grafih 5.2 in 5.3 pomenijo naslednje:

- Wtg – poraba primarne energije za pridobivanje toplotne energije v gospodinjstvih;
- Wto - poraba primarne energije za pridobivanje toplotne energije v sektorju ostala raba;

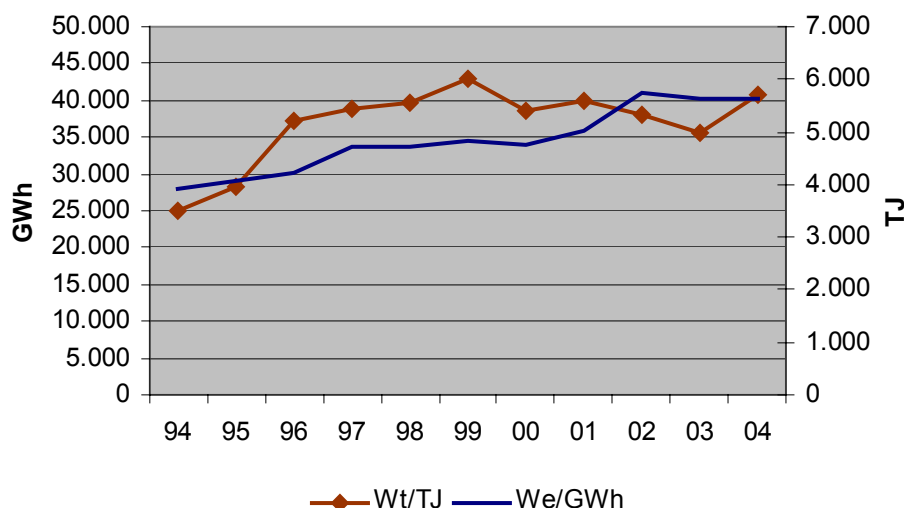


- Weg – poraba električne energije v gospodinjstvih;
- Weo - poraba električne energije v v sektorju ostala raba;
- Wt - poraba primarne energije za pridobivanje toplotne energije v zgradbah in
- We - poraba električne energije v zgradbah.



Graf 5.2: Poraba  $W_e$  in  $W_t$  v gospod. in ost. rabi v Sloveniji [98]

Iz grafa 5.2 je razvidno, da imajo vse obravnavane količine tendenco naraščanja. Tudi poraba toplotne energije v sektorju ostale rabe, ki je med leti 2000 in 2003 doživela upad, je bila leta 2004 za 31,3 % višja kot leta 1994. Najvišjo rast je v opazovalnem obdobju dosegla poraba električne energije v sektorju ostala raba. Poraba električne energije je bila leta 2004 kar za 88,5 % višja kot leta 1994. Nekoliko nižjo rast je imela poraba toplote v istem sektorju. Leta 2004 je bila za 79,9 % višja kot leta 1994. Najnižjo rast - od vseh opazovanih porab energij - je imela poraba električne energije v gospodinjstvih. Ta je v enajstih letih znašala 19 %, vendar je imela med vsemi najbolj enakomerno rast. V povprečju 1,65 % na leto.

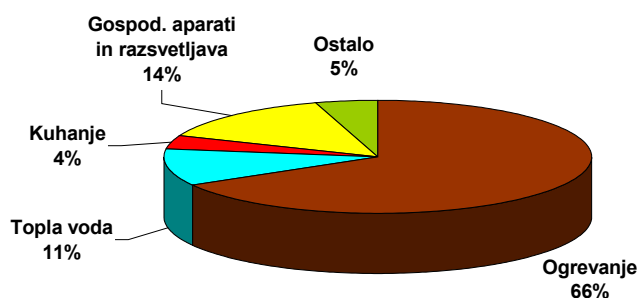


Graf 5.3: Poraba  $W_e$  in  $W_t$  v zgradbah [98]

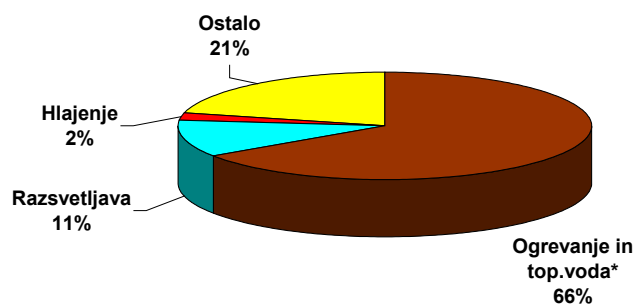
V grafu 5.3 je predstavljena rast porabe toplotne in električne energije v stavbah. Razvidno je, da je poraba obeh energij v zadnjem desetletju zelo narastla, in sicer električna energija za 43,8 %, toplotna pa kar za 62,6 %. Rast porabe električne energije v zgradbah je bila bolj konstantna od porabe toplotne energije in je v povprečju na letni ravni znašala 3,46 %. Povprečna letna stopnja rasti porabe toplotne energije oz. porabe primarne energije za njeno proizvodnjo je bila 5,1 %.

Končna raba energije v Sloveniji se v zadnjih letih giblje okrog 190 PJ (4,5 Mtoe). V strukturi porabe je delež široke potrošnje okoli 40 % (v EU 40,7 %), kar kaže na velik pomen rabe energije v zgradbah, ki predstavlja največji delež porabe v široki potrošnji. Ogrevanje s 66 % predstavlja daleč največji delež v strukturi končne rabe energije v gospodinjstvih (ocena EU 57 %), sledi mu raba električne energije za razsvetljavo in gospodinjske aparate (14 %) ter priprava tople sanitarne vode z 11 % (EU 25 %). V strukturi končne rabe energije v storitvenem sektorju je delež rabe za ogrevanje nekoliko nižji in skupaj s pripravo tople vode predstavlja okrog 66 %; 21-odstotni je delež ostale porabe (predvsem električne energije), razsvetljava in hlajenje pa predstavljata po 11% in 2 % (v EU 4 %).

Razpoložljivost podatkov v sektorju storitev je zelo slaba, zato je navedeni prikaz okviren in precej negotov [74]. Skupaj predstavlja končna energija za ogrevanje zgradb v široki potrošnji okrog 45 PJ ali blizu 25 % vse končne rabe in je zato tudi pomembno področje zmanjševanja emisij TGP. Strukturo porabe končne energije v gospodinjstvih in v storitvenem sektorju za Slovenijo prikazujeta grafa 5.4 in 5.5:



Graf 5.4: Struktura končne rabe energije v gospodinjstvih [74]



Graf 5.5: Struktura končne rabe energije v storitvenem sektorju [74]

### 5.3 IZVEDBE V PRAKSI

V naslednjih podpoglavjih so predstavljeni investicijski ukrepi, ki vzpodbujajo ali omogočajo učinkovitejšo rabo energije na strani porabe. Omenjeni so le najaktualnejši, najpomembnejši in tisti, ki pripomorejo k največjemu znižanju porabe energije, se v praksi najpogosteje uporabljajo in so zapisani tudi v raznih priporočilih in drugih delih.

Kot osnova in izhodiščna točka, ki služi vsem nadaljnjim ukrepom, so najprej predstavljeni energetske pregledi. Med pomembnejše ukrepe spada nadzor nad porabo energentov. Sam nadzor sicer še ne pomeni znižanja porabe energije, predstavlja pa delček v celotnem sistemu merjenja, nadziranja in upravljanja z energijo. Izvedba takšnega kompletnega nadzornega sistema energetike je predstavljena za poglavjem o energetskih pregledih. Največje porabnike električne energije, predvsem v industriji, predstavljajo različni motorski pogoni. Zaradi njihove razširjenosti na vseh segmentih in njihove velike porabe električne energije, so predstavljene rešitve, ki zmanjšujejo porabo električne energije za najpogostejše motorske aplikacije, kot so ventilatorji, črpalke in kompresorji. Tudi razsvetljava predstavlja velik del v strukturi porabe električne energije, predvsem v gospodinjstvih in storitvenem sektorju. Ukrepi, ki se nanašajo na zmanjšanje porabe toplote, v večini primerov predstavljajo precejšnje finančne investicije in načeloma daljše vračilne roke kot podobni ukrepi na področju električne energije. Predstavljeni so najpogostejši, kot so sodobne zasteklitve, izboljšanje izolacije zgradb, ureditev sistema ogrevanja, prezračevanja in hlajenja, ... Veliko energije pa je možno privarčevati z ustreznimi in rednim vzdrževalnimi deli. Poleg tega so ob rednem vzdrževanju tudi vzdrževalni oz. investicijski stroški dokaj nizki.

Eden od načinov zmanjšanja porabe energije je gradnja objektov, ki so grajeni tako, da omogočajo nižjo porabo energije. To dosežemo z uporabo najnovejših tehnologij in energetske učinkovitosti, predvsem izolacijskih, materialov ter arhitekturno zasnovano. Za takšne objekte se v svetu uporabljajo različni izrazi, v nalogi pa so predstavljeni kot bioklimatske stavbe. Kot zadnji ukrep je predstavljeno pogodbeno financiranje na področju energetske učinkovitosti. Namenjeno je predvsem javnemu sektorju, kjer za energetske učinkovitost največkrat ni posluha, usposobljenih ljudi in predvsem financ. Izvajanje ukrepov učinkovite rabe energije tako prepustimo za to usposobljenim institucijam, ki tudi financirajo potrebne ukrepe.

### 5.3.1 Energetske pregledi

Da bi lahko uspešno izvedli program učinkovite rabe energije v industriji ali v zgradbah, je potrebno opraviti energetske pregled. Energetske preglede lahko delimo po vrsti rabe energije na področje industrije in področje zgradb. Principi izvajanja energetskega pregleda so podobni, upoštevati pa moramo specifične dejavnike področja. Osnovni cilj energetskega pregleda je, povečati izkoristek procesa oziroma zmanjšati izgube energije.

Pristop pri izdelavi posameznega energetskega pregleda je največkrat večstopenjski:

1. energetske pregled celotnega podjetja, ustanove oziroma večstanovanjske zgradbe (makroanaliza);
2. energetske pregled posameznih tehnoloških poti ali energetskih sklopov in
3. energetske pregled posameznih strojev, naprav oziroma delov zgradb (mikroanaliza).

Medtem ko se lahko podrobnosti energetskih pregledov razlikujejo med posameznimi panogami industrije in vrstami zgradb, so osnovni elementi za vse energetske preglede enaki, in sicer:

- analiza energetskega stanja,
- obravnavanje možnih ukrepov učinkovite rabe energije,
- analiza izbranih ukrepov učinkovite rabe energije,
- poročilo o energetskem pregledu in
- predstavitev energetskega pregleda.

Z analizo zapisov o porabi energije v preteklem obdobju dobimo podatke o strukturi in mesečnih porabah posameznih virov energije, ki so lahko osnova za napoved porabe energije v prihodnosti. Namen analize je tudi identificirati glavne porabnike energije in izdelati pregled gibanja cen posameznih energetskega virov. Pred natančnejšim zbiranjem in analiziranjem podatkov, se moramo predhodno seznaniti s tehnologijo podjetja, tokom materiala in energije oziroma dejavnostjo, ki v zgradbi poteka.

Verodostojnost podatkov je ključ do uspešne izvedbe energetskega pregleda. To pomeni, da mora energetski pregled temeljiti na dejanskih podatkih. Kakovost energetskega pregleda je odvisna od točnosti oziroma verodostojnosti podatkov. Veliko zahtevanih podatkov za izračun energijskih tokov lahko dobimo z meritvami. Pri meritvah moramo sistematično izbrati potrebne merilne veličine, merilna mesta in merilne instrumente. Pri izdelavi energetskega pregleda se velikokrat zgodi, da niso na voljo vsi potrebni podatki za izračun porabe in prihrankov energije. Za verodostojnost rezultatov energetskega pregleda je pomembno, da je pomanjkljivih in netočnih podatkov čim manj.

Potrebni podatki v industrijskih podjetjih:

- shema poteka tehnološkega postopka,
- podatki o porabi energije za preteklo obdobje,
- podatki o največjih porabnikih energije,
- profil obremenitve naprav,
- lastnosti materiala,
- podatki o proizvodnji in
- organiziranost upravljanja z energijo.

Potrebni podatki za zgradbe:

- ogled zgradbe in ugotovitev trenutnega stanja,
- pregled letne rabe energije v zgradbi,
- pregled stroškov za energijo,
- podatki o dejavnosti in
- organiziranost upravljanja z energijo.

Osnovni cilj energetskega pregleda je, povečati izkoristek procesa oziroma zmanjšati izgube energije. Zato, na osnovi masnih in energetskih bilanc, določimo, kje v sistemu je bila energija porabljena koristno in kje so nastopile energetske izgube. Možni ukrepi, ki jih energetski pregled lahko zajema, segajo na področja organizacijskih ukrepov, rekonstrukcije obstoječih naprav oziroma zgradb, uporabe moderne opreme in tehnik ter uvajanja novih tehnologij.

Preučiti moramo izvedljivost možnih ukrepov, glede na stanje in potrebe podjetja oziroma ustanove in izračunati ali oceniti prihranke energije. Pri natančnem izračunu upoštevamo le najbolj zanimive ukrepe, ki pripeljejo do največjih prihrankov energije, z ekonomsko smiselno vračilno dobo investicije.

### **5.3.2 Nadzor porabe energije in energentov**

Za sisteme nadzora porabe energije in/ali energentov se uporablja več izrazov. Pojavljajo se imena, kot so: *centralni nadzorni sistem*, *nadzorni sistem energetike*, *ciljno spremljanje rabe energije* in drugi. Neglede na uporabljen izraz, pa je vsem skupno, da so namenjeni spremljanju rabe energije in energentov v industriji ali stavbah. Samo spremljanje porabe pa

še ne pomeni njenega znižanja, ampak moramo k temu dodati še dodatne elemente oz. ukrepe. Bistveni ukrepi takšnega nadzornega sistema so:

- merjenje rabe energije,
- določevanje specifične rabe energije,
- določevanje ciljne oziroma željene rabe za zmanjšanje rabe energije,
- ocenjevanje in primerjanje rabe energije,
- poročanje o spremenjeni rabi energije in
- odpravljanje sprememb.

Preden je bil prvič izveden program takšnega spremljanja rabe energije (osemdeseta leta prejšnjega stoletja), je bilo v več kot petdesetih različnih industrijskih panogah narejenih več študij. Rezultati teh raziskav so pomagali pri promoviranju metode, tako da so sisteme nadzora rabe energije v Veliki Britaniji uspešno vpeljali v približno 700 industrijskih podjetij. Pokazalo se je, da so prednosti nadzornih sistemov rabe energije v različnih industrijskih panogah podobne. Te pa so:

- večji prihranki energije,
- boljša koordinacija energetskega menedžmenta,
- manjši proizvodni stroški,
- boljše preventivno vzdrževanje,
- boljša kvaliteta izdelkov in
- pospešeno odpravljanje izgub.

Glavni razlog za uvedbo nadzornih sistemov rabe energije so prihranki, ki se gibljejo med 5 in 15 % ter so v izjemnih primerih višji od 25 %. Zaradi manjše rabe goriva (v proizvodnji – brez upoštevanja proizvodnje novih naprav, ki nadomestijo stare) so načeloma nižje tudi emisije CO<sub>2</sub> in ostalih škodljivih plinov.

Uvajanje nadzornega sistema rabe energije je povezano s stroški, predvsem investicijskimi. Pred uvedbo nadzora rabe energije v industriji je, za njegovo čim uspešnejše izvajanje, potrebno predhodno izvesti pregled in analizo proizvodnje, opraviti energetske pregled, natančno definirati funkcije nadzornega sistema energetike ter natančno določiti vse zahteve glede izvajanja, zbiranja in obdelovanja podatkov meritev.

Eden od osnovnih pogojev za uspešno izvajanje spremljanja rabe energije je izvajanje meritev. To pomeni, da mora podjetje imeti določeno število merilnih mest oz. merilnih naprav. Z večanjem števila merilnih mest se veča možnost uspešnejšega izvajanja nadzora porabe energije in energentov, višajo pa se tudi investicijski stroški. Upravičenost stroškov za meritve lahko, dokaj natančno in enostavno, izračunamo s formulo v enačbi 5.1:

$$C_m = \frac{A \cdot P \cdot T}{100} \quad (5.1)$$

*Enačba 5.1: Upravičenost stroškov meritev [65],*

kjer je:

$C_m$  – strošek meritev,

$A$  – letni stroški energenta,

$P$  – potencialni prihranki v odstotkih in

$T$  – sprejemljiv vračilni rok investicije v letih.

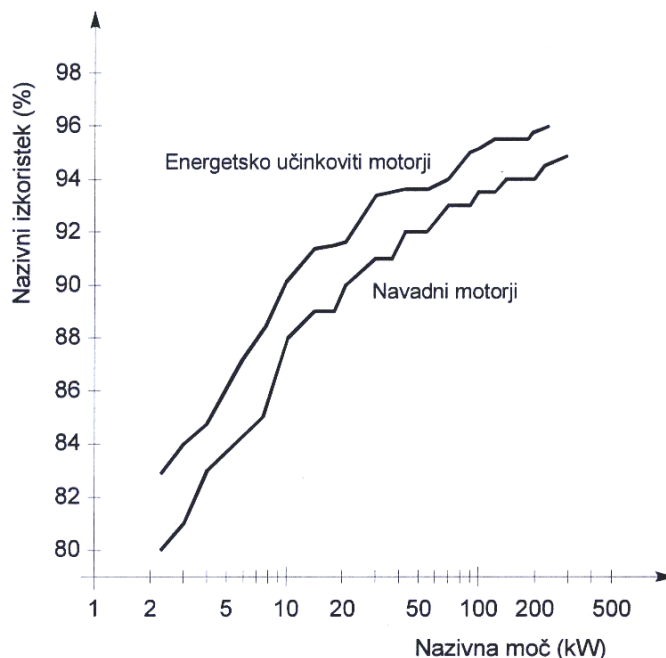
### 5.3.3 Elektromotorski pogoni

Elektromotorji so zaradi velike porabe energije najpomembnejši porabnik, saj se uporabljajo za izredno široko vrsto aplikacij. Prav njihova široka uporaba in razširjenost jih postavlja na prvo mesto pri možnostih za doseganje prihrankov pri električni energiji. Elektromotorni pogoni v industriji porabijo za svoje delovanje, v povprečju, več kot 35 % celotne porabljene električne energije v Sloveniji, oziroma 60-80 % električne energije, ki se porabi v industriji, in okrog 35 % električne energije, ki se porabi v široki rabi (javni in storitveni sektor) [36]. Ker porabijo ogromno energije, se že majhne izboljšave lahko pokažejo v velikih prihrankih. Zaradi, že omenjene, široke uporabe je skoraj nemogoče izdelati spisek vseh potencialnih prihrankov oz. načinov za njihovo doseganje.

#### - ENERGETSKO VARČNI MOTORJI (EVM)

Kadar zahtevamo, da ima motor relativno konstanten in stalen navor, je glavni kriterij za izbiro izkoristek pri nazivni obremenitvi. Če je motor nazivno obremenjen, nam energetsko varčen motor zagotavlja najnižje stroške obratovanja. Pri energetsko varčnih motorjih se lahko izkoristek izboljša za 2 do 10 odstotnih točk (%-točk) v primerjavi s standardnimi modeli - tipično do 6 %-točk pri 3 kW motorjih in 3 %-točke pri 110 kW. Cene so zaradi preciznejše izvedbe in več porabljenega materiala (za baker in železo) višje za okoli 20 do 30 odstotkov.

Na sligrafu 5.6 je prikazana primerjava konvencionalnih in energetsko varčnih motorjev in sicer kot izkoristek v odvisnosti od nazivne moči motorja. Primerjava je narejena za motorje proizvajalca iz Velike Britanije:



Graf 5.6: Primerjava konvencionalnih in varčnih elektromotorjev [36]

Najočitnejša korist energetsko varčnega motorja (EVM) je prihranek pri rabi energije. Precej enostaven izračun prihranka, zaradi uvedbe oz. nakupa EVM, je zapisan v enačbi 5.2:

$$LP = P \cdot \left[ \frac{100}{\eta_k} - \frac{100}{\eta_e} \right] \cdot h_t \cdot cee \quad (5.2)$$

Enačba 5.2: Prihranek energije EVM [36],

kjer predstavlja:

- $LP$  – letni prihranek/denarna enota,
- $P$  – moč motorja/kW,
- $\eta_k$  – izkoristek konvencionalnega motorja,
- $\eta_e$  – izkoristek energetske varčnega motorja,
- $h_t$  – obratovalne ure in
- $cee$  – cena električne energije/denarna enota/kW.

#### - NAPETOSTNI KRMILNIKI IN REGULATORJI TER MEHKI ZAGON

Z napetostnim krmiljenjem ali regulacijo lahko povečamo izkoristek motorja, kadar je motor obremenjen z manj kot 50 % nazivne obremenitve. Krmilnik ali regulator krmilita napetost na priključnih sponkah motorja tako, da motor daje moč, ki je ravno dovolj velika, da ustreza zahtevam gnanega bremena. Na ta način zagotovimo zmanjšanje izgub v železu, povišamo pa izkoristek in faktor moči. Krmilniki in regulatorji ponavadi omogočajo tudi mehki zagon in ustavitev motorja, pri katerem se napetost na sponkah motorja zvezno povečuje oz. zmanjšuje, kar zmanjša zagonski tok in zagotavlja natančno kontrolo nad motorjem. Mehki zagon zmanjša tudi mehanske napetosti v navitjih motorja in v zunanji opremi.

#### - SISTEMI S SPREMENLJIVO HITROSTJO

Vsem sistemom s spremenljivo hitrostjo vrtenja je skupno, da omogočajo pogon bremena s hitrostjo, ki je bližja zahtevani hitrosti kot v primeru sistema s stalno hitrostjo. Sisteme s spremenljivo hitrostjo vrtenja delimo v tri skupine:

- pogoni z elektronskim spreminjanjem hitrosti vrtenja,
- motorji s spremenljivo hitrostjo vrtenja in
- sistemi z elektromehanskim spreminjanjem hitrosti.

V današnjem času se v večini primerov uporabljajo sistemi z elektronskim spreminjanjem hitrosti vrtenja. Zaradi njene vse širše uporabe se za njo uporabljajo številni izrazi, od katerih je najpogostejši "frekvenčna regulacija". Izraz ne zajema prav vseh možnosti elektronske regulacije hitrosti, vendar gre pri veliki večini regulacij dejansko za frekvenčno regulacijo. Tudi v angleščini poznamo vrsto izrazov, ki v načelu opisujejo isto: variable speed drive VSD, adjustable speed drive ASD, frequency control in podobno. V splošnem elektronski regulatorji hitrosti konstantno napetost napetostnega vira - po amplitudi in frekvenci - spreminjajo v spremenljivo. Regulator hitrosti je še posebno primeren tam, kjer zahtevamo spreminjanje pretoka. Značilni primeri so: črpalke, ventilatorji in hladilniški ter zračni kompresorji, ki so tudi energijsko 'najpotratnejši' sistemi.

#### - Ventilatorji

Delovanje ventilatorjev vseh tipov je opisano s pravili, ki jih poznamo pod imenoma 'ventilatorski zakoni' ali 'kubni zakon'. Dve enačbi kubnega zakona, ki podajata razmerje med pretokom zraka  $Q$  in številom vrtljajev  $n$  oz. med močjo  $P$  ter vrtljaji  $n$ , sta podani v enačbah 5.3 in 5.4:

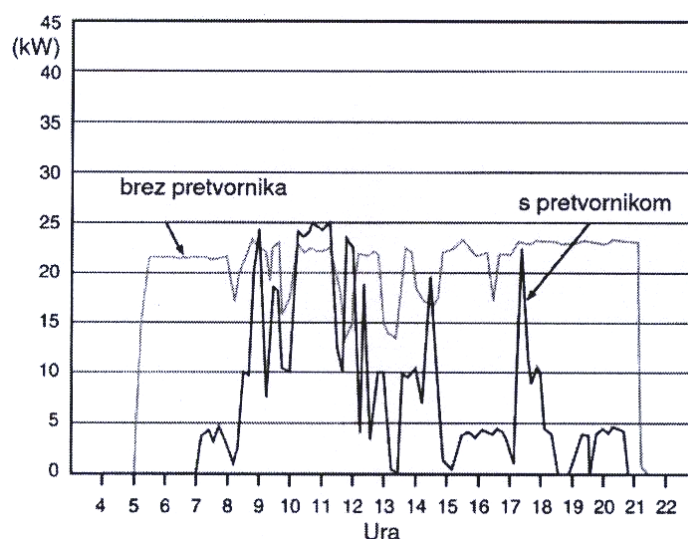
$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{n_1}{n_2} \quad (5.3)$$

Enačba 5.3: Kubni zakon ( $Q/n$  razmerje)

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{n_1^3}{n_2^3} \quad (5.4)$$

Enačba 5.4: Kubni zakon ( $P/n$  razmerje)

Iz teh enačb je razvidno, da se moč ventilatorja pri zmanjšanju pretoka za 20 % zmanjša kar za 50 %. Frekvenčna regulacija je v primerih ventilatorjev zelo primerna, saj se zelo redko zgodi, da bi ventilatorji dalj časa obratovali pri nazivni obremenitvi. Na grafu 5.7 pa je prikazan primer iz prakse, kjer se je - z uporabo frekvenčnih regulatorjev - zmanjšala poraba električne energije [36]:



Graf 5.7: Poraba  $W_e$  z in brez frekvenčnega regulatorja

#### - Črpalke

Črpalke imajo veliko skupnega z ventilatorji. Tudi zakoni, ki opisujejo njihovo delovanje, so podobni. Tudi tukaj veljata enačbi 5.3 in 5.4, velja pa tudi razmerje med potisno višino  $H$  in številom vrtljajev  $n$ , ki je zapisano v enačbi 5.1:

$$\frac{H_1}{H_2} = \frac{n_1^2}{n_2^2} \quad (5.5)$$

Enačba 5.5: Razmerje med potisno višino in številom vrtljajev

Z uporabo frekvenčnih regulatorjev hitrosti vrtenja dosežemo največje prihranke na naslednjih področjih:

- vodovodno omrežje, vodovodi za tehnološke procese in podobne aplikacije, kjer se pretok vzdolž cevne sistema spreminja in kjer prevladujejo izgube zaradi trenja;
- aplikacije, kjer črpalka napaja dva sistema, ki imata različni karakteristiki;
- preizkusna mesta, kjer je potreben spreminjajoč tlak in pretok;
- serijski procesi, ki vključujejo cikle, v katerih se pretok spreminja ter



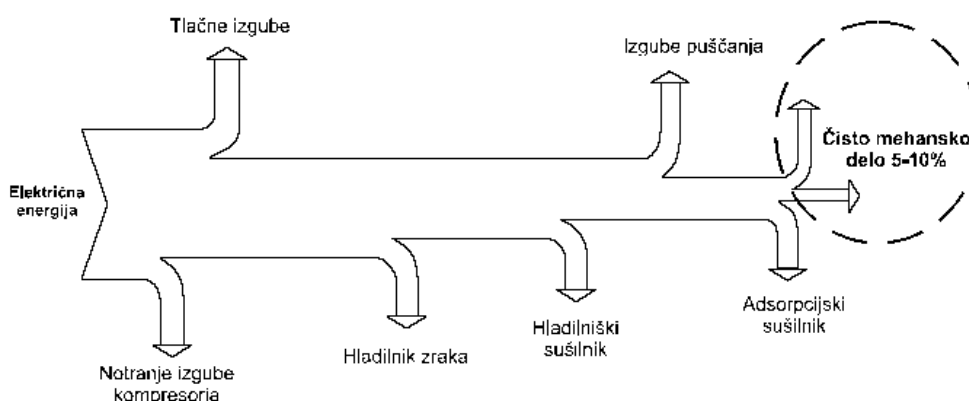
- sistemi, v katerih mora biti volumen, ne glede na tlak, ki se lahko spreminja, konstanten.

#### - Kompresorji

Kompresorje, prav tako kot črpalke in ventilatorje, uporabljamo v vseh vejah industrije, storitvenega sektorja in v zgradbah. Komprimirani zrak je kot energija 50-krat dražji od zemeljskega plina in olja ter 10-krat od elektrike. Da je problem še večji, dokazuje podatek, da se večino komprimiranega zraka (95 %) proizvede s kompresorji, gnanimi z električno energijo, zato niti ni tako nenavadno, da se kar 10 % vse, v industriji porabljene električne energije, porabi prav za pripravo komprimiranega zraka. Sestava stroškov za komprimirani zrak je pri povprečni življenjski dobi kompresorja naslednja:

- 10 % vzdrževanje,
- 15 % kapital,
- 75 % energija.

Za varčevanje pri sistemih komprimiranega zraka moramo najprej analizirati, kje energijo, ki jo porabljamo za pripravo komprimiranega zraka, izgubljam. Energetska bilanca oz. izkoristek kompresorja je prikazana na sliki 5.1.



Slika 5.1: Izkoristek kompresorja [73]

### 5.3.4 Razsvetljava

Umetna razsvetljava predstavlja precejšen del, v povprečju približno 30 % [24,48], pri porabi električne energije v zgradbah. Njena namembnost je raznolika, tako kot je raznolika tudi njena uporaba. Osnovni namen, dajanje svetlobe v temnejšem delu dneva ali v temnih prostorih, že dolgo ni več najpomembnejši. Potrebe po pravilni osvetljenosti v pisarni se precej razlikujejo od potreb po svetlobi npr. v skladišču ali v domačem bivalnem prostoru. V zadnjih letih se je povečalo tudi zanimanje za vključevanje dnevne in umetne svetlobe v arhitekturno in stavbno oblikovanje.

Prav tako postaja vedno bolj aktualno vprašanje zniževanja porabe električne energije pri razsvetljavi. Najenostavnejši in največkrat uporabljeni primer je zamenjava neučinkovite žarnice z učinkovitejšo. Te imajo navadno poleg boljšega izkoristka, ki predstavlja manjšo instalirano moč za enako svetilnost, tudi višje število obratovalnih ur. Uspešnost oz.

ekonomska upravičenost izvedbe zamenjav energetske neučinkovitih žarnic z učinkovitejšimi je odvisna od večih faktorjev. Najpomembnejši so trije:

- letno število obratovalnih ur,
- cena električne energije in
- cena zamenjanih komponent.

Pred eventualno izvedbo večjega projekta s takšnim ciljem je dobro vedeti tudi število oz. stopnjo uporabljenosti neučinkovitih svetil  $ST$  v celotnem sistemu. Ko poznamo tudi število enot  $SE$  (stanovanja, pisarne, ...), lahko - s pomočjo enačbe 5.6 - ocenimo število predvidenih zamenjav svetil  $SZ$  v posameznem letu  $i$ :

$$SZ_i = SE_i \times ST_i \quad (5.6)$$

*Enačba 5.6: Št. predvidenih zamenjav svetil v posameznem letu [48].*

Letno porabo energije  $W_L$  takšnega sistema lahko enostavno izračunamo kot:

$$W_{Li} = SZ_i \times W_i \times T \times 365 \quad (5.7)$$

*Enačba 5.7: Letna poraba energije svetil predvidenih za zamenjavo [48].*

kjer  $W$  predstavlja porabo energije opazovanega sistema,  $T$  pa obratovalne ure. Prihranke energije  $\Delta W$  predstavlja razlika med porabljeno energijo pred in po zamenjavi žarnic oz. svetil. Če z indeksom  $A$  označimo neučinkovite žarnice in z indeksom  $B$  zamenjane, učinkovite, lahko prihranek energije pri zamenjavi žarnic zapišemo z enačbo 5.8 kot:

$$\Delta W_i = W_{LAi} - W_{LBi} \quad (5.8)$$

*Enačba 5.8: Prihranek energije pri zamenjavi žarnic [48].*

Za izračun ekonomske upravičenosti investicij pa se uporabljajo znane metode, ki se uporabljajo tudi drugje. To so največkrat vračilna doba investicije, interna stopnja donosnosti in sedanja neto vrednost. Poleg že prej omenjenih treh najpomembnejših faktorjev za ekonomsko upravičenost investicij, se v teh izračunih pojavijo tudi stopnja inflacije, diskontna stopnja in drugi vplivni faktorji.

Znižanje porabe električne energije za razsvetljavo je možno doseči tudi na drugačne načine, kot je zamenjava žarnic. Učinkovita izraba dnevne svetlobe predstavlja velik potencial zniževanja porabe električne energije. Prihranek energije zaradi uporabe dnevne svetlobe ne pomeni samo manjšo uporabo umetne svetlobe in s tem znižanja porabe električne energije, ampak tudi možnost znižanja potreb hlajenja, ventilacije in klimatskih naprav (HVAC). Nove tehnologije, kot so npr. preklopne in fotoelektrične naprave, so bile razvite tudi zato, da bi izboljšale učinkovito rabo dnevne svetlobe. V frekventnih prostorih, kot so npr. hodniki, pasaže ali tuneli, je zelo pomembna osvetlitev v smeri poti. Z uporabo fotoelektričnih naprav je mogoče doseči ustrezno osvetlitev, hkrati pa ustvariti energijske prihranke. Prav tako je fotoelektrične ali ostale senzorske naprave smiselno uporabiti v manj frekventnih prostorih. V teh primerih te naprave samodejno izklapljuje luči, ki bi bile drugače prižgane.

### 5.3.5 Bioklimatske zgradbe

Pojem bioklimatske arhitekture se nanaša na alternativni način izgradnje stavb, ki za izboljšanje energetske učinkovitosti upošteva tudi lokalne podnebne pogoje. Pri tem so upoštewane tudi t.i. pasivne alternativne oz. solarne tehnologije. Te se nanašajo na ogrevalne

ali hladilne tehnike, ki absorbirajo (ali varujejo pred - npr. naravna senca) sončno energijo in nimajo gibljivih komponent. Bioklimatske zgradbe so zgrajene na tak način, da je pozimi vpliv nizkih temperatur minimiziran in maksimiran vpliv sončne energije. Poleti je situacija obratna.

Ocenjujejo, da 4,5 milijarde ton emisij ogljika, od šestih, ki so v svetu posledica človeških dejavnosti, prispevajo razvite države [1]. Približno polovica jih je zaradi stavb (v takšni ali drugačni obliki). Z izgradnjo energetko učinkovitejših zgradb se lahko znižajo emisije ogljika za 60 %, kar znaša 1,35 milijarde ton ogljika. To pa je znižanje, ki je bilo predlagano na okoljskih konferencah v Rio de Janeiru in Berlinu. Zaradi potencialnih prihrankov pri porabi energije in zmanjšanju toplogrednih plinov, so bioklimatske zgradbe v zadnjih letih pritegnile precejšnjo pozornost v svetu.

Bioklimatske zgradbe so lahko tudi tako ekonomične, da v določenih primerih porabijo le desetino energije za ogrevanje, kot jo porabijo t.i. 'konvencionalne evropske' zgradbe [111]. Dodatni stroški tipične bioklimatske strukture so navadno 3 - 5 % in v večini primerov manj kot 10 %. Ti dodatni stroški se navadno povrnejo v nekaj letih. Bioklimatske tehnologije je mogoče tudi dograditi k obstoječim zgradbam, vendar so v takšnih primerih stroški navadno nekoliko višji.

Celotna količina porabljene energije za stavbe je sestavljena iz [1]:

- proizvodne energije, tj. energije, porabljene pri proizvodnem procesu, sestavljanju, vzdrževanju, predelavah, razstavljanju in razgradnji stavbnih materialov;
- zunanje energije, tj. energije, porabljene za konstrukcijo – arhitektska, inženirska in ostala dela v času izgradnje;
- operativne energije, tj. energije, ki je potrebna za vzdrževanje potrebne stopnje udobja – energija, potrebna za obratovanje stavbe, predstavlja bolj ali manj konstantno porabo energije skozi daljše časovno obdobje;
- sive energije, ki se nanaša na izgube, nastale med transportom materialov, izgradnjo, ogrevanjem itd.

Na porabo energije stavb lahko gledamo iz dveh zornih kotov. Energija, ki je potrebna za obratovanje stavb, ni edina porabljena energija v času njenega obratovanja. Proizvodna, siva in zunanja energija so prav tako potrebne in povečujejo porabo tudi neobnovljivih virov in posredno tudi količino ogljikovih emisij. Na drugi strani pa se operativna energija, delno pa tudi siva, tekom življenjske dobe zgradbe povečujeta. In ravno na tej oz. teh energijah je mogoče skozi čas doseči znatne energijske prihranke. To se pa lahko doseže tudi že z uvajanjem bioklimatskih tehnologij v času projektiranja in izdelave.

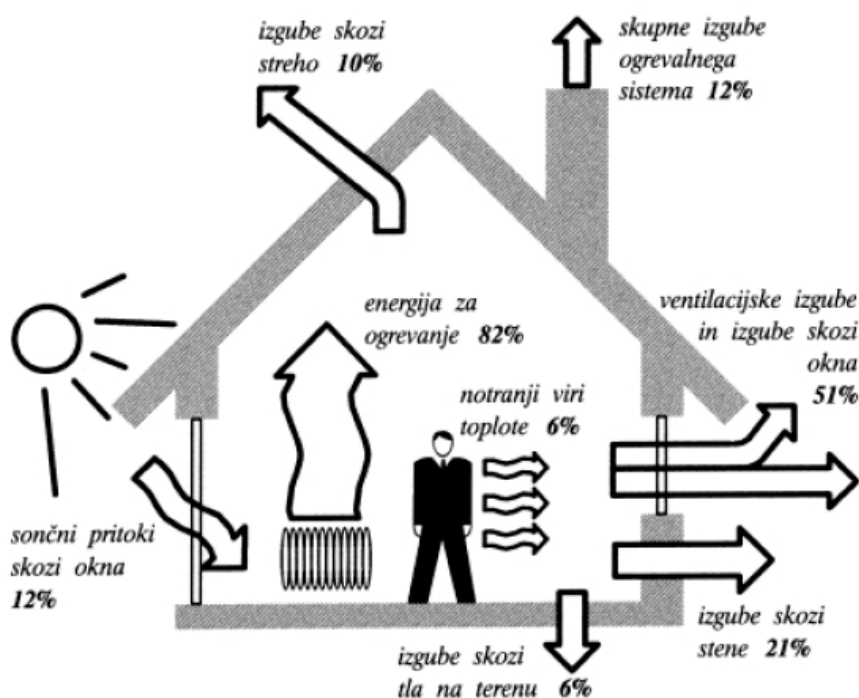
### **5.3.6 Zmanjšanje toplotnih izgub v stavbah**

Z različnimi ukrepi je mogoče znižati porabo energije v starejših, že zgrajenih, stavbah. Energetski prihranki so odvisni od: starosti stavbe, tehnologije gradnje, kakovosti izvedbe in vzdrževanja. Pretežni del pričakovanih energetskih prihrankov je mogoče doseči z boljšo toplotno zaščito ovoja stavbe, saj s temi ukrepi vplivamo na vzroke za previsoko porabo energije za ogrevanje. Manjši, a prav tako pomemben, del prihrankov pri rabi energije za ogrevanje je dosegljiv z izboljšanjem delovanja ogrevalnega sistema.

Pri odločanju za energetske obnove ovoj stavbe je potrebno najprej poiskati kritična mesta. Slika 5.2 prikazuje povprečno energetsko bilanco za enodružinsko hišo. Na osnovi teh podatkov je mogoče predvideti ukrepe za zmanjšanje izgub.

Tudi pri izvajanju ukrepov učinkovite izrabe toplotne energije, podobno kot pri električni energiji, najprej določimo in izvedemo organizacijske ukrepe. Ti vplivajo na spremembo odnosa uporabnika do rabe energije v stavbi in niso povezani s posebnimi stroški. Nato sledi izvajanje investicijskih ukrepov. Najpogostejši priporočeni ukrepi na ovoju stavbe so: tesnjenje oken, toplotna izolacija podstrešja, zamenjava zasteklitve, zamenjava oken, dodatna toplotna izolacija podstrešja, toplotna izolacija poševne ali ravne strehe, toplotna izolacija tal na terenu in nadzorovano naravno prezračevanje stavb.

S tesnjenjem oken lahko pri starejših stavbah prihranimo od 10 % do 15 % potrebne energije za ogrevanje. Menjava oken z energetsko učinkovitimi ob dobri zrakotesnosti omogoča do 20 % prihranka energiji potrebne za ogrevanje. Ob prenovi zgradbe je smiselno predvideti ustrezno dodatno toplotno zaščito, saj je takrat ekonomska upravičenost ukrepa največja. Pri starejših toplotno neizoliranih stavbah lahko zaradi izolacije zunanjih sten pričakujemo okoli 20 % prihranka energije. Toplotna izolacija podstrešja omogoča prihranke od 7 do 12 % energije potrebne za ogrevanje povprečne stavbe [31].



Slika 5.2: Primer povprečne energetske bilance za enodružinsko hišo, vir [107]

Del prihrankov toplotne energije v stavbah je mogoče doseči tudi z izboljšanim delovanjem ogrevalnega sistema. To se največkrat nanaša na sodobne tehnologije za regulacijo centralnega ogrevanja, sodobne peči oz. generatorje toplote z visokim izkoristkom delovanja, merjenje toplotne energije ter delitev in obračun stroškov za ogrevanje v stanovanjskih stavbah.

V večstanovanjskih stavbah in drugih večjih nestanovanjskih objektih uporabljamo centralni sistem regulacije, ki ima določene prednosti, kot so:

- zmanjšanje toplotnih izgub razvodnega omrežja,
- zagotavljanje učinkovitosti delovanja lokalne regulacije na ogrevalih in
- skrajšanje časa obratovanja ogrevalnega sistema glede na zahteve uporabnika.

V manjših sistemih, kot so npr. stanovanjske hiše, pa z lokalno regulacijo temperature v vsakem prostoru posebej odpravljamo pomanjkljivost sistema centralne regulacije, ki ne more upoštevati zahtev in nihanj količine potrebne toplote za ogrevanje za vsak prostor posebej. Prednosti sistema lokalne regulacije sta:

- možnost izkoriščanja toplotnih dobitkov in
- upoštevanje individualnih zahtev uporabnikov.

Naloga lokalne regulacije je vzdrževanje temperature zraka v prostoru na željeni vrednosti. To lahko dosežemo z raznimi tipali ali z uporabo radiatorskih termostatskih ventilov.

Izvajanje merjenja ter obračun energije po dejanski porabi toplotne energije za ogrevanje motivira stanovalce v večstanovanjskih objektih, da učinkovito in gospodarno porabljajo energijo. Rezultati izvajanja tega ukrepa v evropskih državah kažejo, da je mogoče zmanjšati stroške za ogrevanje oziroma zmanjšati porabo energije za približno 15 % [89] v primerjavi z objekti, kjer se stroški za toplotno energijo obračunavajo na kvadratni meter ogrevane površine.

V večini obstoječih večstanovanjskih objektov pa način izvedbe ogrevanja ni primeren za individualno merjenje porabljene toplote vsakega stanovanja z merilnikom toplotne energije. Merjenje toplotne energije z merilnikom toplotne energije (imenovano tudi absolutno merjenje), se v praksi ni pokazalo za najustreznejšo rešitev. Zaradi različnih toplotnih obremenitev stanovanj, do katerih prihaja zaradi razlik v položaju stanovanj v stavbi (pritličje, zadnje nadstropje, zunanji rob stavbe, sredina) in zaradi različne orientacije stanovanj (sever, jug), so stroški po dejanski porabi toplotne energije lahko zelo različni, nanje pa uporabnik ne more vplivati. Zato se uporabljajo različne metodologije za določitev deleža posameznega stanovanja v skupnem strošku za ogrevanje stavbe.

V vseh sistemih ogrevanja, kjer imamo razvodno omrežje (industrijski objekti, večstanovanjski objekti, ...), izgube omrežja najučinkoviteje zmanjšamo z znižanjem temperature medija v razvodih in toplotno izolacijo cevi.

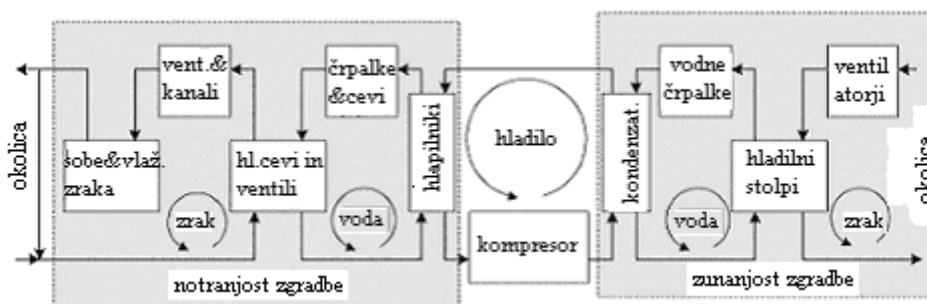
### **5.3.7 Ogrevanje, prezračevanje in klimatizacija – HVAC**

HVAC se nanaša na opremo, distribucijsko omrežje in sisteme, ki nudijo tako kolektivno kot individualno ogrevanje, prezračevanje ali klimatizacijski proces v stavbi. Izraz izhaja iz angleščine in predstavlja kratice za ogrevanje, prezračevanje in klimatizacijo (Heating, Ventilation, Air-Conditioning). Te tri funkcije so, v današnjih modernih stanovanjih in ostalih zgradbah, pogosto združene v en sistem. Ogret, ohlajen, ovlažen ali razvlažen zrak se distribuira v posamezne sobe stanovanja ali zgradbe tako, da teče skozi cevi in kanale narejene po zgradbi. Centralni HVAC sistem je tudi najtišji in najprimernejši za hlajenje celotne zgradbe.

Najboljša energetska učinkovitost in ekonomska upravičenost takšnih sistemov je dosežena, če njihovo izvedbo predvidevamo in upoštevamo že v fazi projektiranja zgradbe. Tako lahko

v največji meri upoštevamo medsebojno povezane sisteme in vplive v zgradbah, ki se nanašajo na kvaliteto zraka v zgradbi, porabo energije in tudi okoljske vplive.

Zaradi svoje izvedbe, načina delovanja in uporabljenih tehnologij so HVAC sistemi energijsko varčnejši od delovanja treh posameznih sistemov. Dodatno energijsko učinkovitost jim poveča vključevanje v zgodnjo fazo izgradnje zgradb, izvajanje ukrepov zmanjševanja porabe energije (dodatna izolacija stavbe, zamenjava oken, ...), uporaba novih tehnologij in redno vzdrževanje. Pri večjih HVAC sistemih je za boljše ekonomsko in energetsko delovanje smotno uporabiti tudi nadzorni sistem. Tipično shemo HVAC sistema prikazuje slika 5.3:



Slika 5.3: Shema tipičnega HVAC sistema [115].

### 5.3.8 Pogodbeno financiranje na področju ukrepov učinkovite rabe energije

V nekaterih evropskih državah se je, kot zelo primeren in učinkovit instrument za zagotovitev finančnih sredstev za naložbe v učinkovito rabo energije na področju javnih stavb, pokazalo pogodbeno financiranje oziroma financiranje s strani tretje stranke (angleško: third party financing; TPF). To omogoča izvedbo ukrepov na področju učinkovite rabe energije, predvsem takrat, ko ni na voljo dovolj lastnih sredstev.

Evropske raziskave, študije in izkušnje izvedenih projektov potrjujejo, da potenciali varčevanja z energijo in ukrepi URE, ki jih lahko izkoristimo v okviru pogodbenega financiranja v sektorju javnih zgradb, predstavljajo več kot 25 % trenutne porabe energije. V Sloveniji pa na podlagi izvedenih energetskih pregledov ocenjujemo, da ta potencial znaša 30 % [72].

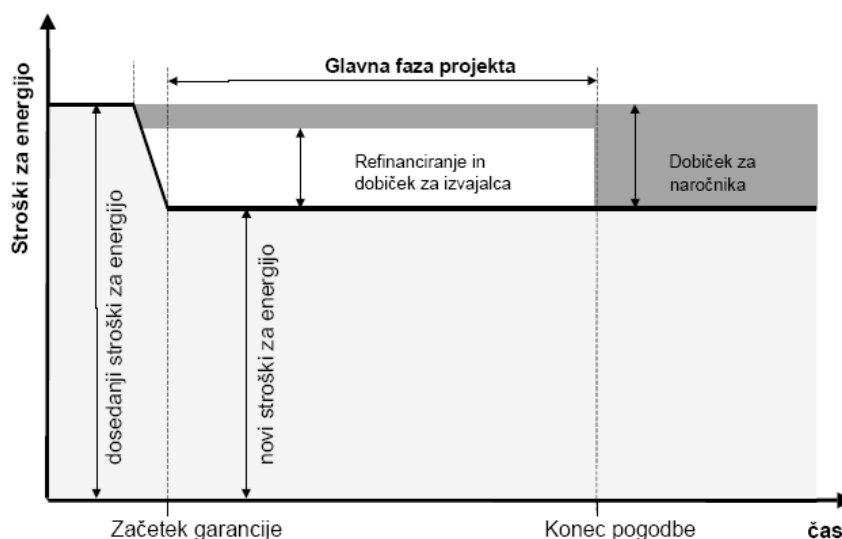
Pogodbeno financiranje je finančni model, pri katerem so ukrepi za učinkovito rabo energije financirani s strani tretjega partnerja, poplačani pa iz tako doseženih ciljnih prihrankov pri stroških za porabljeno energijo. Razlikujemo dve obliki pogodbenega financiranja:

1. Pogodbeno financiranje na področju dobave energije  
Pogodbenik - izvajalec sklene z naročnikom pogodbo o dobavi energije. Načrtuje, postavi, financira in vzdržuje naprave ter naročniku dobavlja končno energijo (elektriko, energijo za ogrevanje ali hlajenje) po pogodbeno dogovorjeni stalni ceni, ki vključuje oziroma upošteva ceno energije, investicijske stroške in stroške rednega vzdrževanja, servisiranja in podobno.
2. Pogodbeno financiranje na področju URE  
Pogodbenik – izvajalec oz. investitor opravi investicijska vlaganja in izvede ukrepe za znižanje stroškov za rabo energije; svoje izdatke pa dobi poplačane v obliki deležev letnih

prihrankov pri stroških za energijo. Pogodba vsebuje garancijo naročniku glede ciljnih prihrankov stroškov za porabljeno energijo.

S pomočjo pogodbenega financiranja lahko izvedemo investicije v zamenjave in prenove oziroma sanacije, prav tako pa tudi splošne ukrepe za zmanjšanje stroškov za energijo, ki so bili opisani tudi v predhodnih poglavjih. Pogodbeno financiranje je posebej primerno za večje javne stavbe ali stavbe s komercialno namembnostjo, pa tudi za skupine takih stavb, kot so na primer: upravne stavbe, bolnišnice, univerze, šole, telovadnice in športne dvorane, plavalni bazeni, prireditvene dvorane, muzeji, sejmišča, letališke zgradbe in podobno.

Ukrepe pogodbenega financiranja na področju URE izvede zunanji partner ("tretja stranka") na svoje stroške. Vložena sredstva se povrnejo z udeležbo pri privarčevanih izdatkih za porabljeno energijo (slika 5.4). V pripravljalni fazi izvajalec načrtuje in izvede ukrepe za varčevanje z energijo. Sledi glavna faza pogodbenega financiranja, ki zajema refinanciranje kapitalnega vložka skozi prihranke pri izdatkih za energijo. V primeru, predstavljenem na sliki 5.4, je naročnik že od začetka glavne faze delno udeležen pri prihrankih. Po izteku pogodbenega obdobja, so prihranki pri stroških za energijo v celoti njegovi. Tipična dolžina pogodbenega obdobja je od 5 do 15 let [72].



Slika 5.4: Princip pogodbenega financiranja za področje URE, vir [72]

Pri izvajanju projekta se izvajalec v garanciji obveže, da bo zagotovil prihranke pri energiji oziroma pri stroških za rabo energije glede na referenčne vrednosti, določene pred začetkom izvajanja projekta pogodbenega financiranja. Za izhodišče je navadno vzeta količina porabljene energije v predhodnih treh letih. Ob določanju izhodišča je potrebno upoštevati določene robne pogoje in jih vnesti v pogodbo. Sem spadajo:

- referenčna raba energije oziroma referenčni stroški za porabljeno energijo in pripadajoče referenčno časovno obdobje;
- podnebni podatki (npr. stopinjski dnevi);
- struktura rabe energije in struktura stroškov za energijo (uporabljeno gorivo, cena goriva, cena dela itd.);
- režim uporabe stavbe (npr. notranje temperature, dnevni čas uporabe prostorov) ter
- oprema oziroma naprave v stavbi.

## 6 PRIHRANKI IN EKONOMSKA UPRAVIČENOST DSM PROGRAMOV

### 6.1 ENERGETSKI PRIHRANKI ZARADI IZVAJANJA DSM PROGRAMOV

Vsako načrtovanje DSM programov se začne s predvidevanji o samem poteku projekta in pričakovanih prihrankih energije. Željeni učinki izvedbe se v grobem delijo na tri faze. V prvi naj bi določili oz. ugotovili število udeležencev programov, v drugi naj bi določili ukrepe in uvedli nove tehnologije, na koncu pa naj bi - na osnovi ugotovljenih razlik v porabi energije, pred in po uvedbi DSM programov - določili prihranke. Pri ocenjevanju prihrankov zaradi izvedbe DSM programov pa se pojavljajo tudi nepredvideni faktorji (denimo t.i. free riders, neudeleženci v programu, ...), ki otežujejo natančno določitev prihrankov, ki so posledica izvajanja DSM programov [3]. Oznake iz enačb, ki se pojavljajo v nadaljevanju, so privzete iz različnih tujih virov in niso prevajane.

Za pomoč pri ocenjevanju prihrankov definirajmo naslednje pojme [3]:

- $P$  verjetnost sodelovanja v DSM programu,
- $d$  pridobitev predvidene nove tehnologije,
- $b$  naravno nagnjenje k nakupu nove tehnologije.

Na osnovi teh definicij lahko določimo strani oz. stranke, ki prispevajo svoj delež k skupnim prihrankom energije:

- 'kupci neudeleženci', kjer so  $P = 0$ ,  $b = 1$  in  $d = 1$ ;
- 'free riders', kjer so  $P = 1$ ,  $b = 1$  in  $d = 1$  ter
- 'v programu prepričani kupci', kjer so  $P = 1$ ,  $b = 0$  in  $d = 1$ .

Vsaka od omenjenih strani oz. strank povzroča svoje prihranke, poleg teh pa se pojavijo še prihranki, ki niso v neposredni povezavi z uporabo nove tehnologije. Skupni prihranki  $s$  oz. odvisnost posameznih prihrankov lahko podamo tudi z enačbo v obliki linearne regresije (6.1). Pri tem različne stranke oz. strani uporabimo kot neodvisne spremenljivke - skupaj s spremenljivkama  $P$  in  $b$ , ki določata posamezne člene oz. prispevke posameznih tipov strank. Spremenljivka  $d$  lahko v tem primeru izpade iz linearne regresije, ker je nepotrebna, saj imajo vsi kupci novih tehnologij neničelni  $P$  ali  $b$ :

$$s_i = \beta_u \cdot X_{ui} + (1 - P_i) \cdot b_i \cdot (\beta_n \cdot X_{ni}) + P_i \cdot b_i \cdot (\beta_f \cdot X_{fi}) + P_i \cdot (1 - b_i) \cdot (\beta_s \cdot X_{si}) + e_i \quad (6.1)$$

*Enačba 6.1: Regresijska enačba skupnih prihrankov [3].*

Pri tem prvi člen na desni strani enačbe predstavlja prihranke, ki niso v neposredni povezavi z uporabo nove tehnologije, drugi člen prihranke kupcev neudeležencev, tretji člen prihranke t.i. 'free ridersov', četrti člen pa prihranke energije v programu prepričanih kupcev. Ostale oznake v enačbi 6.1 pa pomenijo:

- $e_i$  – napaka modela v  $i$ -tem letu,
- $X_i$  – zbor pojasnjevalnih spremenljivk, ki vplivajo na posamezne dele prihrankov v  $i$ -tem letu,
- $\beta$  – koeficienti spremenljivk  $X$ ,
- indeksi neodvisnih spremenljivk  $X$  in njihovih koeficientov  $\beta$ , in sicer:
  - $u$  – s projektom nepovezane členi,
  - $n$  – neudeleženci,
  - $f$  – 'free riders' in



- $s$  – v programu prepričani kupci.

Ocenjevanje prihrankov energije zaradi izvajanja DSM programov pa dodatno otežuje dejstvo, da izvajanje teh programov v določenem sistemu vpliva tudi na porabo energije v drugih, neopazovanih oz. neobravnanih sistemih. Zaradi tega lahko regresijsko enačbo 6.1 dopolnimo z dodatnim členom in dobimo enačbo 6.2. Ta opisuje prihranke, ki so posledica vplivov DSM programov v neopazovanih sistemih ( $P = 0$ ,  $b = 0$  in  $d = 1$ ):

$$s_i = \beta_u \cdot X_{ui} + (1 - P_i) \cdot d_i \cdot b_i \cdot (\beta_a \cdot X_{ai}) + (1 - P_i) \cdot d_i \cdot (\beta_c \cdot X_{ci}) + P_i \cdot b_i \cdot (\beta_f \cdot X_{fi}) + P_i \cdot (1 - b_i) \cdot (\beta_s \cdot X_{si}) + e_i \quad (6.2)$$

*Enačba 6.2: Enačba skupnih prihrankov z upoštevanjem vplivov na druge sisteme [3].*

V primerjavi z enačbo 6.1, je v enačbi 6.2 na desni strani enačaja dodan en člen. V bistvu je člen iz enačbe 6.1, ki opisuje prihranke neudeležencev v programu, razdeljen na dva člena. In sicer na prihranke neudeležencev v programu, ki so bili vzpodbujeni ravno zaradi izvajanja DSM programov in na prihranke neudeležencev, ki niso posledica izvajanja DSM programov. Zaradi tega se v enačbi 6.2 pojavita dva nova indeksa, ki se nanašata na:

- $a$  – prihranke neudeležencev, ki niso posledica izvajanja DSM programov in
- $c$  – prihranke neudeležencev, ki so posledica izvajanja DSM programov.

Če DSM program predstavlja npr. javne propagande oz. ozaveščevalne akcije, ki vzpodbujajo učinkovitejšo rabo energije ali nakup novih tehnologij, se enačbi 6.1 in 6.2 nekoliko spremenita. Takšni programi namreč nimajo udeležencev in neudeležencev v projektu, kar naredi njihovo oceno enostavnejšo. Regresijski model prihrankov je tako sestavljen iz dela prihrankov, ki niso v neposredni povezavi z uporabo nove tehnologije (prvi člen v enačbi 6.3), prihrankov strank, ki bi se v vsakem primeru odločile za izvedbo programa (drugi člen enačbe 6.3) in prihrankov strank, ki so se odločile za izvedbo programa zaradi kampanje (tretji člen v enačbi 6.3):

$$s_i = \beta_u \cdot X_{ui} + b_i \cdot d_i \cdot (\beta_n \cdot X_{ni}) + (1 - b_i) \cdot (\beta_s \cdot X_{si}) + e_i \quad (6.3)$$

*Enačba 6.3: Regresijski model prihrankov javnih neinvesticijskih DSM programov [3].*

## 6.2 EKONOMSKA UPRAVIČENOST DSM PROGRAMOV

Na ekonomsko upravičenost DSM programov vpliva veliko število faktorjev. Od mikro- in makroekonomskih dejavnikov, različnih politik in seveda od samih akterjev vključenih v te programe. Rezultati uspešnosti so odvisni tudi od tega, katere od navedenih faktorjev upoštevamo v analizah. Zaradi navedenih dejavnikov tudi ni enoznačne, enostavne rešitve, niti samo enega tipa enačb, ki bi opisovale dane probleme. V nadaljevanju poglavja sta predstavljena dva pristopa pri ugotavljanju upravičenosti DSM programov. Prvi primer ugotavlja uspešnost DSM programov s stališča posameznik akterjev, vključenih v te programe [61], drugi primer pa uspešnost raziskuje s stališča kratkoročnosti oz. dolgoročnosti vplivov DSM programov [50].

### 6.2.1 Uspešnost s stališča akterjev

Pri ocenjevanju ekonomske upravičenosti DSM je vključenih več akterjev, ki uspešnost programov DSM vidijo z različnih, svojih zornih kotov. Ti akterji so: dobavitelji energije, porabniki, vlada in njene agencije ter eventualni ponudniki energetske storitve. Za tri različne akterje (dobavitelji, porabniki in družba) lahko podamo osnovne enačbe za njihovo ekonomsko upravičenost DSM programov [61].

## 1. Porabniki

Naj bo  $N$  življenjska doba energetskega objekta na fosilna goriva. Sedanja vrednost vseh prihrankov in stroškov, v tej življenjski dobi, se za porabnika na strani porabe lahko izračunata kot:

$$B_{pj} = \sum_{i=1}^N \frac{I_{ij} + (\Delta E_{dij} \cdot P_{ij})}{(1 + r_p)^i} \quad (6.4)$$

*Enačba 6.4: Sedanja vrednost vseh prihrankov za porabnike [61],*

$$C_{pj} = \sum_{i=1}^N \frac{DC_{ij}}{(1 + r_p)^i} \quad (6.5)$$

*Enačba 6.5: Sedanja vrednost vseh stroškov za porabnike z DSM [61]*

in tudi neto prihodek v življenjski dobi kot:

$$F_p = \frac{B_{pj} - C_{pj}}{\sum_{i=1}^N \frac{1}{(1 + r_p)^i}} \quad (6.5)$$

*Enačba 6.6: Neto prihodek v življenjski dobi za porabnike [61],*

kjer predstavljajo:

- $B_{pj}$  – sedanja vrednost vseh prihrankov za porabnike z DSM tehnologijo  $j$ ;
- $C_{pj}$  – sedanja vrednost vseh stroškov za porabnike z DSM tehnologijo  $j$  in
- $\Delta E_{dij}$  – prihranek energije zaradi DSM tehnologije  $j$  v letu  $i$ .

Npr:

$$\Delta E_{dij} = (p_b - p_j) \cdot h_j,$$

kjer je:

- $p_b$  – moč stare opreme,
- $p_j$  – moč nove DSM tehnologije oz. opreme  $j$ ,
- $h_j$  – število letnih obratovalnih ur opreme  $j$ ,
- $P_{ij}$  – cena energije za DSM tehnologijo  $j$  v letu  $i$  ter
- $I_{ij}$  – subvencija za nakup tehnologije  $j$  v letu  $i$ .

Npr.:

$$I_{ij} = S_{ij} \cdot b_{ij},$$

kjer je :

- $S_{ij}$  – strošek nakupa DSM tehnologije  $j$  v letu  $I$ ,
- $b_{ij}$  – stopnja subvencije za tehnologije  $j$  v letu  $I$ ,
- $DC_{ij}$  – neposredni strošek v letu  $I$  in
- $DC_{ij} = S_{ij} - B_{ij}$ ,

kjer je

- $B_{ij}$  – izogibni strošek nakupa stare opreme zaradi sprejetja DSM tehnologije  $j$  v letu  $I$  in
- $r_p$  – diskontna stopnja.

## 2. Dobavitelji

Pri predvidevanju, da distributerji oz. dobavitelji energije v DSM programu sodelujejo neposredno, brez tretje strani, se sedanja vrednost vseh prihrankov in stroškov, v tej življenjski dobi, za dobavitelja na strani dobave lahko izračunata kot:

$$B_{uj} = \sum_{i=1}^N \frac{\Delta E_{sij} \cdot AC_{ij}}{(1+r_u)^i} \quad (6.7)$$

Enačba 6.7: Sedanja vrednost vseh prihrankov za dobavitelje z DSM [61]

$$C_{uj} = \sum_{i=1}^N \frac{PA_{ij} + I_{ij} + \Delta E_{dij} \cdot P_{ij}}{(1+r_u)^i} \quad (6.8)$$

Enačba 6.8: Sedanja vrednost vseh stroškov za dobavitelje z DSM [61]

in tudi neto prihodek v življenjski dobi kot:

$$F_u = \frac{B_{uj} - C_{uj}}{\sum_{i=1}^N \frac{1}{(1+r_u)^i}} \quad (6.9)$$

Enačba 6.9: Neto prihodek v življenjski dobi za dobavitelje [61],

kjer predstavljajo:

- $B_{uj}$  – sedanja vrednost vseh prihrankov za dobavitelje z DSM tehnologijo  $j$ ,
- $C_{uj}$  – sedanja vrednost vseh stroškov za dobavitelje z DSM tehnologijo  $j$  in
- $\Delta E_{dij}$  – prihranek energije oz. neproizvedena energija na strani proizvodnje zaradi DSM tehnologije  $j$  v letu  $i$ .

Npr:

- $\Delta E_{sij} = \Delta E_{dij} / (1-a)$ ;  $a$ - faktor izgub prenosa in distribucije;
- $AC_{ij}$  – izogibni marginalni stroški na proizvodni strani zaradi uporabe DSM tehnologije  $j$  v letu  $I$ ;
- $PA_{ij}$  – operativni stroški projekta za DSM tehnologijo  $j$  v letu  $i$ , podani kot določen procent stroška za tehnologijo  $j$ ;
- $I_{ij}$  – subvencije dobaviteljev porabnikom za nabavo DSM tehnologije  $j$  v letu  $I$ , kar predstavlja  $I_{ij} = S_{ij} \cdot b_{ij}$ ;
- $P_{ij}$  – cena energije za DSM tehnologijo  $j$  v letu  $i$  in
- $r_u$  – diskontna stopnja.

## 3. Družba

Družbo, kot celoto, predstavljajo vse strani oz. akterji v DSM programu. Notranji denarni tokovi med porabniki in dobavitelji v tem primeru ne pridejo v poštev. Potemtakem lahko sedanje vrednosti celotnih prihrankov in stroškov za družbo kot celoto zapišemo kot:

$$B_{sj} = \sum_{i=1}^N \frac{\Delta E_{sij} \cdot (AC_{ij} + AEC_{ij})}{(1+r_s)^i} \quad (6.10)$$

Enačba 6.10: Sedanja vrednost vseh prihrankov za družbo z DSM [61]

$$C_{sj} = \sum_{i=1}^N \frac{PA_{ij} + S_{ij} - B_{ij}}{(1+r_s)^i} \quad (6.11)$$

Enačba 6.11: Sedanja vrednost vseh stroškov za družbo z DSM [61]

$$F_s = \frac{B_{sj} - C_{sj}}{\sum_{i=1}^N \frac{1}{(1+r_s)^i}} \quad (6.12)$$

Enačba 6.12: Neto prihodek v življenjski dobi za družbo [61],

kjer predstavljajo:

- $B_{sj}$  – sedanja vrednost vseh prihrankov za družbo z DSM tehnologijo  $j$ ,
- $C_{sj}$  – sedanja vrednost vseh stroškov za družbo z DSM tehnologijo  $j$ ,
- $F_s$  – neto prihodek v življenjski dobi za družbo,
- $AEC_{ij}$  – izogibni zunanji stroški za DSM tehnologijo  $j$  v letu  $I$  in
- $r_s$  - diskontna stopnja.

Pri vsem tem je ključnega pomena stroškovna učinkovitost DSM ukrepov za dobavitelje. Ti so pripravljeni sodelovati v DSM programih le, če jim investicije v DSM prinesejo večjo ekonomsko korist kot investicije v povečanje kapacitet.

## 6.2.2 Uspešnost kratkotrajnih in dolgoročnih vplivov

Ko razmišljamo o izvedbi DSM programov, na ocenitev izogibnih stroškov lahko vpliva veliko število faktorjev, ki bi morali biti določeni z makro- in mikroekonomskimi študijami. Na primer, na kratki rok DSM ukrepi vplivajo na izogibne operativne stroške (*AOC – avoided operating costs*), na daljši rok pa na izogibne proizvodne oz. kapacitetne stroške (*ACC – avoided capacity costs*). Sprememba diagrama porabe kratkoročno spremeni operativne stroške, dolgoročno pa predvidena poraba in vršna obremenitev pogojujeta nove proizvodne zmogljivosti. Razen tega je potrebno upoštevati tudi trenutno vrednost kapitala oz. investicij, ki so funkcija obrestnih mer in inflacije [9]. Na splošno velja, da skupni izogibni stroški zaradi DSM programov predstavljajo vsoto izogibnih operativnih in izogibnih kapacitetnih stroškov (*AOC* in *ACC*). Pri tem ti stroški na primeren način predstavljajo operativne prihranke in odložene kapitalske investicije. Med izvajanjem DSM programov lahko pride pri porabnikih do dodatnih investicijskih potreb. V tem primeru bi naj bili nastali izogibni stroški pravično razdeljeni med dobavitelje in DSM udeležence. Blok diagram IRP planiranja z upoštevanjem *AOC* in *ACC* je prikazan na sliki 6.1, ki je prikazana v nadaljevanju poglavja.

### 1. Kratkotrajni vpliv – izogibni operativni stroški – *AOC*

Porabo energije, pred uvedbo DSM programov pri porabnikih, označimo z  $EU$ , porabo po uvedbi DSM programov pa z  $EU'$ . Če diagram porabe oz. tarifo za zaračunavanje energije razdelimo na tri dele (*TOU – three stage time of use*): vršno, trapezno in bazno, lahko tudi porabo razdelimo na tri ločene komponente. Označimo jih z:  $EU_p$  za vršno,  $EU_s$  za trapezno in

$EU_o$  za bazno porabo. To velja za porabo pred uvedbo DSM programov, po uvedbi DSM programov pa so označbe  $EU'_p$ ,  $EU'_s$  in  $EU'_o$ . Pri tem lahko določimo oz. definiramo razmerje porabe energije porabnika po in pred uvedbo DSM programov. Označimo ga z  $\xi$  in ga izračunamo kot:

$$\xi = \frac{EU'}{EU} \quad (6.13)$$

*Enačba 6.13: Razmerje porabe pred in po uvedbi DSM [50].*

Nadalje lahko predstavimo razmerji porabljenе energije v vsaki periodi glede na celotno porabo energije. To sta  $\theta_k$  za čas pred implementacijo in  $\theta'_k$  za čas po implementaciji DSM programov in se izračunata kot:

$$\theta_k = \frac{EU_k}{EU} \quad (6.14)$$

*Enačba 6.14: Razmerje porabe energije v posamezni periodi glede na celotno porabo - pred DSM [50]*

in

$$\theta'_k = \frac{EU'_k}{EU} \quad (6.15)$$

*Enačba 6.15: Razmerje porabe energije v posamezni periodi napram celotni porabi - po DSM [50],*

kjer  $k$  v enačbah 6.14 in 6.15 predstavlja posamezne časovne periode, torej  $p$ ,  $s$  in  $o$ .

Znižanje porabe energije, in s tem sprememba obremenitvenega diagrama od vršne, preko trapezne, do bazne energije sočasno vpliva na znižanje proizvodnih stroškov, onesnaževalnih stroškov, kakor tudi na znižan prihodek za dobavitelja energije. Tako lahko izogibne operativne stroške ( $AOC$ ) predstavimo kot vsoto izogibnih proizvodnih stroškov  $AGC$  (*avoided generating cost*) in izogibnih onesnaževalnih stroškov  $APC$  (*avoided pollution cost*), od katerih odštejemo izpad dohodka  $RL$  (*revenue loss*). To zapišemo v obliki enačbe 6.16:

$$\begin{aligned} AOC = AGC + APC - RL = & (EU_p - EU'_p) \cdot (C_p + P_p - E_p) + (EU_s - EU'_s) \cdot (C_s + P_s - E_s) \\ & + (EU_o - EU'_o) \cdot (C_o + P_o - E_o) \end{aligned} \quad (6.16)$$

*Enačba 6.16: Izogibni operativni stroški [50],*

kjer predstavljajo:

- $C_p, C_s, C_o$  – marginalne proizvodne stroške,
- $P_p, P_s, P_o$  – onesnaževalne stroške in
- $E_p, E_s, E_o$  – tarife za posamezno časovno periodo.

Če v enačbo 6.16 vstavimo prej definirana razmerja iz enačb 6.14 in 6.15, dobimo končno obliko enačbe (6.17) za izogibne operativne stroške na enoto energije:

$$AOC = AOC_p + AOC_s + AOC_o = (\theta_p - \xi\theta'_p) \cdot (C_p - E_p + P_p) + (\theta_s - \xi\theta'_s) \cdot (C_s - E_s + P_s) + (\theta_o - \xi\theta'_o) \cdot (C_o - E_o + P_o) \quad (6.17)$$

Enačba 6.17: Izogibni operativni stroški na enoto energije [50].

## 2. Dolgoročni vpliv – izogibni kapacitetni stroški – ACC

Dolgoročna predvidevanja stopnje rasti porabe energije predvidevajo tudi nove proizvodne kapacitete. Stopnja rasti pa je oz. bo tudi pod vplivom DSM ukrepov, ki jih oz. jih bodo izvajali dobavitelji energije. Poleg tega je sedanja vrednost kapitalskih naložb, potrebnih za nove proizvodne enote, funkcija tako sedanjih obrestnih mer  $r$  %, kot tudi letne inflacijske stopnje  $d$  % [9]. V glavnem po so izogibni kapacitetni stroški ACC določeni z dobaviteljevimi dolgoročnimi plani in akcijami za širitev kapacitet.

Pri dolgoročnem planiranju razširitve kapacitet proizvodnje in tudi prenosa oz. distribucije, se je v svetu uveljavil t.i. MOLP (*multiple objective linear programming*) model. Z njim se ocenjuje finančni vpliv in izogibni kapacitetni stroški, kjer se upoštevajo potrebe po minimizaciji proizvodnih in okoljskih oz. emisijskih stroškov. Namen MOLP funkcije je minimizirati trenutno vrednost celotnih stroškov  $TC$  (*total cost*) sistema, ki obsegajo notranje stroške proizvodnje in zunanje onesnaževalne stroške [71]. S pomočjo MOLP modela tako izvajajo t.i. IRP proces planiranja [69, 50, 61]. Pri tem omenimo, da notranji proizvodni stroški zajemajo stroške goriva  $F(t)$ , variabilne operativne in vzdrževalne stroške  $VOM(t)$  in investicijske stroške  $IC(t)$ . Medtem pa zunanje onesnaževalne stroške  $PC(t)$  predstavljajo stroški emisij [50].

Iz vsega povedanega lahko sedaj zapišemo MOLP funkcijo kot:

$$MinTC = \sum_{t=0}^T PVF(r, d, t) \cdot [F(t) + VOM(t) + IC(t) + PC(t)] \quad (6.18)$$

Enačba 6.18: MOLP funkcija [50],

kjer je faktor sedanjih vrednosti (*present value factor*)  $PVF(r, d, t) = \left(\frac{1+d}{1+r}\right)^t$

Implementacija DSM programov spremeni pri porabnikih časovno in količinsko porabo po energiji. Poraba energije  $ED(s, p, t)$  in vršna poraba  $PD(t)$  se bosta, pred in po uvedbi DSM programov, razlikovali. MOLP simulacija se lahko uporablja za pridobivanje odločitvenih spremenljivk pred in po implementaciji DSM programov. To so npr. proizvodne kapacitete tipa  $i$  v letu  $t$  pred uporabo DSM programov  $G(i, t)$  in po uporabi  $G'(i, t)$ . Sedanja vrednost kapitalskih naložb  $PVCI$ , potrebnih za predvideno širitev kapacitet v določenem obdobju (npr. 10 let ali več) brez izvedenih DSM programov lahko zapišemo z enačbo 6.19, medtem ko lahko ustrezno sedanjo vrednost kapitalskih naložb  $PVCI'$ , ko so izvedeni DSM programi, zapišemo, kot je podano v enačbi 6.20:

$$PVCI = \sum_{t=0}^T \sum_{i=1}^I \left( \left(\frac{1+d}{1+r}\right)^t \cdot UIC(i, t) \cdot G(i, t) \right) \quad (6.19)$$

Enačba 6.19: Sedanja vrednost kapitalskih naložb – brez DSM programov [50]

$$PVCI' = \sum_{t=0}^T \sum_{i=1}^I \left( \left( \frac{1+d}{1+r} \right)^t \cdot UIC(i,t) \cdot G'(i,t) \right) \quad (6.20)$$

Enačba 6.20: Sedanja vrednost kapitalskih naložb – z DSM programi[50].

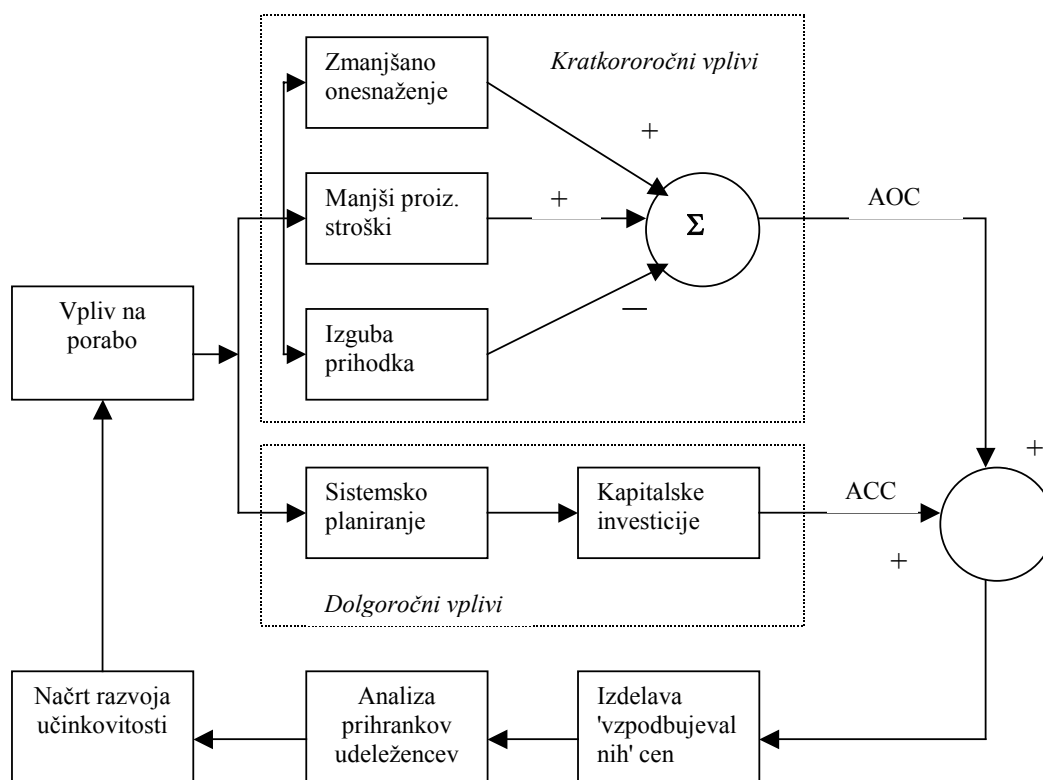
Sedanja vrednost izogibnih kapacitetnih stroškov  $ACC$ , predstavljena z zmanjšanjem porabe, ki je posledica DSM programov, je podana kot zapis enačbe 6.21:

$$ACC = (PVCI - PVCI') = \sum_{t=0}^T \sum_{i=1}^I \left( \left( \frac{1+d}{1+r} \right)^t \cdot UIC(i,t) \cdot (G(i,t) - G'(i,t)) \right) \quad (6.21)$$

Enačba 6.21: Sedanja vrednost  $ACC$  [50].

V enačbah 6.19, 6.20 in 6.21 pomenijo:

- $UIC(i,t)$  – investicijski strošek v proizvodni tip  $I$  v letu  $t$  v enoti (denarna enota/MW),
- inicialka  $i$  – proizvodni tip,
- inicialka  $s$  – sezona v letu in
- inicialka  $t$  – leto; npr. bazno leto  $t=0$



Slika 6.1: IRP procedura z upoštevanjem AOC in ACC [50].

### 3. Iniziative za DSM udeležence

Kot je bilo ugotovljeno, znižanje porabe energije in vršne obremenitve pri dobaviteljnih povzroči izogibne kapacitetne stroške  $ACC$ , ki se lahko razdelijo med udeležence DSM programov. Sedanja vrednost  $ACC$ , kot je predstavljena v enačbi 6.21, predstavlja izogibne stroške pri času  $t=0$ , prav tako pa se jih da pretvoriti v letne obroke  $AI$  ali vzpodbude za udeležence po metodi povprečnih letnih obrokov [2]:

$$AI = ACC \left( \frac{\left( \frac{r-d}{1+r} \right)}{1 - \left( \frac{1+d}{1+r} \right)^T} \right) \quad (6.22)$$

Enačba 6.22: Letni obrok vzpodbude [50].

Z znižano letno napovedjo porabe  $ADR(t)$  (*annual demand reduction*), lahko letni račun zaradi znižanja porabe  $RDC$  (*reduced demand charge*) izrazimo kot:

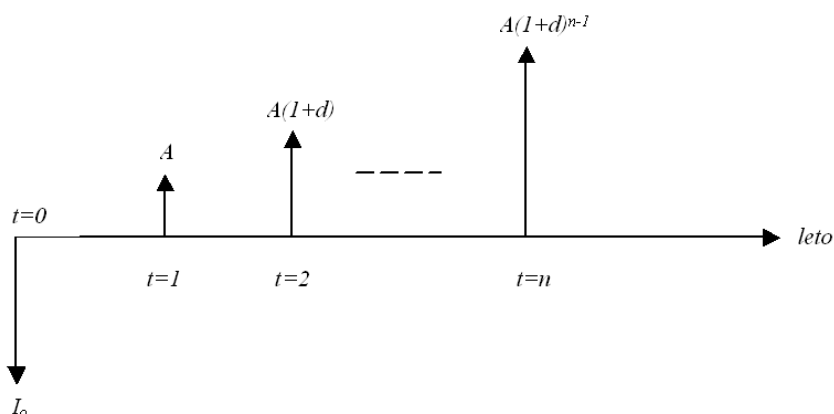
$$RDC = \frac{AI}{ADR(t)} \quad (6.23)$$

Enačba 6.23: RDC [50].

Da bi med udeležence DSM programov pravilno in pošteno porazdelili izogibne operativne stroške  $AOC$ , je potrebno najprej določiti ustrezne faktorje energijske porabe pred in po izvedbi DSM programov ( $\xi$ ,  $\theta_k$ ,  $\theta'_k$ ). Dodeljene tarifne postavke za DSM udeležence pridobimo z odštevanjem trenutnih tarifnih postavk  $E_p$ ,  $E_s$  in  $E_o$  od posameznih  $AOC_k$  vrednosti, kot so zapisane v enačbi 6.17.

### 4. Ekonomska analiza DSM udeleženca

Ko se udeleženec odloča o investiciji v DSM program, začetno kapitalno investicijo  $I_o$  v denarnem pretoku predstavljamo kot odhodek, medtem ko letne prihodke zaradi nižjih računov za energijo, ki so posledica implementacije DSM programov, predstavljamo kot prihodki v denarnem toku. Denarni tok implementacije DSM programa s strani udeleženca je prikazan na sliki 6.2:



Slika 6.2: Denarni tok s stališča DSM udeleženca [50].



Če označimo letno inflacijsko stopnjo prihodka z  $d\%$  in letno obrestno mero z  $r\%$ , lahko neto sedanjo vrednost  $NPV$  (*net present value*) denarnega toka izrazimo z enačbo 6.24:

$$NPV = -I_0 + A \sum_{i=1}^n \frac{(1+d)^{i-1}}{(1+r)^i} \quad (6.24)$$

*Enačba 6.24: Neto sedanja vrednost [50].*

Ko ocenjujemo različne alternative med investicijami v DSM programe, se moramo zavedati, da pozitivna vrednost  $NVP$  v servisni dobi nakazuje pozitivne efekte investicij. Višja kot je vrednost  $NVP$ , uspešnejša je investicija.

Vračilna doba  $PBY$  (*pay back year*) je še en zanimiv indikator oz. orodje za ocenjevanje koristnosti investicij v DSM programe. Pove nam, koliko časa je potrebno, da se določena investicija povrne:

$$PBY = \frac{\ln\left(1 - (r-d) \cdot \frac{I_0}{A}\right)}{\ln\left(\frac{1+d}{1+r}\right)} \quad (6.25)$$

*Enačba 6.25: Vračilna doba investicije v DSM programe [50].*

## 7 REGRESIJSKA ANALIZA

Regresijska analiza se ukvarja s preučevanjem odvisnosti ene spremenljivke (odvisne spremenljivke) od ene ali več drugih spremenljivk (pojasnjevalnih spremenljivk) - z namenom, da oceni ali predvidi povprečno vrednost prve spremenljivke ob danih oziroma fiksnih vrednostih drugih spremenljivk. V literaturi se pojavljajo različni termini za odvisno in neodvisno spremenljivko. Tako se na primer za odvisno spremenljivko pojavljajo izrazi pojasnjevalna spremenljivka, regresand, predikand, odzivna spremenljivka, endogena spremenljivka idr. Za pojasnjevalne spremenljivke pa se pojavljajo izrazi nepojasnjene spremenljivke, regresorji, prediktorji, kontrolne spremenljivke, eksogene spremenljivke idr. V nalogi so uporabljeni izrazi odvisna spremenljivka in pojasnjevalne spremenljivke. Za označevanje odvisne spremenljivke se najpogosteje uporablja  $y$  oz  $Y$ , za pojasnjevalne spremenljivke pa  $x$  oz  $X$  [59, 75].

Regresijska analiza je ena od metod ekonometrije. Ekonometrične metode so prilagojene tako, da postanejo primerne za merjenje ekonomskih povezav, ki so stohastične. To pomeni, da vključujejo slučajne vplive. Prilagoditev vsebuje predvsem specifikacijo stohastičnega oz. slučajnostnega člena, za katerega domnevamo, da deluje v realnem svetu in vstopa v dejanske opazovane podatke, ki so zato kasneje obravnavani kot slučajnostni vzorec, na katerem lahko nato uporabimo statistične metode [59].

Pri regresijski analizi najprej postavimo teoretične predpostavke o odnosih med spremenljivkami oz. postavimo regresijski model, ki ga testiramo na nekem določenem vzorcu. S pomočjo regresijske analize nato ocenimo parametre modela in statistični pomen tega modela. Poleg opisne vloge ima regresijska analiza tudi napovedovalno vlogo, ko lahko iz sprejetega modela in ocen njegovih parametrov in iz vrednosti neodvisnih spremenljivk, napovemo vrednost odvisne spremenljivke.

Za lažjo predstavbo bomo prikazali enostaven primer. Ekonomska teorija uči, da je povpraševanje po dobrini odvisno od njene cene, od cen ostalih izdelkov, od potrošnikovega dohodka in od njegovega okusa. Iz povedanega lahko zapišemo naslednjo enačbo (7.1) povpraševanja:

$$Q_p = \beta_1 + \beta_2 C_d + \beta_3 C_o + \beta_4 D + \beta_5 O_p \quad (7.1)$$

*Enačba 7.1: Enačba povpraševanja,*

kjer je:

- $Q_p$  – količina povpraševanja po določeni dobrini,
- $C_d$  – cena povpraševane dobrine,
- $C_o$  – cena ostalih dobrin,
- $D$  – dohodek potrošnika,
- $O_p$  – okus potrošnika in
- $\beta_1$ – $\beta_5$  – koeficienti enačbe povpraševanja.

Enačba 7.1 pomeni, da količino povpraševanja po določeni dobrini opisujejo faktorji na desni strani enačbe, in da se bo količina povpraševanja spremenila le, če se spremeni kateri od faktorjev na desni strani enačbe. Ker pa to niso edini faktorji, ki vplivajo na gibanje spremenljivke na levi strani enačbe (količina povpraševanja po določeni dobrini), je v enačbo potrebno vključiti novo, slučajno spremenljivko, ki upošteva vplive ostalih, nepredvidenih oz.

neupoštevanih vplivov (npr. spremembe zakonodaj, navad, novi produkti, socialne in družbene spremembe, ...). Tako dobimo novo enačbo 7.2, kjer ima funkcija povpraševanja naslednjo slučajnostno oz. stohastično obliko:

$$Q_p = \beta_1 + \beta_2 C_d + \beta_3 C_o + \beta_4 D + \beta_5 O_p + u \quad (7.2)$$

*Enačba 7.2: Stohastična enačba povpraševanja,*

kjer  $u$  predstavlja slučajnostne faktore, ki vplivajo na obseg povpraševanja.  $\beta$  koeficienti v enačbah 7.1 in 7.2 nam, poenostavljeno povedano, predstavljajo velikost in trend sprememb posameznih spremenljivk. Tako npr. za koeficient  $\beta_2$  iz enačbe 7.2 pričakujemo negativni predznak, saj zakon povpraševanja zahteva negativno povezavo med povpraševano količino in ceno dobrine. Torej, dražja kot je dobrina, manj jo bomo kupovali. Nasprotno pa za koeficient  $\beta_4$  pričakujemo pozitivni predznak, saj sta dohodek in povpraševana količina pozitivno povezana. Večji kot je dohodek, večje je lahko povpraševanje po določeni dobrini. Velikosti  $\beta$  koeficientov pa predstavljajo količinsko povezanost spremenljivk na levi in na desni strani enačbe. Povedo, kolikšna sprememba spremenljivk na desni strani enačbe je potrebna za določeno spremembo po povpraševanju.

Nadaljnja podglavja opisujejo osnove regresijske analize in postopke, ki so potrebni za postavitev modela in oceno njegove primernosti.

## 7.1 POPULACIJSKA REGRESIJSKA FUNKCIJA

Odnose med spremenljivkami navadno zapišemo v obliki deterministične funkcije. To pomeni, da danim vrednostim pojasnjevalnih spremenljivk ustreza ena ali več natančno, na podlagi specificirane funkcije, določenih vrednosti odvisne spremenljivke. Za primer odnosov med pojasnjevalnimi in odvisno spremenljivko lahko zapišemo funkcijo:

$$Y = f(x_1, \dots, x_n) \quad (7.3)$$

*Enačba 7.3: Odvisnost  $Y$  od  $x$ .*

V primeru linearnosti funkcije (linearna odvisnost parametrov) lahko enačbo 7.3 zapišemo tudi v obliki:

$$Y = \beta + \beta_1 x_1 + \dots + \beta_n x_n \quad (7.4)$$

*Enačba 7.4: Deterministična funkcija.*

Opisana deterministična enačba 7.4 je stohastične narave, tako da zapisana odvisnost odvisne spremenljivke  $Y$  od pojasnjevalnih spremenljivk  $x_1, \dots, x_n$  velja le v povprečju. Zato lahko zapišemo, da je pogojna pričakovana vrednost  $Y$  od  $x_1, \dots, x_n$  zapisana kot:

$$E(Y | x_1, \dots, x_n) = f(x_1, \dots, x_n) \quad (7.5)$$

*Enačba 7.5: Pogojna pričakovana (povprečna) vrednost  $Y$*

oziroma, če jo zapišemo kot linearno stohastično funkcijo:

$$E(Y | x_1, \dots, x_n) = \beta + \beta_1 x_1 + \dots + \beta_n x_n \quad (7.6)$$

*Enačba 7.6: Pogojna pričakovana vrednost  $Y$  kot linearna funkcija.*

Enačba 7.6 se imenuje tudi populacijska regresijska funkcija ali krajše PRF (tudi v ang. *population regression function*). Z njo lahko izračunamo povprečne vrednosti  $Y$  od  $x_1, \dots, x_n$ , ki pa odstopajo od dejanskih količin. Odklone, ki so lahko pozitivni ali negativni, označimo z  $u$  in jih lahko za npr.  $i$ -ti primer zapišemo:

$$u_i = Y_i - E(Y | x_{1i}, \dots, x_{ni}) \quad (7.7)$$

Enačba 7.7: Slučajni (stohastični) odklon.

Odklon  $u$  tako tudi predstavlja slučajno in odvisno spremenljivko  $Y$ . Z vključitvijo slučajne spremenljivke  $u$  v populacijski regresijski model, pridemo do naslednjega zapisa:

$$Y_i = \beta + \beta_1 x_{1i} + \dots + \beta_n x_{ni} + u_i \quad (7.8)$$

Enačba 7.8: Stohastična specifikacija PRF.

Z enačbo 7.8 je prikazano, da na odvisno spremenljivko, poleg pojasnjevalnih spremenljivk, vplivajo še drugi dejavniki. Te dejavnike predstavlja spremenljivka  $u$ . Razlogov za vključitev stohastične spremenljivke  $u$  v model je več. Najpogostejši med njimi pa so:

- predstavlja nadomestilo za vse tiste spremenljivke, ki vplivajo na odvisno, pa niso bile zajete med pojasnjevalne spremenljivke;
- določenih pojasnjevalnih spremenljivk pri specifikaciji modela ne moremo upoštevati, ker jih je npr. težko številčno ovrednotiti ali pa zanje dobiti podatke;
- vplive pojasnjevalnih spremenljivk, katerih skupni učinek je majhen in nepomemben in/ali predvsem nesistematičen, združimo v spremenljivko  $u$ ;
- tudi če ob specifikaciji modela upoštevamo vse relevantne pojasnjevalne spremenljivke, se še vedno lahko pojavijo določeni naključni elementi;
- pojavljajo se napake in odkloni pri meritvah ali pretvorbah oz. transformacijah pojasnjevalnih spremenljivk ter
- preprostejši model ima prednost pred zapletenejšim vse dotlej, dokler se ne izkaže, da je zaradi tega neustrezen.

## 7.2 REGRESIJSKA FUNKCIJA VZORČNIH PODATKOV

S populacijsko regresijsko funkcijo opisujemo odnose med odvisno in pojasnjevalnimi spremenljivkami za celotno populacijo, kakorkoli je ta definirana. Navadno pa za celotno populacijo ne razpolagamo s podatki, na osnovi katerih bi nato ugotovili regresijske koeficiente oziroma populacijski regresijski model. Zato smo v splošnem prisiljeni uporabiti podatke le za del populacije. Te podatke imenujemo vzorčni podatki. Na osnovi teh podatkov zapišemo oziroma oblikujemo regresijsko funkcijo vzorčnih podatkov SRF (*sample regression function*) v naslednji obliki:

$$\hat{y}_i = b_1 x_{1i} + b_2 x_{2i} + \dots + b_k x_{ki} \quad (7.9)$$

Enačba 7.9: Regresijska funkcija vzorčnih podatkov,

pri čemer so:

- $\hat{y}_i$  - cenilka vrednosti  $E(Y | x_{1i}, \dots, x_{ki})$  in
- $b_1, \dots, b_k$  – cenilke vrednosti  $\beta_1, \dots, \beta_k$ .

Cenilke vrednosti so obrazci ali postopki, ki povedo, kako oceniti parametre za populacijo na

osnovi vzorčnih podatkov. Numerično vrednost parametra, ki smo jo izračunali s pomočjo cenilke, imenujemo ocena parametra.

Tako kot je populacijski regresijski model zapisan v stohastični obliki, lahko v takšni obliki podobno zapišemo regresijski model vzorčnih podatkov. Iz tega sledi, da je:

$$y_i = \hat{y}_i + e_i \quad (7.10)$$

*Enačba 7.10: Regresijski model vzorčnih podatkov v stohastični obliki*

oziroma:

$$y_i = b_1 x_{1i} + b_{2i} + \dots + b_k x_{ki} + e_i \quad (7.11)$$

*Enačba 7.11: Regresijski model vzorčnih podatkov v stohastični obliki.*

V enačbah 7.10 in 7.11  $e_i$  predstavljajo ostanke ali napake regresijskega modela vzorčnih podatkov. Obravnavamo jih lahko kot cenilke  $u_i$ , saj so po svoji vsebini v enačbi 7.11 iz istih razlogov, kot so  $u_i$  v populacijski regresijski funkciji.

Z regresijsko funkcijo vzorčnih podatkov torej lahko le ocenimo populacijske regresijske funkcije oz. regresijski model vzorčnih podatkov predstavlja le oceno ali aproksimacijo populacijskega regresijskega modela.

### 7.3 OCENJEVANJE POPULACIJSKEGA REGRESIJSKEGA MODELA

Pri izračunih regresijskih modelov vzorčnih podatkov, pri katerih želimo, da so dobljene ocene regresijskih koeficientov čim bližje dejanskim vrednostim populacijskega regresijskega modela, lahko uporabimo več metod.

Ker je regresijska funkcija vzorčnih podatkov stohastične narave, zagotovo ni metode ali postopka, ki bi enoumno in brez napak napovedoval vrednosti odvisne spremenljivke pri danih vrednostih pojasnjevalnih spremenljivk. V takšnih primerih se lahko npr. uporabi metoda s kriterijem minimizacije vsote napak regresijskega modela. Torej minimizacija vsote  $e_i$ . Uporabimo lahko tudi metodo vsote absolutnih vrednosti.

V praksi pa v takšnih primerih največkrat uporabljajo metodo navadnih najmanjših kvadratov, ki jo je leta 1821 'odkril' matematik C.F. Gauss. V nekaj korakih bo na hitro predstavljena metoda oz. njena temeljna izhodišča reševanja problema.

Iz enačb 7.10 in 7.11:

$$y_i = b_1 x_{1i} + b_{2i} + \dots + b_k x_{ki} + e_i = \hat{y}_i + e_i$$

dobimo zapis oz. enačbo 7.12 :

$$e_i = y_i - \hat{y}_i = y_i - b_1 x_{1i} - b_{2i} - \dots - b_k x_{ki} \quad (7.12)$$

*Enačba 7.12: Napake regresijskega modela,*

s katero vidimo, da so razlike med dejanskimi in ocenjenimi vrednostimi odvisne od spremenljivke pri opazovanih enotah. Glede na izbran kriterij, to je minimizacija vsote kvadratov napak regresije, se regresijska funkcija vzorčnih podatkov določi tako, da bo imel izraz 7.13 najmanjšo vrednost.

$$\sum e_i^2 = \sum (y_i - b_1 x_{i1} - b_2 x_{i2} - \dots - b_k x_{ki})^2 \quad (7.13)$$

*Enačba 7.13: Vsota kvadratov napak regresijskega modela.*

Zapisana enačba 7.13 bo imela najmanjšo vrednost v točki, kjer so vsi njeni parcialni odvodi enaki nič. Parcialno odvajanje funkcije po  $b_j$  in enačenje teh odvodov z nič, nam da sistem k linearnih enačb. Rešitev sistema teh enačb nas pripelje do cenilk regresijskih koeficientov.

Sistem linearnih enačb lahko zapišemo v obliki enačbe 7.14:

$$\begin{aligned} y_1 &= b_1 \cdot x_{11} + b_2 \cdot x_{21} + \dots b_j \cdot x_{j1} + \dots b_k \cdot x_{k1} + e_1 \\ y_2 &= b_1 \cdot x_{21} + b_2 \cdot x_{22} + \dots b_j \cdot x_{j2} + \dots b_k \cdot x_{k2} + e_2 \\ &\dots \\ y_n &= b_1 \cdot x_{2n} + b_2 \cdot x_{2n} + \dots b_j \cdot x_{jn} + \dots b_k \cdot x_{kn} + e_n \end{aligned} \quad (7.14)$$

*Enačba 7.14: Sistem linearnih enačb regresijskega modela vzorčnih podatkov.*

Bolj prikladen in pregleden je zapis, kjer so opazovanja za odvisno spremenljivko in pojasnjevalne spremenljivke zapisane v posamezne vektorje:

$$y = b_1 \cdot x_1 + b_2 \cdot x_2 + \dots b_j \cdot x_j + \dots b_k \cdot x_k + e \quad (7.15)$$

*Enačba 7.15: Vektorski zapis sistema linearnih enačb regresijskega modela vzorčnih podatkov.*

Kjer so vsi vektorji dimenzije  $n$  in definirani, kot je zapisano v enačbi 7.16:

$$y = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \dots \\ y_i \\ \dots \\ y_n \end{bmatrix}, x_1 = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ \dots \\ 1 \\ \dots \\ 1 \end{bmatrix}, x_2 = \begin{bmatrix} x_{21} \\ x_{22} \\ \dots \\ x_{2i} \\ \dots \\ x_{2n} \end{bmatrix}, \dots, x_j = \begin{bmatrix} x_{j1} \\ x_{j2} \\ \dots \\ x_{ji} \\ \dots \\ x_{jn} \end{bmatrix}, \dots, x_k = \begin{bmatrix} x_{k1} \\ x_{k2} \\ \dots \\ x_{ki} \\ \dots \\ x_{kn} \end{bmatrix}, e = \begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \\ \dots \\ e_i \\ \dots \\ e_n \end{bmatrix} \quad (7.16)$$

*Enačba 7.16: Vektorji regresijskega modela vzorčnih podatkov.*

Vektor  $x_1$  predstavlja prvo pojasnjevalno spremenljivko. Iz zapisa je razvidno, da to ni prava pojasnjevalna spremenljivka, ker so vse njene vrednosti pri vseh opazovanih enotah enake ena. To nam omogoča preprost zapis splošnega linearnega regresijskega modela, kjer prvi regresijski koeficient predstavlja regresijsko konstanto.

Vse vektorje pojasnjevalnih spremenljivk  $x$  lahko zapišemo tudi v obliki ene matrike  $X$ , dimenzije  $n \times k$ , kar zadevo še bolj poenostavi:

$$X = \begin{bmatrix} x_1 & x_2 & \dots & x_j & \dots & x_k \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{21} & \dots & x_{j1} & \dots & x_{k1} \\ x_{12} & x_{22} & \dots & x_{j2} & \dots & x_{k2} \\ \dots & \dots & & \dots & & \dots \\ x_{1i} & x_{2i} & \dots & x_{ji} & \dots & x_{ki} \\ \dots & \dots & & \dots & & \dots \\ x_{1n} & x_{2n} & \dots & x_{jn} & \dots & x_{kn} \end{bmatrix} \quad (7.17)$$

Enačba 7.17: Matrika pojasnjevalnih spremenljivk regresijskega modela vzorčnih podatkov.

Prav tako lahko tudi vrednosti regresijskih koeficientov zapišemo kot vektor dimezije  $k \times 1$ .

$$b = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \dots \\ b_j \\ \dots \\ b_k \end{bmatrix} \quad (7.18)$$

Enačba 7.18: Vektorski zapis koeficientov regresijskega modela vzorčnih podatkov.

Zapis splošnega regresijskega modela vzorčnih podatkov je tako v matrični obliki naslednji:

$$y = X \cdot b + e \quad (7.19)$$

Enačba 7.19: Matrični zapis regresijskega modela vzorčnih podatkov.

Kot je že bilo omenjeno, metoda navadnih najmanjših kvadratov minimizira vsoto kvadratov napak regresijskega modela, torej zapis v enačbi 7.13. Ob parcialnem odvajanju te enačbe, njenem enačenju z nič in upoštevanju relacij iz ostalih predstavljenih enačb, dobimo rezultat, kjer se ocene regresijskih koeficientov  $b$  izračunajo kot:

$$b = (X' \cdot X)^{-1} \cdot X' \cdot y \quad (7.20)$$

Enačba 7.20: Izračun koeficientov regresijskega modela vzorčnih podatkov.

Rešitev sistema enačb za vektor  $b$  lahko zapišemo tudi v bolj eksplicitni obliki:

$$\underbrace{\begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \dots \\ b_j \\ \dots \\ b_k \end{bmatrix}}_b = \underbrace{\begin{bmatrix} n & \sum x_{2i} & \dots & \sum x_{ji} & \dots & \sum x_{ki} \\ \sum x_{2i} & \sum x_{2i}^2 & \dots & \sum x_{2i} x_{ji} & \dots & \sum x_{2i} x_{ki} \\ \dots & \dots & & \dots & & \dots \\ \sum x_{ji} & \sum x_{ji} x_{2i} & \dots & \sum x_{ji}^2 & \dots & \sum x_{ji} x_{ki} \\ \dots & \dots & & \dots & & \dots \\ \sum x_{ki} & \sum x_{kj} x_{2i} & \dots & \sum x_{ki} x_{ji} & \dots & \sum x_{ki}^2 \end{bmatrix}}_{(X' \cdot X)^{-1}} \cdot \underbrace{\begin{bmatrix} \sum y_i \\ \sum x_{2i} y_i \\ \dots \\ \sum x_{ji} y_i \\ \dots \\ \sum x_{ki} y_i \end{bmatrix}}_{X' \cdot y} \quad (7.21)$$

Enačba 7.21: Prikaz koeficientov regresijskega modela vzorčnih podatkov v eksplicitni obliki.

## 7.4 PREDPOSTAVKE, NA KATERIH TEMELJI METODA NAJMANJŠIH KVADRATOV

V kolikor želimo, da je metoda najmanjših kvadratov, kot cenilka regresijskih koeficientov linearnega regresijskega modela, najboljša med cenilkami, mora biti izpolnjenih šest predpostavk [59].

- Pri vsaki od vrednosti pojasnjevalnih spremenljivk ( $x_{1i}, \dots, x_{ki}$ ) velja, da je pričakovana vrednost slučajne spremenljivke  $u_i$  enaka nič. Vsebinsko ta predpostavka pomeni, da je skupni učinek vseh dejavnikov, ki niso zajeti v vrednostih pojasnjevalnih spremenljivk, na povprečno vrednost odvisne spremenljivke enak nič. Predpostavlja se torej, da se pozitivni učinki izravnavajo z negativnimi in tako nimajo sistematičnega vpliva na odvisno spremenljivko
- Predpostavka ničelne kovariance med vrednostmi spremenljivke  $u$  pomeni, da v regresijskem modelu ne obstaja avtokorelacija. Največkrat se predpostavlja, da ni avtokorelacije prvega reda. To pomeni, da ni odvisnosti med zaporednimi vrednostmi spremenljivke  $u$ . To hkrati tudi pomeni, da ni odvisnosti med zaporednimi vrednostmi odvisne spremenljivke. Vrednosti napake  $u$  tako niso več slučajne, ampak medsebojno korelirane, kar lahko vpliva na vrednosti ocen regresijskih koeficientov. Avtokorelacija se pojavlja predvsem v časovnih vrstah, kar pa lahko povzroča težave pri spremenljivkah, ki odražajo tendenco razvoja v času
- Variance spremenljivke  $u$ , pri vsaki vrednosti vsake pojasnjevalne spremenljivke, so neka pozitivna vrednost, ki je enaka  $\sigma^2$ . Tehnično to pomeni, da imamo opraviti z enako razpršenostjo vrednosti  $u$ , ne glede na to, kakšna je vrednost pojasnjevalne spremenljivke.
- Pojasnjevalne spremenljivke so neslučajne, če pa so slučajne, so neodvisne od slučajne spremenljivke  $u$ . V primeru, ko so v regresijskem modelu tudi pojasnjevalne spremenljivke slučajne spremenljivke, moramo sprejeti dodatno predpostavko, in sicer, da te niso povezane s slučajno spremenljivko  $u$ . Smiselnost te predpostavke se pokaže v primerih, če so pojasnjevalne spremenljivke povezane s slučajno spremenljivko  $u$ . Takrat ne moremo ugotoviti njihovega čistega vpliva na odvisno spremenljivko.
- Med pojasnjevalnimi spremenljivkami ne obstaja popolna linearna odvisnost. To pomeni, da nobene od pojasnjevalnih spremenljivk ne moremo izraziti kot linearno kombinacijo ene ali več drugih pojasnjevalnih spremenljivk.
- Slučajna spremenljivka  $u$  je normalno porazdeljena z aritmetično sredino, določeno s prvo predpostavko in varianco, določeno s tretjo potenco. Iz tega sledi, da se porazdelitve spremenljivke  $u$  in vrednosti odvisne spremenljivke  $y$  razlikujejo le po pričakovani povprečni vrednosti, imajo pa isto varianco.

Opisane predpostavke poudarjajo temelje, na katerih je osnovan klasični regresijski model. Poudariti velja, da predpostavke morajo veljati za populacijski regresijski model in ne za ocene modela na podlagi vzorčnih podatkov [59].

## 7.5 VZORČNE LASTNOSTI METODE NAJMANJŠIH KVADRATOV

Za oceno uspešnosti in primernosti metode najmanjših kvadratov nas, na osnovi dosedanjih dejstev in predpostavk, zanimajo predvsem:



- natančnost oz. točnost povprečnih vrednosti, varianca, kovarianca in verjetnostna porazdelitev ocen regresijskih koeficientov;
- uspešnost metode najmanjših kvadratov v primerjavi z ostalimi metodami in
- zanesljivost ocen regresijskih koeficientov.

Glede na to, da je vektor povprečnih vrednosti ocen posameznih regresijskih koeficientov enak vektorju populacijskih vrednosti regresijskih koeficientov, pravimo, da je vektor  $b$  nepristranska cenilka vektorja  $\beta$ .

S kovarianco izražamo povezanost ocen enega z ocenami drugega regresijskega koeficienta. Pozitivna vrednost med dvema regresijskima koeficientoma pomeni, da, v primeru precejšnje populacijske vrednosti prvega koeficienta, isto velja za drug koeficient. V primeru negativne kovariance pa pomeni precenjevanje ocene vrednosti prvega koeficienta podcenjevanje populacijske vrednosti drugega.

Z varianco izražamo učinkovitost oz. natančnost ocen regresijskih koeficientov. Po definiciji jo izračunamo tako, da za vsako vrednost spremenljivke ugotovimo razliko do povprečne vrednosti in to razliko nato kvadriramo ter tehtamo z gostoto verjetnosti te vrednosti. Pridemo do izsledkov, da manjša varianca odraža večjo vzorčno učinkovitost oz. natančnost cenilke in obratno.

Na splošno pa je mogoče podati nekaj zaključkov, glede na to, kaj vpliva na varianco ocen regresijskih koeficientov. Ocene regresijskih koeficientov imajo tako manjšo varianco, torej so bolj zanesljive oz. učinkovite:

- čim večji vzorec ( $n$ ), torej čim več opazovanih enot vključuje izračun ocene regresijskih koeficientov;
- čim večja je variabilnost (varianca) pojasnjevalne spremenljivke  $x$ ;
- čim manjša je variabilnost (varianca) slučajne spremenljivke  $u$  in
- čim manjša je linearna odvisnost med pojasnjevalnimi spremenljivkami.

Ugotovimo lahko, da se pri povečevanju velikosti vzorca preko vseh meja varianca ocen bliža vrednosti nič. To lastnost imenujemo konsistenca. Metoda najmanjših kvadratov ocenjuje regresijske koeficiente kot linearno funkcijo vrednosti odvisne spremenljivke  $y$ . Iz tega sledi, da je linearna cenilka. Prav tako je nepristranska, ker z njo dobimo nepristranske ocene populacijskih regresijskih koeficientov  $\beta$ . Je tudi učinkovita, saj je dobljena varianca najmanjša možna - v primerjavi z drugimi možnimi linearnimi cenilkami regresijskih koeficientov.

Ob upoštevanju vseh dosedaj omenjenih predpostavk klasičnega linearnega regresijskega modela in ugotovljenih lastnosti cenilk, se je metode najmanjših kvadratov oprijel vzdevek NENALICE (NEpristranska, NAjboljša, LInearna CEnilka) regresijskih koeficientov linearnega populacijskega regresijskega modela. V angleščini se je uveljavila okrajšava BLUE (Best Linear Unbiased Estimator) [59].

Ocena regresijskega koeficienta populacijskega regresijskega modela, ki je izračunana po metodi najmanjših kvadratov, na podlagi vzorčnih podatkov, je tako nepristranska, najboljša možna (z najmanjšo varianco) linearna ocena vpliva posamezne pojasnjevalne spremenljivke modela na odvisno spremenljivko [59].

## 7.6 MERE PRIMERNOSTI OZIROMA ZANESLJIVOSTI REGRESIJSKEGA MODELA

Namen ocenjevanja regresijskega modela največkrat ni le ugotavljanje vrednosti regresijskih koeficientov. V večini primerov nas zanima uporaba modela za napovedovanje oziroma ocenjevanje verjetne vrednosti odvisne spremenljivke - pri danih vrednostih pojasnjevalnih spremenljivk.

### 7.6.1 Standardna napaka regresije in koeficient variabilnosti

Izhodišče ocen predstavljajo ocenjene vrednosti odvisne spremenljivke regresijskega modela vzorčnih podatkov. Sposobnost modela, da pojasnjuje odvisno spremenljivko, se ocenjuje na osnovi napak (ostankov) modela. Te so, kot je bilo že omenjeno, najbolj logično nadomestilo za slučajno spremenljivko  $u$  v populacijskem modelu. Spremenljivka namreč predstavlja vse tiste dejavnike, ki vplivajo na odvisno spremenljivko, vendar niso eksplicitno vključeni v model. Čim večje so vrednosti te spremenljivke, in s tem njene variabilnosti, toliko manjša je zanesljivost modela in obratno. Za oceno variabilnosti slučajne spremenljivke  $u$ , je bila v okviru vzorčnega regresijskega modela uporabljena nepristranska cenilka  $s_e^2$ . To vrednost uporabimo tudi za osnovno mero primernosti oz. zanesljivosti modela. Izračunamo jo tako, da korenimo vrednost  $s_e^2$ . Standardno napako ocene regresije izračunamo takole:

$$s_e = \sqrt{s_e^2} \quad (7.14)$$

*Enačba 7.22: Standardna napaka ocene regresije.*

Standardna napaka ocene regresije je izražena v enotah odvisne spremenljivke. V kolikor nameravamo na njeni osnovi izbirati med večimi možnimi regresijskimi modeli, potem moramo izbrati model z najmanjšo vrednostjo te statistike. Pri tem pa moramo biti pozorni na to, da je ta izbira mogoča le, če so vrednosti odvisne spremenljivke v vseh modelih enake. Tej težavi se izognemo tako, da standardno napako ocene regresije delimo s povprečno vrednostjo odvisne spremenljivke vzorčnih podatkov. Tako dobimo koeficient variabilnosti:

$$KV = \frac{s_e}{\bar{y}} \quad (7.15)$$

*Enačba 7.23: Koeficient variabilnosti.*

### 7.6.2 Determinacijski koeficient multiple regresije

Determinacijski koeficient  $R^2$  je najpogosteje uporabljena splošna mera primernosti oz. zanesljivosti regresijskega modela. Je mera, ki odraža, kako dobro se ocenjeni regresijski model prilega vzorčnim podatkom. Izračuna se kot razmerje med varianco odvisne spremenljivke  $y$  - pojasnjeno z vsemi pojasnjevalnimi spremenljivkami vključenimi v linearni regresijski model - in celotno varianco odvisne spremenljivke  $y$ . Ker to razmerje predstavlja razmerje med kvadrati odklonov, se tudi uporablja oznaka  $R^2$ . Vrednosti, ki jih lahko zavzame  $R^2$ , so med nič in ena ( $0 \leq R^2 \leq 1$ ). Pomenijo pa, kolikšen del celotne variance odvisne spremenljivke  $y$ , je pojasnjen z linearnim regresijskim modelom, na podlagi katerega je izračunan.

Slabost determinacijskega koeficienta  $R^2$  je občutljivost na število pojasnjevalnih spremenljivk modela. V primeru vključitve nove pojasnjevalne spremenljivke v model se njegova vrednost nikdar ne bo zmanjšala. To slabost popravimo z uvedbo popravljenega

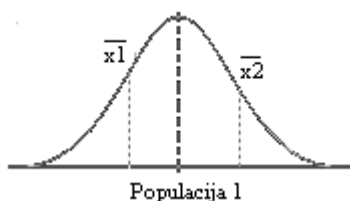
determinacijskega koeficienta  $\bar{R}^2$ , ki te slabosti eliminira. Po vrednosti je  $\bar{R}^2$  manjši ali kvečjemu enak  $R^2$  ( $\bar{R}^2 \leq R^2$ ).

Osnovni cilj ekonometrične analize ni doseganje čimvečjega determinacijskega koeficienta, ampak doseganje čim bolj zanesljive ocene regresijskih koeficientov. To pomeni, da moramo pri presoji primernosti regresijskega modela upoštevati tudi vrednosti standardnih napak ocene regresijskih koeficientov oz. njihove  $t$ -statistike. Med  $R^2$ ,  $\bar{R}^2$  in  $t$ -statistiko seveda obstajajo povezave.

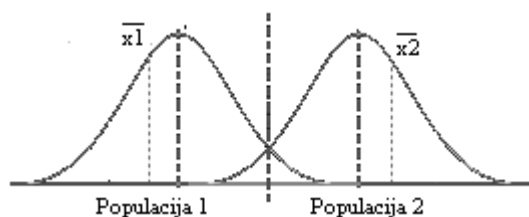
### 7.6.3 Testiranje statistične značilnosti regresijskega modela kot celote

Omenjeno je bilo, da o statistični pomembnosti posamezne pojasnjevalne spremenljivke pri pojasnjevanju odvisne spremenljivke sodimo na podlagi ustrezne  $t$ -statistike. O primernosti regresijskega modela kot celote pa lahko presojamo na podlagi  $F$ -statistike. Ta odraža statistično značilnost determinacijskega koeficienta.

S pomočjo  $t$ -testa ocenjujemo oz. določimo velikost razlike med povprečnima vrednostima dveh skupin podatkov. Povedano z drugimi besedami,  $t$ -test določi, ali dve skupini podatkov prihajata iz iste populacije, kot je prikazano na sliki 7.1 ali iz različnih populacij, kot je prikazano na sliki 7.2:



Slika 7.1:  $t$ -test; Podatki iz iste populacije in



Slika 7.2:  $t$ -test; Podatki iz različnih populacij.

Statistična značilnost pove, ali determinacijski koeficient odraža dejansko povezanost med spremenljivkami modela in ni le naključni rezultat na podlagi vzorčnih podatkov. V splošnem je mogoče tudi pripraviti tabele (Priloga 1) kritičnih vrednosti determinacijskih koeficientov, na osnovi katerih nato presojamo o njihovih, iz vzorčnih podatkov izračunanih, vrednostih. S pomočjo teh vrednosti presojamo, ali smo do različne vrednosti determinacijskega koeficienta od nič prišli naključno ali pa v resnici v regresijskem modelu obstaja povezava med obravnavanimi spremenljivkami.

Za ocenjevanje primernosti modela lahko izbiramo med večimi, prej opisanimi, merami. V splošnem naletimo pri empiričnem delu na različne odnose med  $t$  in  $F$ -statistikami. Torej med

značilnostjo posameznih regresijskih koeficientov in splošno značilnostjo modela, merjeno z determinacijskim koeficientom. Možni so naslednji odnosi:

- determinacijski koeficient in vsi regresijski koeficienti so statistično značilni  $\Rightarrow$  zadovoljiv regresijski model;
- determinacijski koeficient je statistično značilen in ob njem še nekateri od regresijskih koeficientov  $\Rightarrow$  izločimo neznačilne pojasnjevalne spremenljivke iz modela, vendar je pri tem priporočljivo napraviti več alternativnih možnih specifikacij;
- determinacijski koeficient je, nobeden od regresijskih koeficientov pa ni statistično značilen  $\Rightarrow$  multikolinearnost;
- determinacijski koeficient je statistično neznačilen, statistično značilni pa so vsi regresijski koeficienti – bolj teoretičen primer, ki je v praksi zelo redek;
- determinacijski koeficient je statistično neznačilen, nekateri regresijski koeficienti pa so statistično značilni  $\Rightarrow$  nagibamo se k zavrnitvi modela;
- determinacijski koeficient in vsi regresijski koeficienti so statistično neznačilni  $\Rightarrow$  neuporaben model.

## 8 PRIMERI IZ PRAKSE

Poglavje je sestavljeno iz dveh delov. V prvem delu so predstavljeni primeri regresijskih analiz s področja energetike, njenega vpliva na okolje oz. podobnih tem, kot je obravnavana v magistrski nalogi. Prikazani so le deli člankov oz. povzetki daljših del. Namen predstavitve primerov ni ugotavljanje in analiziranje rezultatov, ampak prikaz reševanja problemov s pomočjo regresijske analize, kot jo opravljajo drugi avtorji. Pomembne svari pri primerjanju analiz so: ugotavljanje podobnosti nastavljanja in reševanja enačb (št. opazovanj, št. prostosti,  $\alpha$  ...) in testiranja rezultatov (ugotavljanje koeficientov,  $R^2$ ,  $t$ -statistika, ...).

V drugem delu so predstavljeni primeri dobre prakse. Podobno kot v prvem delu, so tudi tukaj prikazani le deli člankov oz. del. Glavni namen te predstavitve pa je prikaz uporabnosti DSM-a v praksi. Prvi primer prikazuje IRP oz. celovito načrtovanje energetike, naslednji trije pa se nanašajo na 'osnovne metode' DSM oz. URE, to sta ozaveščanje in izvajanje meritev. Drugi primer se tako nanaša na sektor gospodinjstva, tretji na industrijo, četrti pa na dobavitelje oz. prikazuje možni skupni interes zmanjšanja porabe toplotne energije, tako na strani odjemalcev kot na strani dobaviteljev. Nazadnje je predstavljen primer 'Pogodbenega zagotavljanja prihrankov energije' oz. t.i. TPF, kjer zunanji izvajalec investira v ukrepe URE v javnem sektorju.

### 8.1 PRIMERI REGRESIJE

#### - Stalemate in energy markets: supply extension versus demand reduction [5]

Predmet obravnave je krivulja električne intenzivnosti (razmerje med porabo električne energije in BDP) v gospodarsko razvitih ekonomijah. Na osnovi podatkov je dolgoročna elastičnost cen intenzivnosti ocenjena na 1,17. To je več kot 1, s čimer je spodbijana trditev, da nižje cene pomenijo nižje račune. Rezultati regresije kažejo, da je izboljšanje oz. povečanje energetske učinkovitosti močnejše kot višina cen. Tako imajo industrijske države - s politiko visokih cen oz. davkov - nižji proračunski delež računov za električno energijo v DBP. Visoke končne cene niso kritično škodljive za ekonomijo, so pa nujne za povečanje učinkovitosti, medtem ko se zdi, da energetska učinkovitost brez visokih končnih cen ni izvedljiva. Analiza potrjuje, da še vedno obstajajo neodkriti potenciali učinkovitosti.

V analizi je bilo, po izvajanju učinkovite rabe električne energije, primerjanih 24 razvitih držav. Regresijski zapis je bil podan z naslednjo logaritemsko funkcijo:

$$\ln(\text{Intenzivnost}) = a + b \cdot \ln(\text{Cena}),$$

pri čemer  $b$  predstavlja elastičnost cen.

Regresijski model je bil ocenjen na osnovi štiriindvajsetih (24) opazovanj z dvindvajsetimi (22) stopinjami prostosti.  $R^2 = 82,3$  standardna napaka modela pa znaša 0,2296. Ocenjena vrednost  $b$  je -1,17, s standardno napako 0,12 in  $t$ -statistiko -10,11.

Statistični rezultati nakazujejo, da je predvidevana povezava med povprečno ceno električne energije in električno intenzivnostjo ekonomskega sistema precej verjetna. Velikost elastičnosti je presenetljiva. 1-odstotni dvig povprečne cene električne energije naj bi sprožil 1,17-odstotno znižanje električne intenzivnosti.

Namen hipoteze je bil tudi testirati, če elastičnost ostane 1 oz. povedano drugače, ali proračun oz. izdatki za električno energijo ostanejo nespremenjeni, ne glede na nivo cen. Tudi za ta model je bil zapisan regresijski model v obliki:

$$\ln(\text{Pr oračra}) = a + b \cdot \ln(\text{Cena})$$

Tudi tukaj  $b$  predstavlja elastičnost cen in imamo 24 opazovanj z 22-timi stopinjami prostosti. Vrednost elastičnosti je ocenjena na  $-0.1694$ , s standardno napako  $0.1157$  in  $t$ -statistiko  $-1.4643$ . Ta analiza kaže, da višja cena električne energije ni vzrok za višji delež električne energije v proračunu. Nasprotno, pokaže, da bi naj zvišanje cen imelo za posledico celo nižji delež v proračunu. 1-odstotno zvišanje cen naj bi povzročilo znižanje električne energije v deležu proračuna za  $0,17\%$ . Nadaljnji statistični testi sicer pa potrdijo, da ta povezava ni zelo močna.

- **Modeling energy efficiency of bioclimatics buildings** [1]

Naloga tega članka je razviti regresijski model, ki povezuje energetska učinkovitost z večimi neodvisnimi spremenljivkami, kot so: geografska lokacija, klimatski pogoji, karakteristike zgradbe ter opremljenost z različnimi alternativnimi pasivnimi solarnimi tehnologijami, ki se uporabljajo v bioklimatskih zgradbah.

Podatki za analizo so bili zbrani iz 77-tih stavb. Odvisno spremenljivko predstavlja energetska učinkovitost. Na osnovi zbranih podatkov je bilo predstavljenih še devet pravih in trinajst nepravih ali dummy pojasnjevalnih spremenljivk. Na osnovi teh podatkov in pričakovanih rezultatov je bilo narejenih trinajst alternativ oz. regresijskih modelov. Kot najprimernejši se je na koncu izkazal model, ki ga lahko zapišemo v obliki:

$$\text{UČINKOVITOST} = 74,8 - 0,14 \text{ DEGRMONTH} + 16,6 \text{ MEDITERRANEAN} - 11,8 \text{ M2\_1000} + 2,74 \text{ M3\_1000} - 7,6 \text{ THSTORWALL}$$

Analiza tega modela nas privede do naslednjih zaključkov:

- Okoljski vplivi imajo zelo veliko težo pri energetska učinkovitosti. DEGRMONTH, ki predstavlja dneve, ko je potrebno ogrevanje, je obratno sorazmeren z energetska učinkovitostjo, medtem ko lokacija stavbe MEDITERRANEAN pozitivno vpliva na energetska učinkovitost. V danem primeru lokacija v Sredozemlju poveča energetska učinkovitost za  $17\%$ , medtem ko vrednost spremenljivke DEGRMONTH (1500 ur), pomeni  $0,14$  odstotno znižanje energetske učinkovitosti.
- Stavbe z večjo površino (M2\_1000) imajo manjšo energetska učinkovitost. Za približno  $12\%$  na vsakih  $1000 \text{ m}^2$ . Zanimivo pa je, da stavbe z velikim volumnom bolj prispevajo k energetska učinkovitosti, in sicer za  $2,74\%$  na vsakih  $1000 \text{ m}^3$ .
- Med različnimi pasivnimi tehnologijami se je, v danem primeru, za statistično značilno izkazala le spremenljivka THSTORWALL, ki predstavlja t.i. termoakumulacijske stene. Njihova prisotnost zmanjšuje energetska učinkovitost za  $7,6\%$  (ob stopnji značilnosti  $\alpha=0,1$ ).

- **Principal component and multiple regression analysis in modelling of ground-level ozone and factors affecting its concentrations** [93]

Podatki o koncentracijah sedmih okoljskih onesnaževalcev ( $\text{CH}_4$ , NMHC, CO,  $\text{CO}_2$ , NO,  $\text{NO}_2$  in  $\text{SO}_2$ ) in meteoroloških spremenljivkah (hitrost vetra, temperatura zraka, relativna vlažnost in sončno sevanje) so bili uporabljeni pri multipli linearni regresijski metodi za predvidevanje koncentracij ozona v atmosferi. Ločene analize so bile narejene za dnevni in nočni čas.

Za oba dnevna termina se je izkazala velika povezanost med onesnaževalci, ob tem pa se je izkazala velika negativna povezanost z ozonom. Multipla regresijska analiza je bila uporabljena za ugotavljanje povezave med ozonom (odvisno spremenljivko) in onesnaževalci ter meteorološkimi spremenljivkami - kot pojasnjevalnimi spremenljivkami. Za oceno primernosti regresijskega modela oz. izbire cenilke regresijskih koeficientov je bila uporabljena logaritemska funkcija t.i. 'maksimalnega verjetja'. Ta metoda, podobno kot metoda najmanjših kvadratov, daje enake ocene regresijskih koeficientov [59].

Po opravljenih analizah je zapis modela za dnevni čas:

$$\text{Log}[O_3] = 1,628 - 0,00894[\text{NO}_2] + 0,04316T + 0,661\text{solar} - 0,003952[\text{SO}_2]$$

in za nočni čas:

$$\text{Log}[O_3] = 5,26 - 0,0788[\text{NO}_2] + 8,251 \times 10^{-6}[\text{NO}_2]^3 - 0,00969[\text{NO}] + 1,338 \times 10^{-5}[\text{NO}]^2.$$

Ugotovljeno je bilo, da imajo visoke temperature in večja sončna energija težnjo po povečanju ozona v dnevnem času. V tem času pa onesnaževalci, kot so  $\text{NO}_2$  in  $\text{SO}_2$ , nimajo vpliva na povečanje oz. zmanjšujejo vpliv. Koncentracije ozona v nočnem času so bile posledica predvsem dušikovih oksidov ( $\text{NO} + \text{NO}_2$ ), medtem ko meteorološke spremenljivke pri tem niso imele posebne vloge. Pri tem moramo poudariti, da je model natančneje predvidel dnevne koncentracije ozona kot pa nočne. To bi lahko bila posledica drugih dejavnikov, ki v študiji niso bili posebej poudarjeni. Študija se nanaša na del pokrajine v Kuvajtu.

- **A holistic utility bill analysis method for baselining whole commercial building energy consumption in Singapore** [7]

To delo predstavlja celovito analizo računov dobavitelja energije glede bazne porabe energije v tropski regiji. Šest komercialnih stavb v Singapurju je bilo vključenih v analizo. Izpeljana je povezava med klimatskimi podatki, ki so v tem primeru: srednja mesečna zunanja temperatura  $T_0$ , relativna vlažnost  $RH$  in globalno sončno sevanje  $GSR$  te medporabo celotne energije v stavbi  $Y$ .

Pri analizi je bila uporabljena stopnja značilnosti  $\alpha=0.1$ , regresija pa je bila izvedena za vsako stavbo posebej. Po prvih analizah se je izkazalo, da je v vseh primerih edina statistično značilna spremenljivka srednja mesečna zunanja temperatura  $T_0$ . Ostali dve spremenljivki sta bili statistično neznačilni, razen v enem primeru oz. eni stavbi. Po teh izločitvah imajo vsi modeli samo eno neodvisno spremenljivko ( $T_0$ ) in imajo naslednjo obliko:

$$\hat{y} = a + b \cdot T_0$$

Rezultati regresij so ocenjevani na osnovi determinacijskega koeficienta  $R^2$ , ki pa zelo variira od primera do primera. Njegove vrednosti znašajo med 0.76 do 0.92. To pomeni, da v določenih primerih več kot 20 % variacije srednje vrednosti odvisne spremenljivke  $Y$  ne more biti opisano s tem modelom. Izvedena študija nakazuje, da v danih okoljih obstaja povezava med celotno porabo energije in zunanjo temperaturo, ampak ta povezava ni zelo močna.

- **Energy consumption and CO<sub>2</sub> emissions in Turkey: Empirical analysis and future projection based on an economic growth** [81]

V tej študiji je bil obdelan in pregledan turški energetski sektor v obdobju od 1970 do 2002. Celotna poraba energije (TEC) je bila modelirana s pomočjo dveh spremenljivk, ki sta v državah v razvoju pomembna faktorja za določanje porabe energije. Ti dve spremenljivki sta ekonomska rast (GNP) in povečanje števila prebivalstva (CP). Poleg tega je bila tudi narejena študija povezanosti med celotno porabo energije in celotnimi emisijami CO<sub>2</sub> (TCO<sub>2</sub>). S tem namenom je bila opravljena regresijska analiza. Rezultati prve regresijske analize, ki je ugotavljala vpliv ekonomske rasti in povečanja števila prebivalcev na porabo energije, je prikazana v tabeli 8.1:

Neodv. sprem	Koeficienti	Stand. napaka	t-statistika	Verjetnost
Konstanta	-25,669	0,415	-61,796	0,001
ln(CP)	0,526	0,170	3,101	0,004
ln(GNP)	0,847	0,092	9,194	0,001

Tabela 8.1: Rezultati regresije TEC za Turčijo

$$\ln(\text{TEC}) = -25,669 + 0,526\ln(\text{CP}) + 0,847\ln(\text{GNP})$$
$$R^2 = 0,996, \text{ F-statistika} = 4018,302, \text{ P}=0,001.$$

Tabela 8.2 predstavlja rezultate druge regresijske analize, kjer je prikazan odnos med celotnimi emisijami CO<sub>2</sub> in celotno porabo energije v Turčiji:

Neodv. sprem	Koeficienti	Stand. napaka	t-statistika	Verjetnost
Konstanta	-0,423	0,094	-4,477	0,000
ln(TEC)	1,121	0,009	126,405	0,000

Tabela 8.2: Rezultati regresije TCO<sub>2</sub> za Turčijo

$$\ln(\text{TCO}_2) = -0,423 + 1,121\ln(\text{TEC})$$
$$R^2 = 0,998, \text{ F-statistika} = 15,978, \text{ P}=0,000.$$

Kot rezultat je bilo ugotovljeno, da izveden model zagotavlja močno povezavo med TEC in TCO<sub>2</sub> ( $R^2 = 0,998$ ). Prav tako je bilo ugotovljeno, da se z visoko zanesljivostjo ( $R^2 = 0,996$ ) za napovedovanje TEC lahko uporabita število prebivalstva in GNP

## 8.2 PRIMERI DOBRE PRAKSE

- **Economic profitability analysis of demand side management program** [50]

Narejena je bila analiza oz. primerjava dolgoročnih planov razširitve proizvodnih kapacitet za dobavitelja energije, podjetje Taipower. Primerjana sta bila plan brez upoštevanja DSM programov in plan, ki je DSM programe upošteval. Plan z upoštevanjem DSM programov je



bil simuliran z MOLP modelom. Sedanje vrednosti kapitalskih naložb pred in po izvedbi DSM programov so bile izračunane s pomočjo enačb 6.19 in 6.20, izogibni proizvodni oz. kapacitetni stroški (ACC) pa so za dobo 10-tih let ocenjeni na 169.1 mio \$. Ob 6-odstotni obrestni meri in 3-odstotni inflaciji je izračunan letni faktor v enačbi 6.22 enak 0,1134:

$$\left( \frac{\left( \frac{r-d}{1+r} \right)}{1 - \left( \frac{1+d}{1+r} \right)^T} \right) = \left( \frac{\left( \frac{0,06-0,03}{1+0,06} \right)}{1 - \left( \frac{1+0,03}{1+0,06} \right)^{10}} \right) = 0,1134$$

Izračunani so tudi faktorji po enačbah 6.14 in 6.14:

- $\xi = 0.9891$ ,
- $(\theta_p - \xi \theta'_p) = 0.07163$ ,
- $(\theta_o - \xi \theta'_o) = -0.34926$  in
- $(\theta_s - \xi \theta'_s) = 0.28853$ .

Pri tem pozitivna vrednost izraza  $(\theta_k - \xi \theta'_k)$ ,  $k = p, s, o$ , nakazuje zmanjšanje porabe energije, medtem ko pa negativna vrednost nakazuje povečano porabo energije. Rezultat delovanja CES sistema se kaže tako v znižanju rabe energije, kot tudi v prenosu rabe energije med različnimi deli dneva. S tem dosežemo izravnavo dnevnega diagrama obremenitve. Tako so izogibni operativni stroški (AOC) CES sistema po enačbi 6.17:

$$AOC = AOC_p + AOC_s + AOC_o = 0.17 + (-0.09) + (-0.31) \text{ cent/kWh.}$$

Operativni stroški ob vršni obremenitvi so višji kot stroški zaračunane energije, zato posledično zmanjšanje porabe energije CES sistema pomeni koristi za dobavitelja. Obratno je v primeru operativnih stroškov v trapeznem in baznem delu diagrama porabe, kjer so ti stroški nižji od zaračunane energije, zato znižanje porabe ne pomeni koristi za dobavitelja energije.

Da bi v celoti ocenili ekonomsko učinkovitost CES sistema, so bili simulirani štirje različni scenariji. V njih so primerjali razliko med neuporabo in uporabo DSM aktivnosti ob različnih pogojih ter ugotavljali učinke - tako za porabnike kot za dobavitelja. Rezultati so pokazali učinkovitost in predvsem uporabnost predstavljenega modela za celovito načrtovanje energetike.

- **Effectiveness of an energy-consumption information system on energy savings in residential houses based on monitored data** [101]

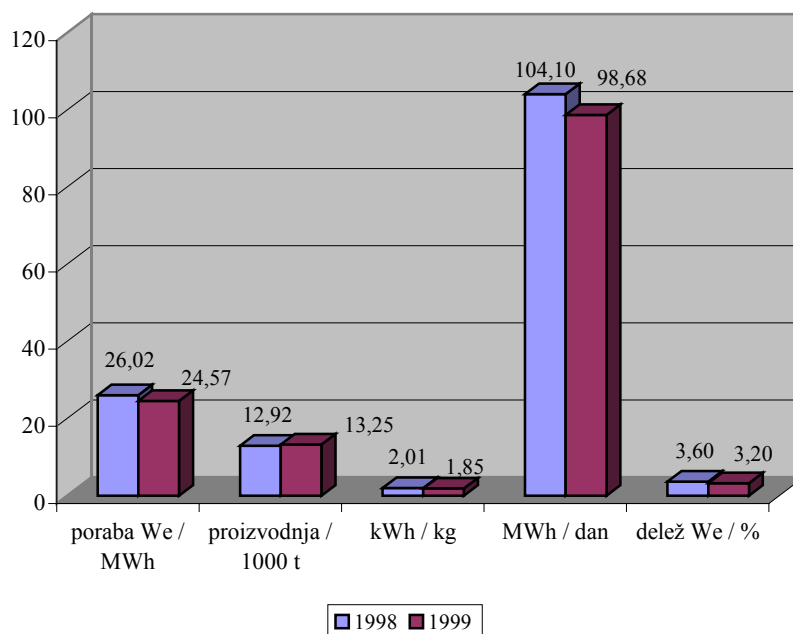
Študija je usmerjena v ozaveščanje prebivalstva glede prihrankov energije in potencialih znižanja potreb po energiji skozi aktivnosti, ki vzpodbujajo njeno učinkovito rabo. Za izvedbo kvantitativne analize so izdelali interaktivni 'on-line' sistem, ki so ga poimenovali 'Informacijski sistem porabe energije'. Instaliran je bil v devet stanovanj - z namenom motiviranja prebivalcev k učinkovitejši rabi in spremljanju njihove porabe energije. Z analizo podatkov o porabi električne energije, je bila na koncu izračunana oz. določena njegova učinkovitost. Glavne ugotovitve so bile:

- instalacija sistema je privedla do 9 % znižanja porabe električne energije;

- primerjava dnevnega diagrama obremenitve in časovno-dolžinske obremenitve za posamezno napravo pred in po instalaciji sistema je razkrila različne načine obnašanja v smislu zniževanja porabe energije (npr. različno časovno delovanje posameznih naprav - v smislu trajanja in terminskega obratovanja, ... );
- zavest o zmanjšanju porabe energije se ni nanašala le na naprave, ki so bile v sistemu merjenja, ampak se je kazala tudi na zmanjšanju porabe energije pri drugih napravah.
- **Energetski pregeled v MLM, Demand Side Management in the Electricity & Gas Distribution Sectors of Slovenia** [32]

Obravnavano podjetje ima približno 300 MIO SIT letnih stroškov za električno energijo. Nekateri merilniki električne energije spremljajo že sedaj oz. so jih že v preteklosti. Spremljanje teh meritev je ročno in se izvaja izmensko. Števce odčitujejo v transformatorskih postajah, odcepih in pri posameznih porabnikih. Te podatke uporabljajo za spremljanje proizvodnje in določevanje specifičnih stroškov proizvodnje. V podjetju se na področju spremljanja energije precej trudijo. Imajo izdelan sistem in pridobljene podatke znajo pravilno uporabljati in obdelovati. Trenutno podatke ročno popisujejo po vsaki izmeni. Takšen popis traja dobro uro. Zaradi večje natančnosti in možnosti razširitve energetskega menedžmenta razmišljajo o avtomatizaciji sistema spremljanja, nadzora in obdelovanja podatkov ter poročanja.

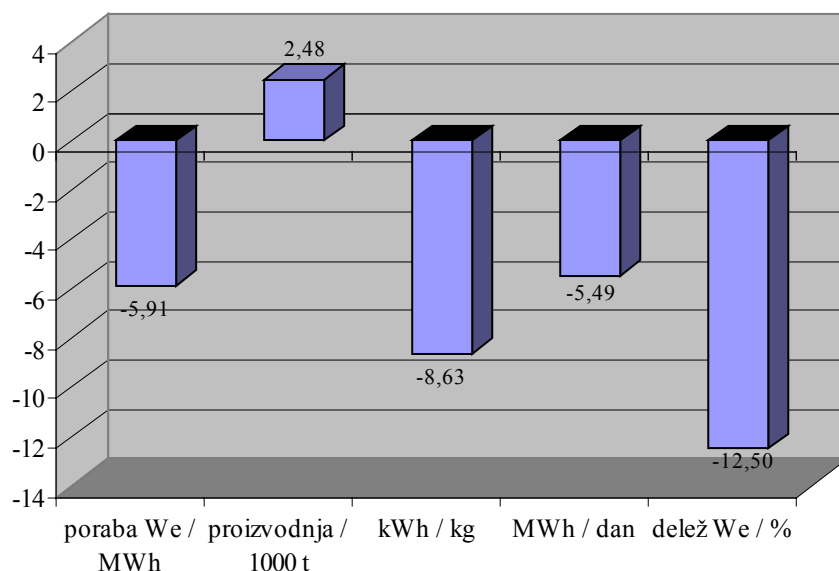
Zadnja leta podrobneje spremljajo porabo električne energije po obratih in večjih porabnikih. Spremljanje opravljajo ročno. To pomeni, da ob vsaki izmeni eden od zaposlenih popiše stanje merilnikov. Dolgoročno spremljanje, obdelovanje in analiziranje teh podatkov je pripeljalo do zmanjšanja porabe električne energije. Ti podatki so predstavljeni v grafih 8.1 in 8.2. Podjetje v tem času ni investiralo v posodobitev proizvodnje.



Graf 8.1: Primerjava spremljanih podatkov za leti 1998 in 1999 [32]

Razvidno je, da se je kljub povečanju proizvodnje za približno 2.5 % v letu 1999 poraba električne energije, glede na leto 1998, zmanjšala skoraj za 6 %. Posledica tega je tudi manjša

specifična poraba električne energije (skoraj 9 %) in tudi delež električne energije v stroških. Največji prihranek pa se je pokazal v deležu električne energije v izdelku, ki se je zmanjšal kar za 12.5 %. Del zaslug za to izboljšanje gre prav gotovo tudi uspešnemu spremljanju porabe. Podjetje v tem času ni imelo pomembnejših investicij v posodobitev proizvodnje. Grafično so rezultati prikazani na grafu 8.2:



Graf 8.2: Procentualna primerjava spremljanih podatkov za leti 1998 in 1999 [32].

- **Izvajanje meritev dobavljene energije – primer dobavitelja energije**

Komunalno podjetje Ptuj, PE Energetika s toploto oskrbuje približno 3000 odjemnih mest. Med 30- in 40-timi odstotki odjemalcev plačuje toplotno energijo po dejanski porabi, medtem ko jo ostali plačujejo pavšalno, po kvadratnem metru ogrevanega prostora.

Skladno z 9. členom direktive 2003/87/EC mora vsaka država članica periodično izdelati državni razdelitveni načrt razdelitve emisijski kuponov. Na osnovi teh zahtev mora Komunalno podjetje v naslednjih letih znižati emisije CO<sub>2</sub> za približno 15 %. Znižanje emisij lahko dosežejo z uporabo goriva, ki ima manjšo vsebnost ogljika ali z zmanjšano porabo energenta, ki je posledica manjše porabe toplotne energije. Ker je Komunalno podjetje Ptuj že skoraj v celoti prešlo na uporabo zemeljskega plina, je toliko bolj zainteresirano za zmanjšanje porabe toplotne energije. Tudi zaradi tega je pristopilo k projektu 'Informiranje porabnikov daljinskega ogrevanja o možnih tehnologijah in načinih obračuna toplotne energije'. Namen projekta je bil ozaveščanje uporabnikov o učinkovitejši porabi toplotne energije in informiranje o možnostih uvedbe individualnih meritev porabe toplotne energije. Cilj pa je bil, povečati število odjemalcev, ki bi se odločili za individualno merjenje toplotne energije.

1	2	3	4	5
naslov odjemnega mesta	ogr. pov m <sup>2</sup>	Poraba toplotne energije v MWh		
		2004/2005	kWh/m <sup>2</sup>	index
RIMSKA PLOŠČAD 1, 2, 3, 4, 5	4.226,37	484,74	114,69	94,74

RIMSKA PLOŠČAD 6, 7, 8, 9, 10	4.284,50	577,05	134,68	111,25
RIMSKA PLOŠČAD 16, 17, 18, 19, 20	4.220,02	427,41	101,28	83,66
RIMSKA PLOŠČAD 11, 12, 13, 14, 15	4.251,75	505,54	118,90	98,22
RIMSKA PLOŠČAD 21, 22, 23	2.578,35	330,80	128,30	105,98
KRAIGHERJEVA 15, 17, 19, 21 IN PREKOM. 6, 7	5.082,47	692,74	136,30	112,59
KRAIGHERJEVA 14, 16, 18, 20 IN PREKOM. 1, 3	5.951,92	602,62	101,25	83,63
KRAIGHERJEVA 23, 25, 27, 29, 31	5.140,62	626,94	121,96	100,74
KRAIGERJEVA 22, 24, 26, 28, 30	5.919,27	782,43	132,18	109,19
	<b>41.655,27</b>	<b>5.030,27</b>	<b>121,06</b>	<b>100,00</b>

Tabela 8.3: Primerjalna tabela porabe toplote na Ptuju-1.

Tabeli 8.2 in 8.3 predstavljata primerjalni tabeli porabe toplote v večstanovanjskih hišah brez in z vgrajenimi delilniki toplote v občini Ptuj. V stolpcu 4 je prikazana povprečna poraba toplote na kvadratni meter ogrevane površine v posameznem objektu. Stanovanjske hiše oz. bloki z vgrajenimi instrumenti za merjenje dejanske porabe toplotne energije so v tabelah označeni temneje. Iz njih je razvidno, da je v teh objektih povprečna poraba toplote na kvadratni meter manjša od tiste v objektih brez vgrajenih instrumentov. Stolpec 5 predstavlja razmerje porabljene toplote na m<sup>2</sup> glede na skupno povprečje porabljene toplote na m<sup>2</sup> v določenem sklopu stanovanjskih objektov. Za objekte iz tabele 8.3 znaša skupna povprečna poraba 121,06 kWh/m<sup>2</sup>, za objekte iz tabele 8.4 pa 124,38 kWh/m<sup>2</sup>. Razvidno je, da je ta indeks v objektih z vgrajenimi instrumenti med 5 in 15 % nižji od povprečja. To pomeni, da so procentualni prihranki še višji od razlike indeksa, saj je ta izračunan na povprečje porabe toplote, ki že vsebuje tudi porabo toplote v stavbah z vgrajenimi instrumenti. Prav tako so v povprečju prihranki na stanovanje oz. na odjemno mesto večji, saj so podatki podani za celoten blok. V večini primerov pa se za sistem individualnega merjenja niso odločili vsi uporabniki, ampak v povprečju med 60- in 80-timi odstotki vseh stanovalcev :

1	2	3	4	5
naslov odjemnega mesta	ogr. pov m <sup>2</sup>	Poraba toplotne energije v MWh		
		2004/2005	kWh/m <sup>2</sup>	index
KVEDROVA 1	1539,82	218,64	141,99	114,16
KVEDROVA 2	1575,75	229,19	145,45	116,94
KVEDROVA 3	1574,49	163,71	103,98	83,60
KVEDROVA 4	1575,75	175,70	111,50	89,65
KVEDROVA 5	1589,05	189,06	118,98	95,66
	<b>7854,86</b>	<b>976,30</b>	<b>124,38</b>	<b>100,00</b>

Tabela 8.4: Primerjalna tabela porabe toplote na Ptuju-2.

Ob izvajanju tega projekta se je pojavila potreba po dodatnem ozaveščanju prebivalstva, saj se je na vabilu k sodelovanju in predstavitvi odzval približno 1 % povabljenih. Vir podatkov predstavljajo podatki Komunale Ptuj d. d., PC Oskrba s toplotno energijo, ki so bili javno predstavljeni ob izvajanju projekta 'Informiranje porabnikov daljinskega ogrevanja o možnih tehnologijah in načinih obračuna toplotne enrgije'.

- **Pogodbeno zagotavljanje prihranka energije v Mestni občini Kranj -TPF**

Berlinska energetska agencija in Agencija RS za učinkovito rabo energije sta leta 1999 v okviru programa Transform nemške vlade in s sodelovanjem Gradbenega inštituta ZRMK in Centra za energetska učinkovitost Inštituta "Jožef Štefan" začeli izvajati projekt "Uvajanje metod pogodbenega financiranja ukrepov učinkovite rabe energije v javnem sektorju v Sloveniji". Za sodelovanje pri projektu se je odločilo 25 občin, izbranih jih je bilo 9. Podrobno zbiranje podatkov je nato potekalo v treh občinah, med njimi tudi v Mestni občini Kranj, kjer so novembra 2001 podpisali pogodbo z izvajalcem storitev.

Zaradi nezanesljivih podatkov o porabi energije je izvajalec v kurilni sezoni 2001/02, s pomočjo novo vgrajenih merilnikov, najprej spremljal porabo energije, nato pa, na podlagi zbranih podatkov, določil novo izhodiščno vrednost stroškov za energijo. Različni ukrepi učinkovite rabe energije so bili v občinskih stavbah izvedeni poleti 2002, 1. 9. 2002 pa se je začela faza izvajanja glavne storitve projekta, ki bo trajala 15 let. V tem času bo izvajalec občini zaradi zmanjšanja porabe energije vsako leto privarčeval 13,8 milijonov SIT in si s tako doseženimi prihranki povrnil investicijo.

Osnovni podatki o pilotnem projektu:

Število objektov	14
Ogrevalna površina objektov	33.319 m <sup>2</sup>
Poraba toplote	12,7 GWh/leto
Osnova stroškov za energijo	121,4 milijonov SIT
Poraba električne energije	1,7 GWh/leto
Zagotovljeni prihranki	13,8 milijonov SIT/leto
Doba trajanja pogodbe	15 let
Višina naložbe	76,5 milijonov SIT

Tabela 8.5: Podatki o projektu TPF v Kranju; vir: <http://slovenia.clearcontract.net/>.

## 9 PONORI

V delu smo do sedaj predstavili izvore emisij toplogrednih plinov s poudarkom na emisijah CO<sub>2</sub>, ki so posledica izgorevanja fosilnih goriv. Glavne ponore predstavljajo oceani in rastoča vegetacija, ki absorbirajo ogljikov dioksid iz ozračja. Z uveljavitvijo Kjotskega protokola pa so poleg izvorov postali aktualni tudi ponori ogljikovega dioksida. Ponor je v okviru Kjotskega protokola katerikoli proces, dejavnost ali mehanizem, ki odvzema iz ozračja toplogredne pline. V skladu s sklepom Konference pogodbenic Okvirne konvencije ZN o spremembi podnebja lahko države pogodbenice Kjotskega protokola del svojih obveznosti zmanjšanja emisij toplogrednih plinov dosežejo s povečanjem ponora CO<sub>2</sub>, ki je posledica neposrednih človekovih dejavnosti v gozdarstvu in ravnanju z zemljišči po letu 1990. S tem države lažje dosežejo predvidene kvote zmanjšanja emisij TGP.

### NARAVNI PONORI

Bistvo gozda, kot ponora, bazira na naravnem kroženju ogljika. Ogromne količine ogljika so naravno shranjene v drevesih. Kot del fotosinteze drevesa iz atmosfere absorbirajo ogljikov dioksid in ga shranijo kot ogljik, medtem ko pa kisik sprostijo nazaj v atmosfero. Mlada, hitro rastoča, drevesa absorbirajo velike količine ogljikovega dioksida. Starejša drevesa rastejo počasneje in zato lahko sprejmejo manjšo količino ogljikovega dioksida. Približno 20 % teže drevesa predstavlja ogljik. Ob odmrtnosti in trohnenju dreves se nazaj v atmosfero sprošča večina nakopičenega ogljika. Čez čas šota leze vedno globlje in veže vedno več ogljika iz odmrla vegetacije. Odmrta drevesa, rastline in mah v šotiščih so podvrženi počasnemu razkrajanju pod površjem šotišč. Ta proces je dovolj počasen, da v večini primerov vegetacija raste hitreje in veže nase več ogljika, kot ga je bilo emitiranega. V teh primerih se gozd kot celota še vedno smatra za kot naravni ponor.

V določenih primerih oz. pod določenimi pogoji pa lahko gozd in šotišča postanejo viri CO<sub>2</sub>. To se lahko zgodi v primeru, da je gozd poplavljen zaradi izgradnje akumulacijskega jezera za hidroelektrarno. Trohneča vegetacija je vir CO<sub>2</sub> in metana, primerljivega s količino ogljika izločenega v termoelektrarni ekvivalentne moči.

Skozi življenjski cikel drevesa ali katere druge gozne rastline je zajemanje oz. delitev in izpuščanje ogljika nevtrarno. V času rasti rastlina absorbira ogljik iz atmosfere in ga kasneje, ko je starejša in trohna, oddaja nazaj v atmosfero. Večina gozdov je mešanih. Sestavljeni so iz mladih in starejših dreves ter rastlin. Ogljik se tako kontinuirano shranjuje in sprošča, odvisno od rastline in od njenega življenjskega cikla oz. dobe rasti, v kateri se nahaja. Tako bo tudi vsak gozdni požar na hitro sprostil ves absorbiran ogljik nazaj v ozračje.

Tudi oceani predstavljajo naravni ponor ogljikovega dioksida. S povečevanjem koncentracije ogljikovega dioksida v atmosferi tudi oceani povečujejo 'ustvarjanje' kislih oceanov. Voda oceanov lahko zadrži različne količine raztopljenega ogljikovega dioksida, ki so odvisne od temperature in tlaka. Fitoplankton, podobno kot drevesa, uporablja fotosintezo za izločitev ogljika iz ogljikovega dioksida. Predstavlja pa tudi začetno točko morske prehranjevalne verige. Plankton in ostali morski organizmi izločajo CO<sub>2</sub> iz morske vode in ga uporabljajo za gradnjo njihovih okostij in školjk iz kalcita (CaCO<sub>3</sub>). Ta kalcitna okostja in školjke, skupaj z organskim ogljikom, navadno potonejo na dno oceanov, ko organizmi odmro.

### POSPEŠENA NARAVNA LOČITEV

Gozdovi so hranilniki CO<sub>2</sub>, ampak učinek ponora obstaja le, dokler se širijo oz. obnavljajo dovolj hitro. Zato je učinek naravno omejen. Delež ogljika, ki ga gozdovi lahko ločijo na razpoložljivem območju, je precej manjši od deleža, ki nastane pri izgorevanju fosilnih goriv. Iz tega sledi logična razlaga, da je uporaba gozdov za brzdanje klimatskih sprememb možna le kratkoročno. Tudi najbolj optimistične ocene ugotavljajo, da pogozdovanje ni dovolj močna protiutež trenutnim stopnjam emisij CO<sub>2</sub>. Kot primer in zanimivost vzemimo podatek, da bi bilo v ZDA potrebno 30 let pogozdovati področje, veliko kot država Teksas, v kolikor bi želeli znižati emisije CO<sub>2</sub> za 7 %, kolikor predvideva Kjotski protokol za ZDA [11].

Poleg tega pa gozdovi, predvsem mlajši, na začetku morebiti sploh niso ponori ogljika oz. CO<sub>2</sub>. Čeprav so gozdovi čez čas ponori CO<sub>2</sub>, lahko nasaditve novih gozdov v začetku predstavljajo vire emisij CO<sub>2</sub>, ko se iz zemlje v atmosfero izloča ogljik. Pogozdovanje nudi tudi ostale dodatne prednosti, vključujoč zmanjšanje erozije, povečanje zajetja voda in ekonomske prihodke ob pravilni sečnji.

Eden najobetavnejših načinov povišanja učinkovitosti ločitve ogljika v oceanih je dodajanje mikrometrskih železnih delcev, imenovanih hematiti ali železov sulfat. Posledica tega je povečana rast planktona. Železo je pomembno hranilo za fitoplankton. Naravni viri oceanskega železa v zadnjih letih upadajo. S tem pa upada tudi oceanska 'produktivnost'. Ob prisotnosti železovih hranilnih snovi plankton hitro raste in s tem razširja bazo biomasne produkcije po terenu oz. morju, ki preko fotosinteze iz atmosfere odstranja pomembne količine CO<sub>2</sub>.

Testi iz leta 2002 v bližini Antarktike kažejo na to, da je med 10.000 in 100.000 atomov ogljika potopljenih za vsak v vodo dodan atom železa [11]. Še novejši poskusi v Nemčiji, leta 2005, nakazujejo na to, da vsak, v biomasni vode vezan ogljik, predstavlja dolgoročno shrambo ogljika. To pomeni, da ima dodajanje pravilne količine železovih hranilnih snovi v izbrane dele oceanov pozitivne učinke. Pojavi se kombiniran učinek obnovitve oceanske aktivnosti in s tem posledično znižanja emisij CO<sub>2</sub> v atmosferi.

Skeptiki za takšen pristop pravijo, da efekt periodičnega razcveta fitoplanktona v oceanih ni razjasnjen in da bi bilo potrebnih več študij. Znano denimo je, da ima fitoplankton vpliv tudi na tvorbo in sestavo oblakov preko sproščanja snovi, kot je dimetilni sulfid (DMS). Učinek razcveta fitoplanktona na skupno proizvodnjo DMS-ja pa ni znan [11].

Potencial zemlje za ločitve ogljika je precejšen. Pod površjem je potencial skladiščenja ogljika dvakrat večji od tistega nad njim. Vsebnost ogljika v zemlji, predvsem v poljedelskih okoljih, se je precej znižala. Z izboljšanjem stopnje humusa na teh zemljiščih bi izboljšali kvaliteto zemlje in povečali ločevanje ogljika.

Travniki zemlji skozi čas prispevajo velike količine organskih snovi, predvsem s koreninami. Veliko teh organskih snovi lahko zelo dolgo časa ostane neoksidiranih. V zadnjih 150-tih letih so veliko pašnikov spremenili v obdelovalno površino. Pri tem se je sprožila obsežna oksidacija nakopičenega organskega ogljika. Nezorani kmetijski sistemi lahko povečajo količino ogljika shranjenega v zemlji. Pretvorba v pašnike, še posebej ob ustrezni pašnji, pa lahko le še poveča ločevanje ogljika v zemlji.

Mehanizmi za povečanje ločevanja ogljika v zemlji vsebujejo primerno oranje, sajenje pridelkov in njihova letna rotacija. Kot primer mehanizma za ločevanje ogljika obravnavajo uporabo antropogene visokokarbonske zemlje ‘Terra preta’.

### UMETNA LOČITEV OGLJIKA

Ogljik lahko ločimo tudi umetno. To pomeni, da pri tem ne uporabljamo naravnega procesa kroženja ogljika. V teh primerih moramo ogljik najprej ujeti, kasneje pa ga lahko na več načinov skladiščimo. Trenutno obsežni postopek lovljenja ogljika poteka z absorpcijo ogljikovega dioksida na različna aminotopila. Ostale tehnike, kot so npr. tlačna in temperaturna nihajoča absorpcija ter plinske ločevalne membrane, so zaenkrat še v fazi raziskovanja.

Naslednja predlagana oblika ločevanja ogljika v oceanih je neposredno injiciranje. Pri tej metodi ogljikov dioksid injiciramo neposredno v zelo globoko vodo in pričakujemo, da se ustvarijo ‘jezera’ tekočega CO<sub>2</sub> na dnu. Izvedeni poskusi v zmernih globinah (350-3.600 metrov) kažejo, da tekoči CO<sub>2</sub> reagira v trdo obliko CO<sub>2</sub>, ki se postopoma raztopi v obdajajoči vodi. Ta metoda pa ima tudi potencialno nevarne okoljske posledice. Ogljikov dioksid reagira z vodo v obliko kisline H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, vendar ga večina (približno 99 %) ostane v obliki raztopljenih molekul CO<sub>2</sub>. Trenutno še ni jasno, ali je shranjevanje ogljika v ali pod oceani v skladu z drugimi konvencijami o zaščiti voda.

Dodatna metoda dolgoročne delitve ogljika v oceanih je zbiranje ostankov pridelkov (npr. koruzna stebela ali seno) in njihovo odlaganje na področja morskih naplavin oz. področij s strmim naplavljanjem. To povzroči, da se ta biomasa hitro zakoplje v mulj na morskem dnu, kjer ostane zelo dolgo.

Pri metodi geološke ločitve se ogljikov dioksid neposredno injicira v podzemne geološke formacije (npr. razpoke v premogovih poljih, naftnih, predvsem nagnjenih poljih).

Namen mineralne ločitve je, da postavimo ogljik v takšno termodinamično stanje, kjer bo nereaktiven. To se zgodi naravno in iz tega nastane večina površinskega apnenca. Za to uporabljajo kisline, ki minerale silikata spremenijo v minerale ogljika.

### PONORI V SLOVENIJI

Količina biomase v slovenskih gozdovih narašča, zato je gozd (in gozdne prsti) v Sloveniji ponor CO<sub>2</sub>. Naraščanje količine biomase je posledica povečanja lesne zaloge v obstoječih gozdovih, manjši delež pa ima zaraščanje opuščениh kmetijskih zemljišč. Predvsem zaradi manjšega poseka lesa (le 40 % prirastka), se je neto vezava CO<sub>2</sub> povečala [22]. Vendar po Kjotskem sporazumu povečanje lesnih zalog na istem območju ali nenačrtno povečanje gozdnih površin ne ustreza kriterijem povečanja ponora ogljika. Obsežno zaraščanje opuščениh kmetijskih površin (okoli 70000 ha), ki dejansko prispeva k skladiščenju CO<sub>2</sub> (največ v gozdnih prsteh), poteka spontano in ga zaenkrat ne moremo uveljaviti kot ponor ogljika. Dovoljena količina ponora za Slovenijo znaša 0,36 Mt C oziroma 1,32 Mt CO<sub>2</sub> v gozdarstvu, dodatno pa še nekaj iz naslova zaraščanja zemljišč [74]. Dovoljeni ponori v ciljnem obdobju 2008 - 2012 so ocenjeni v povprečju na 1,680 Mt CO<sub>2</sub> letno, kar je le slaba polovica predvidenih ponorov v gozdovih. Zaradi pogoja, da morajo biti ti ponori posledica neposrednih človekovih dejavnosti, da jih država lahko uporabi za izpolnitev svojih obveznosti, je izbrana konservativna ocena, na podlagi katere je mogoče izkoristiti samo polovico dovoljenega ponora v ciljnem obdobju 2008 - 2012, torej 840 kt.



Za Slovenijo so bile v preteklosti narejene različne ocene »uskladiščenja« ogljika v lesnih izdelkih, negozdnem drevju, v dendromasi ter drevnini in v lesnem prirastku. Na osnovi grobega izračuna naj bi bilo v dendromasi, ki vključuje deblovino, vejevino in korenine, v Sloveniji uskladiščenega 117 Mt ogljika, kar ustreza 429 Mt CO<sub>2</sub> (izračun za leto 1995). Drevnina, ki predstavlja deblovino in vejevino s premerom nad 10 cm, predstavlja 58 Mt uskladiščenega ogljika, kar ustreza 213 Mt CO<sub>2</sub>. S pomočjo podatkov o lesnem prirastku in poseku iz leta 1995 (prirastek 5,5 m<sup>3</sup>/ha in posek 2,0 m<sup>3</sup>/ha) je bilo izračunano, da se je v tem letu v slovenskih gozdovih vezalo/uskladiščilo 3,6 Mt CO<sub>2</sub>. Ocena količine vezanega ogljika v lesnih izdelkih znaša 5,3 Mt, kar ustreza 19,4 Mt CO<sub>2</sub> [121].

Glede na predvidevanja, da bo vezava CO<sub>2</sub> - zaradi spremembe zalog lesne biomase v slovenskih gozdovih - med 3200 in 3800 kt, in da ima gospodarjenje v slovenskih gozdovih osnove v načrtih gospodarjenja z gozdovi, bo Slovenija dodeljeno kvoto predvidoma lahko izkoristila, saj je uskladiščenje CO<sub>2</sub> v slovenskih gozdovih skoraj trikrat večje od vrednosti 0,36 Mt C (1,3 Mt CO<sub>2</sub>) na leto [74].

V poročilu mednarodne organizacije za gozdove o globalni oceni gozdnih virov za leto 2000 je tudi podpoglavje Kroženje ogljika in biomasa. Po podatkih v poročilu je bilo v Sloveniji v celotni lesni biomasi (nadzemni in podzemni del) v letu 1996 uskladiščenega 117,46 Tg ogljika (C), nad zemljo 103,48 Tg C in pod zemljo 13,98 Tg C. Količina ogljika, izražena na enoto površine, pa uvršča Slovenijo med štiri evropske države z največjo količino uskladiščenega ogljika (skupna lesna biomasa = 100,7 t C/ha). Po hitrosti povečevanja količine uskladiščenega ogljika na enoto površine je Slovenija, s 1,62 t C ha<sup>-1</sup>leto<sup>-1</sup>, druga v Evropi [74].

## 10 DOLOČITEV EMISIJ

Za ocenjevanje razmerij med ekonomskimi spremenljivkami je bila narejena regresijska analiza, kjer je bila uporabljena metoda navadnih najmanjših kvadratov. Metoda navadnih najmanjših kvadratov je bila izbrana, ker velja za najbolj razširjeno in je bila uporabljena tudi v drugih modelih [59, 75]. Izhodišča za regresijsko analizo so bile študije, ki proučujejo gibanje ene spremenljivke v odvisnosti od izbranih pojasnjevalnih spremenljivk. Modele, ki analizirajo področje Kjotskih mehanizmov, energetske učinkovitosti in gibanja emisij CO<sub>2</sub>, lahko zasledimo pri večih avtorjih.

Regresijska analiza je bila izvedena s pomočjo programskega paketa Econometric Views 2.0, ki spada med najbolj razširjene programe za izvajanje ekonometričnih analiz.

### 10.1 PODATKI

V nalogi sta obravnavana dva primera. V obeh primerih odvisno spremenljivko predstavljajo emisije CO<sub>2</sub>, ki nastanejo zaradi izgorevanja fosilnih goriv. Pojasnjevalne spremenljivke so cene električne energije; cene plina; stroški, s katerimi država poskuša povečati učinkovitost rabe energije; poraba električne energije; poraba toplotne energije; poraba plina in bruto domači proizvod. Vse spremenljivke obsegajo obdobje od 1994 do 2004. Pojasnjevalne spremenljivke: poraba električne energije, poraba toplotne energije in poraba plina so zbrane po posameznih dejavnostih, ki obsegajo področje industrije, gospodinjstev in ostale rabe. Cene električne energije in cene plina so zbrane samo za sektorja industrija in gospodinjstvo, medtem ko sta BDP in proračunski stroški za učinkovito rabo energije predstavljeni za vsa področja Slovenije.

Tudi drugi primer proučuje gibanje odvisne spremenljivke emisij CO<sub>2</sub> od neodvisnih spremenljivk. Emisije CO<sub>2</sub> pa v tem primeru predstavljajo neposredne emisije na strani porabe. Torej emisije, ki so posledica lastne proizvodnje na strani porabe. Iz analize so izključene emisije, ki jih prispevajo javni energetski objekti. Neodvisne spremenljivke, poleg cen energentov, BDP-ja in stroškov za ukrepe učinkovite rabe energije, predstavljajo: poraba trdih in tekočih goriv ter plina za lastno proizvodnjo.

Izhodišča za podatke o porabi energij, energentov in o cenah predstavljajo Statistični letopisi Republike Slovenije. To je edini dokument, kjer so podatki porazdeljeni v podskupine industrija, gospodinjstva in ostala raba ter imajo ločene podatke o porabi posameznih energij in energentov (toplotna in električna energija in poraba plina) v teh podskupinah. Podatki so zbrani za obdobje desetih let. Za daljše obdobje podatkov ni bilo mogoče zbrati, ker Statistični letopis RS 2006, ki vsebuje podatke za leto 2005, v času izdelave naloge še ni na voljo, v starejših letopisih pa teh podatkov ni. Razlog, da v starejših letopisih vseh prej omenjenih podatkov ni, je v tem, da se je metodologija zbiranja podatkov in podajanja rezultatov skozi leta precej spreminjala. Prav tako se z leti spreminja kategorizacija posameznih področij.

Veliko težavo pri zbiranju podatkov so predstavljali tudi različni podatki oz. različne vrednosti za iste tipe podatkov. Npr. podatki o emisijah ogljikovega dioksida se razlikujejo že med NIR 2004 [79] in NIR 2005 [80], prav tako pa niso enaki v ostalih literaturah, kot so OP [74], statistični letopisi [98] ali Murks [75]. Razlogi za različne emisije so tudi v različnih metodah preračunavanja emisij. Za potrebe nacionalnega poročila [79, 80], na podlagi Konvencije, so bile za Slovenijo izdelane evidence toplogrednih plinov z uporabo IPCC metodologije, ki se nekoliko razlikuje od CORINAIR metodologije.

## 10.2 IZRAČUN EMISIJ

V nalogi je bila za izračun emisij CO<sub>2</sub> uporabljena metoda *Tier 1*. To je IPCC enostavna metoda za izračun emisij CO<sub>2</sub>, ki nastanejo pri izgorevanju fosilnih goriv. Uporabljena metoda naj bi se uporabljala v primerih, kjer ni natančnih podatkov o tipu goriva, tehnologiji in obratovalnih pogojih [43]. Omeniti velja, da se po tej metodi emisije CO<sub>2</sub> zaradi izgorevanja biomasnih goriv oz. biomase ne prištevajo k emisijam nastalim zaradi izgorevanja fosilnih goriv. Vkolikor energetska izraba ali kakšen drug vzrok povzročata dolgoročno zniževanje ogljika vezanega v biomasi (npr. v gozdu), se to sproščanje ogljika izračuna po drugih metodah in sodi v emisije iz sektorja kmetijstvo in gozdarstvo.

Pri ocenjevanju emisij CO<sub>2</sub>, ki so posledica izgorevanja fosilnih goriv, obstaja obilo statističnih, tehničnih ali proceduralnih momentov, ki vplivajo na več ocenjevalnih metod. Pristopi k ocenjevanju teh emisij po metodi *Tier 1*, ki so bili uporabljeni tudi pri izračunih v nalogi, so naslednji:

### 1. Ocena porabe goriv po tipu

Resnične porabe goriv ni bilo potrebno ocenjevati ali izračunavati, saj so v nalogi uporabljeni podatki o porabi goriva. V primeru, da podatkov v takšni obliki ne bi bilo na voljo, bi pri izračunu morali upoštevati eventualno proizvodnjo, izvoz, uvoz in spremembe zalog.

### 2. Pretvorba podatkov o gorivu v skupno energijsko enoto (TJ)

Za pretvorbo porabe goriv, ki je bila podana v masnih enotah, v energijske enote, so bili uporabljeni pretvorbeni faktorji oz. kurilnosti. Pri izračunih so bile uporabljene ocenjene povprečne letne vrednosti kurilnosti posameznih goriv. Povprečne vrednosti so bile ocenjene na podlagi primerjanja različnih podatkov [79, 80, 97, 43]. Ocenjene so bile za vsako leto posebej. Nihanja izračunanih oz. ocenjenih vrednosti pa so predstavljena v tabeli 10.1, kjer so prikazane najnižje in najvišje kurilnosti za posamezno gorivo, ki so kasneje bile uporabljene za izračun emisij CO<sub>2</sub>:

Gorivo	Kurilnost / MJ/kg	Kurilnost / MJ/Sm <sup>3</sup>
rjavi premog	10,66-11,30	
lignit	10,01-10,71	
tekoča goriva	41,26-41,76	
plin		34,08

Tabela 10.1: Uporabljene kurilnosti.

### 3. Izbira emisijskega faktorja ogljika za vsako gorivo in ocena celotne vsebnosti ogljika goriva

Vrednosti ogljikovih emisijskih faktorjev prav tako lahko znatno variirajo, saj so v veliki meri odvisne od same sestave energenta, načina pridelave ipd. Za izračun v nalogi so bile uporabljene ocenjene povprečne vrednosti ogljikovih emisijskih faktorjev, ki so se pojavljale v poročilih NIR2004 in NIR2005. V teh literaturah so podatki o vsebnosti ogljika v gorivih za Slovenijo v celoti na voljo le za lignit iz Rudnika lignita Šoštanj. Podatki za ostala goriva pa so pridobljeni po naslednjih kriterijih [79, 80]:

- v primeru, da je določeno področje primerno obravnavano po IPCC, so emisijski faktorji povzeti po IPCC metodologiji;
- v primeru, da je določeno področje ni primerno obravnavano po IPCC, so emisijski faktorji povzeti po EMEP/CORINAIR priporočilih in
- v primerih, kjer so bile narejene ustrezne reziskave v Sloveniji, so bili uporabljeni emisijski faktorji pridobljeni v teh raziskavah.

Vrednosti emisijskih faktorjev uporabljenih v nalogi so:

- rjavi premog 27,6 tC/TJ;
- lignit 27,8 tC/TJ;
- tekoča goriva 20,3 tC/TJ in
- plin 15,07 tC/TJ.

#### 4. Ocena količine ogljika shranjenega oz. dolgoročno vezanega v izdelkih

Koraka, ki predvideva izračun shranjenega oz. dolgoročno vezanega ogljika, ni bilo potrebno narediti. Uporabljeni podatki o porabi goriv predstavljajo njihovo porabo za energetske namene. Količina vezanega ogljika pa se nanaša na količino fosilnih goriv, ki so bila uporabljena za neenergetske namene (npr. proizvodnja topil, amoniaka, sintetičnih izdelkov, ...). Emisije ogljika lahko zato izračunamo po formuli iz enačbe 10.1:

$$\text{Emisije ogljika (Gg C)} = \Sigma (\text{Dejanska poraba energije(po tipu goriva v TJ)} \times \text{emisijski faktor ogljika(po tipu goriva v tC/TJ)}) \times 10^{-3} \quad (10.1)$$

*Enačba 10.1: Emisije ogljika.*

#### 5. Ocena količine ogljika, ki ni oksidiral med izgorevanjem

Majhen del ogljika iz goriva, ki vstopa v proces izgorevanja, se izogne oksidaciji, čeprav kasneje večina le-tega oksidira v atmosferi. Predvidevamo, da se ogljik, ki ostane neoksidiran, nekje nedoločljivo shrani oz. naloži. Glede na ta predvidevanja, so se pojavile različne vrednosti neoksidiranega ogljika. Te so se gibale med enim in desetimi odstotki. Zato smo za izračune po tej metodologiji določili naslednje vrednosti faktorjev neoksidiranega ogljika, ki so bile uporabljene tudi pri izračunu v nalogi:

Gorivo	Faktor neoksidiranega ogljika
premog	0,98
tekoča goriva	0,99
plin	0,995

*Tabela 10.2: Faktorji neoksidiranega ogljika [79,43].*

Faktor neoksidiranega ogljika je brezdimenzijska enota. Njegova številčna vrednost predstavlja delež oksidiranega ogljika. Npr. vrednost 0,98 pomeni, da 2 % ogljika ni oksidiralo.

#### 6. Pretvorba emisij ogljika v polno molekularno težo oz. emisije CO<sub>2</sub>

Emisije ogljikovega dioksida na koncu izračunamo tako, da emisije ogljika pomnožimo z deležem neoksidiranega ogljika in z molekularno težo razmerja ogljikovega dioksida do ogljika, ki znaša 44/12. To je zapisano v enačbi 10.2:

$$Emisije CO_2(Gg C) = \Sigma (Emisije ogljika (Gg C) \times faktor oksidacije \times 44/12) \quad (10.2)$$

Enačba 10.2: Izračun emisij CO<sub>2</sub>.

Pri izračunih predvidevamo določeno stopnjo verjetnosti podatkov oz. njihova odstopanja od uporabljenih vrednostih. Za Slovenijo so za primere izgorevanja goriv predvidena različna odstopanja oz. ocene negotovosti podatkov in znašajo [80].:

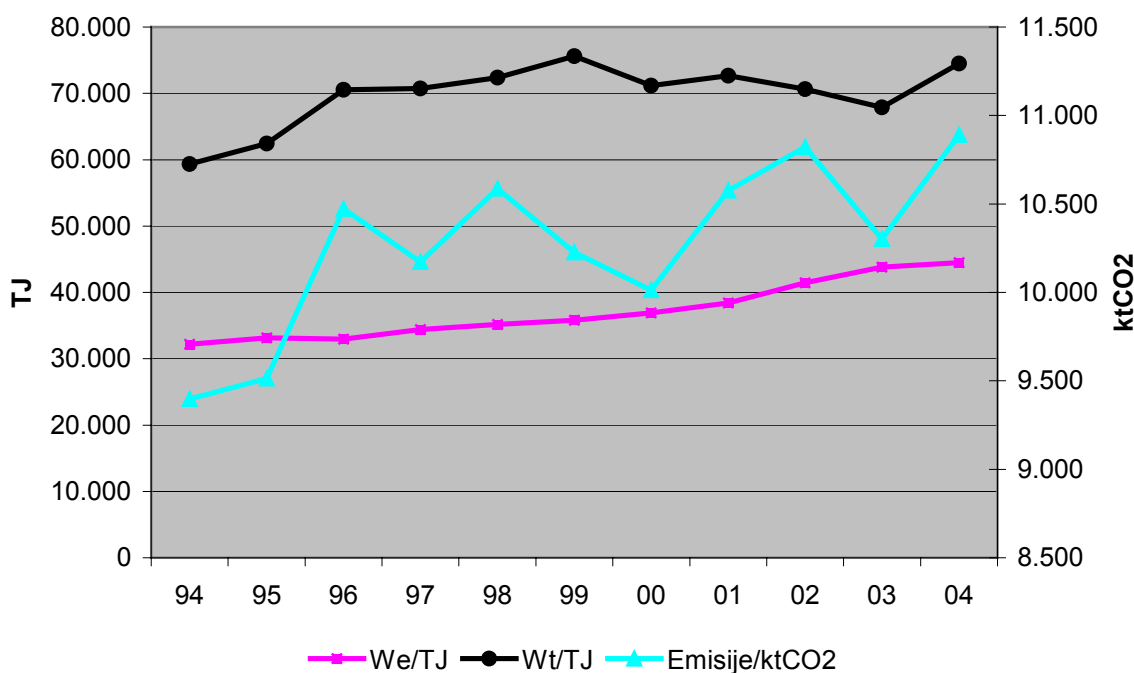
ocena negotovosti vhodnih podatkov	5-20 %
ocena negotovosti energijskih vrednosti	5 %
ocena negotovosti emisijskih faktorjev	5 %

Tabela 10.3: Ocena negotovosti podatkov za izračun emisij TGP.

## 11 IZRAČUNI IN ANALIZA

### 11.1 PRIMER 1

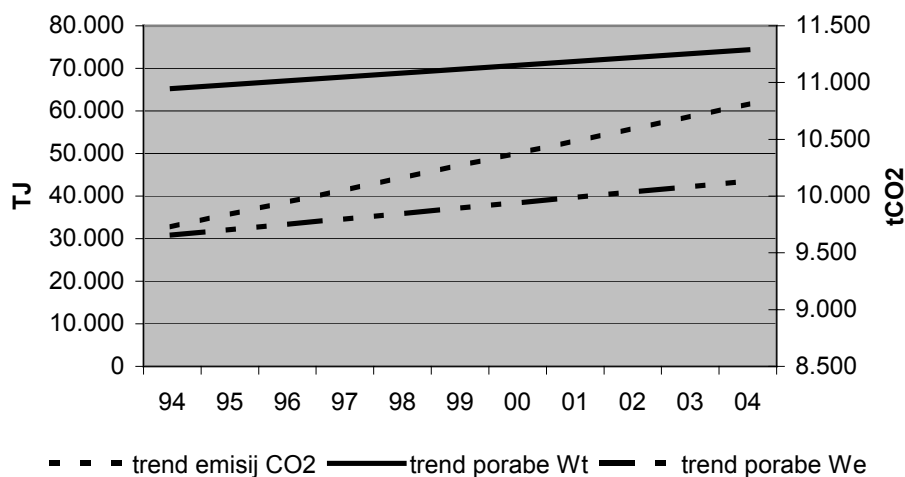
V prvem primeru bo obravnavana povezava med odvisno spremenljivko emisijami CO<sub>2</sub> ter pojasnjevalnimi spremenljivkami: porabo električne in toplotne energije, cenami električne in toplotne energije v segmentih industrije, gospodinjstva ter ostale rabe, cenami kurilnega olja, BDP-ja in zneska, ki ga država nameni za ukrepe URE. Povezanost posameznih spremenljivk za 'Primer 1' je prikazana v blok shemi modela na sliki 11.1 in opisana z enačbami, ki bodo predstavljene v nadaljevanju poglavja. Pred matematično specifikacijo modela in predstavitvijo rezultatov so v grafih predstavljene glavne spremenljivke modela v opazovanem obdobju od 1994 do 2004.



Graf 11.1: Poraba We (končna raba), Wt (primarna energija) in emisije [98].

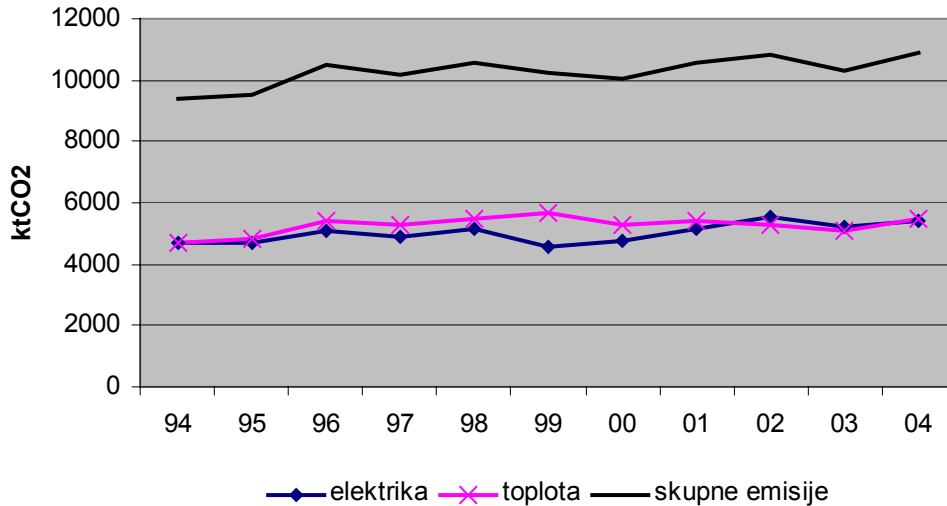
Na grafu 11.1 je predstavljen potek odvisne spremenljivke CO<sub>2</sub> in dveh najpomembnejših pojasnjevalnih spremenljivk. To sta porabi električne (We) in toplotne energije (Wt). Poraba toplotne energije predstavlja porabo oz. količino vložene energije za proizvodnjo celotne zahtevane toplotne porabe v obravnavanih segmentih. Prikazana je torej primarna vložena energija. V primeru porabe električne energije pa je na grafu predstavljena končna poraba energije v obravnavanih segmentih. Namen predstavitve porabe obeh energij v enem grafu, skupaj z gibanjem emisij CO<sub>2</sub>, je zgolj prikaz gibanja njune porabe. Za lažjo predstavo je na grafu 11.2 prikazan trend gibanja obravnavanih spremenljivk.

Iz obeh grafov, 11.1 in 11.2, je razvidna rast skozi opazovano obdobje. Poraba električne energije se je v sektorjih industrije, gospodinjstev in ostale rabe povečala za 38,34 %, poraba toplotne energije oz. energentov za njeno proizvodnjo za 25,46 %, emisije CO<sub>2</sub> pa so se povečale za 15,89 %. Povprečna letna rast porabe električne energije v opazovanem časovnem obdobju in obravnavanih segmentih je bila 3,32 %, toplotne energije 2,45 %, emisij CO<sub>2</sub> pa 1,59 %. Predvsem porast emisij CO<sub>2</sub> je v nasprotju s smernicami Kjotskega protokola.

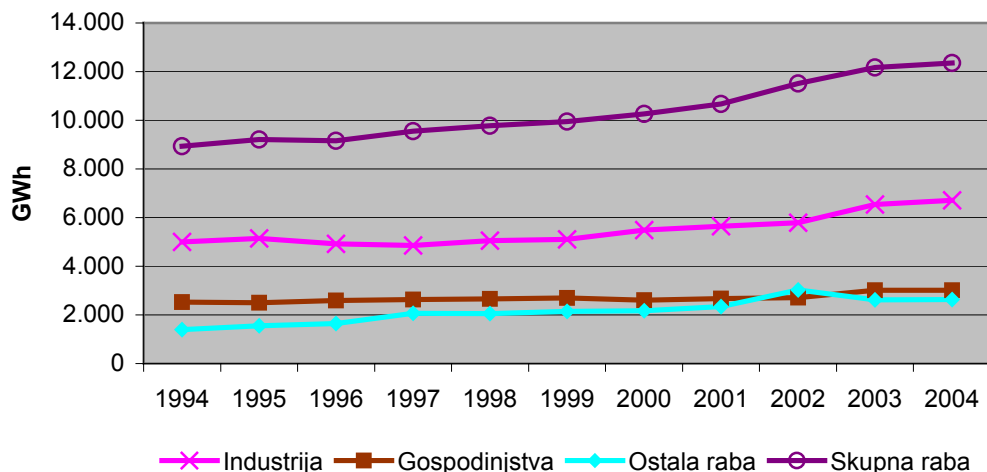


Graf 11.2: Trend porabe We, Wt in emisij CO<sub>2</sub> [98].

Iz grafa 11.3 je razvidno, da emisije zaradi proizvodnje električne in toplotne energije predstavljajo skoraj enak delež. Podatki, ki so bili uporabljeni pri predstavitvi grafa, zajemajo celotno porabo goriv za proizvodnjo toplotne in električne energije. Torej javne in privatne elektrarne in kotlarne oz TE-TO in privatna kurišča. Emisije CO<sub>2</sub> zaradi proizvodnje električne energije so se v opazovnem obdobju in obravnavanih sektorjih povišale za 14,63 %, zaradi proizvodnje toplotne energije pa za 17,17 %.

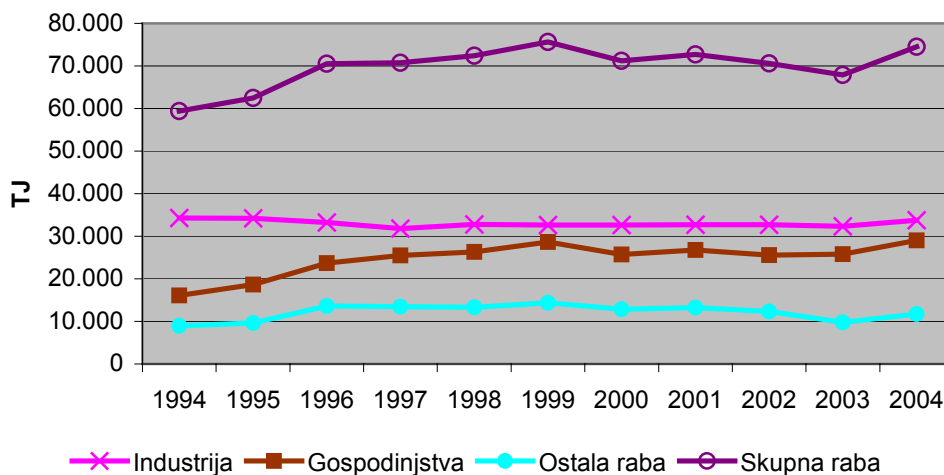


Graf 11.3: Gibanje emisij zaradi celotne proizvodnje We in Wt [98].



Graf 11.4: Poraba We v ind., gosp. in ostali rabi – končna raba [98].

Graf 11.4 prikazuje porabo električne energije v sektorjih industrija, gospodinjstva in ostala raba. Prikazana je tudi skupna poraba v vseh treh sektorjih. Vidno je povečanje porabe električne energije v vseh segmentih. v letih med 1994 in 2004 se je najmanj povečala poraba v sektorju gospodinjstva, kjer je narasla za 19 % ali povprečno za 1,82 % na leto. Poraba v sektorju ostala raba se je največ povečala, in sicer za 88,5 % in je skoraj enaka kot v sektorju gospodinjstva. Povprečno letno povečanje porabe v tem sektorju znaša 7,2 %. Največ električne energije se porabi v industriji. Iz grafa je razvidna konstantna rast porabe, še posebej od leta 1997 naprej. V obravnavanem časovnem obdobju se je v industriji poraba povečala za dobrih 34 % oz. povprečno skoraj za 3,1 % letno.

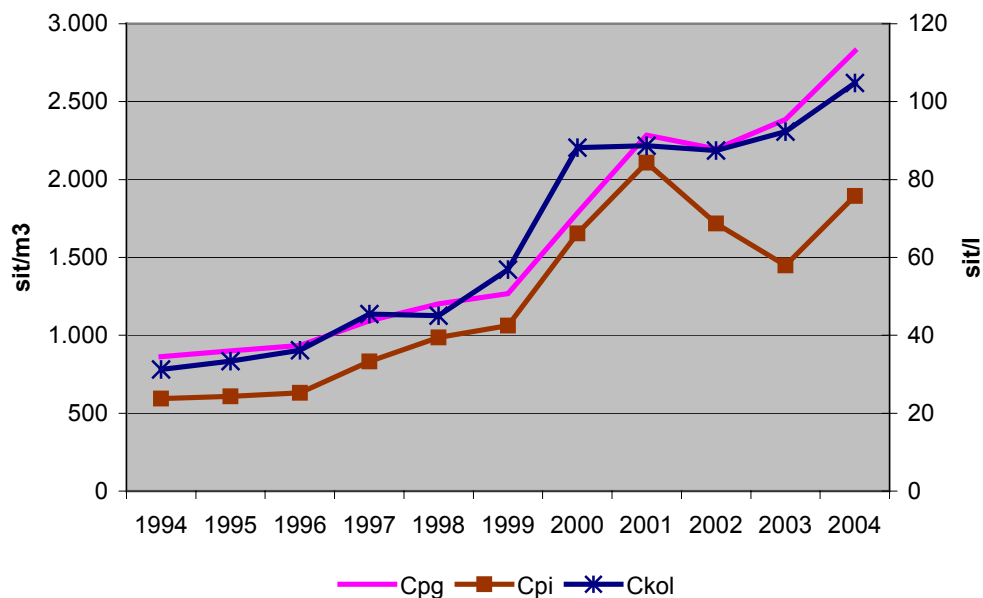


Graf 11.5: Poraba Wt v ind., gosp. in ostali rabi – primarna energija [98].

V grafu 11.5 je prikazana porabljen primarna energija za pridobivanje potrebne toplotne enegije v obravnavanih sektorjih. Tudi v tem primeru je, podobno kot pri električni energiji, največji porabnik toplotne energije industrija. Vendar v opazovanem obdobju ni bilo povečanja porabe po toplotni energiji v industriji. Leta 2004 je zabeležena celo za 1,62 % nižja poraba kot v letu 1994. Tudi trend in letna stopnja porabe kaže na minimalno, 0.13-odstotno padanje porabe. Poraba in proizvodnja toplotne energije v industriji je zelo konstantna in je v večini namenjena industrijskim procesom in ne toliko ogrevanju. Največja rast, skoraj 80-odstotna, porabe toplotne energije je v gospodinjstvih, rast med leti 1994 in

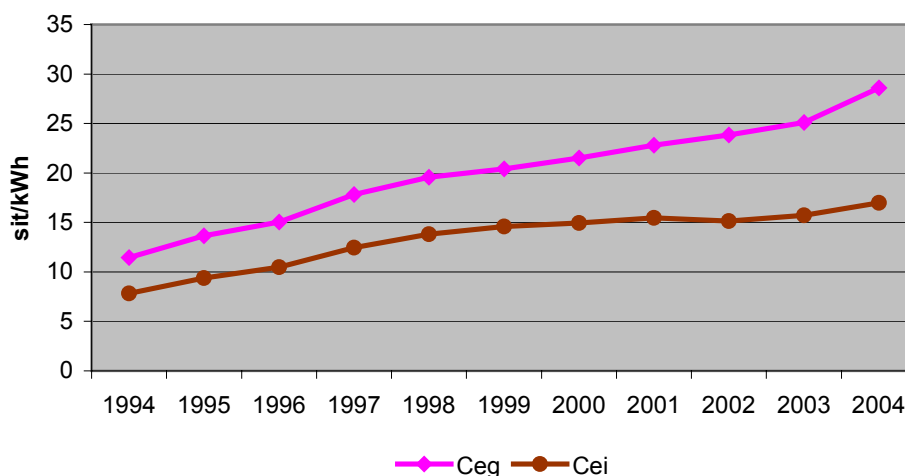


2004 oz. 6,5 % letno. Poraba toplote v gospodinjstvih je že skoraj dohitela porabo v industriji. Poraba toplotne energije je v sektorju ostala raba v letu 2004 za 31,3 % višja kot leta 1994. V povprečju se je poraba letno zvišala za 3,9 %. Skupna poraba toplote oz. raba primarne energije za njeno proizvodnjo se je v opazovanem obdobju zvišala za dobro četrtino oz. za 25,5 %. Povprečna letna rast skupne porabe toplote pa znaša 2,45 %.



Graf 11.6: Cene plina v gospodinjstvu in ostali rabi [98]

V dosedanjih grafih so bila predstavljena gibanja porab toplotne in električne energije v obravnavanih sektorjih. Njihova poraba neposredno vpliva na emisije CO<sub>2</sub>. V nadaljevanju pa so v grafih 11.6, 11.7 in 11.8 predstavljena gibanja ostalih neodvisnih spremenljivk, ki so bila uporabljena v regresijskem modelu izračuna emisij CO<sub>2</sub>. Te spremenljivke neposredno ne povzročajo povečanja ali zmanjšanja emisij, lahko pa posredno vplivajo na porabo toplotne in električne energije. Njihov vpliv na porabo oz. na emisije je raziskan v predstavitvi rezultatov analize.

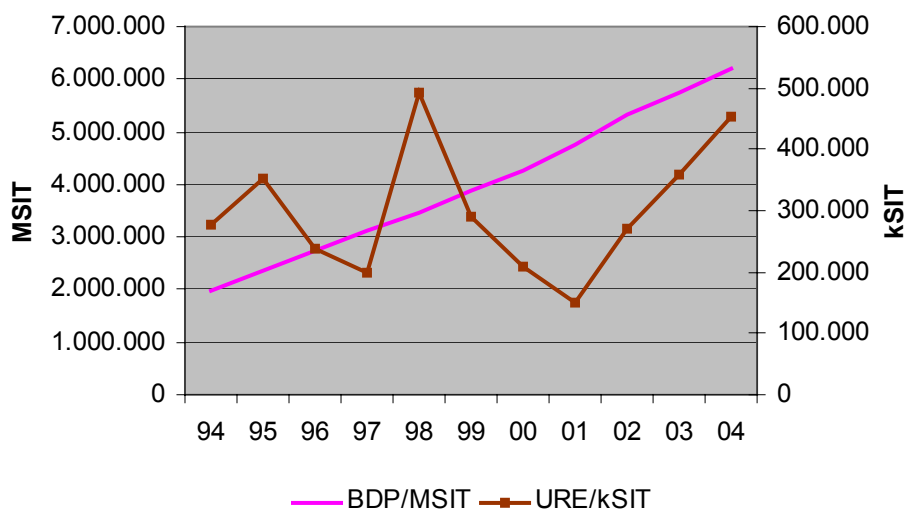


Graf 11.7: Cene električne energije in kurilnega olja [98]

V grafu 11.6 so predstavljene cene plina v industriji (Cpi) in v gospodinjstvih (Cpg) ter gibanje cen kurilnega olja (Ckol). Vidna je rast cen skozi celotno obravnavano obdobje. Strm

skok cen plina je opazen med leti 1999 in 2001. Cena plina se je v obdobju med letoma 2001 in 2003 nekoliko umirila, v industrijskem sektorju je celo nekoliko padla, nato pa je viden ponoven strm vzpon cen po letu 2003. Podatki so pridobljeni iz statističnega letopisa, predstavljajo pa povprečne cene. V statističnem letopisu so cene plina podane polletno in na prvi dan v mesecu. Tako za vsako leto obstajata dva podatka o ceni plina. Cena plina na 1. januar in na 1. julij. Ker pa v nalogi operiramo z letnimi podatki, je bila povprečna letna cena plina izračunana kot srednja vrednost treh podatkov. In sicer iz cen na prvi januar in prvi julij danega leta in cene na prvi januar naslednjega leta. Pri izračunih za gospodinjstvo so bile upoštevane cene iz tarifnega razreda D3, kjer predvidena letna poraba plina znaša 83,7 GJ. To je predvidena povprečna poraba za ogrevanje in kuhanje v stanovanjih oz. stanovanjskih hišah. V industrijskem sektorju je bil za izračun izbran tarifni razred I2 oz. I3-1 (imata enaki tarifi), kjer znaša predvidena letna poraba plina med 4186 GJ in 41860 GJ.

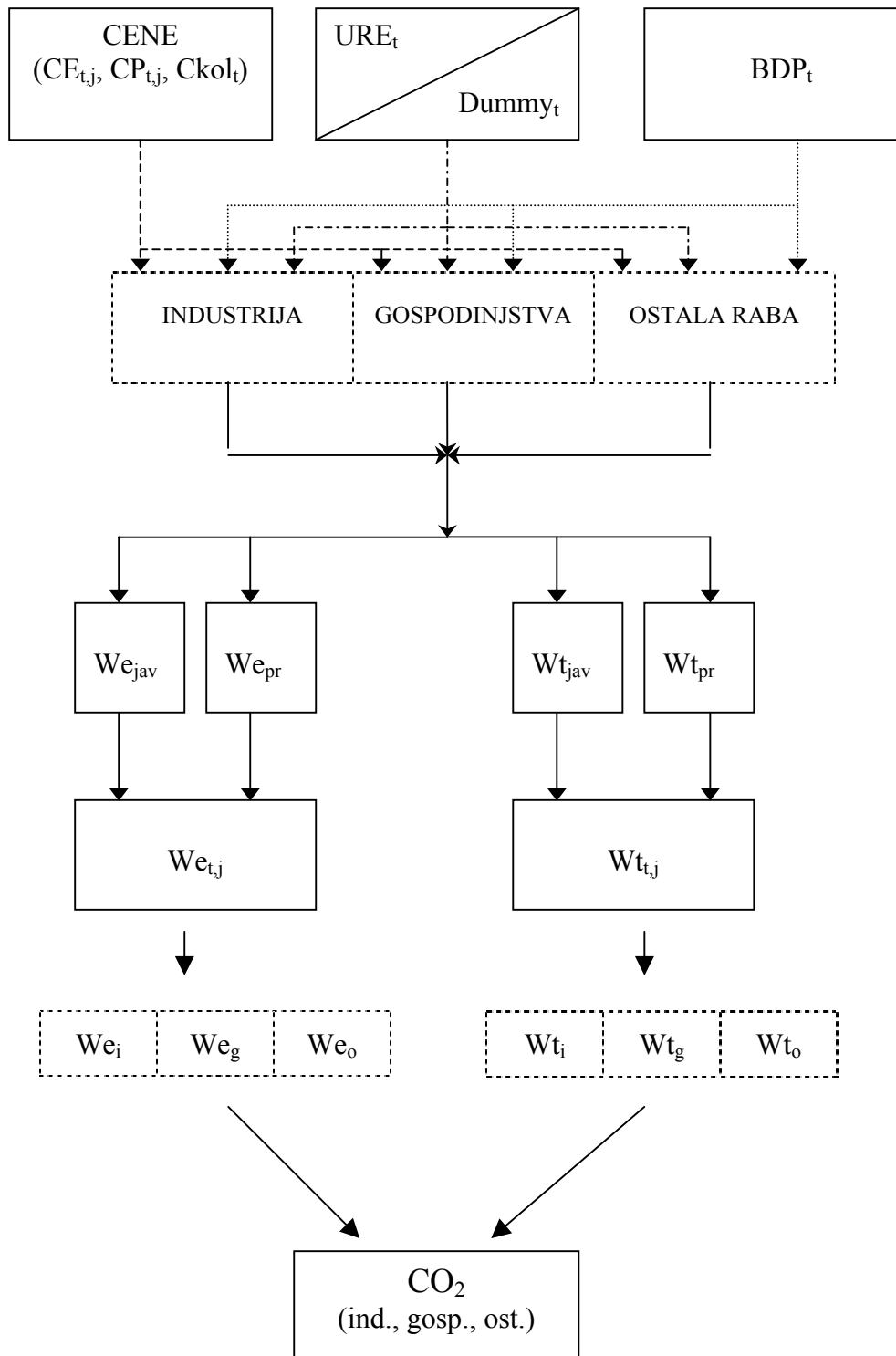
Graf 11.6 na svoji drugi y osi prikazuje tudi gibanje cen kurilnega olja. Tudi v tem primeru, podobno kot pri ceni plina, je v letu 1999 viden strm, 55-odstoten, skok cen. Med leti 1994 in 2004 se je cena kurilnega olja zvišala kar za dobrih 235 %, plina pa v povprečju za slabih 223 %. Od tega za 227,4 % v gospodinjstvih in za 218,5 % v industriji.



Graf 11.8: Gibanje BDP-ja in prispevkov za URE [98]

Graf 11.7 predstavlja gibanje cen električne energije v gospodinjstvu (Ceg) in industriji (Cei). Iz njega je razvidna rast cen. Vendar je, za razliko od cen plina in kurilnega olja, rast cen električne energije bolj konstantna in na letni stopnji za gospodinjstva znaša povprečno 9,7 % in za industrijo 8,2 %. Podobno kot pri cenah plina, so tudi pri električni energiji cene in njihova rast v gospodinjstvih višja kot pa v industriji. V opazovanem obdobju so se cene v gospodinjstvih dvignile za 149,6 %, v industriji pa za 116,4 %.

Na grafu 11.8 sta prikazana poteka preostalih pojasnjevalnih spremenljivk v modelu. To sta BDP in prispevki države za ukrepe učinkovite rabe energije (URE). Vidimo, da spremenljivka URE zelo niha, BDP pa ima konstantno, v povprečju 12,07-odstotno letno rast. Rast BDP-ja je precej visoka, ker so vrednosti podane v tekočih cenah [98 in Banka Slovenije].



Slika 11.1: Blok diagram 'Primer 1'

Na strani porabe vsak od obravnavanih sektorjev industrije, gospodinjstev in ostale rabe ustvarja potrebe po proizvodnji toplotne in električne energije. Toplotna in električna energija (pojasnjevalni spremenljivki) v obravnavanem primeru sta proizvedeni v javnih (TE, TE-TO, TO) in privatnih energetskih objektih (industrijski energetski objekti, privatna kurišča). Njihova proizvodnja neposredno povzroča emisije CO<sub>2</sub>. Emisije v posameznih sektorjih so odvisne od deleža, ki ga imajo v skupni proizvodnji in od uporabljenega goriva za

proizvodnjo. Model obravnava tudi možen posredni vpliv na emisije CO<sub>2</sub>. V ta namen so uporabljene dodatne pojasnjevalne spremenljivke (cena električne energije, plina in kurilnega olja, BDP, in prispevkov za URE). Te spremenljivke vplivajo na porabo energije, in s tem posredno na emisije CO<sub>2</sub>. Njihova povezanost z emisijami je obdelana v analizi. V našem primeru obnavljamo podatke časovnih vrst in časovnih prerezov.

Za predstavljen blokovni model in podane spremenljivke lahko zapišemo še matematični model, ki ga lahko zapišemo na naslednji način, izhaja pa iz enačbe 7.8:

$$CO_{2,t,j} = \beta_1 + \beta_2 WE_{t,j} + \beta_3 WT_{t,j} + \beta_4 CE_{t,j} + \beta_5 CP_{t,j} + \beta_6 Ckol_t + \beta_7 BDP_t + \beta_8 URE_t + \beta_9 DUMMY_{t,j} + u_{t,j}, \quad (11.1)$$

Enačba 11.1: Splošni populacijski regresijski model 1,

pri čemer so:

- $CO_{2,t,j}$  – letna stopnja spremembe emisij CO<sub>2</sub> v opazovanih segmentih, zaradi proizvodnje v privatnih in javnih energetskih objektih, v t-tem letu in j-ti dejavnosti (odvisna spremenljivka);
- $BDP_t$  – letna stopnja spremembe bruto domačega proizvoda Slovenije v t-tem letu (pojasnjevalna spremenljivka);
- $URE_t$  – letna stopnja spremembe proračunskih sredstev za ukrepe učinkovite rabe energije v t-tem letu (pojasnjevalna spremenljivka);
- $WE_{t,j}$  – letna stopnja spremembe porabe električne energije v t-tem letu in j-ti dejavnosti (pojasnjevalna spremenljivka);
- $WT_{t,j}$  – letna stopnja spremembe porabe toplotne energije v t-tem letu in j-ti dejavnosti (pojasnjevalna spremenljivka);
- $CE_{t,j}$  – letna stopnja sprememb cen električne energije v t-tem letu in j-ti dejavnosti (pojasnjevalna spremenljivka);
- $CP_{t,j}$  – letna stopnja sprememb cen plina v t-tem letu in j-ti dejavnosti (pojasnjevalna spremenljivka);
- $Ckol_t$  – letna stopnja sprememb cen kurilnega olja v t-tem letu (pojasnjevalna spremenljivka);
- $DUMMY_t$  – letna stopnja sprememb prispevka za URE iz EU v t-tem letu, ki so po velikosti enaki vsaj 80 % domačih izdatkov za URE (pojasnjevalna spremenljivka);
- $u_{t,j}$  – slučajni odklon (napaka) v t-tem letu in j-ti dejavnosti;
- $\beta_1$  – (parcialni) regresijski koeficient konstantnega člena;
- $\beta_2$  do  $\beta_8$  – (parcialni) regresijski koeficienti pojasnjevalnih spremenljivk modela;
- $\beta_9$  – (parcialni) regresijski koeficient »dummy« (neprave) spremenljivke;
- $t$  – časovne enote od leta 1994 do leta 2004;
- $j$  – posamezne dejavnosti; industrija, gospodinjstva in ostala raba.

Letne stopnje rasti emisij CO<sub>2</sub>, BDP, proračunskih sredstev za ukrepe učinkovite rabe enerije, cen električne energije, plina in kurilnega olja ter porabe energij in energentov so izražene v odstotkih ter pomenijo spremembo tekočega leta - glede na predhodno leto.

Zapisana enačba 11.1 ima obliko splošnega populacijskega regresijskega modela, ki ga ocenjujemo na podlagi regresijske funkcije vzorčnih podatkov in ima za Slovenijo naslednjo obliko:

$$\hat{CO}_{2,t,j} = b_1 + b_2WE_{t,j} + b_3WT_{t,j} + b_4CE_{t,j} + b_5CP_{t,j} + b_6Ckol_{t,j} + b_7BDP_t + b_8URE_t + b_9DUMMY_t + e_{t,j} \quad (11.2)$$

Enačba 11.2: Regresijska funkcija vzorčnih podatkov,

pri čemer so:

- $b_1$  do  $b_9$  – cenilke vrednosti (parcialnih) regresijskih koeficientov  $\beta_1$  do  $\beta_9$ ;
- $e_{t,j}$  – ostanki ali napake regresijskega modela vzorčnih podatkov ali cenilke  $u_{t,j}$ .

Regresijska funkcija vzorčnih podatkov je le ocena populacijske regresijske funkcije, ki je ne poznamo in je lahko boljša ali slabša ter lahko pre- ali podcenjuje vplive pojasnjevalnih spremenljivk na odvisno spremenljivko.

Uporabljena neprava ali »dummy« spremenljivka se nanaša na višino prispevkov za ukrepe učinkovite rabe energije, ki so posledica dotacij iz EU. Pri definiciji te spremenljivke smo upoštevali in opazovali podatke, ko so bila sredstva iz EU za URE vsaj enaka ali višja od domačih. Kasneje je bil ta kriterij spuščen na vsaj 80 %. In sicer zato, ker so dotacije iz EU leta 1988 dosegle le 83 % prispevkov iz Slovenije, vendar je njihov skupni znesek znašal več kot eno milijardo tolarjev. Z nepravimi ali dummy spremenljivkami v ekonometriji preučujemo vpliv kvalitativnih spremenljivk, kot so na primer rasa, spol, letni čas ipd. na odvisno spremenljivko. Tako lahko na primer ugotovimo, kakšen vpliv ima letni čas na izvoz kmetijskih izdelkov, pri čemer ostanejo ostale spremenljivke nespremenjene. V analizo jih vključimo tako, da 'kvantificiramo' tovrstne pojave tako, da tvorimo spremenljivko, ki zavzame vrednost 1, če je pojav prisoten, in 0, če ga ni [86]. V podanem regresijskem modelu pomeni:

$DUMMY_{t,j} = 0$  označuje obdobje, ko so dotacije za ukrepe URE iz EU znašale manj kot 80 % domačih;

$DUMMY_{t,j} = 1$  označuje obdobje, ko so dotacije za ukrepe URE iz EU znašale več kot 80 % domačih;

Zapis enačb za rešitev splošnega regresijskega modela je najenostavneje zapisati s pomočjo linearne algebre, kot je to v primeru enačb 11.1 in 11.2. Bolj prikladen in pregleden pa je zapis, kjer so opazovanja za odvisno in pojasnjevalne spremenljivke zapisana v posamezne vektorje. Za naš primer so spremenljivke zapisane v obliki enačb oz. matrik 11.3:

$$CO_{2,t,j} = \begin{bmatrix} CO_{2,94,j} \\ CO_{2,95,j} \\ \cdot \\ \cdot \\ CO_{2,04,j} \end{bmatrix}, C_t = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ \cdot \\ \cdot \\ 1 \end{bmatrix}, WE_{t,j} = \begin{bmatrix} WE_{94,j} \\ WE_{95,j} \\ \cdot \\ \cdot \\ WE_{04,j} \end{bmatrix}, WT_{t,j} = \begin{bmatrix} WT_{94,j} \\ WT_{95,j} \\ \cdot \\ \cdot \\ WT_{04,j} \end{bmatrix}, \dots u_{t,j} = \begin{bmatrix} u_{94,j} \\ u_{95,j} \\ \cdot \\ \cdot \\ u_{04,j} \end{bmatrix} \quad (11.3)$$

Enačba 11.3: Matrični zapis spremenljivk sistema

Iz zapisa vsebine vektorja  $C$  je razvidno, da prva pojasnjevalna spremenljivka ni prava, saj so njene vednosti pri vseh opazovanih enotah enake ena. To omogoča preprost zapis linearnega regresijskega modela vzorčnih podatkov, kjer prvi regresijski koeficient predstavlja konstanto. Če sedaj vse vektorje pojasnjevalnih spremenljivk združimo v eno matriko  $PS$ , pa dobimo naslednji zapis 11.4:

$$[PS] = \begin{bmatrix} c_t & we_{t,j} & \dots & dummy_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} c_{94} & we_{94} & \dots & cp_{94} & \dots & dummy_{94} \\ c_{95} & we_{95} & \dots & cp_{95} & \dots & dummy_{95} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ c_{99} & we_{99} & \dots & cp_{99} & \dots & dummy_{99} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ c_{04} & we_{04} & \dots & cp_{04} & \dots & dummy_{04} \end{bmatrix} \quad (11.4)$$

*Enačba 11.4: Matrični zapis pojasnjevalnih spremenljivk.*

Računalniški izpis obravnavanega modela, ki je bil izpeljan s pomočjo programskega paketa Econometric Views ali EViews Version 2.0, je naslednji:

$$Pooled\ LS\ CO2? C\ WE? WT? CE?CP? CKOL\ BDP\ URE\ DUMMY \quad (11.5)$$

*Enačba 11.5: Računalniški zapis regresijskega modela –'Primer1'.*

S pomočjo enačbe 11.5 in programskega paketa EViews 2.0 smo izvedli »pooling« analizo ali analizo združenih podatkov, ki obsega časovne vrste in časovne prereze podatkov. Podatke je bilo potrebno vnesti za časovne enote od leta 1994 do leta 2004 in po dejavnostih. Programski paket izvede operacije in pri tem sledi podatkom, avtomatsko izvede operacije v časovnih prerezih in uporabi ekonometrične metode, da izloči podatke iz obeh dimenzij.

Ukaz *Pooled* pomeni, da se izvaja pooling analiza, *LS* pa pomeni, da je uporabljena metoda najmanjših kvadratov. Znaki “?” pri posameznih spremenljivkah se nanašajo na časovne prereze podatkov, ki jih definiramo z določitvijo identifikatorjev, ti pa so dejavnosti na področju industrije, gospodinjstev in ostale rabe.

Za izvajanje ocenjevanja regresijskega modela je tudi značilno, da na podlagi a priori teoretičnih pričakovanj napovemo kakšne predznake pričakujemo pri ocenah posameznih regresijskih koeficientov. Pričakovani predznaki ocen regresijskih koeficientov so sledeči:

- Gospodarska rast, definirana kot sprememba BDP med dvema zaporednima opazovanima obdobjema, naj bi povzročala večje emisije CO<sub>2</sub>, ki naj bi bile torej posledica povečane gospodarske aktivnosti. Čeprav se v literaturi pojavljajo tudi negativne povezave med BDP, porabo energije in emisijami CO<sub>2</sub> [116] za BDP, pričakujemo pozitivni predznak.
- Za porabo električne energije in toplotne energije pričakujemo pozitivne predznake. Splošno znano dejstvo je, da so emisije CO<sub>2</sub> posledica izgorevanja fosilnih goriv, sledi torej trditev, da naj bi večja poraba fosilnih goriv povzročala tudi večje emisije CO<sub>2</sub>. Proizvodnja toplotne energije je skoraj v celoti odvisna od porabe fosilnih goriv, medtem ko je proizvodnja električne energije nekoliko manj, vendar še vedno v zelo velikem obsegu. Zato je pričakovati, da bo porast porabe električne energije posledično pomenila tudi povečano porabo fosilnih goriv

- za cene električne energije, plina in tekočih goriv pričakujemo negativni predznak. Višanje cen energije in energentov naj bi vzpodbujalo učinkovitejšo rabo in s tem zmanjšanje emisij CO<sub>2</sub>
- za »dummy« spremenljivko, ki se nanaša na prispevke za ukrepe URE iz EU, pričakujemo negativni predznak. Večji kot bi bili izdatki za ukrepe URE, manjše naj bi bile emisije CO<sub>2</sub>, ker bi poskušali z večjim nadzorom in preventivnim preprečevanjem zmanjšati emisije CO<sub>2</sub>.

Po končanem definiranju vseh spremenljivk, ki so potrebne za izvedbo regresijske analize in njihovih pričakovanih predznakov, izpeljemo ocenitev regresijskega modela na podlagi vzorčnih podatkov za Slovenijo.

Rezultati, ki jih poda programski paket Eviews, so podani v tabeli 11.1:

Pooled LS // Dependent Variable is CO2?				
Sample: 1994 2004				
Included observations: 11				
Total panel observations 33				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	-0.596456	1.797165	-0.331887	0.7429
WE?	0.425873	0.108989	3.907499	0.0007
WT?	0.496988	0.064533	7.701353	0.0000
CE?	-0.077640	0.132962	-0.583928	0.5647
CP?	0.124041	0.053266	2.328690	0.0286
CKOL	-0.117799	0.054787	-2.150142	0.0418
BDP	0.027382	0.173677	0.157659	0.8760
URE	0.004497	0.014805	0.303742	0.7639
DUMMY	-0.452320	1.436010	-0.314984	0.7555
R-squared	0.807065	Mean dependent var		1.902424
Adjusted R-squared	0.742753	S.D. dependent var		7.262655
S.E. of regression	3.683586	Sum squared resid		325.6514
Log likelihood	-61.79430	F-statistic		12.54924
Durbin-Watson stat	2.510968	Prob(F-statistic)		0.000001

*Tabela 11.1: Rezultati pooling analize vseh podatkov - 'Primer1'.*

- Ocenjevanje statistične značilnosti regresijskih koeficientov

Statistično značilnost regresijskih koeficientov ugotavljamo s pomočjo t-statistike, kjer izračunano vrednost primerjamo s kritično vrednostjo, ki jo poiščemo v ustrezni tabeli. Za interval zaupanja se največkrat uporablja 95-odstotni faktor zaupanja [59] oz. stopnja značilnosti  $\alpha = 0,05$ . Tak interval je v ekonometriji znan tudi kot 'ocena čez palec' [104]. V primerih večjih standardnih napak, ali kakšnih drugih razlogih, velja za primerno stopnjo značilnosti tudi  $\alpha = 0,1$  [75], ki je uporabljena za ocenjevanje statistične značilnosti regresijskih koeficientov v nekaterih podobnih modelih. Razlog za uporabo stopnje značilnosti  $\alpha = 0,1$  je v tem, da s tem ocenjevani model pridobi dodatne statistično

sprejemljive pojasnjevalne spremenljivke, ki jih zaradi kvantitativnega in kvalitativnega pomanjkanja podatkov ni veliko.

Stopnja značilnosti  $\alpha$  predstavlja število poskusov od sto oz. odstotek zmot, ki je za nas, če zavrzemo nullo hipotezo  $H_0$ , še sprejemljiv. V primeru, da je  $\alpha = 0.05$ , se v sto primerih petkrat zmotimo, če zavrzemo nullo hipotezo  $H_0$ . Pri ocenjevanju ničelna hipoteza oz. hipoteza  $H_0$  pomeni, da so regresijski koeficienti statistično neznačilni in enaki nič. Nasprotno, hipoteza  $H_1$  pomeni oz. predvideva statistično značilne koeficiente, ki so različni od nič.

Za obravnavani regresijski model veljajo naslednji podatki:

- število opazovanj  $n = 33$ ;
- stopnje prostosti  $(n - k) = 24$ , ( $k$  – število neodvisnih spremenljivk);
- stopnja značilnosti  $\alpha = 0.05$  in
- kritična vrednost t-statistike 1,711.

Ocenjeni regresiji na osnovi neprave spremenljivke se glasita:

a.  $D = 0$

$$\hat{CO}_{2,t,j} = -0,596 + 0,426We_{t,j} + 0,496Wt_{t,j} - 0,087Ce_{t,j} + 1,124Cp_{t,j} + - 0,118Ckol_t + 0,028BDP_t - 0,004URE_t + e_{t,j},$$

b.  $D = 1$

$$\hat{CO}_{2,t,j} = -0,596 + 0,426We_{t,j} + 0,496Wt_{t,j} - 0,087Ce_{t,j} + 1,124Cp_{t,j} + - 0,118Ckol_t + 0,028BDP_t - 0,004URE_t - 0,452DUMMY_t + e_{t,j}.$$

Statistična neznačilnost regresijskega koeficienta »dummy« spremenljivke prav tako pomeni, da je lahko njegova vrednost tudi nič in lahko za celotno obravnavano obdobje uporabimo samo eno regresijo, ki je prikazana v točki a, kjer je  $D = 0$ .

Na osnovi rezultatov je razvidno, da ima koeficient, ki opisuje spremenljivko *CKOL* negativni predznak, tako kot smo a priori predvideli. Njegova t-statistika znaša 2.150 in je višja od predvidene kritične (1,711), stopnja značilnosti  $\alpha$  pa znaša 0,042. To pomeni, da lahko z najmanj 95-odstotno verjetnostjo in 5-odstotnim tveganjem trdimo, da predvidena trditev drži in sprejmemo hipotezo  $H_1$ , da je regresijski koeficienti statistično značilni in različni od nič.

Podobno lahko trdimo za koeficienta, ki opisujeta porabo električne (*WE*) in toplotne energije (*WT*). Imata pozitiven predznak, kot smo a priori predvideli. Ker so izračunane vrednosti teh t-statistik višje od kritične vrednosti (1,711) pri stopnji značilnosti  $\alpha = 0,05$ , jih bomo pri nadaljnji analizi ocenjevanja regresijskega modela obdržali, ker so statistično značilne in različne od nič.

V skladu s predvidevanji so tudi koeficienti spremenljivk *CE*, *BDP* in *DUMMY*. Njihove t-statistike so manjše od kritične vrednosti. *CE* ima stopnjo značilnosti  $\alpha = 0,57$ . Predznak ustreza a priori teoretičnemu pričakovanju in je negativen, kar pomeni, da višje cene električne energije vodijo do zmanjšanja emisij  $CO_2$ . Problem, ki se pojavi, je zelo visoka stopnja značilnosti, ki pripelje do izključitve spremenljivke iz regresijskega modela. Stopnja značilnosti  $\alpha = 0,57$  kaže, da lahko le s 43-odstotno verjetnostjo in kar s 57-odstotnim tveganjem sprejmemo hipotezo  $H_1$ , obratno pa velja za hipotezo  $H_0$ , ki jo sprejmemo s 57-



odstotno verjetnostjo in s 43-odstotnim tveganjem. Iz tega sledi, da za omenjeni regresijski koeficient sprejmemo hipotezo  $H_0$  o njegovi statistični neznačilnosti.

Regresijski koeficient *BDP-ja* ima stopnjo značilnosti  $\alpha = 0,88$ . To pomeni, da lahko kar z 88-odstotno verjetnostjo in z 12-odstotnim tveganjem sprejmemo hipotezo  $H_0$  o statistični neznačilnosti koeficientov.

Glede na koeficient neprave *DUMMY* spremenljivke in na njeno stopnjo značilnosti  $\alpha = 0.76$ , lahko s 24-odstotno verjetnostjo in 76-odstotnim tveganjem sprejmemo hipotezo  $H_1$  za nepravo ali dummy spremenljivko. Oz. v tem primeru s 76-odstotno verjetnostjo in 24-odstotnim tveganjem sprejmemo hipotezo  $H_0$  o statistični neznačilnosti koeficientov.

Pri cenah plina (*CP*) in spremenljivki *URE* opazimo, da imata regresijska koeficienta obraten predznak od predvidenega, kar ni v skladu z a priori teoretičnimi pričakovanji. Regresijski koeficient *CP* ima stopnjo značilnosti  $\alpha = 0,03$  - iz tega sledi, da lahko s 3-odstotno verjetnostjo in s 97-odstotnim tveganjem sprejmemo hipotezo  $H_0$ , da je regresijski koeficient statistično neznačilen in zato spremenljivko, kot statistično neznačilno, izključimo iz regresijskega modela. Na osnovi podatka  $\alpha = 0.76$  lahko s 76-odstotno verjetnostjo in 24-odstotnim tveganjem sprejmemo hipotezo  $H_0$  o statistični neznačilnosti koeficientov spremenljivke *URE*.

#### - Ocenjevanje statistične značilnosti celotnega regresijskega modela

F-statistika je merilo, s katerim ugotavljamo statistično značilnost celotnega regresijskega modela. Izračunana F-statistika našega modela je 12,55. Dejansko z njeno pomočjo preverjamo ničelno domnevo oz. hipotezo  $H_0$ , da so vsi regresijski koeficienti v regresijskem modelu enaki nič. Domnevo preverjamo tako, da izračunano vrednost F-statistike primerjamo s kritično vrednostjo, ki je podana v preglednici (Priloga 2). Tam jo poiščemo pri ustreznem številu oz. stopinjah prostosti in ustrezni stopnji značilnosti preizkusa. F-statistika ima stopinje prostosti za količino tako v števcu kot v imenovalcu. Števec določimo glede na število pravih spremenljivk  $k'$  in ga določimo:

$$Spš = (k' - 1) \quad (11.6)$$

Enačba 11.6: Stopinje prostosti v števcu,

imenovalec pa po enačbi:

$$Spi = k'(n - 1) \quad (11.7)$$

Enačba 11.7: Stopinje prostosti v imenovalci.

Za obravnavani primer znašata  $Spš$  7 in  $Spi$  256. Kritična vrednost F-statistike za tak primer znaša 2.01, pri stopnji značilnosti  $\alpha=0.05$ . Ker je izračunana vrednost F-statistike večja od njene kritične vrednosti, lahko zavržemo nulto hipotezo  $H_0$ .

#### - Testiranje prisotnosti avtokorelacije

V primeru prisotnosti avtokorelacije so ocene regresijskih koeficientov linearne in nepristranske, vendar niso učinkovite – nimajo minimalne variance. Eden od testov za odkrivanje avtokorelacije je Durbin-Watson *d*-statistika. Njene vrednosti zavzemajo vrednosti med 0 in 4. Vrednosti okrog 2 nakazujejo na to, da v modelu ni prisotna avtokorelacija. Pozitivna avtokorelacija je povezana z vrednostmi Durbin-Watsonove statistike pod 2 in

negativna z vrednostmi nad 2 [95]. Če upoštevamo pravilo ‘zidarskega palca’, lahko rečemo, da v modelu ni prisotna avtokorelacija prvega reda, kadar velikost Durbin-Watsonove statistike leži med 1,93 in 2,07. Ker pa le malo modelov doseže tako strog kriterij, je razširjena meja med 1,6 in 2,4 ali celo med 1,5 in 2,5 [6,62].

V našem primeru pa je bila avtokorelacija določena na osnovi izračunane vrednosti Durbin-Watsonove statistike ( $d$ ) in kritičnih spodnjih ter zgornjih vrednosti  $d$ -statistik pri danih pogojih (število opazovanj in število pravih spremenljivk). Kritične vrednosti  $d$ -statistik so se poiskale v tabelah (Priloga 3), avtokorelacija pa je bila določena na osnovi pravil podanih v tabeli 11.2.

Avtokorelacija ne vpliva na nepristranskost regresijskih koeficientov, vpliva pa na njihovo učinkovitost oz. natančnost [59, 95]. V primeru pozitivne avtokorelacije bodo ocenjene napake manjše od resničnih napak. To vodi do zaključka, da so ocene parametrov oz. regresijskih koeficientov bolj natančne, kot v resnici so [95].

Meje sprejetja ali zavrnitve nulte hipoteze				
$d < d_l$	$d_l < d < d_u$	$d_u < d < (4 - d_u)$	$(4 - d_u) < d < (4 - d_l)$	$(4 - d_l) < d < 4$
Zavrnitev $H_0$ – pozitivna avtokorelacija	Niti sprejeti niti zavrniti	Sprejetje nulte hipoteze	Niti sprejeti niti zavrniti	Zavrnitev $H_0$ – negativna avtokorelacija

*Tabela 11.2: Meje sprejetja ali zavrnitve nulte hipoteze [27].*

Izračunana vrednost  $d$ -statistike je 2.51. Spodnja kritična vrednost znaša  $d_l = 0,927$ , zgornja kritična vrednost  $d_u = 2,085$  pri stopnji značilnosti  $\alpha = 0,05$  ter številu opazovanj  $n = 33$  in številu pravih spremenljivk  $k' = 8$ . Ker izračunana vrednost pade v območje med  $(4 - d_u)$  in  $(4 - d_l)$ , ne moremo ne sprejeti ne zavreči nulte hipoteze o prisotni avtokorelaciji v regresijskem modelu.

Ocenjevanje regresijskega modela in testiranje rezultatov ocenjevanja specificiranega modela nas je pripeljalo do ugotovitve, da so ocene nekaterih regresijskih koeficientov statistično neznačilne in ne pojasnjujejo emisij  $CO_2$ . Analizo bomo nadaljevali z novo oblikovanim regresijskim modelom, ki predvideva, da so učinki subvencij za ukrepe učinkovite rabe vidni šele po letu dni. Spremenljivki *URE* in *DUMMY* postaneta t.i. spremenljivki z odlogom ali odloženi spremenljivki. S tem v modelu izgubimo število opazovanj in stopinje prostosti.

Regresijska funkcija vzorčnih podatkov za primer uporabe odloženih spremenljivk tako izgleda:

$$\hat{CO}_{2,t,j} = b_1 + b_2WE_{t,j} + b_3WT_{t,j} + b_4CE_{t,j} + b_5CP_{t,j} + b_6CKol_{t,j} + b_7BDP_t + b_8URE_{t-1} + b_9DUMMY_{t-1} + e_{t,j} \quad (11.8)$$

*Enačba 11.8: Splošni populacijski regresijski model 1 z odloženima spremenljivkama.*

Računalniški izpis v programskem paketu Eviews2.0 pa ima obliko kot v enačbi 11.9, kjer vrednosti  $-1$  v oklepajih ob spremenljivkah *URE* in *DUMMY* pomenita, da sta to odloženi spremenljivki. Podobno velja za indekse  $t-1$  v enačbi 11.6.

$$Pooled\ LS\ CO2? C\ WE? WT? CE?CP? CKOL\ BDP\ URE(-1)\ DUMMY(-1) \quad (11.9)$$

*Enačba 11.9: Računalniški zapis regresijskega modela –Primer 1' z odloženima spremenljivkama.*

Rezultat takšne pooling analize je predstavljen v tabeli 11.3:

Pooled LS // Dependent Variable is CO2?				
Sample: 1995 2004				
Included observations: 10 after adjusting endpoints				
Total panel observations 30				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	2.445874	3.150167	0.776427	0.4462
WE?	0.366935	0.105617	3.474205	0.0023
WT?	0.534459	0.059603	8.966999	0.0000
CE?	-0.043096	0.127479	-0.338064	0.7387
CP?	0.075938	0.055701	1.363316	0.1872
CKOL	-0.094749	0.045201	-2.096175	0.0484
BDP	-0.149646	0.254440	-0.588138	0.5627
URE(-1)	-0.027677	0.013358	-2.072009	0.0498
DUMMY(-1)	-1.637090	1.436718	-1.139465	0.2673
R-squared	0.855440	Mean dependent var		2.092667
Adjusted R-squared	0.800370	S.D. dependent var		7.602027
S.E. of regression	3.396584	Sum squared resid		242.2725
Log likelihood	-54.39532	F-statistic		15.53359
Durbin-Watson stat	2.205285	Prob(F-statistic)		0.000000

*Tabela 11.3: Rezultati pooling analize z odlogom za URE in Dummy- 'Primer1'.*

Iz zapisa v drugi in tretji vrstici tabele 11.3 vidimo, da se je zmanjšalo število opazovanj v modelu. To je posledica uporabe odloženih spremenljivk. Z vsakim nadaljnjim odlogom (dve ali več let) bi se sorazmerno zmanjševalo število opazovanj, s tem pa posledično stopinje prostosti. Glede na prvo pooling analizo pa je pglavitna sprememba ta, da je tudi odložena spremenljivka *URE* postala statistično značilna. Njena t-statistika je višja od kritične t-vrednosti za  $(n-k)=21$  stopenj prostosti, ki znaša 1.721. Povečala se je tudi verjetnost za statistično značilnost odložene spremenljivke *DUMMY*, vendar njeno statistično značilnost še vedno lahko potrdimo le s 73-timi odstotki, kar pa je premalo natančno za prepostavke v obravnavanem regresijskem modelu.

Testiranje celotnega modela in prisotnost avtokorelacije bomo opravili potem, ko bomo opravili novo pooling analizo modela z vključenimi le statistično značilnimi spremenljivkami. Enačba 11.10 predstavlja računalniški zapis takšnega modela, v tabeli 11.4 pa so prikazani rezultati:

$$\text{Pooled LS CO2? C WE? WT? CKOL URE(-1)} \quad (11.10)$$

*Enačba 11.10: Računalniški zapis regresijskega modela –'Primer1' z odloženo spremenljivko URE.*

Pooled LS // Dependent Variable is CO2?
Sample: 1995 2004
Included observations: 10 after adjusting endpoints
Total panel observations 30

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.593460	0.957104	0.620058	0.5408
WE?	0.330752	0.087247	3.790974	0.0008
WT?	0.516406	0.053744	9.608684	0.0000
CKOL	-0.100594	0.048771	-2.062585	0.0497
URE(-1)	-0.034628	0.010936	-3.166493	0.0040
R-squared	0.836304	Mean dependent var		2.092667
Adjusted R-squared	0.810113	S.D. dependent var		7.602027
S.E. of regression	3.312660	Sum squared resid		274.3429
Log likelihood	-55.83550	F-statistic		31.93063
Durbin-Watson stat	2.283989	Prob(F-statistic)		0.000000

*Tabela 11.4: Rezultati pooling analize statistično. zanesljivih podatkov- 'Primer1'.*

- Ocenjevanje koeficientov regresijskega modela

Ocenjene vrednosti regresijskih koeficientov kažejo dokaj visoko stopnjo zanesljivosti. Pri številu opazovanj  $n = 30$ , stopinjah prostosti  $(n - 5) = 25$  in izbrani stopnji značilnosti  $\alpha = 0,05$  znaša kritična vrednost t-statistike 1,708. Izračunane vrednosti t-statistik pri vseh regresijskih koeficientih presegajo kritično vrednost, s čimer lahko s 95-odstotno verjetnostjo in 5-odstotnim tveganjem zavržemo hipotezo  $H_0$  in sprejmemo hipotezo  $H_1$ , da so vrednosti regresijskih koeficientov drugačne od nič. Pri tem ne upoštevamo konstantnega člena, saj ga ni mogoče dobro predstaviti.

Rezultat ocenjevanja regresijskega modela lahko prikažemo tudi s standardnim zapisom, ki običajno vsebuje [60]:

- zapis lineranega regresijskega modela z vrednostmi regresijskih koeficientov;
- vrednosti izračunanih t-statistik (pri ničelni domnevi  $\beta = 0$ ), ki so navadno navedene v oklepaju pod vrednostmi regresijskih koeficientov;
- število opazovanj, na podlagi katerih je bil model ocenjen;
- multipli in popravljeni multipli determinacijski koeficient ter
- standardno napako regresije.

Standardni zapis za obravnavani model se torej glasi:

$$\hat{C}\hat{O}_{2,t,j} = 0,593 + 0,331 We_{t,j} + 0,516 Wt_{t,j} - 0,101 Ckol_t - 0,035 URE_{t-1}$$

$$(0,3620) \quad (3,791) \quad (9,609) \quad (-2,63) \quad (-3,166)$$

$$n = 30 \quad (n-k) = 25 \quad R^2 = 0,84 \quad \text{popravljeni } R^2 = 0,81 \quad SER = 3,31$$

Primernost ocen regresijskih koeficientov kažejo tudi dokaj majhne vrednosti standardnih napak ocen regresijskih koeficientov, ki so prikazane v računalniškem izpisu.

Pri natančnem testiranju statistične značilnosti posameznih regresijskih koeficientov ocenjevanja ekonometričnega modela in na osnovi posameznih p – vrednosti, pridemo do naslednjih ugotovitev:

- Izračunana vrednost t-statistike pojasnjevalne spremenljivke  $We_{t,j}$  je 3,791. Verjetnost, da je vrednost regresijskega koeficienta enaka nič, je 0.0008. Zato lahko z 99,92-odstotno verjetnostjo in z 0,08-odstotnim tveganjem sprejmemo alternativno hipotezo  $H_1$ , da rast porabe električne energije vpliva na rast emisij  $CO_2$ .
- Izračunana vrednost t-statistike pojasnjevalne spremenljivke  $Wt_{t,j}$  je 9,609. Verjetnost, da je vrednost regresijskega koeficienta enaka nič, je 0,00. Sledi, da lahko s 100-odstotno verjetnostjo sprejmemo hipotezo  $H_1$ , po kateri rast porabe toplotne energije vpliva na rast emisij  $CO_2$ .
- Izračunana vrednost t-statistike pojasnjevalne spremenljivke  $Ckol_t$  je -2,063. Verjetnost, da je vrednost regresijskega koeficienta enaka nič, je 0.0497. Zato lahko s 95,03-odstotno verjetnostjo in s 4,97-odstotnim tveganjem sprejmemo hipotezo  $H_1$ , ki pravi, da rast cen kurilnega olja znižuje rast emisij  $CO_2$ .
- Izračunana vrednost t-statistike pojasnjevalne spremenljivke  $URE_t$  je -3,166. Verjetnost, da je vrednost regresijskega koeficienta enaka nič, je 0.0040. To pomeni, da lahko z 99,6-odstotno verjetnostjo in z 0,04-odstotnim tveganjem sprejmemo hipotezo  $H_1$ . Torej, vzpodbude za URE znižujejo rast emisij  $CO_2$ .
- Ocenjevanje celotnega regresijskega modela

Izračunana vrednost F-statistike znaša 31,93. Izračunani stopinji prostosti v števcu in imenovalcu znašata 3 oz. 166. Kritična vrednost F-statistike pri teh vrednostih in značilnosti  $\alpha = 0,05$  znaša 2,68. Izračunana vrednost presega kritično vrednost, kar pomeni, da lahko s 95-odstotno verjetnostjo in 5-odstotnim tveganjem zavržemo hipotezo  $H_0$  in sprejmemo hipotezo  $H_1$  o statistični značilnosti celotnega regresijskega modela. Iz proučevanega regresijskega modela lahko razberemo, da je verjetnost enaka 0,00 %, da je vrednost regresijskega modela enaka nič.

Dokaj visoka vrednost obeh *determinacijskih koeficientov* nam pove, da lahko 84 % oziroma 81 % gibanja emisij  $CO_2$  v obravnavanih področjih v Sloveniji pojasnimo s spremembami obravnavanih nedvisnih spremenljivk. Slednja trditev nam potrjuje naša a priori teoretična pričakovanja glede vpliva omenjenih pojasnjevalnih spremenljivk v modelu na emisije  $CO_2$ .

- Testiranje prisotnosti avtokorelacije

Na koncu testiranja zanesljivosti regresijskih koeficientov in zanesljivosti celotnega regresijskega modela še preverimo, ali je v našem popravljenem regresijskem modelu prisotna avtokorelacija, ki povzroči, da ocene regresijskih koeficientov niso več najučinkovitejše ocene vpliva posamezne pojasnjevalne spremenljivke modela na odvisno spremenljivko. To pomeni, da ocene regresijskih koeficientov niso več dovolj zanesljive.

Ker smo v modelu uporabili odložene spremenljivke, avtokorelacije ni več možno izračunati oz. določiti s pomočjo Durbin-Watsonove d-statistike. Uporabiti je potrebno Durbin-Watsonovo h-statistiko. Te programski paket Eviews 2.0 ne izračunava in jo je potrebno izračunati po formuli 11.11 [26]:

$$h = r_a \cdot \sqrt{\frac{n}{1 - n \cdot S_b^2}}$$

Enačba 11.11: Durbin-Watsonova h-statistika [26],

kjer predstavlja:

- $h$  – Durbin Watsonova h-statistika,
- $r_a$  – avtokorelacijski koeficient prvega odloga ostankov,
- $n$  – število opazovanj in
- $S_b$  – standardna napaka regresijskega koeficienta odložene spremenljivke.

Pri tem veljajo za  $\alpha=0,05$  naslednja merila [60]:

- $h > 1,96$  – v modelu je prisotna pozitivna avtokorelacija,
- $h < -1,96$  – v modelu je prisotna negativna avtokorelacija in
- $-1,96 < h < 1,96$  – v modelu ni prisotne avtokorelacije.

Po podatkih, ki jih dobimo iz izračunov v Eviews 2.0, znašajo:

- $S_b = 0.010936$ ,
- $r_a = -0.093$ ,
- $n = 10$  in
- $h = -0,29$ .

Vrednost Durbin Watsonove h-statistike znaša  $-0,29$  in pade v interval  $-1.96 < h < 1.96$ . Zaradi tega lahko s 5-odstotnim tveganjem in 95-odstotno verjetnostjo sprejmemo nulto hipotezo  $H_0$  o neprisotnosti avtokorelacije v modelu.

- Analiziranje vpliva pojasnjevalnih spremenljivk na emisije ogljikovega dioksida

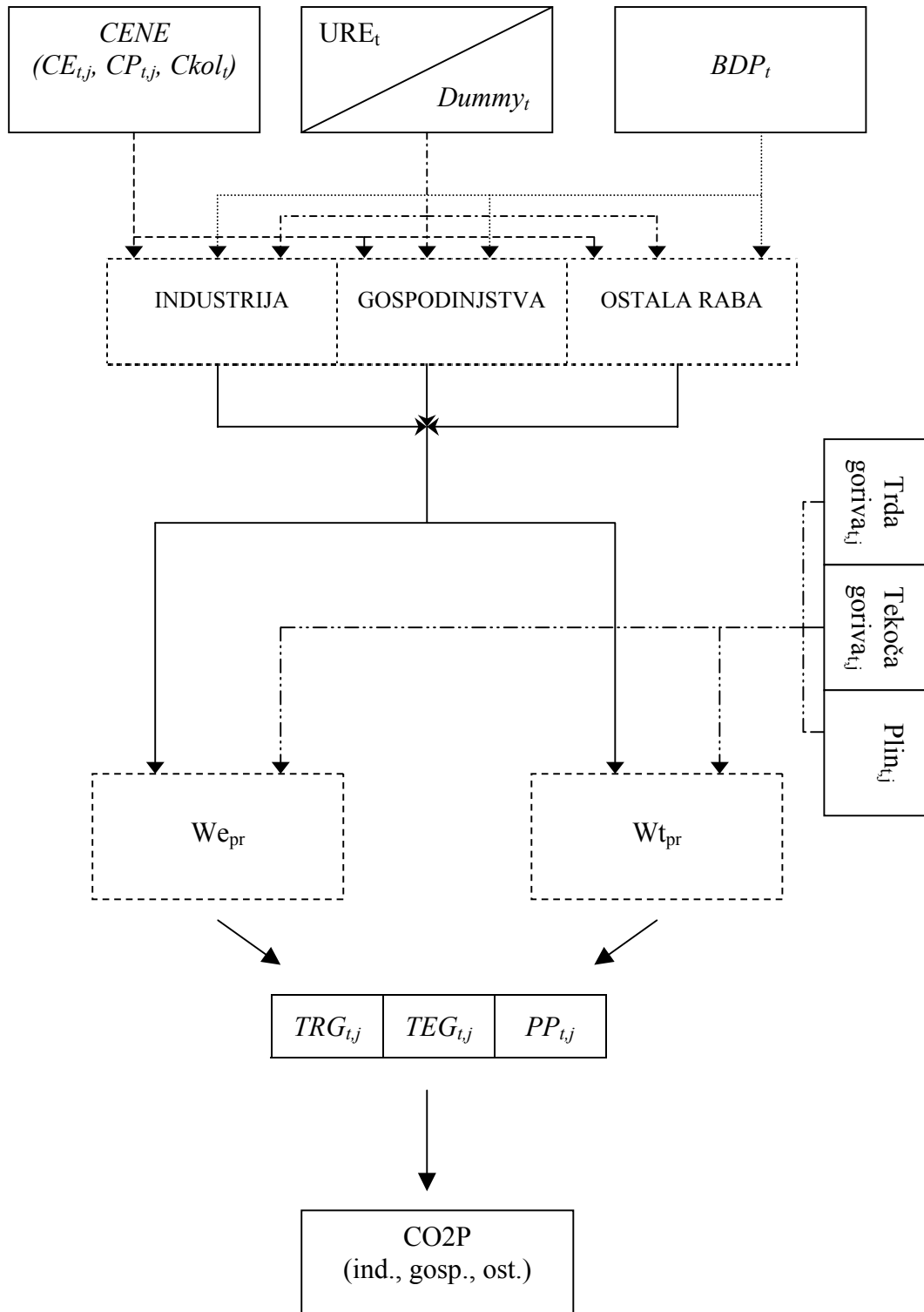
Po testiranju in ocenjevanju posameznih regresijskih koeficientov in celotnega regresijskega modela, sledi analiziranje vpliva posameznih pojasnjevalnih spremenljivk na odvisno spremenljivko, ki pomeni emisije CO<sub>2</sub>. Pojasnjevalne spremenljivke so gibanje prispevkov za ukrepe učinkovite rabe energije, gibanje porabe električne in toplotne energije ter gibanje porabe plina.

Na osnovi ocenjenega regresijskega modela lahko oblikujemo naslednje ugotovitve o vplivu pojasnjevalnih spremenljivk na gibanje odvisne spremenljivke, tj. emisij CO<sub>2</sub>:

- v primeru povečanja porabe električne energije za 1 %, se emisije CO<sub>2</sub> v povprečju povečajo za 0,33 %;
- v primeru povečanja porabe toplotne energije za 1 %, se emisije CO<sub>2</sub> v povprečju povečajo za 0,51 %;
- povišanje cen kurilnega olja za 1 % povzroči povprečno zmanjšanje emisij CO<sub>2</sub> za 0,1 %;
- povečanje prispevkov za ukrepe URE za 1 % bo na podlagi ocenjenega regresijskega modela povzročilo povprečno zmanjšanje emisij CO<sub>2</sub> za 0,035 %.

Ostale spremenljivke, ki so bile uporabljene v modelu, so statistično neznačilne. Razlogov za to je več. Med njimi je prav gotovo premajhen vzorec oz. premajhno število podatkov. Nekatero med njimi pa verjetno niso bile dovolj natančno določene. To velja predvsem za cene električne energije in cene plina. V obeh primerih obstaja večje število tarifnih razredov. Pri analizi so bile uporabljene predvidene najpogostejše in povprečne vrednosti oz. tarife. Niso pa bile upoštevane priključne moči, ki skupaj s tarifo za porabljeno energijo oz. količino plina definirajo skupno ceno. Razlog za ne vključitev podatkov o moči je dejstvo, da jih ni na voljo.

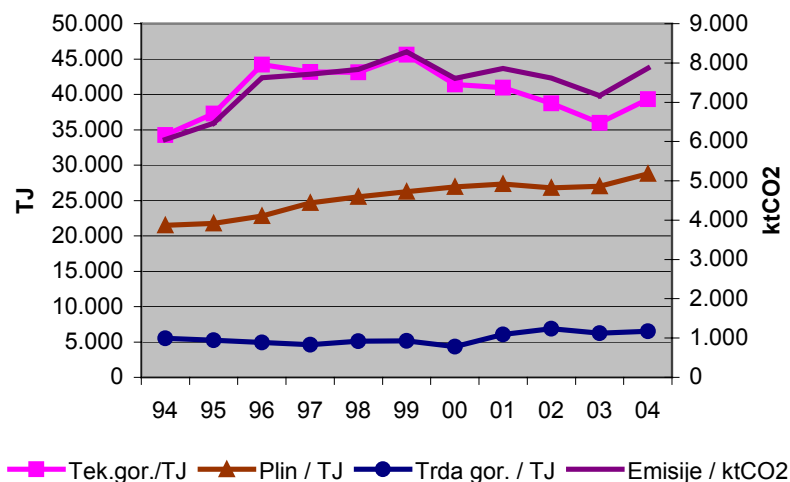
## 11.2 PRIMER 2



Slika 11.2: Blok diagram 'Primer2'.

Tudi v drugem primeru so obravnavana področja indstrije, gospodinjstev in ostale rabe, ki ustvarjajo potrebo po toplotni in električni energiji. Za razliko od prvega primera, kjer je bila opazovana celotna proizvodnja, je tukaj obravnavana le lastna proizvodnja toplotne in električne energije (privatna energetska postrojenja). Proizvodnja zahteva uporabo fosilnih

goriv. V našem primeru trdih in tekočih ter zemeljskega plina (pojasnjevalne spremenljivke), te pa povzročajo emisije CO<sub>2</sub>. Predstavljeni primer spremlja spremembo emisij CO<sub>2</sub> v odvisnosti od spremembe porabe fosilnih goriv in ostalih pojasnjevalnih spremenljivk (cene električne energije, plina in kurilnega olja, BDP-ja in prispevkov za URE). Graf 11.9 prikazuje porabo fosilnih goriv za Primer 2. Iz grafa je razvidno, da je imela poraba plina konstantno rast in je bila leta 2004 za dobrih 34% večja kot leta 1994. V istem obdobju je bila poraba trdih goriv višja za slabih 18%, tekočih goriv pa za slabih 15%. Ob tem je potrebno poudariti, da je poraba trdih goriv najbolj narasla v zadnjih letih (od leta 2000 naprej), ko so se precej podražili derivati (plin, kurilno olje), medtem ko je v tem obdobju poraba tekočih goriv precej nihala. Emisije so se v opazovanem obdobju povečale za 30%.



Graf 11.9: Poraba trdih, tekočiv gotiv in plina ter gibanje misij CO<sub>2</sub>

Tudi za drugi blokovni diagram in podane spremenljivke lahko zapišemo matematični model oz. splošni populacijski regresijski model (11.12) in regresijsko funkcijo vzorčnih podatkov za Slovenijo (11.13), ki imata naslednjo obliko:

$$CO2P_{t,j} = \beta_1 + \beta_2 TRG_{t,j} + \beta_3 PP_{t,j} + \beta_4 TEG_{t,j} + \beta_5 CE_{t,j} + \beta_6 CP_{t,j} + \beta_7 Ckol_{t,j} + \beta_8 BDP_t + \beta_9 URE_t + \beta_{10} DUMMY_{t,j} + u_{t,j}, \quad (11.12)$$

Enačba 11.12: Splošni populacijski regresijski model 2.

Zapisana enačba (11.10) ima obliko splošnega populacijskega regresijskega modela, ki ga ocenjujemo na podlagi regresijske funkcije vzorčnih podatkov in ima za Slovenijo naslednjo obliko:

$$\hat{CO2P}_{t,j} = b_1 + b_2 TEG_{t,j} + b_3 PP_{t,j} + b_4 TRG_{t,j} + b_5 CE_{t,j} + b_6 CP_{t,j} + b_7 Ckol_{t,j} + b_8 BDP_t + b_9 URE_t + b_{10} DUMMY_{t,j} + e_{t,j} \quad (11.13)$$

Enačba 11.13: Regresijska funkcija vzorčnih podatkov – 'Model 2',

kjer so:

$CO2P_{t,j}$  – letna stopnja spremembe emisij CO<sub>2</sub> v opazovanih segmentih, zaradi proizvodnje v privatnih energetskih objektih v t-tem letu in j-ti dejavnosti (odvisna spremenljivka);



$BDP_t$	– letna stopnja spremembe bruto domačega proizvoda Slovenije v t-tem letu (pojasnjevalna spremenljivka);
$URE_t$	– letna stopnja spremembe proračunskih sredstev za ukrepe učinkovite rabe energije v t-tem letu (pojasnjevalna spremenljivka);
$TRG_{t,j}$	– letna stopnja spremembe porabe trdih goriv v t-tem letu in j-ti dejavnosti (pojasnjevalna spremenljivka);
$TEG_{t,j}$	– letna stopnja spremembe porabe tekočih goriv v t-tem letu in j-ti dejavnosti (pojasnjevalna spremenljivka);
$PP_{t,j}$	– letna stopnja spremembe porabe plina v t-tem letu in j-ti dejavnosti (pojasnjevalna spremenljivka);
$CE_{t,j}$	– letna stopnja sprememb cen električne energije v t-tem letu in j-ti dejavnosti (pojasnjevalna spremenljivka);
$CP_{t,j}$	– letna stopnja sprememb cen plina v t-tem letu in j-ti dejavnosti (pojasnjevalna spremenljivka);
$CKOL_t$	– sprememba cen kurilnega olja v t-tem letu (pojasnjevalna spremenljivka);
$DUMMY_t$	– sprememba prispevka za $URE$ iz EU v t-tem letu, ki so po velikosti enaki vsaj 80 % domačih izdatkov za $URE$ (pojasnjevalna spremenljivka);
$\beta_1$ do $\beta_{10}$	– (parcialni) regresijski koeficienti pojasnjevalnih spremenljivk modela;
$t$	– časovne enote od leta 1994 do leta 2004;
$u_{t,j}$	– slučajni odklon (napaka) v t-tem letu in j-ti dejavnosti;
$j$	– posamezne dejavnosti - industrija, gospodinjstva in ostala raba;
$b_1$ do $b_{10}$	– cenilke vrednosti (parcialnih) regresijskih koeficientov $\beta_1$ do $\beta_{10}$ ;
$e_{t,j}$	– ostanki ali napake regresijskega modela vzorčnih podatkov ali cenilke $u_{t,j}$ .

Ponovno izvedemo pooling analizo in računalniški izpis obravnavanega modela, ki je bil izpeljan s pomočjo programskega paketa Econometric Views ali EViews Version 2.0, je naslednji:

$$\text{Pooled LS CO2P? C TRG? TEG? PP? CE? CP? CKOL BDP URE DUMMY (11.14)}$$

Enačba 11.14: Računalniški zapis regresijskega modela –'Primer2'.

Pričakovani predznaki ocen regresijskih koeficientov za ta primer so sledeči:

- Za porabo trdih in tekočih goriv ter plina pričakujemo pozitivne predznake. Energetska izraba fosilnih goriv povzroča emisije CO<sub>2</sub>, zato povečanje njihove porabe vodi do povečanja emisij CO<sub>2</sub>.
- Za spremenljivko BDP tudi pričakujemo pozitivni predznak. Predvidevamo, da večja gospodarska rast pomeni večjo povpraševanje po energiji in s tem višje emisije CO<sub>2</sub>.
- Za ostale pojasnjevalne spremenljivke pričakujemo negativne predznake. Predvidevamo, da višje cene energentov in energij ter subvencije v ukrepe URE znižujejo porabo energije, posledično pa emisije CO<sub>2</sub>.

Po nastavitvi modela in predpostaviti pričakovanih predznakov je bila narejena pooling analiza. Nato smo v model, podobno kot v prvem primeru, vključili odloženi spremenljivki  $URE$  in  $DUMMY$  in opravili novo analizo. Po izvedenih dveh pooling analizah smo iz modela odstranili statistično neznačilne koeficiente in izvedli ponovno pooling analizo le s statistično značilnimi koeficienti. Računalniški zapis takšnega modela je podan v obliki enačbe 11.15, v tabeli 11.5 pa so predstavljeni le končni rezultati s statistično značilnimi koeficienti. Ti so na koncu tudi ocenjeni in testirani. Rezultati prvih dveh pooling analiz so podani v Prilogi 5 in Prilogi 6.

$$\text{Pooled LS CO2P? C TRG? TEG? PP? URE(-1)} \quad (11.15)$$

Enačba 11.15: Računalniški zapis regresijskega modela – 'Primer2' z odloženo spremenljivko URE

Pooled LS // Dependent Variable is CO2P?				
Sample: 1995 2004				
Included observations: 10 after adjusting endpoints				
Total panel observations 30				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	2.225585	0.705033	3.156709	0.0041
TEG?	0.705207	0.043665	16.15048	0.0000
PP?	0.116004	0.042689	2.717426	0.0118
TRG?	0.141715	0.023535	6.021559	0.0000
URE(-1)	-0.028586	0.010149	-2.816610	0.0093
R-squared	0.944915	Mean dependent var		2.941733
Adjusted R-squared	0.936101	S.D. dependent var		11.63205
S.E. of regression	2.940372	Sum squared resid		216.1447
Log likelihood	-54.35531	F-statistic		107.2109
Durbin-Watson stat	2.342477	Prob(F-statistic)		0.000000

Tabela 11.5: Rezultati pooling analize – 'Primer2'

- Ocenjevanje koeficientov regresijskega modela

Število opazovanj  $n$  je v tudi drugem primeru enako kot v prvem,  $n = 30$ . To je razumljivo, saj opazujemo isto časovno obdobje (časovne vrste), enako število oz. ista področja (časovni prerezi) in imamo eno odloženo spremenljivko, ki obravnava dogodke z enoletnim zamikom. Kritična vrednost t-statistike, ob izbrani stopnji značilnosti  $\alpha = 0,05$ , tudi za ta primer znaša 1,708. In sicer zato, ker nam je tudi v tem končnem primeru ostalo pet spremenljivk in zaradi tega  $(n-5) = 25$  stopinj prostosti. Izračunane vrednosti t-statistik pri vseh regresijskih koeficientih presegajo kritično vrednost, s čimer lahko s 95-odstotno verjetnostjo in 5-odstotnim tveganjem zavržemo hipotezo  $H_0$  in sprejmemo hipotezo  $H_1$ , da so vrednosti regresijskih koeficientov, razen konstantnega, drugačne od nič.

Rezultat ocenjevanja drugega regresijskega modela prikažemo s standardnim zapisom, ki vsebuje že omenjene standardne podatke, za obravnavani model pa se glasi:

$$\hat{CO2P}_{t,j} = 2,226 + 0,705 TEG_{t,j} + 0,116 PP_{t,j} + 0,142 TRG_{t,j} - 0,029 URE_{t-1}$$

$$(3,157) \quad (16,150) \quad (2,717) \quad (6,022) \quad (-2,817)$$

$$n = 30 \quad (n-k) = 25 \quad R^2 = 0,944 \quad \text{popravljeni } R^2 = 0,936 \quad SER = 2,94$$

Pri natančnem testiranju statistične značilnosti posameznih regresijskih koeficientov ocenjevanja ekonometričnega modela in na osnovi posameznih  $p$  – vrednosti, pridemo do naslednjih ugotovitev:

- Izračunana vrednost t-statistike pojasnjevalne spremenljivke *TEG* je 16,150. Verjetnost, da je vrednost regresijskega koeficienta enaka nič, je 0,0000. Zato lahko s 100-odstotno verjetnostjo sprejmemo alternativno hipotezo  $H_1$ , da rast porabe tekočih goriv vpliva na rast emisij  $CO_2$ .
- Izračunana vrednost t-statistike pojasnjevalne spremenljivke *TR<sub>j</sub>* je 6,022. Verjetnost, da je vrednost regresijskega koeficienta enaka nič, je 0,00. Sledi, da lahko s 100-odstotno verjetnostjo sprejmemo hipotezo  $H_1$ , po kateri rast porabe trdih goriv vpliva na rast emisij  $CO_2$ .
- Izračunana vrednost t-statistike pojasnjevalne spremenljivke *PP* je 2,717. Verjetnost, da je vrednost regresijskega koeficienta enaka nič, je 0.0118. Zato lahko z 98,82-odstotno verjetnostjo in z 1,18-odstotnim tveganjem sprejmemo hipotezo  $H_1$ , ki pravi, da rast porabe plina vpliva na rast emisij  $CO_2$ .
- Izračunana vrednost t-statistike pojasnjevalne spremenljivke *URE* je -2,817. Verjetnost, da je vrednost regresijskega koeficienta enaka nič, je 0.0093. To pomeni, da lahko z 99,07-odstotno verjetnostjo in z 0,93-odstotnim tveganjem sprejmemo hipotezo  $H_1$ . Torej, vzpodbude za URE znižujejo rast emisij  $CO_2$ .

- Ocenjevanje celotnega regresijskega modela

Izračunana vrednost F-statistike znaša 107,21. Izračunani stopinji prostosti v števcu in imenovalcu znašata 3 oz. 166. Kritična vrednost F-statistike pri teh vrednostih in značilnosti  $\alpha = 0,05$  znaša 2,68. Izračunana vrednost presega kritično vrednost, kar pomeni, da lahko s 95-odstotno verjetnostjo in 5-odstotnim tveganjem zavržemo hipotezo  $H_0$  in sprejmemo hipotezo  $H_1$  o statistični značilnosti celotnega regresijskega modela. Iz proučevanega regresijskega modela lahko razberemo, da je verjetnost, da je vrednost regresijskega modela enaka nič, enaka 0,00 %.

Dokaj visoka vrednost obeh determinacijskih koeficientov nam pove, da je 94 % gibanja emisij  $CO_2$  v obravnavanih področjih v Sloveniji pojasnjena s spremembami obravnavanih nedvisnih spremenljivk. Slednja trditev nam potrjuje naša a priori teoretična pričakovanja glede vpliva omenjenih pojasnjevalnih spremenljivk v modelu na emisije  $CO_2$ .

- Testiranje prisotnosti avtokorelacije

Tudi v tem primeru bomo test avtokorelacije opravili s pomočjo Durbin-Watsonove h-statistike, ker je bila v modelu uporabljena odložena spremenljivka. Izračunamo jo po formuli iz enačbe 11.9. Podatki so sledeči:

- $r_a = -0,033$ ,
- $n = 10$  in
- $S_b = 0,010149$ .

Izračunana Durbin-Watsonova h-statistika pa znaša -0,104. Ta vrednost pade v interval  $-1.96 < h < 1.96$ . Zaradi tega lahko s 5-odstotnim tveganjem in s 95-odstotno verjetnostjo sprejmemo nullo hipotezo  $H_0$  o neprisotnosti avtokorelacije v modelu.

- Analiziranje vpliva pojasnjevalnih spremenljivk na emisije ogljikovega dioksida

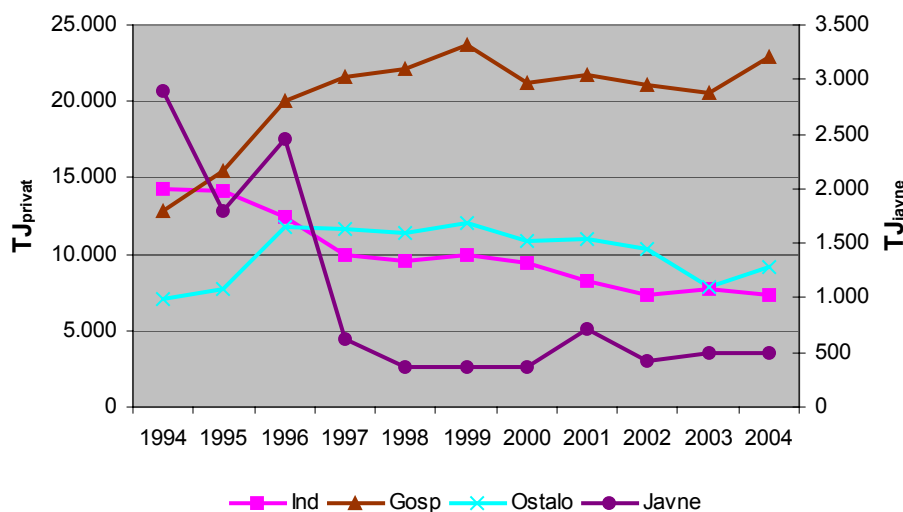
Po koncu testiranj in ocenjevanj posameznih regresijskih koeficientov in celotnega regresijskega modela, še analiziramo vpliva posameznih pojasnjevalnih spremenljivk na

odvisno spremenljivko. Dobljeni rezultati analize se nanašajo le na obravnavano področje, ki ga opisuje oz. ocenjuje podana regresijska funkcija vzorčnih podatkov 11.13.

Na osnovi tako ocenjenega regresijskega modela lahko oblikujemo naslednje ugotovitve o vplivu pojasnjevalnih spremenljivk na gibanje odvisne spremenljivke, tj. emisij CO<sub>2</sub>:

- v primeru povečanja porabe tekočih goriv za 1 %, se emisije CO<sub>2</sub> v povprečju povečajo za 0,7 %;
- v primeru povečanja porabe plina za 1 %, se emisije CO<sub>2</sub> v povprečju povečajo za 0,12 %;
- v primeru povečanja porabe trdih goriv za 1 %, se emisije CO<sub>2</sub> v povprečju povečajo za 0,14 %;
- povečanje prispevkov za ukrepe URE za 1 % bo na podlagi ocenjenega regresijskega modela povzročilo povprečno zmanjšanje emisij CO<sub>2</sub> za 0,029 %.

Ostale spremenljivke, ki so bile uporabljene v modelu, so statistično neznačilne. Tudi v tem primeru je razlogov za to več in so podobni kot v prvem. V primerjavi s prvim primerom se je za statistično neznačilno izkazala cena kurilnega olja. To je nekoliko presenetljivo, vendar se je po analizi porabe izkazalo, da se poraba kurilnega olja v privatnih kuriščih, kljub visokemu dvigu cen, ni zmanjšala. Obratno je v primeru javnih energetskega objektov, kjer se je poraba precej zmanjšala. Razlogov za to je več, med njimi pa je tudi visoka cena tekočih goriv. Te razmere so prikazane na grafu 11.10. V gospodinjstvih, ki so največji porabniki kurilnega olja, se poraba le tega, kljub visokim dvigom cen ni bistveno zmanjšala. V opazovanem obdobju se je njegova poraba zvišala kar za 77,75%. Poraba tekočih goriv v javnih energetskega objektih pa se je zmanjšala že leta 1997, takoj po prvih dvigih cen naftnih derivatov.



Graf 11.10: poraba tekočih goriv

Leva y-os v grafu 11.10 predstavlja porabo tekočih goriv v privatnih kuriščih v sektorjih industrija, gospodarstva in ostala raba (Primer 2). Desna y-os pa predstavlja porabo tekočih goriv v javnih energetskega objektih (Primer 1).

## 12 ZAKLJUČEK

Proizvodnja toplotne in električne energije sta v veliki meri odvisni od uporabe fosilnih goriv. Njuna energetska pretvorba povzroča emisije t.i. toplogrednih plinov, med katerimi je najpomembnejši ogljikov dioksid CO<sub>2</sub>. Zmanjševanje emisij toplogrednih plinov je globalni problem, ki zahteva drugačen pristop kot reševanje večine drugih okoljskih problemov. In sicer predvsem zato, ker za zmanjševanje emisij teh plinov ni na razpolago čistilnih naprav, ki bi omogočale njihovo zmanjševanje po načelu »end of pipe«. Eden od načinov zmanjševanja emisij toplogrednih plinov je tudi učinkovita raba energije.

Magistrsko delo obravnava vplive ukrepov učinkovite rabe energije na spremembe emisij ogljikovega dioksida v Sloveniji. Sestavljeno je iz dveh delov. Prvi del je teoretični in predstavlja izhodišča, ukrepe in stanje na področju učinkovite izrabe energije in zmanjševanja emisij toplogrednih plinov. Izhodišča za zmanjševanje emisij toplogrednih plinov predstavlja Kjotski protokol, katerega podpisnica je tudi Slovenija. Iz njega izhajajo vse smernice, direktive in zakoni, tako Evropske Unije kot tudi Slovenije na danem področju. Osnovni akti in smernice so podani v nalogi. Prav tako so prikazani nekateri ukrepi za zmanjševanje emisij. Na kratko so predstavljeni t.i. fleksibilni kjotski mehanizmi. To so trgovanje z emisijami ter mehanizma čistega razvoja in skupnega izvajanja. V nadaljevanju se delo podrobneje ukvarja s teoretičnim prikazom možnosti upravljanja z energijo, predvsem na strani porabe. Upravljanje z energijo na strani porabe pomeni celostni pristop k reševanju problematike zniževanja porabe energije in posledično tudi k zmanjševanju emisij toplogrednih plinov. Zajema področja od samega ozaveščanja prebivalstva do načrtovanja zgradb tako, da bodo v svoji življenjski dobi porabile najmanj energije. Ukrepi učinkovite rabe energije so le del upravljanja podobno kot celovito načrtovanje energetike, kjer se pri načrtovanju proizvodnih kapacitet, med drugim, upoštevajo tudi DSM ukrepi.

Veliko težavo pri nastajanju naloge je predstavljalo pridobivanje podatkov. Kvalitetni podatki za Slovenijo (tudi javni) niso dostopni, ne obstajajo za daljše časovno obdobje, ali pa so zelo razpršeni. Pri zbiranju podatkov se je tudi dogajalo, da so za isti podatek obstajale različne informacije oz. vrednosti.

Drugi del naloge je računski, analitični in je sestavljen iz dveh primerov. Primera proučujeta spremembe emisij ogljikovega dioksida glede na spremembe posameznih dejavnikov, ki neposredno ali posredno vplivajo na rabo energije. Ti dejavniki so za prvi primer poraba električne in toplote energije, cene električne energije, plina in kurilnega olja, BDP in prispevki, ki jih država ter Evropska Unija namenjata ukrepom učinkovite rabe energije. Obravnavani so trije sektorji porabe. To so industrija, gospodinjstva in ostala raba.

Osnovni namen analize je bil ugotoviti vpliv posameznega dejavnika v vsakem od obravnavanih sektorjev porabe na emisije CO<sub>2</sub>. Za metodo je bila izbrana regresijska analiza, ki se ukvarja s preučevanjem odvisnosti ene spremenljivke (odvisne spremenljivke) od ene ali več drugih spremenljivk (pojasnjevalnih spremenljivk) z namenom, da oceni ali predvidi povprečno vrednost prve spremenljivke ob danih oziroma fiksnih vrednostih drugih spremenljivk. S pomočjo rezultatov analize bi bilo možno določiti sektorje, kjer obstaja največji potencial zmanjšanja emisij in temu primerno usmerjati sredstva za izvajanje ukrepov zmanjševanja porabe energije. Pri izvajanju analize pa je nastopila težava, ker je bilo na voljo malo podatkov. Za obravnavano obdobje med 1994 in 2004, so bili na voljo le podatki na letnem nivoju. Na osnovi enajstih opazovanj ni bilo mogoče dovolj natančno določiti povezave med pojasnjevalnimi spremenljivkami in emisijami CO<sub>2</sub> oz. so bile spremenljivke

statistično neznačilne. Zaradi tega je v bila nalogi uporabljena združena regresijska metoda ali t.i. 'pooling' analiza. Pri tem smo združili podatke časovnih vrst (1994-2004) in časovne prereze podatkov (industrija, gospodinjstva in ostala raba). S tem se je povečalo število opazovanj na triintrideset, kar omogoča boljše rezultate analize, izgubili pa smo možnost določitve vplivov spremenljivk v posameznem sektorju.

Spremenljivki, ki predstavljata prispevke države in Evropske Unije ukrepom namenjenim učinkoviti rabi energije, sta bili v kasnejši analizi uporabljeni kot odloženi spremenljivki. To pomeni, da smo ugotavljali vpliv vzpodbud leto dni po njihovem izplačilu. S tem se je število opazovanj zmanjšalo na trideset, vendar so dobljeni rezultati podali nekaj statistično zanesljivih spremenljivk.

Drugi primer, podobno kot prvi, proučuje spremembe emisij ogljikovega dioksida glede na spremembe posameznih dejavnikov, ki neposredno ali posredno vplivajo na rabo energije. Spremenljivke, ki oz. naj bi posredno vplivale na spremembe emisij CO<sub>2</sub>, so identične tistim v prvem primeru. To so: cene električne energije, plina in kurilnega olja, BDP in prispevki, ki jih država ter Evropska Unija namenjata ukrepom učinkovite rabe energije. Obravnavani so tudi isti trije sektorji. Razlika nastane pri spremenljivkah, ki neposredno vplivajo na emisije CO<sub>2</sub>. V prvem primeru sta bili to poraba toplotne in električne enrgije, v drugem pa poraba premoga, plina in kurilnega olja. Za razliko od prvega, je v drugem primeru izvzeta poraba goriv v javnih energetskih objektih. Obravnavana je torej samo poraba goriv, na katero imajo lahko porabniki neposreden vpliv. Namen analize je bil, ugotoviti, na katerem segmentu obstajajo največji potenciali znižanja emisij in predvideti nadaljnje ukrepe. Tudi v tem primeru je bila uporabljena pooling analiza in iste odložene spremenljivke kot v prvem.

Rezultati analize prvega primera kažejo na pozitivno zvezo med emisijami CO<sub>2</sub> in porabo toplotne in električne energije ter negativno s prispevki za ukrepe URE in cenami kurilnega olja. Povečanje porabe električne energije za 1 % privede do povprečno 0,33-odstotnega povečanja emisij CO<sub>2</sub>, medtem ko enoodstotno povečanje porabe toplotne energije privede do povprečno 0,51-odstotnega povečanja emisij CO<sub>2</sub>. Nasprotno pa povišani prispevki za URE in višje cene kurilnega olja v povprečju pomenijo nižanje emisij CO<sub>2</sub>. V primeru povišanja prispevkov za URE za 1 % to pomeni povprečno 0,035-odstotno znižanje emisij CO<sub>2</sub>, v primeru zvišanja cen kurilnega olja za 1 % pa povprečno 0,1-odstotno znižanje. Ostale pojasnjevalne spremenljivke, ki so bile uporabljene v analizi, so se izkazala za statistično neznačilne.

Rezultati analize drugega primera kažejo na pozitivno povezavo med emisijami CO<sub>2</sub> in porabo fosilnih goriv (trdih, tekočih in zemeljskega plina) ter negativno povezavo s prispevki za ukrepe URE. To pomeni, da bo za 1 % povečana poraba trdih goriv pomenila v povprečju za 0,14 % višje emisije CO<sub>2</sub>. Ob povečanju porabe tekočih goriv za 1 % bodo emisije CO<sub>2</sub> v povprečju višje za 0,7 %, povečanje porabe zemeljskega plina za 1 % pa v povprečju poveča emisije CO<sub>2</sub> za 0,12 %. V primeru povišanja prispevkov za URE za 1 % to pomeni povprečno 0,029-odstotno znižanje emisij CO<sub>2</sub>. Ostale pojasnjevalne spremenljivke, ki so bile uporabljene v analizi, so se izkazale za statistično neznačilne.

Kot je bilo že omenjeno, zaradi uporabe združene regresijske analize ni bilo mogoče določiti vplivov porabe energij in energentov po posameznih segmentih. Iz rezultatov pa je vseeno razvidno, da ima v obravnavanih segmentih poraba toplotne energije večji vpliv na spremembe emisij CO<sub>2</sub> kot poraba električne energije. Zaradi tega bi bilo smiselno sredstva za vzpodbujanje ukrepov učinkovite rabe energije bolj usmeriti v ukrepe, ki zmanjšujejo porabo toplotne energije. Prav tako je razvidno, da ima v primerih lastne proizvodnje največji vpliv

na emisije CO<sub>2</sub> poraba tekočih goriv. Tudi tukaj bi bilo smotno usmeriti dejavnosti na znižanje porabe tega goriva. Izvedba projektov v tej smeri utegne biti težavna, saj je bilo med drugim ugotovljeno tudi, da cena kurilnega v danih primerih ne vpliva na emisije CO<sub>2</sub> in s tem posredno na porabo kurilnega olja. To je razvidno tudi iz analiz, ki ne kažejo zmanjšanja porabe kurilnega olja v primerih lastnih kurišč, kljub visokim skokom cen kurilnega olja.

Regresijska analiza je bila uporabljena zaradi svoje razširjenosti v primerih, ko ugotavljamo vpliv večih pojasnjevalnih spremenljivk na odvisno spremenljivko. Ta metoda je bila uporabljena v številnih drugih, podobnih raziskavah, predvsem v tujini. Nekatere od njih so na kratko predstavljene v nalogi. Za Slovenijo ni bilo mogoče najti strokovnega ali znanstvenega članka, ki bi se omenjene problematike loteval na podoben način. Še najbliže je magistrsko delo, ki proučuje možnost trgovanja z emisijami oz. emisijskimi kuponi v Sloveniji [75]. Prav tako so v nalogi predstavljeni nekateri primeri t.i. dobre prakse. Omenjeni primeri prikazujejo njihovo uspešnost, kakor tudi posledične ugotovitve vseh vpletenih (končnega uporabnika, dobavitelja in same družbe) o smotrnosti izvajanja DSM ukrepov.

Rezultati opravljenih analiz so pokazali področja, na katerih bi bilo smiselno intenzivneje izvajati dejavnosti, ki bi pripomogle k manjši porabi energije in s tem k zmanjšanju emisij CO<sub>2</sub>. Slovenija ima glede tega na večih nivojih predvidene cilje in ukrepe, vendar njihovo izvajanje do sedaj ni bilo na zadovoljivi ravni. Tudi zaradi tega dejstva in povečane porabe energije ter rasti emisij CO<sub>2</sub> v zadnjem desetletju, se kaže vedno večja potreba po izvajanju DSM ukrepov. V obravnavanih segmentih je bila letna rast porabe električne energije v zadnjem desetletju v povprečju več kot 3-odstotna, porast toplotne energije pa več kot 2,5-odstotna. Rast emisij CO<sub>2</sub> pa je bila skoraj na 1,6-odstotni letni ravni. Pri izvajanju dejavnosti, ki se tičejo upravljanja energije na strani porabe, moramo upoštevati nekatera dejstva. Spremembe v porabi energije so manjše v primerjavi z ukrepi na proizvodni strani in so opazne na daljši rok.

**PRILOGE**

**PRILOGA 1**

<b>Kritične vrednosti t-porazdelitve</b>				
<b>Stopinje prostosti</b>	<b>Alpha Level – obojestranski test <math>2\alpha</math></b>			
	<b>0.1</b>	<b>0.05</b>	<b>0.01</b>	<b>0.001</b>
<b>1</b>	6.31	12.71	63.66	636.62
<b>2</b>	2.92	4.30	9.93	31.60
<b>3</b>	2.35	3.18	5.84	12.92
<b>4</b>	2.13	2.78	4.60	8.61
<b>5</b>	2.02	2.57	4.03	6.87
<b>6</b>	1.94	2.45	3.71	5.96
<b>7</b>	1.89	2.37	3.50	5.41
<b>8</b>	1.86	2.31	3.36	5.04
<b>9</b>	1.83	2.26	3.25	4.78
<b>10</b>	1.81	2.23	3.17	4.59
<b>11</b>	1.80	2.20	3.11	4.44
<b>12</b>	1.78	2.18	3.06	4.32
<b>13</b>	1.77	2.16	3.01	4.22
<b>14</b>	1.76	2.14	2.98	4.14
<b>15</b>	1.75	2.13	2.95	4.07
<b>16</b>	1.75	2.12	2.92	4.02
<b>17</b>	1.74	2.11	2.90	3.97
<b>18</b>	1.73	2.10	2.88	3.92
<b>19</b>	1.73	2.09	2.86	3.88
<b>20</b>	1.72	2.09	2.85	3.85
<b>21</b>	1.72	2.08	2.83	3.82
<b>22</b>	1.72	2.07	2.82	3.79
<b>23</b>	1.71	2.07	2.82	3.77
<b>24</b>	1.71	2.06	2.80	3.75
<b>25</b>	1.71	2.06	2.79	3.73
<b>26</b>	1.71	2.06	2.78	3.71
<b>27</b>	1.70	2.05	2.77	3.69
<b>28</b>	1.70	2.05	2.76	3.67
<b>29</b>	1.70	2.05	2.76	3.66
<b>30</b>	1.70	2.04	2.75	3.65
<b>40</b>	1.68	2.02	2.70	3.55
<b>60</b>	1.67	2.00	2.66	3.46
<b>120</b>	1.66	1.98	2.62	3.37
<b><math>\infty</math></b>	1.65	1.96	2.58	3.29

Vir: [http://www.cvgs.k12.va.us/digstats/main/inferant/d\\_ttable.htm](http://www.cvgs.k12.va.us/digstats/main/inferant/d_ttable.htm)



## PRILOGA 2

df imenovalac	df števec									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	18.51 <b>98.50</b>	19.00 <b>99.00</b>	19.16 <b>99.16</b>	19.25 <b>99.25</b>	19.30 <b>99.30</b>	19.33 <b>99.33</b>	19.35 <b>99.36</b>	19.37 <b>99.38</b>	19.38 <b>99.39</b>	19.40 <b>99.40</b>
3	10.13 <b>34.12</b>	9.55 <b>30.82</b>	9.28 <b>29.46</b>	9.12 <b>28.71</b>	9.01 <b>28.24</b>	8.94 <b>27.91</b>	8.89 <b>27.67</b>	8.85 <b>27.49</b>	8.81 <b>27.34</b>	8.79 <b>27.23</b>
4	7.71 <b>21.20</b>	6.94 <b>18.00</b>	6.59 <b>16.69</b>	6.39 <b>15.98</b>	6.26 <b>15.52</b>	6.16 <b>15.21</b>	6.09 <b>14.98</b>	6.04 <b>14.80</b>	6.00 <b>14.66</b>	5.96 <b>14.55</b>
5	6.61 <b>16.26</b>	5.79 <b>13.27</b>	5.41 <b>12.06</b>	5.19 <b>11.39</b>	5.05 <b>10.97</b>	4.95 <b>10.67</b>	4.88 <b>10.46</b>	4.82 <b>10.29</b>	4.77 <b>10.16</b>	4.74 <b>10.05</b>
6	5.99 <b>13.75</b>	5.14 <b>10.92</b>	4.76 <b>9.78</b>	4.53 <b>9.15</b>	4.39 <b>8.75</b>	4.28 <b>8.47</b>	4.21 <b>8.26</b>	4.15 <b>8.10</b>	4.10 <b>7.98</b>	4.06 <b>7.87</b>
7	5.59 <b>12.25</b>	4.74 <b>9.55</b>	4.35 <b>8.45</b>	4.12 <b>7.85</b>	3.97 <b>7.46</b>	3.87 <b>7.19</b>	3.79 <b>6.99</b>	3.73 <b>6.84</b>	3.68 <b>6.72</b>	3.64 <b>6.62</b>
8	5.32 <b>11.26</b>	4.46 <b>8.65</b>	4.07 <b>7.59</b>	3.84 <b>7.01</b>	3.69 <b>6.63</b>	3.58 <b>6.37</b>	3.50 <b>6.18</b>	3.44 <b>6.03</b>	3.39 <b>5.91</b>	3.35 <b>5.81</b>
9	5.12 <b>10.56</b>	4.26 <b>8.02</b>	3.86 <b>6.99</b>	3.63 <b>6.42</b>	3.48 <b>6.06</b>	3.37 <b>5.80</b>	3.29 <b>5.61</b>	3.23 <b>5.47</b>	3.18 <b>5.35</b>	3.14 <b>5.26</b>
10	4.96 <b>10.04</b>	4.10 <b>7.56</b>	3.71 <b>6.55</b>	3.48 <b>5.99</b>	3.33 <b>5.64</b>	3.22 <b>5.39</b>	3.14 <b>5.20</b>	3.07 <b>5.06</b>	3.02 <b>4.94</b>	2.98 <b>4.85</b>
11	4.84 <b>9.65</b>	3.98 <b>7.21</b>	3.59 <b>6.22</b>	3.36 <b>5.67</b>	3.20 <b>5.32</b>	3.09 <b>5.07</b>	3.01 <b>4.89</b>	2.95 <b>4.74</b>	2.90 <b>4.63</b>	2.85 <b>4.54</b>
12	4.75 <b>9.33</b>	3.89 <b>6.93</b>	3.49 <b>5.95</b>	3.26 <b>5.41</b>	3.11 <b>5.06</b>	3 <b>4.82</b>	2.91 <b>4.64</b>	2.85 <b>4.50</b>	2.80 <b>4.39</b>	2.75 <b>4.30</b>
13	4.67 <b>9.07</b>	3.81 <b>6.70</b>	3.41 <b>5.74</b>	3.18 <b>5.21</b>	3.03 <b>4.86</b>	2.92 <b>4.62</b>	2.83 <b>4.44</b>	2.77 <b>4.30</b>	2.71 <b>4.19</b>	2.67 <b>4.10</b>
14	4.60 <b>8.86</b>	3.74 <b>6.51</b>	3.34 <b>5.56</b>	3.11 <b>5.04</b>	2.96 <b>4.69</b>	2.85 <b>4.46</b>	2.76 <b>4.28</b>	2.70 <b>4.14</b>	2.65 <b>4.03</b>	2.60 <b>3.94</b>
15	4.54 <b>8.68</b>	3.68 <b>6.36</b>	3.29 <b>5.42</b>	3.06 <b>4.89</b>	2.90 <b>4.56</b>	2.79 <b>4.32</b>	2.71 <b>4.14</b>	2.64 <b>4.00</b>	2.59 <b>3.89</b>	2.54 <b>3.80</b>
16	4.49 <b>8.53</b>	3.63 <b>6.23</b>	3.24 <b>5.29</b>	3.01 <b>4.77</b>	2.85 <b>4.44</b>	2.74 <b>4.20</b>	2.66 <b>4.03</b>	2.59 <b>3.89</b>	2.54 <b>3.78</b>	2.49 <b>3.69</b>
17	4.45 <b>8.40</b>	3.59 <b>6.11</b>	3.20 <b>5.19</b>	2.96 <b>4.67</b>	2.81 <b>4.34</b>	2.70 <b>4.10</b>	2.61 <b>3.93</b>	2.55 <b>3.79</b>	2.49 <b>3.68</b>	2.45 <b>3.59</b>
18	4.41 <b>8.29</b>	3.55 <b>6.01</b>	3.16 <b>5.09</b>	2.93 <b>4.58</b>	2.77 <b>4.25</b>	2.66 <b>4.01</b>	2.58 <b>3.84</b>	2.51 <b>3.71</b>	2.46 <b>3.60</b>	2.41 <b>3.51</b>
19	4.38 <b>8.18</b>	3.52 <b>5.93</b>	3.13 <b>5.01</b>	2.90 <b>4.50</b>	2.74 <b>4.17</b>	2.63 <b>3.94</b>	2.54 <b>3.77</b>	2.48 <b>3.63</b>	2.42 <b>3.52</b>	2.38 <b>3.43</b>
20	4.35 <b>8.07</b>	3.49 <b>5.82</b>	3.10 <b>4.99</b>	2.87 <b>4.49</b>	2.71 <b>4.14</b>	2.60 <b>3.91</b>	2.51 <b>3.74</b>	2.45 <b>3.61</b>	2.39 <b>3.51</b>	2.35 <b>3.43</b>

	8.10	5.85	4.94	4.43	4.10	3.87	3.70	3.56	3.46	3.37
df imenovalec	df števec									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
21	4.32 <b>8.02</b>	3.47 <b>5.78</b>	3.07 <b>4.87</b>	2.84 <b>4.37</b>	2.68 <b>4.04</b>	2.57 <b>3.81</b>	2.49 <b>3.64</b>	2.42 <b>3.51</b>	2.37 <b>3.40</b>	2.32 <b>3.31</b>
22	4.30 <b>7.95</b>	3.44 <b>5.72</b>	3.05 <b>4.82</b>	2.82 <b>4.31</b>	2.66 <b>3.99</b>	2.55 <b>3.76</b>	2.46 <b>3.59</b>	2.40 <b>3.45</b>	2.34 <b>3.35</b>	2.30 <b>3.26</b>
23	4.28 <b>7.88</b>	3.42 <b>5.66</b>	3.03 <b>4.76</b>	2.80 <b>4.26</b>	2.64 <b>3.94</b>	2.53 <b>3.71</b>	2.44 <b>3.54</b>	2.37 <b>3.41</b>	2.32 <b>3.30</b>	2.27 <b>3.21</b>
24	4.26 <b>7.82</b>	3.40 <b>5.61</b>	3.01 <b>4.72</b>	2.78 <b>4.22</b>	2.62 <b>3.90</b>	2.51 <b>3.67</b>	2.42 <b>3.50</b>	2.36 <b>3.36</b>	2.30 <b>3.26</b>	2.25 <b>3.17</b>
25	4.24 <b>7.77</b>	3.39 <b>5.57</b>	2.99 <b>4.68</b>	2.76 <b>4.18</b>	2.60 <b>3.85</b>	2.49 <b>3.63</b>	2.40 <b>3.46</b>	2.34 <b>3.32</b>	2.28 <b>3.22</b>	2.24 <b>3.13</b>
26	4.23 <b>7.72</b>	3.37 <b>5.53</b>	2.98 <b>4.64</b>	2.74 <b>4.14</b>	2.59 <b>3.82</b>	2.47 <b>3.59</b>	2.39 <b>3.42</b>	2.32 <b>3.29</b>	2.27 <b>3.18</b>	2.22 <b>3.09</b>
27	4.21 <b>7.68</b>	3.35 <b>5.49</b>	2.96 <b>4.60</b>	2.73 <b>4.11</b>	2.57 <b>3.78</b>	2.46 <b>3.56</b>	2.37 <b>3.39</b>	2.31 <b>3.26</b>	2.25 <b>3.15</b>	2.20 <b>3.06</b>
28	4.20 <b>7.64</b>	3.34 <b>5.45</b>	2.95 <b>4.57</b>	2.71 <b>4.07</b>	2.56 <b>3.75</b>	2.45 <b>3.53</b>	2.36 <b>3.36</b>	2.29 <b>3.23</b>	2.24 <b>3.12</b>	2.19 <b>3.03</b>
29	4.18 <b>7.60</b>	3.33 <b>5.42</b>	2.93 <b>4.54</b>	2.70 <b>4.04</b>	2.55 <b>3.73</b>	2.43 <b>3.50</b>	2.35 <b>3.33</b>	2.28 <b>3.20</b>	2.22 <b>3.09</b>	2.18 <b>3.00</b>
30	4.17 <b>7.56</b>	3.32 <b>5.39</b>	2.92 <b>4.51</b>	2.69 <b>4.02</b>	2.53 <b>3.70</b>	2.42 <b>3.47</b>	2.33 <b>3.30</b>	2.27 <b>3.17</b>	2.21 <b>3.07</b>	2.16 <b>2.98</b>

Vir: [http://faculty.vassar.edu/lowry/apx\\_d.html](http://faculty.vassar.edu/lowry/apx_d.html)

### PRILOGA 3

Kritične vrednosti Durbin-Watsonove statistike										
Stopnja značilnosti $\alpha = .05$										
n	k'=1		k'=2		k'=3		k'=4		k'=5	
	d <sub>L</sub>	d <sub>U</sub>	d <sub>L</sub>	d <sub>U</sub>	d <sub>L</sub>	d <sub>U</sub>	d <sub>L</sub>	d <sub>U</sub>	d <sub>L</sub>	d <sub>U</sub>
6	0.61	1.40								
7	0.70	1.36	0.47	1.90						
8	0.76	1.33	0.56	1.78	0.37	2.29				
9	0.82	1.32	0.63	1.70	0.46	2.13	0.30	2.59		
10	0.88	1.32	0.70	1.64	0.53	2.02	0.38	2.41	0.24	2.82

11	0.93	1.32	0.66	1.60	0.60	1.93	0.44	2.28	0.32	2.65
12	0.97	1.33	0.81	1.58	0.66	1.86	0.51	2.18	0.38	2.51
13	1.01	1.34	0.86	1.56	0.72	1.82	0.57	2.09	0.45	2.39
14	1.05	1.35	0.91	1.55	0.77	1.78	0.63	2.03	0.51	2.30
15	1.08	1.36	0.95	1.54	0.82	1.75	0.69	1.97	0.56	2.21
16	1.10	1.37	0.98	1.54	0.86	1.73	0.74	1.93	0.62	2.15
17	1.13	1.38	1.02	1.54	0.90	1.71	0.78	1.90	0.67	2.10
18	1.16	1.39	1.05	1.53	0.93	1.69	0.92	1.87	0.71	2.06
19	1.18	1.4	1.08	1.53	0.97	1.68	0.86	1.85	0.75	2.02
20	1.20	1.41	1.10	1.54	1.00	1.68	0.90	1.83	0.79	1.99
21	1.22	1.42	1.13	1.54	1.03	1.67	0.93	1.81	0.83	1.96
22	1.24	1.43	1.15	1.54	1.05	1.66	0.96	1.80	0.96	1.94
23	1.26	1.44	1.17	1.54	1.08	1.66	0.99	1.79	0.90	1.92
24	1.27	1.45	1.19	1.55	1.10	1.66	1.01	1.78	0.93	1.90
25	1.29	1.45	1.21	1.55	1.12	1.66	1.04	1.77	0.95	1.89
26	1.30	1.46	1.22	1.55	1.14	1.65	1.06	1.76	0.98	1.88
27	1.32	1.47	1.24	1.56	1.16	1.65	1.08	1.76	1.01	1.86
28	1.33	1.48	1.26	1.56	1.18	1.65	1.10	1.75	1.03	1.85
29	1.34	1.48	1.27	1.56	1.20	1.65	1.12	1.74	1.05	1.84
30	1.35	1.49	1.28	1.57	1.21	1.65	1.14	1.74	1.07	1.83
31	1.36	1.50	1.30	1.57	1.23	1.65	1.16	1.74	1.09	1.83
32	1.37	1.50	1.31	1.57	1.24	1.65	1.18	1.73	1.11	1.82
33	1.38	1.51	1.32	1.58	1.26	1.65	1.19	1.73	1.13	1.81
34	1.39	1.51	1.33	1.58	1.27	1.65	1.21	1.73	1.15	1.81
35	1.40	1.52	1.34	1.58	1.28	1.65	1.22	1.73	1.16	1.80

Kjer je  $n$  = število opazovanj and  $k'$  = število neodvisnih spremenljivk

$n$	$k = 6$		$k = 7$		$k = 8$		$k = 9$		$k = 10$	
	$d_L$	$d_U$	$d_L$	$d_U$	$d_L$	$d_U$	$d_L$	$d_U$	$d_L$	$d_U$
11	0.20	3.01								
12	0.27	2.83	0.17	3.15						

13	0.33	2.70	0.23	2.99	0.15	3.27				
14	0.39	2.57	0.29	2.85	0.20	3.11	0.13	3.36		
15	0.45	2.47	0.34	2.73	0.25	2.98	0.18	3.22	0.11	3.44
16	0.50	2.39	0.40	2.62	0.30	2.86	0.22	3.09	0.16	3.30
17	0.55	2.32	0.45	2.54	0.36	2.76	0.27	2.98	0.20	3.18
18	0.60	2.26	0.50	2.47	0.41	2.67	0.32	2.87	0.24	3.07
19	0.65	2.21	0.55	2.40	0.46	2.59	0.37	2.78	0.29	2.97
20	0.69	2.16	0.60	2.34	0.50	2.52	0.42	2.70	0.34	2.89
21	0.73	2.12	0.64	2.30	0.55	2.46	0.46	2.63	0.38	2.81
22	0.77	2.09	0.68	2.25	0.59	2.41	0.51	2.57	0.42	2.73
23	0.80	2.06	0.72	2.21	0.63	2.36	0.55	2.51	0.47	2.67
24	0.84	2.04	0.75	2.17	0.67	2.32	0.58	2.46	0.51	2.61
25	0.87	2.01	0.78	2.14	0.70	2.28	0.62	2.42	0.54	2.56
26	0.90	1.99	0.82	2.12	0.74	2.24	0.66	2.38	0.58	2.51
27	0.93	1.97	0.85	2.09	0.77	2.22	0.69	2.34	0.62	2.47
28	0.95	1.96	0.87	2.07	0.80	2.19	0.72	2.31	0.65	2.43
29	0.98	1.94	0.90	2.05	0.83	2.16	0.75	2.28	0.68	2.40
30	1.00	1.93	0.93	2.03	0.85	2.14	0.78	2.25	0.71	2.36
31	1.02	1.92	0.95	2.02	0.88	2.12	0.81	2.23	0.74	2.33
32	1.04	1.91	0.97	2.00	0.90	2.10	0.84	2.20	0.77	2.31
33	1.06	1.90	0.99	1.99	0.93	2.09	0.86	2.18	0.80	2.28
34	1.08	1.89	1.02	1.98	0.95	2.07	0.89	2.16	0.82	2.26
35	1.10	1.88	1.03	1.97	0.97	2.05	0.91	2.14	0.85	2.24

Vir: <http://www.paolocoletti.it/statistics/exercises/Durbin-Watson.html>

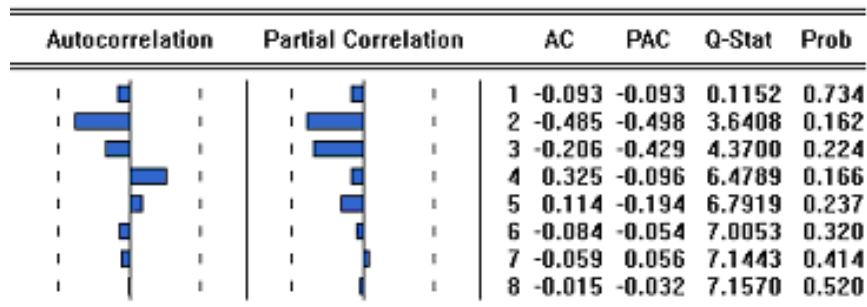
## PRILOGA 4

Korelogram ostankov

a) prvi primer

Sample: 1994 2004

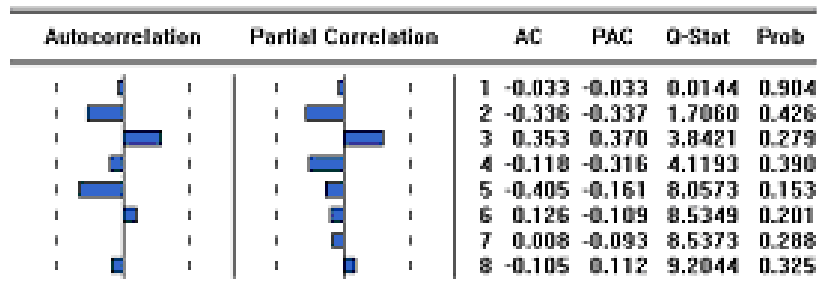
Included observations: 10



b) drugi primer

Sample: 1994 2004

Included observations: 10



Vir: lastni izračun, izpis Eviews2.0

## PRILOGA 5

Pooling analiza vseh podatkov za drugi primer.

Pooled LS // Dependent Variable is CO2P?				
Sample: 1994 2004				
Included observations: 11				
Total panel observations 33				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.020339	1.606982	0.012657	0.9900
TEG?	0.691348	0.049988	13.83038	0.0000
PP?	0.083957	0.049422	1.698777	0.1029
TRG?	0.116333	0.030126	3.861510	0.0008
CE?	-0.103394	0.112460	-0.919387	0.3674
CP?	0.079933	0.049094	1.628181	0.1171
CKOL	-0.041191	0.052515	-0.784364	0.4408

BDP	0.194522	0.150889	1.289171	0.2102
URE	-0.010412	0.013090	-0.795424	0.4345
DUMMY	0.632443	1.311166	0.482352	0.6341
R-squared	0.938144	Mean dependent var		2.674303
Adjusted R-squared	0.913940	S.D. dependent var		11.10664
S.E. of regression	3.258246	Sum squared resid		244.1719
Log likelihood	-57.33906	F-statistic		38.75917
Durbin-Watson stat	2.376494	Prob(F-statistic)		0.000000

Vir: lastni izračun, izpis Eviews2.0

## PRILOGA 6

Pooling analiza vseh podatkov za drugi primer, ob tem, da sta sta spremenljivki *URE* in *DUMMY* odloženi za eno leto:

Pooled LS // Dependent Variable is CO2P?				
Sample: 1994 2004				
Included observations: 10 after adjusting endpoints				
Total panel observations 30				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	1.629485	3.064639	0.531705	0.6008
TEG?	0.711439	0.049215	14.45570	0.0000
PP?	0.117030	0.053760	2.176921	0.0416
TRG?	0.149019	0.033684	4.424044	0.0003
CE?	-0.099080	0.113267	-0.874749	0.3921
CP?	0.022549	0.055790	0.404171	0.6904
CKOL	0.013742	0.050300	0.273199	0.7875
BDP	0.060072	0.251974	0.238407	0.8140
URE(-1)	-0.029301	0.013465	-2.176157	0.0417
DUMMY(-1)	0.302375	1.450488	0.208464	0.8370
R-squared	0.948124	Mean dependent var		2.941733
Adjusted R-squared	0.924779	S.D. dependent var		11.63205
S.E. of regression	3.190257	Sum squared resid		203.5548
Log likelihood	-54.84074	F-statistic		40.61457
Durbin-Watson stat	2.299603	Prob(F-statistic)		0.000000

Vir: lastni izračun, izpis Eviews2.0

## PRILOGA 7

Države podpisnice Annexa I:

Avstralija, Avstrija, Belgija, Belorusija, Bolgarija, Češka Republika, Danska, Estonija, Evropska Unija, Finska, Francija, Grčija, Hrvaška, Irska, Islandija, Italija, Japonska, Kanada, Latvija, Lihtenštajn, Litva, Luksemburg, Madžarska, Monako, Nemčija, Nizozemska, Norveška, Nova Zelandija, Poljska, Portugalska, Romunija, Ruska Federacija, Slovaška, Slovenija, Španija, Švedska, Turčija, Ukrajina, Velika Britanija, ZDA.

## LITERATURA

1. A.F. Tzikopoulos, M.C. Karatza; Modeling energy efficiency of bioclimatic buildings; *Energy and Buildings* 37 (2005) 529-544
2. A.S.Malik; Modeling and economic analysis of DSM programs in generation planning; *Electrical Power and Energy Systems* 23 (2001) 413-419
3. A.V. Kandel, Theory-Based Estimation of energy Savings from DSM, Spillover and Market Transformation Programs Using Survey and Billing Data;
4. Allocation of CO<sub>2</sub> emission allowances, Ministry of Economic Affairs of the Netherlands, October 2002
5. Aviel Verbruggen; Stalemate in energy markets: supply extension versus demand reduction; *Energy Policy* 31 (2003) 1431-1440
6. B. Antončič, Izbrani dejavniki povpraševanja tujih turistov po Sloveniji, Univerza v Ljubljani, Ekonomska fakulteta, februar 2005
7. B. Dong, A holistic utility bill analysis method for baselining whole commercial building energy consumption in Singapore, *Energy and Buildings* 37 (2005) 167-174
8. B. Zupan, A. Prenta, G. Vidmar, Odločitve na dlani: Sistem za podporo večparametrskemu odločanju na dlančnikih, <http://www.ailab.si/blaz/papers/InfoMedSlo-Palm2000.pdf>
9. Blank LT, Tarquin AJ. *Engineering economy* 4/e. The McGraw-Hill Companies, Inc.; 2002
10. C. Driver, K. Imai, P. Temple, G. Urga, Pooled Estimators vs. Heterogeneous Estimators: An Application on the Effect of Uncertainty in the UK Investment at the Industry Level, 10th International Conference on Panel Data, Berlin, 2002
11. Carbon dioxide sink, [http://en.wikipedia.org/wiki/Carbon\\_dioxide\\_sink](http://en.wikipedia.org/wiki/Carbon_dioxide_sink)
12. Carel Dieperink, Iemy Brand, Walter Vermeulen; Diffusion of energy-saving innovations in industry and the built environment: Dutch studies as inputs for a more integrated analytical framework; *Energy Policy* 32 (2004) 773-784
13. Carolyn Fischer; On the importance of the supply side in demand-side management; *Energy Economics*, 27 (2005) 165-180
14. Cédric Philibert, Julia Reinaud; Emissions Trading: Taking Stock and Looking Forward; OECD/IEA 2003
15. Central Hvac, [www.consumerenergycenter.org](http://www.consumerenergycenter.org)
16. Charles A. Goldman, Review of US ESCO industry market trends: an empirical analysis of project data; *Energy Policy* 33 (2005) 387-405
17. Clean Development Mechanism, <http://www.unfccc.int>
18. Climate Change 2001, Third Assessment Report, Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2001
19. Climate Change 2001: Mitigation, A report of working group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Accra, Ghana, 28. februar-3 march 2001
20. D. Brečević, V. Cic, Aplikacija modela marginalnih stroškov na prenosnem omrežju R. Slovenije, 6. Konferenca slovenskih elektroenergetikov, Portorož 2003
21. D. Parameswara Sharma, Demand for commercial energy in the state of Kerala, India: an econometric analysis with medium-range projections, *Energy Policy* 30 (2002) 781-791
22. D. Plut, Podnebne spremembe - globalni in slovenski večplastni izzivi, <http://www.prihodnost-slovenije.si/up-rs/ps.nsf/>
23. Damodar N. Gujarati, *Basic Econometrics*, 2nd Edition, 1988, McGraw-Hill Inc
24. E.H.W. Li, Joseph C. Lam; An analysis of lighting energy savings and switching frequency for a daylight corridor under various indoor design illuminance levels; *Applied Energy* 76 (2003) 363-378

25. David Harrison Jr., Daniel B. Radov, Evaluation of alternative initial allocation mechanisms in a European Union greenhouse gas emissions allowance trading scheme, *nera*, march 2002
26. Durbin-Watson h-statistics, <http://www.csus.edu/indiv/j/jensena/mgmt105/durbin-h.htm>
27. Durbin-Watson statistic for First order Autocorrelation Tesitng, <http://www.csus.edu/indiv/j/jensena/mgmt105/durbin.htm>
28. EEA, Energija in okolje v Evropski uniji - povzetek, Copenhagen 2002
29. Emission trading introduction, <http://www.cleanerandgreener.org/environment>
30. Energetska bilanca Republike Slovenije za leto 2003, MOPE, Ljubljana, april 2003
31. Energetska učinkovitost pri obnovi ovoja stavbe, informativni list učinkovita raba energije 2/05, aure, 2005
32. Energetski pregeled v MLM, Demand Side Management in the Electricity & Gas Distribution Sectors of Slovenia, MGD, Ljubljana 2000
33. EPRI, 1991. End-Use Technical Assessment Guide, Vol.4. EPRI CU-7222, V4. April.
34. F. Kavalari; Heating-air conditioning-saving energy-intelligent buidings; Weekly Buletin, Technical Chamber of Greece, Vol 2172, 29. oct 2001
35. F.W.H. Yik; Rebate as an economic instrument for promoting building energy efficiency in Hong Kong; Building and Environment, October 2004
36. Fatur Tomaž, Šolinc Hinko; Varčno z energijo pri elektromotornih pogonih; Institut Jožef Stefan, Center za energetska ucinkovitost, 1998
37. Global Warming: Is it Real?, <http://zebu.uoregon.edu/1998/es202/114.html>
38. H. Aki, T. Oyama, Analysis of energy service systems in urban areas and their CO<sub>2</sub> mitigations and economic impacts, Energy Policy, Januar 2006
39. H. Šolinc, Aktivnosti RS na področju decentralizirane proizvodnje električne energije-znanstvena delavnica Gorivne celice, MOPE, oktober 2004
40. Hayashi, K. Tokimatsu, Narrative scenario development based on cross-impact analysis for the evaluation of global-warming mitigation options, Energy Policy, Januar 2006
41. HVAC Systems Introduction, [www.eere.energy.gov/buildings/info/components/hvac](http://www.eere.energy.gov/buildings/info/components/hvac)
42. International Emission Trading From concept to reality, OECD/IEA 2001
43. IPCC Direktiva; <http://europa.eu.int/comm/environment/ipcc/>
44. J. Freeman, J. Leach, Experimental Evaluation of HVAC Energy Conservation Options for Modular Classrooms, Mechanical and Aerospace Engineering North Carolina State University, 2005
45. J. Oman, Generatorji toplote, Ljubljana, Fakulteta za strojništvo, 2005
46. J. Peter Clinch, Cost-benefit analysis applied to energy, University College Dublin, 2003
47. J.A. Čibej, Investicije, [http://www.erevir.si/Moduli/Clanki/JAC\\_ppo/JAC\\_E-EVIR\\_060516\\_Investicije.pdf](http://www.erevir.si/Moduli/Clanki/JAC_ppo/JAC_E-EVIR_060516_Investicije.pdf)
48. J.D. Stefano, Energy efficiency and the environment: the potential for energy efficient lighting to save energy and reduce carbon dioxide emissions at Melbourne University, Australia, Energy—The International Journal 25 (2000) 823–839.
49. J.M. Sala, L.M. López-González, Optimising ventilation-system design for a container-housed engine, Energy and Buildings, Februar 2006
50. J.N. Sheen, Economic profitability analysis of demand side management program, Energy Conversion and Management 46 (2005) 2919–2935
51. J.N. Sheen; Fuzzy financial profitability analyses of demand side management alternatives from participant perspective; Information Sciences Volume 169, Issues 3-4 , 1 February 2005, Pages 329-364
52. J.Peter Clinch, John D. Healy, Cost-benefit analysis of domestic energy efficiency, Energy Policy 29 (2001) 113-124



53. James M. Calm; Emissions and environmental impacts from air-conditioning and refrigeration systems; *International Journal of Refrigeration* 25 (2002) 293–305
54. Jill L. Caviglia-Harris; Demand-side policies for environmental protection and sustainable usage of renewable resources; *Ecological Economics* 45 (2003) 119-132
55. Joseph C. Lam, Danny H.W. Li; Electricity consumption characteristics in shopping malls in subtropical climates; *Energy Conversion and Management* 44 (2003) 1391–1398
56. JOULE III, Interdisciplinary Analysis of Successful Implementation of Energy Efficiency in the industrial, commercial and service sector, Februar 1998
57. Kelli F. Cheek, Pragasen Pillay; Impact of energy efficient motors in the petrochemical industry; *Electric Power Systems Research* 42 (1997) 11 15
58. Kornelis Blok; Enhanced policies for the improvement of electricity efficiencies; *Energy Policy* 33 (2005) 1635–1641
59. L. Pfajfar, Ekonometrija na prosojnicah, Ekonomska fakulteta v Ljubljani, 1999
60. L. Pfajfar, Ekonometrija, Zapiski predavanj – I. del, Ekonomska fakulteta v Ljubljani, 1994
61. Liu Deshun, Zhang Shurong; Cost-benefit analysis on IRP/DSM application- a case study in Shanghai; Elsevier Science Ltd *Energy Policy*, Vol. 25, No. 10, pp. 837-843, 1997
62. M. Berčič, Analiza turističnega povpraševanja tujcev po Sloveniji, Univerza v Ljubljani, Ekonomska fakulteta, maj 2004
63. M. Evans, Demand-side energy efficiency and the Kyoto mechanisms: Forging the link in countries in transition, ECEEE 2001 Summer Study Paper 6.126, 2001
64. M. Ravnik, Strateški ukrepi za zmanjševanje posledic klimatskih sprememb v Sloveniji, <http://www.prihodnost-slovenije.si/up-rs/ps.nsf/>
65. M. Sitar, Ciljno spremljanje rabe energije v industriji, FEMOPET Slovenija, Ljubljana 1999
66. M. Verbič, Makroekonomska analiza temeljnih zakonitosti slovenskega gospodarstva, IER, Ljubljana 2005
67. M.P. Clements, F.Joutz, H.O. Stekler, An Evaluation of the Forecasts of the Federal Reserve: A Pooled Approach, September 2004, [Online] Available: [www2.warwick.ac.uk/fac/soc/economics/staff/faculty/clements/wp/mcfjhsjbes2.pdf](http://www2.warwick.ac.uk/fac/soc/economics/staff/faculty/clements/wp/mcfjhsjbes2.pdf)
68. Mahmoud A. Al-Iriani; Climate-related electricity demand-side management in oil-exporting countries - the case of the United Arab Emirates; *Energy Policy* 33 (2005) 2350–2360
69. Marcel H. Didden, William D. D'haeseleer; Demand Side Management in a competitive European market: Who should be responsible for its implementation?, *Energy Policy* 31 (2003) 1307-1314
70. Mark Hoffman, Residential Air Conditioners and Air-Source Heat Pumps, September 2004, [www.mwalliance.org/energypros/activities/workshops/residential/docs04/CEE-MH-HVAC-040929.ppt](http://www.mwalliance.org/energypros/activities/workshops/residential/docs04/CEE-MH-HVAC-040929.ppt)
71. Martins AG. A multiple objective linear programming approach to power generation planning with DSM. *Int; Trans Oper Res* 1996
72. Miha Tomšič; Pogodbno financiranje na področju ukrepov učinkovite rabe energije : vodnik za občine; Konzorcij OPET Slovenija, 2001
73. Mitja Kožuh, Miha Špendal; Varčno z energijo pri rabi komprimiranega zraka, Institut Jožef Stefan, Center za energetska učinkovitost
74. MOPE, Operativni program zmanjševanja emisij toplogrednih plinov, Ljubljana, julij 2003
75. Murks Aleksandra, Onesnaževalna dovoljenja in prostovoljni pristopi za spodbujanje trajnostnega razvoja, magistrska naloga, 2003,

76. N. Gaudencio Ramos, Christopher Heard; Computer system for energetic diagnoses in residential customers; *Energy Policy* 29 (2001) 595-603
77. N. Zografakis; Technologies for rational use and savings of energy in buildings; *Energy and Buildings*, Vol 63, 112-114, Nov-Dec 2000
78. N.E. Savin, K.J. White, "The Durbin-Watson Test for Serial Correlation with Extreme Sample Sizes or Many Regressors," *Econometrica* 45, 1977, p.1989-1996.
79. National Inventory Report-Submission under the United Nations Framework Convention on Climate Change 2004, ARSO, Ljubljana, junij 2004
80. National Inventory Report-Submission under the United Nations Framework Convention on Climate Change 2005, ARSO, Ljubljana, 2005
81. Nuriye Peker Say, Energy consumption and CO2 emissions in Turkey: Empirical analysis and future projection based on an economic growth, *Energy Policy*, Januar 2005
82. P.A. Makris, A.P. Makri, C.G. Provatidis, Energy-saving methodology for material handling applications, *Energy and Buildings*, Januar 2006
83. P. Zaplotnik, Izvozna in uvozna funkcija slovenskega gospodarstva, Univerza v Ljubljani, Ekonomska fakulteta, junij 2005
84. Patrik Thollander, Magnus Karlsson; Reducing industrial energy costs through energy-efficiency measures in a liberalized European electricity market: case study of a Swedish iron foundry; *Energy Economics* January 2005
85. Peter Sandberg, Mats Soederstroem; Industrial energy efficiency: the need for investment decision support from a manager perspective; *Energy Policy* 31 (2003) 1623-1634
86. Plačilna bilanca Slovenije, Zveza ekonomistov Slovenije Inštitut za novejšo zgodovino, Ljubljana 2002
87. Priyantha D.C. Wijayatunga, W.J.L.S. Fernando; Lighting energy efficiency in office buildings: Sri Lanka; *Energy Conversion and Management* 44 (2003) 2383-2392
88. R. Olschewski, P.C. Benítez, G.H.J. de Koning, How attractive are forest carbon sinks? Economic insights into supply and demand of Certified Emission Reductions, *Energy Policy*, July 2005
89. Retrofitting Of Metering And Control Technology For Heating Systems In Residential Buildings, European Commission, DG XVII, 1998
90. Romeo Pacudan; Impact of energy efficiency policy to productive efficiency of electricity distribution industry in the Philippines; *Energy Economics* 24 2002 41-54
91. Rufus D. Edwards; Models to predict emissions of health-damaging pollutants and global warming contributions of residential fuel/stove combinations in China; *Chemosphere* 50 (2003) 201-215
92. S. Merše, Analize energetske strategije in dolgoročne energetske bilance R Slovenije za obdobje 2001 – 2020, Končno poročilo, Ministrstvo za okolje, prostor in energijo RS, Urad za energetiko, Ljubljana 2003
93. Sabah A. Abdul-Wahab, Charles S. Bakheit; Principal component and multiple regression analysis in modelling of ground-level ozone and factors affecting its concentrations; *Environmental Modelling & Software* 20 (2005) 1263-1271
94. Schlesinger, W.H. 1991, *Biogeochemistry: An Analysis of Global Change*. Academic Press, San Diego.
95. Serial Correlation (Very Brief Overview); <http://www.nd.edu/~rwilliam/stats2/l24.pdf>
96. Somporn Tanatvanit; CO2 mitigation and power generation implications of clean supply-side and demand-side technologies in Thailand; *Energy Policy* 32 (2004) 83-90
97. Statistični letopis energetskega gospodarstva Republike Slovenije, MOPE, (96, 97; 01-04)
98. Statistični letopis Republike Slovenije (95-05)
99. Stephen Wiel, Nathan Martin; The role of building energy efficiency in managing atmospheric carbon dioxide; *Environmental Science & Policy*, 1998

100. Sven Bode; Long-term greenhouse gas emission reductions—what’s possible, what’s necessary?; Energy Policy 2005
101. T. Ueno, F. Sano, O. Saeki, K. Tsuji, Effectiveness of an energy-consumption information system on energy savings in residential houses based on monitored data, Energy and Buildings, June 2005
102. T.M.I. Mahlia, M.F.M. Said; Cost-benefit analysis and emission reduction of lighting retrofits in residential sector; Energy and Buildings 37 (2005) 573–578
103. The Greenhouse Effect, <http://www.physicalgeography.net/fundamentals/7h.html>
104. The t-Test <http://www.socialresearchmethods.net/kb/>
105. Tobias Rosencrantz, Arne Roos; Increased solar energy and daylight utilisation using anti-reflective coatings in energy-efficient windows; Solar Energy Materials & Solar Cells, December 2004
106. Tony N.T. Lam, S.L. Wong, Lighting and energy performance for an office using high frequency dimming controls, Energy Conversion and Management 47 (2006) 1133–1145
107. Učinkovita raba energije pri novogradnjah, informativni list učinkovita raba energije 2/04, aure, 2004
108. Ugo Farinelli; White and Green’’: Comparison of market-based instruments to promote energy efficiency, Elsevier, Journal of Cleaner Production 13 (2005) 1015-1026
109. Ugur Atikol; A demand-side planning approach for the commercial sector of developing countries; Energy 29 (2004) 257–266
110. UNCTAD – United Nations Conference on trade and development. 2001a. *Kyoto Protocol*. <http://www.unctad.org/ghg/etinfo/kp.htm>
111. V. Badescu, B. Sicre, Renewable energy for passive house heating-Part I; Energy and Buildings vol 35 (2003) 1077-1084
112. W. Chung, Y.V. Hui, Y.M. Lam, Benchmarking the energy efficiency of commercial buildings, Energy and Buildings, Februar 2006
113. WEC, 1994a, <http://www.worldenergy.org>
114. WEC, 1995a, <http://www.worldenergy.org>
115. Wenjian Cai, Lihua Xie; HVAC system optimization—in-building section; Energy and Buildings, August 2004
116. X. Liu, Explaining the relationship between CO<sub>2</sub> emissions and national income —The role of energy consumption, Energy Policy, April 2005
117. Y. Kikegawa, Y. Genchi, Impacts of city-block-scale countermeasures against urban heat-island phenomena upon a building’s energy-consumption for air-conditioning, Energy and Buildings, July 2005
118. Y. Li, P.C. Flynn; Electricity deregulation, spot price patterns and demand-side management; Energy (2005) 1–15
119. Y.O. Kavuncu, D. Knabb, Stabilizing greenhouse gas emissions: Assessing the intergenerational costs and benefits of the Kyoto Protocol, Energy Policy, May 2005
120. Yoshikuni Yoshida, Kiyoshi Dowaki; Comprehensive comparison of efficiency and CO<sub>2</sub> emissions between biomass energy conversion technologies – position of supercriticalwater gasification in biomass technologies; Biomass and Bioenergy 25 (2003) 257 – 272
121. Ž. Veselič in sod., Kvantitativna ocena ponora in emisij toplogrednih plinov v sektorju gozdarstvo, Zavod za gozdove Slovenije, Ljubljana 2001

## **IZJAVA O AVTORSTVU**

" Izjavljam, da sem magistrsko delo izdelal samostojno pod vodstvom mentorja prof.dr. Rafaela Mihaliča. Izkazano pomoč drugih sodelavcev sem v celoti navedel v zahvali."

Miran Kojc