

UNIVERZA V LJUBLJANI
EKONOMSKA FAKULTETA

MAGISTRSKO DELO

**NAPOVEDOVANJE PORABE PREMOGA ZA DALJINSKO
OGREVANJE V ENERGETIKI LJUBLJANA Z UPORABO ANALIZE
ČASOVNIH VRST**

Ljubljana, 8. oktober 2018

PIKA PÖSCHL

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisana Pika Pöschl, študentka Ekonomske fakultete Univerze v Ljubljani, avtorica predloženega dela z naslovom Napovedovanje porabe premoga za daljinsko ogrevanje v Energetiki Ljubljana z uporabo analize časovnih vrst, pripravljenega v sodelovanju s svetovalko red. prof. dr. Liljano Ferbar Tratar in sosvetovalko red. prof. dr. Tanjo Dmitrović

IZJAVLJAM

1. da sem predloženo delo pripravila samostojno;
2. da je tiskana oblika predloženega dela istovetna njegovi elektronski obliki;
3. da je besedilo predloženega dela jezikovno korektno in tehnično pripravljeno v skladu z Navodili za izdelavo zaključnih nalog Ekonomske fakultete Univerze v Ljubljani, kar pomeni, da sem poskrbela, da so dela in mnenja drugih avtorjev oziroma avtoric, ki jih uporabljam oziroma navajam v besedilu, citirana oziroma povzeta v skladu z Navodili za izdelavo zaključnih nalog Ekonomske fakultete Univerze v Ljubljani;
4. da se zavedam, da je plagiatstvo – predstavljanje tujih del (v pisni ali grafični obliki) kot mojih lastnih – kaznivo po Kazenskem zakoniku Republike Slovenije;
5. da se zavedam posledic, ki bi jih na osnovi predloženega dela dokazano plagiatstvo lahko predstavljalo za moj status na Ekonomski fakulteti Univerze v Ljubljani v skladu z relevantnim pravilnikom;
6. da sem pridobila vsa potrebna dovoljenja za uporabo podatkov in avtorskih del v predloženem delu in jih v njem jasno označila;
7. da sem pri pripravi predloženega dela ravnala v skladu z etičnimi načeli in, kjer je to potrebno, za raziskavo pridobila soglasje etične komisije;
8. da soglašam, da se elektronska oblika predloženega dela uporabi za preverjanje podobnosti vsebine z drugimi deli s programsko opremo za preverjanje podobnosti vsebine, ki je povezana s študijskim informacijskim sistemom članice;
9. da na Univerzo v Ljubljani neodplačno, neizključno, prostorsko in časovno neomejeno prenašam pravico shranitve predloženega dela v elektronski obliki, pravico reproduciranja ter pravico dajanja predloženega dela na voljo javnosti na svetovnem spletu preko Repozitorija Univerze v Ljubljani;
10. da hkrati z objavo predloženega dela dovoljujem objavo svojih osebnih podatkov, ki so navedeni v njem in v tej izjavi.

V Ljubljani, dne

Podpis študentke:

KAZALO

UVOD	1
1 PREDSTAVITEV DALJINSKE OSKRBE S TOPLOTO	3
1.1 Distribucijski sistem daljinskega ogrevanja	4
1.2 Odjemalci toplote daljinskega ogrevanja	6
2 TRG PREMOGA V SLOVENIJI IN EVROPSKI UNIJI	6
2.1 Agencija za energijo	6
2.2 Energetski zakon in Akt o metodologiji oblikovanja cene toplote	7
2.3 Energetski koncept Slovenije	9
2.4 Skupna energetska politika EU	11
2.5 Direktiva 2010/75/EU	12
2.6 Oblikovanje cene premoga na svetovnem trgu	13
2.7 Okoljska problematika in emisije	13
2.8 Analiza dejavnikov, ki vplivajo na porabo premoga	15
3 NAPOVEDOVANJE	18
3.1 Vrste napovedovanja	19
3.2 Metode napovedovanja z uporabo časovnih vrst	20
3.2.1 Dekompozicija časovne vrste.....	21
3.2.2 Naivno napovedovanje.....	22
3.2.3 Metoda enostavnega povprečja	22
3.2.4 Metoda drsečega povprečja.....	23
3.2.5 Metoda tehtanih drsečih sredin.....	24
3.2.6 Metoda enostavnega eksponentnega glajenja	24
3.2.7 Holtova metoda	25
3.2.8 Holt-Wintersove metode.....	26
3.2.8.1 Aditivna Holt-Wintersova metoda	26
3.2.8.2 Multiplikativna Holt-Wintersova metoda.....	27
3.2.8.3 Modificirana Holt-Wintersova metoda.....	28
3.2.8.4 Razširjena Holt-Wintersova metoda.....	28
3.2.9 Merjenje natančnosti napovedovanja	30

4	NAPOVED PORABE PREMOGA	32
4.1	Analiza razpoložljivih podatkov	32
4.1.1	Osnovne statistične mere in mere variabilnosti	35
4.1.2	Dekompozicija	35
4.2	Rezultati različnih metod napovedovanja	39
4.3	Primerjava metod	48
4.4	Napoved za leto 2018 po multiplikativni Holt-Wintersovi metodi	49
4.5	Priporočila Energetiki Ljubljana glede napovedovanja	50
	SKLEP	51
	LITERATURA IN VIRI	52
	PRILOGE	55

KAZALO TABEL

Tabela 1:	Primerjava proizvedene in prodane toplote po letih	4
Tabela 2:	Lastnosti cevnega območja.....	5
Tabela 3:	Osnovne vrednosti.....	35
Tabela 4:	Vrednosti mer natančnosti metode SES	40
Tabela 5:	Vrednosti mer natančnosti Holtove metode	42
Tabela 6:	Vrednosti mer natančnosti metode AHW	44
Tabela 7:	Vrednosti mer natančnosti metode MHW	44
Tabela 8:	Vrednosti mer natančnosti metode MoHW	46
Tabela 9:	Vrednosti mer natančnosti metode EHW.....	47
Tabela 10:	Primerjava mer natančnosti napovedi testnih množic.....	48

KAZALO SLIK

Slika 1:	Predstavitev potencialnih odjemalcev	16
Slika 2:	Reševalnik	30
Slika 3:	Poraba premoga za proizvodnjo daljinske toplote (v tonah).....	33
Slika 4:	Poraba premoga po letih (v tonah)	34
Slika 5:	Vsota letno porabljenih ton premoga.....	34
Slika 6:	Trend pri aditivni dekompoziciji.....	36

Slika 7: Sezonska komponenta pri aditivni dekompoziciji	37
Slika 8: Iregularna komponenta pri aditivni dekompoziciji.....	37
Slika 9: Trend pri multiplikativni dekompoziciji	38
Slika 10: Sezonska komponenta pri multiplikativni dekompoziciji	38
Slika 11: Iregularna komponenta pri multiplikativni dekompoziciji.....	39
Slika 12: Primerjava napovedi metode SES glede na MSE in MAPE	41
Slika 13: Primerjava napovedi Holtove metode glede na MSE in MAPE.....	42
Slika 14: Primerjava napovedi metode AHW glede na MSE in MAPE.....	43
Slika 15: Primerjava napovedi metode MHW glede na MSE in MAPE	45
Slika 16: Primerjava napovedi metode MoHW glede na MSE in MAPE	46
Slika 17: Primerjava napovedi metode EHW glede na MSE in MAPE	48
Slika 18: Napoved porabe premoga za leto 2018.....	49

KAZALO PRILOG

Priloga 1: Ukrepi za doseganje ciljev EKS	1
Priloga 2: Obravnavani viri energije v EKS.....	2
Priloga 3: Pregled izračunov z uporabo metode SES	4
Priloga 4: Pregled izračunov z uporabo Holtove metode	6
Priloga 5: Pregled izračunov z uporabo metode AHW.....	8
Priloga 6: Pregled izračunov z uporabo metode MHW	10
Priloga 7: Pregled izračunov z uporabo metode MoHW	12
Priloga 8: Pregled izračunov z uporabo metode EHW	14
Priloga 9: Pregled izračuna napovedi za leto 2018 z uporabo metode MHW	16

SEZNAM KRATIC

angl. – angleško

AHW – (angl. *additive Holt-Winters method*); aditivna Holt-Wintersova metoda

EHW – (angl. *extended Holt-Winters method*); razširjena Holt-Wintersova metoda

EKS – Energetski koncept Slovenije

EU – (angl. *European Union*); Evropska unija

EZ – Energetski zakon

HW – Holt-Wintersova metoda

ipd. – in podobno

LEK – Lokalni energetska koncept

MA – (angl. *moving average*); drseče povprečje

MAD – (angl. *mean absolute deviation*); povprečje absolutnih deviacij

MAE – (angl. *mean absolute error*); povprečna absolutna napaka

MAPE – (angl. *mean absolute percentage error*); povprečna absolutna relativna napaka

ME – (angl. *mean error*); povprečna napaka

MHW – (angl. *multiplicative Holt-Winters method*); multiplikativna Holt-Wintersova metoda

MoHW – (angl. *modified Holt-Winters method*); modificirana Holt-Wintersova metoda

MOL – Mestna občina Ljubljana

MPE – (angl. *mean percentage error*); povprečna relativna napaka

MSD – (angl. *mean square deviation*); povprečje kvadrata deviacij

MSE – (angl. *mean squared error*); povprečna kvadratna napaka

NEX – (angl. *Newcastle export index*); indeks cen premoga Newcastle

NF – (angl. *naive forecasting method*); metoda naivnega napovedovanja

PE – (angl. *percentage error*); relativna napaka

SES – (angl. *simple exponential smoothing*); metoda enostavnega eksponentnega glajenja

TE-TOL – Termoelektrarna toplarna Ljubljana

USD – (angl. *United States Dollar*); ameriški dolar

TOŠ – Toplarna Šiška

ZDA – Združene države Amerike

UVOD

Slovenija ima majhen energetska trg, ki ga z različnimi oblikami energije oskrbuje več podjetij, prav vsako pa predstavlja pomemben element zanesljivosti v sistemu. Eno od teh je Javno podjetje Energetika Ljubljana d. o. o. (v nadaljevanju Energetika Ljubljana), ki je leta 2014 postalo največji energetska sistem v Sloveniji za daljinsko oskrbo s toploto in zemeljskim plinom. Njegova primarna dejavnost je torej celovita oskrba Mestne občine Ljubljana (v nadaljevanju MOL) in okolice s toploto in zemeljskim plinom. Energetika Ljubljana proizvaja toploto na dveh lokacijah, in sicer v enoti Termoelektrarna toplarna Ljubljana (v nadaljevanju TE-TOL) in enoti Toplarna Šiška (v nadaljevanju TOŠ). V enoti TE-TOL so leta 2017 proizvedli 91,6 % vroče vode, ki je bila proizvedena v Energetiki Ljubljana, kar pomeni, da se v enoti TE-TOL proizvede večinski delež letno proizvedene toplote za oskrbo Mestne občine Ljubljana in okolice (Energetika Ljubljana, 2018).

Prav s problematiko energetskega trga pa se ukvarja nov Energetska koncept Slovenije, ki kot osnovni razvojni dokument predstavlja energetska program za prihodnost, njegov glavni cilj pa je prehod na nizkoogljično družbo. Le-ta dovoljuje uporabo premoga kot energenta do leta 2054, kar pa ni po volji okoljevarstvenikov. Kot ključni izzivi so izpostavljeni: povečanje energetske učinkovitosti, povečanje proizvodnje energije iz obnovljivih virov in hkratio opuščanje fosilnih virov za proizvodnjo električne energije, ogrevanje in promet. Slednji imajo namreč kar nekaj negativnih vplivov na okolje, podnebne spremembe, družbo in zdravje ljudi. Države po svetu opazno spreminjajo svoje energetska sisteme ter vse več pozornosti usmerjajo k investicijam v obnovljive vire energije in zapirajo termoelektrarne, katerih primarna surovina za proizvodnjo je premog, kar posledično vpliva tudi na naš energetska trg in samo nabavo premoga. Prav zato je zelo pomembno, da slovenska podjetja spremljajo svetovno dogajanje, se prilagajajo spremembam v panogi ter vplivne dejavnike upoštevajo v napovedih proizvodnje in poslovanja (Ministrstvo za infrastrukturo, 2018).

Problematiko so prepoznali tudi v enoti TE-TOL, kjer razmišljajo, da bi v prihodnje za potrebe proizvodnje elektrike in toplote uporabljali zemeljski plin, vendar pa bodo do nadaljnega za soproizvodnjo toplote in električne energije še naprej uporabljali premog in lesno biomaso. Ker so svetovne zaloge fosilnih goriv omejene in okoljevarstvene zahteve za zmanjšanje emisij čedalje strožje, se v enoti TE-TOL pri napovedovanju potreb surovin za prihodnjo proizvodnjo soočajo s številnimi izzivi. Napovedovanje potreb je najpomembnejše takrat, ko podjetje ugotovi, da obstajajo dogodki, ki pomembno vplivajo na njegovo poslovanje. Te dogodke je treba prepoznati, analizirati in oceniti, kakšen njihov vpliv je mogoč v prihodnosti. Največje izzive pri napovedovanju predstavljata prav negotovost in konstantno spreminjanje prihodnosti.

V enoti TE-TOL je za učinkovito rabo energentov pomembno predvsem napovedovanje povpraševanja in proizvodnje ogrevne toplote. Napovedovanje proizvodnje je pomembno zlasti zaradi usklajevanja dobav, zalog in porabe potrebnih energentov. Za uspešno

napovedovanje proizvodnje pa je treba prepoznati dejavnike na trgu, ki vplivajo na obnašanje končnih porabnikov, torej na povpraševanje po daljinskem ogrevanju.

V literaturi so kot pomembni dejavniki, ki vplivajo na prodajo toplote izpostavljene predvsem zakonske omejitve, gospodarski dejavniki (dohodek prebivalstva, rast prebivalstva, svetovno nihanje cen premoga in drugo), število odjemalcev, ukrepi odjemalcev za znižanje stroškov porabe energije, zamenjava vira energije toplote pri odjemalcih, planirane nove gradnje objektov s priključkom na omrežje daljinskega ogrevanja in drugi. Pri odjemu toplote se izrazito pozna sezonska komponenta, ki še posebej popestri napovedovanje porabe premoga. Na obseg prodane toplote v sezoni najbolj vplivajo gibanja zunanje temperature, kar določa število dni v ogrevalni sezoni. Dejavnike je treba stalno spremljati, se jim prilagajati in se nanje pravočasno odzvati.

Namen magistrskega dela je opredeliti glavne dejavnike in njihov vpliv na končnega odjemalca toplote ter posledično na spreminjanje porabe premoga za proizvodnjo toplote. Obenem je namen tudi ugotoviti, katera od metod napovedovanja na podlagi analize časovnih vrst je najprimernejša za napovedovanje porabe premoga za proizvodnjo toplote daljinskega ogrevanja.

Pri pisanju magistrskega dela sem si zastavljala naslednji raziskovalni vprašanji:

- Kateri so glavni dejavniki, ki vplivajo na spremembe odjema toplote končnega porabnika in spreminjanje porabe premoga za proizvodnjo toplote?
- Katera metoda napovedovanja je najprimernejša za napovedovanje potreb premoga za proizvodnjo toplote v letu 2018?

Eden od ciljev magistrskega dela je preučiti in razumeti dejavnike, ki vplivajo na vedenje porabnikov in spreminjanje količine odjema toplote. Drugi cilj je uporabiti različne metode napovedovanja s pomočjo časovnih vrst, jih med seboj primerjati ter izbrati ustrezno metodo za obravnavani primer. Na podlagi zgodovinskih podatkov o pretekli porabi premoga v enoti TE-TOL od leta 2008 do leta 2017 je s pomočjo najučinkovitejše metode izračunana napoved porabe premoga za leto 2018.

Magistrsko delo je sestavljeno iz štirih poglavij. V prvem poglavju so predstavljeni primarna dejavnost enote TE-TOL, ki je celovita oskrba Mestne občine Ljubljana in okolice s toploto, distribucijski sistem daljinskega ogrevanja in končni odjemalci toplote. V drugem poglavju je opisano trenutno stanje trga premoga tako v Sloveniji kot v Evropski uniji (v nadaljevanju EU), predstavljena je tudi njegova zakonska ureditev in njen vpliv na proizvodnjo toplote. Poleg regulative so v drugem poglavju predstavljeni tudi ključni dejavniki, ki vplivajo na porabo premoga in spreminjanje količine končnega odjema toplote. Ti dejavniki so povprečna temperatura v ogrevalni sezoni, število dni v ogrevalni sezoni, število odjemalcev in njihovo ravnanje, rast prebivalstva v Ljubljani, izgradnja novih objektov, skrb za zadovoljstvo strank, souporaba lesne biomase, cena premoga in drugi. Tretje in četrto

poglavje se nanašata na napovedovanje. V tretjem poglavju so s teoretično podlago predstavljeni napovedovanje in različne metode s poudarkom na metodah napovedovanja z uporabo časovnih vrst, ki se uporabljajo za podatke, odvisne od časa in razpoložljive v enakih zaporednih časovnih razmikih. Predstavljene so metoda naivnega napovedovanja, metoda enostavnega povprečja, metoda drsečega povprečja, metoda tehtanih drsečih sredin, metoda enostavnega eksponentnega glajenja ter aditivna, multiplikativna, modificirana in razširjena Holt-Wintersova metoda. Te metode so v četrtem poglavju uporabljene pri izračunu napovedi porabe premoga v enoti TE-TOL za proizvodnjo toplote daljinskega ogrevanja, in sicer na podlagi mesečnih podatkov preteklih 10 let. Izdelana je primerjava rezultatov glajenja in napovedovanja ter s pomočjo mere natančnosti napovedovanja izbrana najprimernejša metoda za napovedovanje izbrane časovne vrste. Po tej metodi je izračunana poraba premoga za daljinsko ogrevanje v letu 2018, ki je skupaj s priporočili podjetju glede napovedovanja predstavljena v zadnjem delu magistrskega dela. Na koncu sledita sklep ter seznam literature in virov.

1 PREDSTAVITEV DALJINSKE OSKRBE S TOPLOTO

V začetku leta 2014 se je družba Termoelektrarna toplarna Ljubljana pripojila k Energetiki Ljubljana, s čimer je Energetika Ljubljana postala največji energetske sistem za daljinsko oskrbo s toploto in zemeljskim plinom v Sloveniji. Celovita oskrba s toploto in zemeljskim plinom, ki je primarna dejavnost Energetike Ljubljana, se izvaja na območju MOL in okolice, kjer oskrbujejo kar 74 % vseh stanovanj. V enoti TE-TOL se je leta 2017 proizvedlo 91,6 % vse vroče vode, proizvedene v Energetiki Ljubljana, kar pomeni, da se v enoti TE-TOL proizvede večinski delež letno proizvedene toplote za oskrbo MOL in okolice. Enota TE-TOL pa je istega leta pokrila kar 94,5 % potreb po vroči vodi in 66,4 % potreb po pari. Ostale potrebe so bile pokrite iz enote TOŠ (Energetika Ljubljana, 2018).

Celovita oskrba s toploto zajema distribucijo toplote in hladu za ogrevanje in hlajenje prostorov, gospodinjstev, za potrebe v industriji in za pripravo sanitarne tople vode. Daljinsko ogrevanje velja za najudobnejši sistem ogrevanja za uporabnike in je najprimernejša oblika zadovoljevanja potreb po toploti predvsem v mestih in strnjениh naseljih. Spada med najzanesljivejše sisteme oskrbe s toploto. Gre za preskrbo z energijo, pri kateri se v centralnem proizvodnem objektu proizvaja toplota, ki jo po omrežju prenaša vroča voda. Nosilec toplote je torej kemično predelana vroča voda (Butala, Stritih & Zupan, 2004).

V enoti TE-TOL kot primarno surovino za proizvodnjo toplote uporabljajo kakovostni rjavi premog z zelo nizko vsebnostjo pepela in žvepla, ki ga uvažajo iz Indonezije. Premog je energent, ki za proizvodnjo toplote zahteva ustrezno tehnološko in okoljsko kakovost, zato je le-ta prvi kriterij za izbiro primerne premoga. Poleg kakovosti pa na nabavo premoga vplivajo tudi dolžina transportne poti, količina nabavljene surovine in nihanje cen na trgu. Leta 2008 so v enoti kot surovino za proizvodnjo toplote uvedli leseno biomaso kot

obnovljiv vir energije, kar naj bi zmanjšalo obremenitev okolja. Lesna biomasa se kot vir energije ne uporablja celo leto ter se pri proizvodnji uporabi v razmerju 90 % premoga in 10 % lesne biomase.

Poslovanje Energetike Ljubljana je odvisno predvsem od regulativnih predpisov Agencije za energijo in konkurenčnih ponudb na trgu energije. Prodaja toplote je v večjem delu odvisna od gibanja zunanjih temperatur in od števila dni v ogrevalni sezoni. V letnem poročilu Energetike Ljubljana (2018) so zapisali, da je v letu 2017 prišlo do povečanja prodaje energije, kot delna razloga pa opredeljujejo večji obseg potreb energije za ogrevanje in povečanje števila uporabnikov.

1.1 Distribucijski sistem daljinskega ogrevanja

V letu 2017 je bilo 94,7 % vse proizvedene toplote proizvedene v učinkoviti soproizvodnji z električno energijo, kar pomeni, da je bila toplota proizvedena sočasno z električno energijo. Pri proizvodnji električne energije nastaja stranski produkt – toplota, ki je klasične termoelektrarne ne morejo učinkovito izrabiti zaradi pomanjkanja porabnikov toplote v bližini. Ravno to pa so kot prednost izkoristile termoelektrarne - toplarne v urbanih okoljih in toploto izkoriščajo za daljinsko ogrevanje stavb, industrije in drugih porabnikov. Ključne prednosti soproizvodnje so visoka energetska izkoriščenost surovin ter hkraten prihranek primarne energije in s tem zmanjšan vpliv na okolje. V enoti TE-TOL težijo k čim večji izkoriščenosti sočasne proizvodnje električne energije in toplote, zaradi česar upravičeno zasedajo prvo mesto pri učinkoviti soproizvodnji v Sloveniji. Delež proizvedene toplote predstavlja kar polovico vse toplote, ki je letno proizvedena za sistem daljinskega ogrevanja v Sloveniji (Energetika Ljubljana, brez datuma).

Tabela 1: Primerjava proizvedene in prodane toplote po letih

Leto	Proizvodnja toplote (v GWh)	Prodaja toplote (v GWh)	Toplotne izgube (v %)
2008	1.419,8	1.231,7	Ni podatka
2009	1.406,2	1.210,2	Ni podatka
2010	1.520,6	1.292,0	Ni podatka
2011	1.430,4	1.196,3	17,7
2012	1.351,1	1.135,6	17,4
2013	1.345,1	1.163,8	14,5
2014	1.149,5	964,9	17,9
2015	1.258,1	1.108,1	12,8
2016	1.304,7	1.166,5	12,2
2017	1.343,6	1.183,4	13,5

Vir: Energetika Ljubljana (2011), Energetika Ljubljana (2014) in Energetika Ljubljana (2018).

V tabeli 1 je predstavljena primerjava količin proizvedene in prodane toplote od leta 2008 do leta 2017. Iz tabele je razvidno, da količina tako proizvedene kot prodane toplote od leta 2008 do leta 2014 pada, po letu 2014 pa je opazen naraščajoči trend količin. Pri toplotnih izgubah na vročevodnem omrežju lahko opazimo, da se odstotek neprodanih količin glede na proizvedene količine toplote skozi leta znižuje. Podatki o toplotnih izgubah so pridobljeni iz letnih poročil Energetike Ljubljana. S ciljem visoke zanesljivosti obratovanja distribucijskega omrežja daljinskega ogrevanja v enoti TE-TOL opravljajo stalne preglede vročevodnega in parovodnega omrežja. Vsako leto zaznajo in odpravijo številne poškodbe. V letu 2017 so obnovili 4,3 km vročevodnega omrežja.

Od leta 2008 do leta 2017 se je dolžina vročevodnega omrežja podaljšala za 28,4 km oziroma za 11 %. Z daljšanjem in širjenjem omrežja daljinskega ogrevanja so dobili dostop tudi novi odjemalci, zaradi česar se je v obdobju zadnjih desetih let močno povečalo tudi število priključenih toplotnih števecv. Od leta 2008 je zabeleženih 1.491 novo priključenih števecv, kar predstavlja slabo tretjino vseh priključenih toplotnih števecv do konca leta 2017. Medtem ko lahko tako pri dolžini vročevodnega omrežja kot pri številu priključenih toplotnih števecv od leta 2008 opazimo naraščajoči trend, pa je pri dolžini parovodnega omrežja in številu priključenih parnih števecv moč opaziti upadanje. Dolžina omrežja se je skrajšala za 1,1 km oziroma za 10 %, od leta 2008 pa je šest priključenih parnih števecv manj. Lastnosti vročevodnega in parovodnega omrežja so predstavljene v tabeli 2.

Tabela 2: Lastnosti cevne območja

Leto	Dolžina vročevodnega omrežja (v km)	Število priključenih toplotnih števecv	Dolžina parovodnega omrežja (v km)	Število priključenih parnih števecv
2008	241,3	3.361	10,8	25
2009	246,5	3.547	10,7	25
2010	252,9	3.720	10,7	24
2011	257,3	3.795	10,6	24
2012	259,0	3.908	10,6	23
2013	260,0	3.979	10,6	23
2014	260,8	4.714	10,5	21
2015	267,2	4.765	10,0	19
2016	268,6	4.797	9,7	19
2017	269,7	4.852	9,7	19

Vir: Energetika Ljubljana (2011), Energetika Ljubljana (2014) in Energetika Ljubljana (2018).

1.2 Odjemalci toplote daljinskega ogrevanja

Odjemalci toplote daljinskega ogrevanja so lahko vsi tisti, ki imajo omogočen dostop in priključke do omrežja daljinskega ogrevanja. Mreža v Ljubljani je močno razvejana predvsem v osrednjem delu mesta. Odjemalcem predstavlja udoben, priročen in energetsko učinkovit način ogrevanja, za katerega ne potrebujejo lastnega proizvodnega vira ogrevanja, kot so toplotne črpalke in drugo. Tam, kjer je objektom omogočeno daljinsko ogrevanje, je le-to tudi cenovno najugodnejša in najenostavnejša oblika ogrevanja. Odjemalci se o izbiri ogrevalnega sistema odločajo sami. Poleg lokacije in lokalnih energetskih predpisov pa na izbiro ogrevalnega sistema vpliva tudi objekt, in sicer je to lahko novogradnja ali starejši objekt, enodružinska hiša ali večstanovanjski objekt, nizkoenergijska ali pasivna hiša ali drugi.

Sistem daljinskega ogrevanja oskrbuje 57.000 stanovanj ter poslovne, industrijske in druge objekte. V Energetiki Ljubljana pa stremijo k priključitvam novo zgrajenih objektov in novim priključitvam že obstoječih objektov, ki še niso priključeni na obstoječe vročevodno omrežje. Širjenja omrežja v MOL nimajo v planu, razen v primerih večjih novogradenj na obrobju, kjer bo to dopuščalo že obstoječe omrežje (Energetika Ljubljana, 2017).

2 TRG PREMOGA V SLOVENIJI IN EVROPSKI UNIJI

Premog je najpomembnejši energetski vir za proizvodnjo električne energije in daljinske toplote. Njegova uporaba za proizvodnjo je lahko neprekinjena in samostojna ter ni odvisna od vetra, sonca ali drugih oblik obnovljive energije. Premog je kot vir energije prisoten že od začetka industrijske revolucije, zato je tehnologija dobro razvita. Je dobro gorljiv že pri nizkih temperaturah in ima večji energijski potencial v primerjavi z drugimi fosilnimi gorivi, kot sta nafta in plin. Njegova uporaba pa ima tudi slabosti. Največja slabost so njegovi stranski produkti in posledice pri zgorevanju. Ogljikov dioksid in dim močno onesnažujeta okolje ter posledično pripomoreta k nastajanju pojava tople grede. To pa je tudi največji razlog za vse ostrejšje zakonske ureditve uporabe premoga (Dervarič, Medved & Klenovšek, 2009).

Glavni regulatorji trga energentov in posledično premoga v Sloveniji so Agencija za energijo, Energetski zakon in Energetski koncept Slovenije. Kot člani EU pa moramo upoštevati tudi skupno energetsko politiko EU in Direktivo 2010/75 EU, ki določa in omejuje uporabo premoga predvsem zaradi emisij in onesnaževanja okolja.

2.1 Agencija za energijo

Agencija za energijo je regulator energetskega trga v Sloveniji. Prvenstvena naloga agencije je neodvisno in pregledno zagotavljanje enakopravnega položaja vseh deležnikov na

energetskem trgu. Agencija prav tako pripravlja in usklajuje lokalno zakonodajo z direktivami in uredbami EU (Agencija za energijo, 2014b).

Z vstopom Slovenije v EU se je pojavila potreba po vključitvi v evropski sistem enotnega trga, kar zajema tudi poenotenje na tem področju. Na temeljnih načelih EU, ki predvidevajo prost pretok ljudi, blaga in kapitala, je tudi v Sloveniji prišlo do liberalizacije energetskega trga. Naloga Agencije za energijo je, da z jasno določenimi pravili kultivira razvoj konkurence na tem področju (Agencija za energijo, 2014a).

Od ustanovitve leta 2001 agencija deli svoja tri temeljna izhodišča z evropsko in državno energetske politiko na: spodbujanje zanesljivosti oskrbe z energijo, vzpostavitev konkurenčnega skupnega energetskega trga in boj proti podnebnim spremembam. Z namenom ohranjanja neodvisnosti pri zasledovanju teh ciljev regulator svojo politično in finančno neodvisnost ohranja s tem, da svoje delovanje financira iz sredstev omrežnine (Agencija za energijo, 2014b).

Specifične naloge in področja, ki jih Agencija za energijo (2014c) izvaja in nadzoruje, so:

- varovanje pravic odjemalcev energije,
- optimalna raba energije,
- nadzor toplote in ostalih energetskih plinov,
- spodbujanje sproizvodnje in proizvodnje iz obnovljivih virov,
- reguliranje dejavnosti v omrežju (ekonomsko reguliranje operaterjev sistemov zemeljskega plina in električne energije),
- nadzor nad delovanjem trga z zemeljskim plinom in električno energijo,
- dajanje soglasij k splošnim aktom,
- nadzor nad zakonitostjo dela izvajalcev in
- zagotavljanje zanesljive oskrbe z zemeljskim plinom.

2.2 Energetski zakon in Akt o metodologiji oblikovanja cene toplote

Energetski zakon (EZ-1), Ur.l. RS, št. 27/2007-UPB2, 17/14, je z uvedbo 22. marca 2014 prinesel veliko sprememb in novosti na področju rabe obnovljivih virov energije in energetske učinkovitosti. Za osnovni razvojni dokument je vzpostavil Energetski koncept Slovenije (v nadaljevanju EKS), ki je nadomestil dotedanji Nacionalni energetski program. Z njim so po novem določeni cilji zanesljive oskrbe z energijo, trajne naravnosti in večje konkurenčnosti za naslednjih 20 let in okvirno še za naslednjih 40 let na področju energetske oskrbe (Agencija za energijo, 2014d).

Zakon za vsako lokalno skupnost predvideva sprejem Lokalnega energetskega koncepta (v nadaljevanju LEK), če ga še nima. Na tej podlagi se namreč načrtujejo razvoj lokalnih energetskih gospodarskih javnih služb, prostorska umestitev energetskih objektov, uporaba obnovljivih virov energije, učinkovitejša poraba in izboljšanje kakovosti okolja zadevne

lokalne skupnosti. Lokalna skupnost je dolžna svoj prostorski načrt usklajevati z LEK ter skrbeti za obvezno strokovno podlago za pripravo vseh prostorskih načrtov. Lokalne skupnosti lahko za izvajanje EZ-1 ustanovijo tudi energetske organizacije (agencije), ki izvajajo te obveznosti. Omenjene organizacije lahko v javnem interesu izvajajo naslednje naloge: vodenje in izvajanje mednarodnih projektov na področju učinkovite rabe energije in uporabe obnovljivih virov energije, pripravo in izvajanje energetskih konceptov v lokalnem okolju, naloge, povezane z izvajanjem in vzpostavitvijo sistema upravljanja z energijo (Energetska agencija za Podravje, brez datuma).

Prav tako je EZ-1 v nacionalni pravni red prenesel vrsto evropskih odločb in spodbud. Te urejajo kopico področij, od opremljenosti bencinskih servisov in polnilnih mest za električna vozila do spodbujanja uporabe obnovljivih virov energije in instrumentov spodbud za uvajanje naprav, ki optimizirajo stroške porabe energije. EZ-1 je sestavljen iz dvanajstih delov, v katerih ureja splošne določbe, področje električne energije, zemeljskih plinov, toplote in drugih izključenih energetskih plinov iz distribucijskih sistemov, energetska učinkovitost in obnovljive vire energije, Agencijo za energijo, inšpekcijski nadzor, energetska infrastrukturo, transport ogljikovega dioksida, kazenske, prehodne, končne in druge skupne določbe (Agencija za energijo, 2014d).

V skladu z EZ-1 se oblikuje tudi cena toplote za daljinsko ogrevanje, ki se določa v dveh primerih: če skupna nazivna moč priključenih odjemalcev na distribucijski sistem dosega 500 kW ali več oziroma če distributer izvaja gospodarsko javno službo (kar je obveznost, če distributer oskrbuje več kot 100 gospodinjskih odjemalcev). Analiziranje in spremljanje gibanja cen, pripravo predpisov in izvajanje ukrepov za kontrolo cene opravlja ministrstvo, pristojno za kontrolo cen. Obenem spremljajo te cene in cene energentov v lokalni distribuciji tudi upravne enote. Ugotovljene trende spreminjanja cen upravne enote sproti sporočajo ministrstvu (Agencija za energijo, 2014e).

Metodologijo za regulacijo cen za daljinsko ogrevanje opredeljuje Akt o metodologiji za oblikovanje cene toplote za daljinsko ogrevanje in določa (Agencija za energijo, 2014f):

- način, kako se oblikuje izhodiščna cena, in razloge za njeno spreminjanje,
- elemente izhodiščne cene, ki je sestavljena iz fiksne in variabilnega dela,
- vrste in merila za določanje upravičenih stroškov,
- vrste podatkov, format in metodo sporočanja podatkov, potrebnih za določanje izhodiščne cene in upravičenih stroškov, in
- mehanizem oziroma merila za prilagoditev posameznih sestavnih delov izhodiščne cene spremembam upravičenih stroškov.

Izhodiščne cene toplote se razlikujejo glede na to, ali distributer proizvaja toploto sam ali ne. V primeru, da distributer proizvaja toploto, se tudi stroški proizvodnje ločijo na variabilni in fiksni del. Delitev stroškov proizvodnje je predstavljena v 5. členu Akta o metodologiji za oblikovanje cene toplote za daljinsko ogrevanje (Ur.l. RS, št. 27/2015). Variabilni del

zajema stroške nabavljene toplote ali energentov, stroške energije za obratovanje naprav na distribucijskem sistemu, stroške medija za prenos toplote in stroške emisijskih kuponov (v primeru proizvodnje). Fiksni del cene pa predstavljajo stroški storitev, stroški dela, stroški vzdrževanja, amortizacija, odpisi vrednosti in drugi.

S pomočjo metodologije se določi način oblikovanja izhodiščne cene kot najvišje povprečne cene. Na njeni podlagi se v harmoniji z merili in mehanizmi iz metodologije oblikujejo cene toplote za daljinsko ogrevanje. Distributer lahko zaradi sprememb upravičenih stroškov uveljavi spremembo fiksnega ali variabilnega dela cene. Distributer mora vlogo za izdajo soglasja k izhodiščni ceni pred začetkom opravljanja dejavnosti posredovati Agenciji za energijo.

2.3 Energetski koncept Slovenije

Energetski koncept Slovenije je dokument, ki podaja vizijo in usmeritve energetske politike Slovenije v prihodnosti. V njem so določeni strateški cilji do leta 2030 in okvirni cilji do leta 2050 za trajnostno, konkurenčno in zanesljivo oskrbo z energijo. EKS predvideva močan trend uvajanja obnovljivih virov, postopno razogljichenje družbe, vlaganje v zmanjšanje rabe energije ter učinkovitejšo rabo tako na ravni končnih odjemalcev kot samih energetskih sistemov in storitev (Ministrstvo za infrastrukturo, brez datuma).

Cilji EKS so (Ministrstvo za infrastrukturo, 2018):

- podnebna trajnost; porabljanje naravnih virov počasneje ali enako hitro, kot se obnovljajo, omejitev zvišanja povprečne svetovne temperature v skladu s Pariško pogodbo, zmanjšanje izpustov toplogrednih plinov skladno s sklepi Evropskega sveta;
- zanesljivost oskrbe; razpršitev virov energije in hranilnikov energije, prepletenost dobavnih poti in virov v regiji, dovolj zmogljiva in ustrezno vzdrževana omrežja;
- konkurenčnost oskrbe; zagotavljanje ravnotežja med kakovostjo oskrbe in stroški zanjo;
- zmanjšanje emisij toplogrednih plinov za 80 % do leta 2050 glede na leto 1990 na ravni EU. Konkretno oblike ukrepov in načrti bodo zapisani v Državnem energetsko podnebnem načrtu, ki bo združil obstoječe akcijske načrte po posameznih področjih.

Za doseganje ciljev so v EKS predstavljeni ukrepi, med katerimi so za daljinsko ogrevanje pomembni predvsem tisti, vezani na energetsko oskrbo naprednih mest in skupnosti, energetski trg in deležniki ter energetska omrežja. Energetska oskrba naprednih mest in skupnosti bo z aktivnejšo udeležbo državljanov pri načrtovanju in izvedbi upravljanja energetske oskrbe pomagala izboljšati distribucijo energije na lokalni ravni ter jih tudi vključevala v sistem kot proizvajalce energije. Cilji so optimizacija javnih gospodarskih služb, čim bolj učinkovito uvajanje novih vlog drugih deležnikov (zadruge, posamezniki ipd.) ter aktivacija odjemalcev, da postanejo aktivnejši uporabniki, ki sami optimizirajo svojo energetsko in finančno učinkovitost uporabe in dobave energije. Z uvajanjem novih storitev in novih virov energije se prilagaja tudi zakonodajni okvir. Obstoječa omrežja,

prenosne in distribucijske sisteme (plin, električna energija in daljinsko ogrevanje) je treba prilagoditi novim potrebam. Z ustrezno regulacijo se mora zagotoviti fleksibilnost za uvajanje novih tehnologij in naprednih sistemov upravljanja. Zaradi večje aktivacije končnih uporabnikov (toplotne črpalke, e-mobilnost ipd.) je tukaj največji poudarek na električnem energetskega sistemu. Ukrepi za doseganje ciljev EKS so predstavljeni v prilogi 1 (Ministrstvo za infrastrukturo, 2018).

V EKS je obravnavanih devet glavnih virov energije. Ti so: premog, zemeljski plin, naftni derivati, jedrska energija, vodna energija, termalna energija, vetrna energija, sončna energija in biomasa; podrobneje so predstavljeni v prilogi 2. V Sloveniji se bo uporaba premoga (lignit, rjavi in črni premog) postopoma ukinjala. Sorazmerno z uvajanjem obnovljivih virov energije bo preostanek premoga v uporabi samo še pri že obstoječih napravah do izteka njihove življenjske dobe. Uporaba se bo končala najpozneje do leta 2054, hitrejše prenehanje pa pomeni tudi manjše stroške emisijskih kuponov. Svetlo točko uvajanja obnovljivih virov predstavlja gozdnatost Slovenije. Uporaba lesne biomase za proizvodnjo toplote bo imela veliko pozitivnih učinkov tudi na slovensko gospodarstvo. Poleg večje zanesljivosti z oskrbo se z uporabo biomase poveča tudi ekonomika lesnopredelovalne verige. Izziv bo predstavljalo ustrezno zagotavljanje okoljskega standarda kurilnih naprav (Ministrstvo za infrastrukturo, 2018).

Ne glede na končno sestavo raznolike uporabe energijskih virov, ki jih bomo v prihodnje uporabljali, bo pri preobrazbi majhnega slovenskega elektroenergetskega sistema potrebna previdnost, da bo gradnja infrastrukture dolgoročno ohranjala sprejemljiv delež uvožene električne energije in s tem energetske neodvisnost Republike Slovenije.

Raba energije se v EKS deli na (Ministrstvo za infrastrukturo, 2018):

- promet: poleg elektrifikacije železniških prog je očiten preskok na vozila na električni, hibridni ali plinski pogon. Z vedno večjo rastjo deleža teh vozil bosta ključni nadgradnja in prilagoditev elektroenergetskega sistema in polnilne infrastrukture. S prednostnim uvajanjem električnih vozil in čim boljšimi pogoji zanje bomo zmanjšali odvisnost od uvoza goriv ter negativne učinke na zdravje in okolje, v katerem živimo;
- električna energija: čeprav se bo zaradi optimizacije energetske učinkovitosti poraba energije zmanjševala, bo delež električne energije naraščal na račun elektrifikacije prometa, ogrevanja (toplotne črpalke), hlajenja in industrijske porabe. V primerjavi s sosednjimi državami ima Slovenija razmeroma majhno porabo električne energije, ki jo lahko glede na potrebe tudi izvozi ali uvozi. Kljub temu se ocenjuje, da mora pokritost porabe električne energije s proizvodnjo v sami državi ostati na ravni 80 %. Vedno večji delež v tej proizvodnji bodo imele večje enote sončnih elektrarn, kar zmanjšuje specifične stroške investicij v distribucijsko omrežje;
- toplota: dve petini končne energije v Sloveniji se porabita za hlajenje in ogrevanje stavb (kar vključuje tudi industrijske procese). Z energetske učinkovitejšimi sistemi in povečano energetske učinkovitostjo stavb se bo ta delež do leta 2030 znižal na 30 %

(glede na leto 2005). Najpomembnejši prispevek pri tem bo imela uporaba toplotnih črpalk. Pri uporabi daljinskih sistemov ogrevanja se bo na območjih zgoščenih poselitev spodbujalo vključevanje lokalno odvečne toplote. Predvideva se tudi uporaba že zgrajenih plinovodnih omrežij v kombinaciji z metanom, zajetim na obnovljiv način.

Naslednjih nekaj desetletij bo slovensko energetiko zaznamovala povečana dinamika investiranja, ki bo v pretežni meri slonela na nizkoogljičnih energijskih virih ter optimalni proizvodnji, distribuciji in rabi energije. Začasno višji stroški v celotni proizvodni verigi bodo dolgoročno nadomestili previsoke emisije toplogrednih plinov in ostalih nečistoč ter obstoječi način delovanja preusmerili v bolj konkurenčno in trajnostno smer. Tako bomo tudi v Sloveniji zagotovili zanesljivost oskrbe energije, ki bo na vzdržen in okolju prijazen način zagotavljala gospodarsko rast in zaposlovanje globoko v prihodnost (Ministrstvo za infrastrukturo, 2018).

2.4 Skupna energetska politika EU

Evropa se na energetske področju sooča z izzivi visoke in nestabilne cene energije, premajhno diverzifikacijo virov, rastjo globalnih potreb po energiji, počasnim razvojem na področju energetske učinkovitosti, vse večjo odvisnostjo od uvoza ter z varnostno nestabilnostjo v državah proizvajalkah in tranzitnih državah. Namen skupne energetske politike EU je tvoriti ukrepe, ki bodo kljub tem izzivom povezali energetske trg, zagotovili zanesljivo oskrbo z energijo in vzpostavili trajnost energetskega sektorja (European Parliament, 2018).

Politika skupnih energetske ukrepov se izvaja na več pravnih podlagah, katerih osnova je 194. člen Pogodbe o delovanju Evropske unije. V sklopu tega najdemo posebne določbe o zanesljivosti oskrbe z energijo, o notranjem energetske trgu, o jedrski energiji, o premogu, o energetske omrežju ter o zunanji energetske politiki (European Parliament, 2018).

Energetska politika EU zasleduje pet glavnih ciljev (European Parliament, 2018):

- spodbuda inovacijam, konkurenčnosti in raziskavam,
- spodbuda varčevanju z energijo in energetske učinkovitosti,
- zagotavljanje zanesljive oskrbe z energijo v Uniji,
- zagotavljanje funkcionalnosti notranjega trga z energijo in vzajemna povezava energetske omrežij,
- povezanost ciljev na temo podnebnih sprememb ter spodbuda razvoju obnovljivih in novih virov energije.

V ta namen si je Evropski svet do leta 2030 zastavil uresničiti naslednje cilje: zmanjšati emisije in toplogredne pline za 40 % (glede na leto 1990), izboljšati energetske učinkovitost za vsaj 20 % in poskušati doseči 30 %, doseči vsaj 15 % vzajemne povezanosti elektroenergetske omrežij in povečati delež obnovljivih virov na 27 %. Pomembno vlogo

ima tudi Evropski parlament s pozivanjem k sledenju tem ukrepom in gojenju politične zavezanosti vseh članic za te spremembe ter s spodbujanjem Evropske komisije k zasledovanju ciljev, določenih za leto 2030. Obenem tudi podpira bolj raznoliko uporabo energijskih virov, diverzifikacijo dobavnih poti in povečanje plinsko-električnih povezav prek srednje in jugovzhodne Evrope (European Parliament, 2018).

2.5 Direktiva 2010/75/EU

Direktiva 2010/75/EU, ki sta jo 24. novembra 2010 sprejela Evropski parlament in Svet Evropske unije, nadomešča sedem preteklih direktiv s področja industrijskega onesnaževanja in določa ključne datume za uveljavitev njenih določil. Nova direktiva je združila in nadgradila zahteve preteklih direktiv, ki so se dotikale celovitega preprečevanja in nadzora onesnaževanja, direktive o emisijah v zrak iz velikih kurilnih naprav, direktive o sežiganju odpadkov, direktive hlapne organske snovi in treh direktiv o TiO₂. Za vse našteje naprave in izpuste se po novem zahteva pridobitev celovitega okoljskega dovoljenja (Gospodarska zbornica Slovenije, brez datuma).

Velik poudarek daje direktiva emisijskim vrednostim in njihovem postopnemu zniževanju, kar bo vodilo k uporabi vedno boljše tehnologije. Posamezne države morajo odstopanja od teh normativov upravičiti in podpreti z obrazložitvami. S tem se tudi izenačujejo pogoji, ki jih bodo morale izpolnjevati naprave po celotni EU.

Direktiva 2010/75/EU (Ur.l. EU, L 334) namenja veliko pozornosti varovanju podzemne vode in tal. Delovanje industrijskega obrata, ki proizvaja izpuste, ne sme škodovati kakovosti tal ali podtalnice. V primeru dejavnosti, ki vključuje izpust, uporabo ali proizvodnjo nevarnih snovi, mora upravljalec pripraviti poročilo o ničelnem stanju lokacije na dan izida ali obnovitve dovoljenja. Ob tem se zahteva tudi konsistentno spremljanje tal in podtalnice. Ob zaprtju lokacije mora upravljavec še pred zaprtjem ustvariti in podati končno poročilo o oceni stanja onesnaženja tal in podtalnice. Pri večjih odstopanjih je potrebna povrnitev v prvotno stanje. Samo okoljevarstveno dovoljenje mora biti dostopno tudi javnosti. Specificira tudi izvajanje inšpekcijskih pregledov. Okoljski inšpekcijski načrt mora zajeti vse obrate, se redno pregledovati in posodabljeni po potrebi. Načrt zajema tudi postopke za pripravo programov za izredne in redne inšpekcijske preglede. Ne glede na vrsto obiska se po vsakem pripravi poročilo, ki zajema ključne ugotovitve o ujemanju samega obrata s pogoji dovoljenja. Skladno z naravo teh ugotovitev so predvidene tudi ugotovitve pregleda ali nadaljnje ukrepanje. Tri mesece po obisku se tudi javnosti omogoči dostop do končnega poročila inšpekcijskega pregleda.

Nova direktiva predvideva tudi konstantno obnavljanje dovoljenja ob nadaljnjih spremembah zakonodaje ali tehnoloških spremembah. Na ta način se nadaljuje usmerjanje pozornosti k zniževanju okoljskih vplivov, kar posledično poganja tehnološki razvoj (Gospodarska zbornica Slovenije, brez datuma).

2.6 Oblikovanje cene premoga na svetovnem trgu

Svetovna poraba premoga raste in kljub vse večjemu deležu in rasti alternativnih virov energije premog po porabi še vedno ostaja najpogostejše fosilno gorivo. Zmanjševanje porabe v Severni Ameriki in Evropi nadomešča skokovita rast v Indiji in na Kitajskem, kjer letno porabijo približno polovico vsega premoga (International Energy Agency, 2017).

Ceno premoga na svetovnem trgu poleg povpraševanja po njem določa tudi vrsta drugih dejavnikov. Vrednost premoga determinirata delež vsebnosti in vrsta ogljika. Posledično višja kurilna vrednost poveča vrednost premoga. Na ta način ločimo štiri vrste premoga, in sicer lignit, rjavi premog, črni premog in antracit. Kopanje premoga na površju olajša dostop in predelavo premoga, zato je ta načeloma cenejši. Slednje se spreminja glede na vrsto in obseg zemeljskih slojev in kamnin, ki prekrivajo premog. Če se premog koplje v podzemnih rudnikih, to posledično poveča kompleksnost in ceno izkopa rudnine (Energy Information Administration, 2017).

Ob gorenju premoga je stranski produkt med drugimi nečistočami tudi žveplov dioksid (SO_2). Kombinacija vlage v atmosferi in SO_2 povzroča kisli dež, ki resno degradira okolje, v katerem je prisoten. Zaradi vedno večje zakonske regulacije glede izpustov in omejitev onesnaženja premog z manjšo vsebnostjo žvepla dosega višje cene na trgu (Energy Information Administration, 2017).

Velik delež cene premoga po izkopu predstavljajo stroški transporta. Večina premoga na svetu se do končnih porabnikov prestavi s pomočjo vlakovnih kompozicij, ladijskega transporta, tovornjakov ali kombinacije vseh treh. Ker vsi naštetih za delovanje uporabljajo dizelsko gorivo, je cena premoga tesno povezana s ceno dizelskega goriva. V letu 2015 je bila povprečna prodajna cena tone premoga v Združenih državah Amerike 32,83 USD, povprečna cena dostavljene tone energetskemu sektorju pa 42,58 USD. Sam strošek transporta tako predstavlja približno četrtnino končne cene premoga (Energy Information Administration, 2017).

Dolgoročnejšo predvidljivost cene porabniki in dobavitelji med seboj usklajujejo s pomočjo terminskih pogodb. Z vnaprejšnjim dogovorom, za kakšno ceno in kdaj je nekdo pripravljen kupiti ali prodati premog, se minimizirajo cenovna nihanja. Na ta način tako kupci kot prodajalci lažje načrtujejo in optimizirajo svoje potrebe tudi med predvidenimi sezonskimi cikli ali ob nenačrtovanih spremembah cen pogonskih goriv za transport (Energy Information Administration, 2017).

2.7 Okoljska problematika in emisije

Premog predstavlja pomemben dejavnik pri obvladovanju okoljskih sprememb in našega soočanja z njimi. Zaradi njegove relativno nizke cene in obširnega vpliva na ekosistem nas

v prihodnosti čaka velik izziv nadomestiti premog z drugimi, ekološko sprejemljivejšimi in cenovno še vedno primerljivimi energenti.

Vpliv premoga na naravo se začne že pri ekstrakciji iz okolja. Pri površinskem rudarjenju je za dostop do depozitov premoga potreben premik velikih količin zemlje in ostalih sedimentov. Poleg očitnih geografskih sprememb na okolje to pomeni tudi postopen vpliv na bližnje naravne elemente in procese, ki tečejo v njem. Primer tega sta spremembi razlivanja deževnice in s tem pretočnosti bližnjih vodotokov. Pri podzemnem rudarjenju so ti vplivi manj intenzivni, a zaradi kompleksnejših procesov (miniranje, vrtanje, vgradnja in vzdrževanje infrastrukture, izvoz izkopa ipd.) nevarnejši in dražji (Energy Information Administration, 2018).

Poleg neposrednih vplivov rudarjenja je prisotno tudi posredno onesnaženje. Ventilirani plini se iz rudniških jaškov spuščajo v ozračje, stranski produkti čiščenja in sortiranja premoga se postopoma akumulirajo v bližini rudnikov, težke kovine, prej vezane v sediment, pridejo na površje in drugo. Kljub povečanim naporom za zmanjšanje teh vplivov in obveznosti proizvajalcev, da varujejo okolje, v ZDA že samo izkopavanje premoga predstavlja približno 10 % vseh emisij metana in približno 1 % vseh izpustov toplogrednih plinov v tej državi (Energy Information Administration, 2018).

Po končanem izkopu, obdelavi in transportu pride na vrsto velik delež onesnaževanja pri zažigu premoga. Pri gorenju premoga nastaja vrsta stranskih produktov, ki povzročajo širok razpon negativnih učinkov na okolje in zdravje ljudi, ki živijo v njem. Ti učinki so vremenske spremembe, povečanje verjetnosti respiratornih bolezni, bolezni srca in ožilja, formiranje smoga, izpust težkih kovin in povečanje količin radioaktivnih elementov v okolju. Poleg vsega tega je nevaren tudi končni odpadki v obliki pepela, ki mora biti zaradi visoke vsebnosti toksičnih substanc ponovno primerno in varno obdelan ter odstranjen (Energy Information Administration, 2018).

Za zmanjšanje vseh teh negativnih učinkov se na poti do uporabe čistejših energentov kot prehodna rešitev izkazuje uporaba lesne biomase ali zemeljskega plina. Slednji je namreč najčistejše fosilno gorivo z najmanjšo emisijo CO₂ pri zgorevanju. S konverzijo objektov za proizvodnjo energije s premoga na zemeljski plin se v okolje sicer še vedno izpuščajo nečistoče, a v bistveno manjšem in manj škodljivem obsegu kot pri zažigu premoga (Energy Information Administration, 2018).

Kljub zakonodajno-okoljskim pomislekom pri črpanju plina z metodo hidravličnega lomljenja kamnin se tudi tukaj ponuja dodatna rešitev v obliki bioplina. Kot proizvod anaerobnega vrenja organskih snovi lahko namreč postane del procesa recikliranja zelenih komunalnih odpadkov in biomase. S tehnološkim in infrastrukturnim optimiziranjem tega procesa bi lahko v prihodnosti ustvarjali nizkoogljični energent kar na račun uničevanja odpadkov (Energy Information Administration, 2018).

Energetika Ljubljana velja za okoljsko in energetska odgovorno družbo. Stalno se prilagaja okoljsko vedno ostrejšim zakonskim zahtevam. Visokim standardom sledi z investicijami, katerih glavni nameni so zniževati in preprečevati onesnaževanje, doseči učinkovitejšo rabo energije in zmanjšati rabo primarnih surovin (Energetika Ljubljana, 2018).

2.8 Analiza dejavnikov, ki vplivajo na porabo premoga

Poraba premoga za proizvodnjo je odvisna od dejavnikov, ki vplivajo na samo proizvodnjo toplote, in od dejavnikov, ki vplivajo na odločanje končnih odjemalcev glede povpraševanja po odjemu toplote. Pomembni dejavniki, ki vplivajo na prodajo toplote, so zakonske omejitve, gospodarski dejavniki (dohodek prebivalstva, rast prebivalstva, svetovno nihanje cen premoga in drugo), število odjemalcev, ukrepi odjemalcev za znižanje stroškov porabe energije, zamenjava vira energije toplote pri odjemalcih, planirane nove gradnje objektov s priključkom na omrežje daljinskega ogrevanja MOL in drugo. Količina proizvedene in prodane toplote pa je najbolj odvisna od zunanje temperature in s tem pogojenim številom dni v ogrevalni sezoni.

Na odjem toplote daljinskega ogrevanja vplivajo tako nadzorovani kot nenadzorovani dejavniki. Za TE-TOL je ključno, da te dejavnike prepozna in razume njihov vpliv na spremembo odjema toplote ter se jim prilagaja. Poznavanje dejavnikov jim omogoča boljše predvidevanje povpraševanja in napovedovanje porabe primarnih energentov za proizvodnjo toplote.

Dejavniki, ki vplivajo na povpraševanje toplote in porabo premoga za proizvodnjo toplote daljinskega ogrevanja, so:

- Temperatura zraka in število dni v ogrevalni sezoni

Količini proizvedene in prodane toplote se skozi leto spreminjata, največje količine pa so se v zadnjih desetih letih pojavljale od novembra do marca. Sezonska nihanja oziroma ogrevalno sezono določa zunanja temperatura zraka, in sicer se kot prvi dan ogrevalne sezone šteje naslednji dan po treh zaporednih dnevih, ko je zunanja temperatura zraka po 21. uri nižja ali enaka $+12\text{ }^{\circ}\text{C}$. Zadnji dan ogrevalne sezone pa je tretji zaporedni dan, ko je zunanja temperatura zraka po 21. uri višja od $+12\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano, brez datuma). V letu 2017 so v enoti TE-TOL zabeležili 235 ogrevalnih dni, kar je šest ogrevalnih dni več kot v letu 2016, povprečna zunanja temperatura v ogrevalni sezoni pa je bila $6,91\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Energetika Ljubljana, 2018).

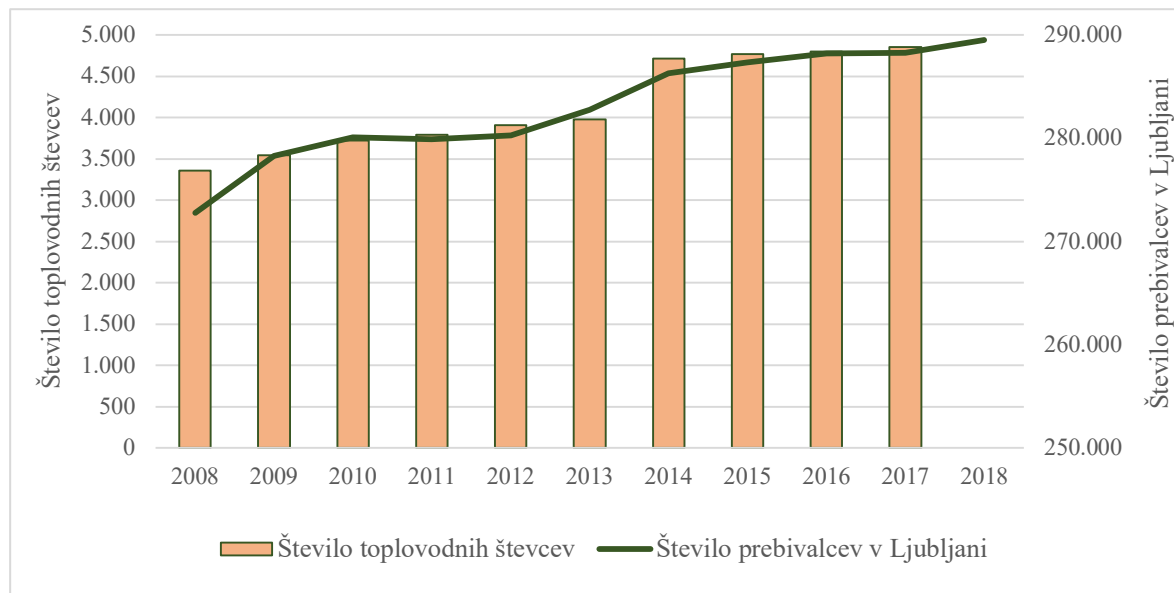
Povezanost spremenljivk, zunanje temperature in porabe premoga lahko opredelimo kot nelinearno in negativno. To pomeni, da se bo ob nižji zunanji temperaturi povpraševanje po toploti daljinskega ogrevanja povečalo in hkrati se bo povečala poraba premoga za proizvodnjo toplote in obratno (De Cian, Lanzi & Roson, 2007).

– Število odjemalcev in njihovo ravnanje

Število odjemalcev se z leti povečuje in vpliva na naraščajoči trend povpraševanja po toploti in porabe premoga za njeno proizvodnjo. Na naraščanje števila odjemalcev toplote vpliva več dejavnikov, med katere spadajo širjenje in obnova vročevodnega omrežja, izgradnja novih objektov z možnostjo priključka na omrežje TE-TOL in cena toplote. Prav cena toplote pa vpliva na odjemalčevo izbiro načina ogrevanja. Večinoma imajo odjemalci na izbiro več načinov ogrevanja objektov, vendar velja, da je način daljinskega ogrevanja cenovno najugodnejši za tiste, ki imajo omogočen dostop do vročevodnega omrežja.

Število potencialnih odjemalcev se povečuje s konstantno rastjo prebivalstva in zgoščevanjem prebivalstva v Ljubljani. Na sliki 1 je s krivuljo grafično ponazorjeno povečevanje števila prebivalcev v Ljubljani od leta 2008 do leta 2018. V Ljubljani je na dan 1. 7. 2008 živelo 272.770 prebivalcev vseh starosti, medtem ko so jih na dan 1. 7. 2018 zabeležili 289.518, kar je za 16.748 prebivalcev več kot na isti dan pred desetimi leti (SURs, brez datuma). Hkrati je na sliki grafično prikazan tudi naraščajoči trend števila priključenih toplovodnih števecov na omrežje daljinskega ogrevanja, kar je posledica konstantne rasti prebivalstva v Ljubljani in izgradnje novih objektov, z omogočeno priključitvijo na omrežje daljinskega ogrevanja.

Slika 1: Predstavitev potencialnih odjemalcev



Vir: Energetika Ljubljana (2011), Energetika Ljubljana (2014), Energetika Ljubljana (2018) in SURS (brez datuma).

– Skrb za zadovoljstvo strank

V zadnjih nekaj letih v Energetiki Ljubljana temeljito izboljšujejo odnose z uporabniki in javnostjo. Vzpostavili so celovito informacijsko podporo za upravljanje odnosov s

strankami. S povezanimi aktivnostmi ohranjajo in povečujejo obseg prodaje energije, povečujejo priključevanje objektov na vročevodno omrežje in krepijo zadovoljstvo uporabnikov. Številne prodajne akcije ohranjajo visoko raven zadovoljstva strank, še dodatne ugodnosti pa nudijo članom kluba Zvestoba ogreva. S sporočanjem pomembnih informacij na družabnih omrežjih in z mobilnim obveščanjem o delih na omrežju sledijo trendom tržne komunikacije. Vzpostavili so tudi spletni portal, preko katerega lahko stranke stalno spremljajo aktivnosti in pomembne informacije (Energetika Ljubljana, 2018).

– Souporaba lesne biomase

Poleg premoga se pri soproizvodnji električne energije in toplote od leta 2008 uporablja tudi lesna biomasa. V povprečju je razmerje med energentoma 90 % premoga in 10 % lesne biomase. Lesna biomasa se kot vir energije ne uporablja vse leto, ampak le takrat, ko je potreba po proizvodnji največja, in sicer v obdobju od oktobra do konec maja (Energetika Ljubljana, 2018).

– Nabavna cena premoga

Nabavna cena premoga je strošek energenta toplote oziroma en izmed elementov, ki predstavljajo variabilni del izhodiščne cene toplote za daljinsko ogrevanje. Prav to pa je tudi glavni razlog, da sem v analizo dejavnikov, ki vplivajo na porabo premoga dodala tudi analizo nabavne cene premoga.

Osnovo za izračun pogodbene nabavne cene premoga predstavljajo objavljene cene premoga – Newcastle Export Index (v nadaljevanju NEX), ki so izračunane na podlagi ponujenih cen s strani prodajalcev in kupcev na spletnem portalu. NEX predstavlja dogovorjeno ceno premoga, na podlagi katere sta prodajalec in kupec sklenila posel za dobavo premoga s FOB – pariteto, kar pomeni, da Energetika Ljubljana prevzame vse obveznosti in tveganja od trenutka, ko je premog naložen na ladjo. Indeks velja le za pacifiški trg premoga z nakladi v pristaniščih Newcastle in Queensland (IHS Markit, 2018). Energetika Ljubljana stalno spremlja uradno objavljene izvozne ocene cene premoga, saj je vrednost premoga eden od ključnih dejavnikov nabave surovine. V Energetiki Ljubljana vrednost indeksa za n pogodbeno leto izračunajo na dan 1.8. v letu $n-1$, kot povprečno vrednost tedenskih indeksov od 1.8. za leto $n-2$ do 31.7. za leto $n-1$. Kot primerjavo lahko izpostavim NEX vrednost cene premoga konec leta 2015, ko je znašal 52,28 USD na tono premoga, konec leta 2016 je znašal 94,84 USD in 105,28 USD konec leta 2017. Opazimo lahko naraščajoči trend vrednosti tone premoga (Energetika Ljubljana, 2018).

Pri nakupu premoga je Energetika Ljubljana izpostavljena valutnemu tveganju, vezanemu na tečaj ameriškega dolarja. Pri nakupu premoga družba sklepa z banko valutne terminske pogodbe, v katerih se dogovorita o količini kupljenih ameriških dolarjih ob zapadlosti obveznosti za premog po podjetniškem prodajnem tečaju iz posameznega računa dobave premoga (Energetika Ljubljana, 2018).

3 NAPOVEDOVANJE

Z napovedovanjem, torej z ocenjevanjem prihodnjih dogodkov, se na dnevni ravni srečuje vsak od nas in na različnih področjih. Tako kot posamezniki se tudi podjetja srečujejo z napovedovanjem vsak dan. Napovedovanje prodaje oziroma proizvodnje je za podjetja pomembno z več vidikov, med katere spadajo tudi učinkovita uporaba sredstev in energentov, mogoči časovni odlogi pri pridobivanju sredstev, konstantno spremljanje zalog in porabe, ki pa vodita do prepoznavanja točke naročila (Chatfield, 2000).

Podjetja navadno prepoznajo, da dogajanja v preteklosti in trenutna dogajanja vplivajo tudi na prihodnost. Ravno zato osnovo napovedovanja predstavljajo prav ti dogodki, za katere je podjetje prepoznalo vplivnost na poslovanje. Bolj kot prisotnost teh dogodkov pa je pomembno razumevanje njihovega obstoja.

Gre za nadzorovane in nenadzorovane spremenljivke. Na slednje podjetje ne mora vplivati, lahko pa jih spremlja, analizira ter jih poskuša čim bolj razumeti. Med nenadzorovane zunanje dejavnike spadajo zakonodaja, gospodarstvo, konkurenca, potrošniki in drugo. Prav potrošniki pa so tisti, ki imajo glavno vlogo. Pomembno je prepoznati posamezne skupine končnih porabnikov in s tem ugotoviti, kateri dejavniki vplivajo na njihove odločitve, ter poiskati kritične točke. To je dinamično okolje, saj na odločanje porabnikov vpliva večje število spremenljivk. Te dogodke je treba prepoznati, analizirati ter oceniti, kolikšen je lahko njihov vpliv v prihodnosti. Največje izzive pri napovedovanju predstavljata prav negotovost in konstantno spreminjanje prihodnosti (Armstrong, 2001).

Podjetja naj bi zasledovala dva glavna cilja, ki ju povezujeta vsestransko doseganje in preseganje planov. Eden od ciljev je zmanjšati prisotne napake v napovedovanju oziroma izboljšati točnost in kakovost napovedi, ki ju merimo z merami natančnosti napovedovanja. Te nam povedo, kako dobro se napovedi ujemajo z dejanskimi podatki. Drugi cilj pa je prepoznati in razumeti dejavnike, ki so povzročili morebitna odstopanja dejanskega stanja od napovedi (Lavrih, 2005).

V praksi je mogoče opaziti, da je za napovedovanje in planiranje prodaje odgovorna ista oseba, kar se izkaže za napačen način izvajanja poslovnih funkcij napovedovanja in planiranja. V tem primeru se velikokrat le spremlja ujemanje napovedi in plana, kar pa ne poda realne točnosti napovedi (Lavrih, 2005).

Makridakis, Wheelwright in Hyndman (1998) so predstavili področja v podjetjih, pri katerih ima napovedovanje pomembno vlogo. Ta področja so:

- načrtovanje prodaje, proizvodnje, transporta, časa in drugega za učinkovito uporabo sredstev, kar posledično pripelje do napovedovanj potreb po surovinah, delu, delovni sili, proizvodih in drugega;

- pridobivanje virov in sredstev (delovna sila, oprema, finančna sredstva in drugo), ki navadno nudijo časovne odloge in imajo določen rok dobave. Napovedi potreb po virih in sredstvih to upošteva in hkrati zagotavlja pravočasno pridobitev;
- določanje zahtev po sredstvih na dolgi rok.

Za uspešno napovedovanje je pomembna naloga vsakega podjetja prepoznati in definirati izzive napovedi, poznati in razumeti uporabo različnih metod napovedovanja, določiti kriterije za izbiro primerne metode ter organizirati podporo za uporabo metod napovedovanja. Kljub temu moramo biti pozorni, da uspešno napovedovanje ni nujno vedno uporabno (Makridakis & Wheelwright, 1980).

3.1 Vrste napovedovanja

Napovedovanje se lahko deli na več načinov. Najpogostejši razdelitvi sta glede na časovno obdobje napovedovanja in glede na značilnosti podatkov, ki jih imamo na voljo.

Glede na časovno obdobje, napovedovanje delimo na (Ljubič, 2006):

- kratkoročno napovedovanje, ki zajema napovedi za obdobje, krajše od enega leta vnaprej,
- srednjeročno napovedovanje, ki zajema napovedi za obdobje med enim do treh let vnaprej,
- dolgoročno napovedovanje, ki zajema napovedi za obdobje, daljše od treh let v prihodnost.

Metode napovedovanja delimo na kvalitativne in kvantitativne metode. Kvalitativne metode napovedovanja se uporabljajo, kadar ni na voljo numeričnih podatkov iz preteklosti, na voljo pa je dovolj kvalitativnega znanja. Kvalitativne metode so ekspertna mnenja, metoda Delphi, analiza scenarija in analogija življenjskega cikla. Vse te metode temeljijo na relevantnih informacijah iz preteklosti, ki jih je mogoče z uporabo znanja in intuicije uporabiti za prihodnje napovedovanje (Ljubič, 2006).

Za uporabo kvantitativnih metod morajo biti izpolnjeni naslednji pogoji. Na voljo morajo biti informacije iz preteklosti, ki jih je mogoče predstaviti v obliki numeričnih podatkov, hkrati pa mora biti izpolnjena tudi predpostavka, da se bodo pretekli vzorci nadaljevali tudi v prihodnosti. Pri uporabi kvantitativnih metod moramo zagotoviti, da imamo na voljo zadostno število kvantitativnih informacij iz preteklosti, saj se za napovedi uporabljajo matematični modeli, kot so pojasnjevalni modeli in časovne vrste. Namen pojasnjevalnih modelov je raziskati povezave med odvisno in neodvisno spremenljivko ter jih uporabiti pri napovedovanju. Pojasnjevalni modeli namreč predpostavljajo, da spremenljivka, ki jo napovedujemo, opisuje pojasnjevalne odnose z eno ali več neodvisnih spremenljivk. Časovne vrste temeljijo na podatkih iz preteklosti. Cilj napovedovanja z uporabo časovnih vrst je prepoznati vzorce v preteklih podatkih ter jih ekstrapolirati v prihodnost.

Napovedovanje z uporabo metod časovnih vrst je enostavno, saj ne potrebujemo nobenih dodatnih podatkov, le podatke preteklih obdobj (Makridakis, Wheelwright & Hyndman, 1998).

V nadaljevanju bom podrobneje opisala le kvantitativne metode napovedovanja s pomočjo analize časovnih vrst.

3.2 Metode napovedovanja z uporabo časovnih vrst

Cilj metod napovedovanja z uporabo časovnih vrst je prepoznati vzorce iz preteklosti ter jih prenesti v napovedi za prihodnost. Napovedovanje torej temelji na analizi preteklih podatkov. Če se v preteklih podatkih prepozna kakšen izreden dogodek, ga je treba preučiti in upoštevati pri napovedih, če se ugotovi, da obstaja možnost, da se vzorec ponovi tudi v prihodnosti (Makridakis, Wheelwright & Hyndman, 1998).

Osnovni koraki napovedovanja po Makridakis, Wheelwright & Hyndman (1998) so:

- definicija problema: na začetku se moramo vprašati, kdo zahteva napoved in za kaj bo ta uporabljena. Pomembno je razumeti, s kakšnim problemom se srečuje podjetje ter kako bi metoda napovedovanja vplivala na njegovo poslovanje;
- zbiranje informacij: ključne informacije so tiste, ki so neposredno povezane s problemom. To so lahko statistični podatki, presoje in izkušnje zaposlenih, mnenja strokovnjakov ali druge relevantne informacije;
- predhodna analiza: z analizo želimo prepoznati čim več lastnosti in značilnosti problema, s katerim se srečujemo. Poiščemo najmanjše in največje vrednosti, izračunamo povprečje in druge številske značilnosti podatkov. V tem koraku sta nam v pomoč tudi dekompozicija časovne vrste in grafična predstavitev podatkov, pri kateri opazujemo prisotnost trenda, sezonskih nihanj in iregularne komponente. S pomočjo analize preteklih podatkov dobimo predstavo o časovni vrsti in ugotovimo, ali se vzorci skozi obdobja ponavljajo;
- izbira in preverjanje modelov: glede na ugotovljene lastnosti podatkov naredimo izbor metod napovedovanja, ki bodo obravnavale vse značilnosti časovne vrste. Na izbiro primerne metode vpliva več dejavnikov, med katere sodijo morebitna prisotnost trenda, sezonske in iregularne komponente, časovni interval razpoložljivih podatkov, časovni horizont napovedovanja (kratkoročno, srednjeročno, dolgoročno napovedovanje) in drugo. Primernost izbranih metod preverimo s statističnimi merami natančnosti napovedovanja oziroma napakami med dejanskimi podatki in izračunanimi napovedmi po izbranih metodah. Le-te med seboj primerjamo in izberemo metodo, pri kateri so napake najmanjše;
- uporaba in ovrednotenje modela: samo napovedovanje ni zaključeno z izdelavo napovedi za prihodnja obdobja, ampak šele po preteku določenega časa, ko lahko preverimo, kako se naše napovedi uresničujejo. Le tako lahko preverimo, ali je bila izbrana metoda resnično primerna in ali se lahko uporablja tudi v prihodnosti.

V nadaljevanju so predstavljene dekompozicija časovne vrste, naivno napovedovanje, metode povprečij in metode eksponentnega glajenja. Med metode povprečij spadajo metoda enostavnega povprečja, metoda drsečega povprečja in metoda tehtanih drsečih sredin. Med metode eksponentnega glajenja pa spadajo metoda enostavnega eksponentnega glajenja (SES), Holtova metoda dvojnega eksponentnega glajenja, aditivna Holt-Wintersova metoda, multiplikativna Holt-Wintersova metoda, modificirana Holt-Wintersova metoda in razširjena Holt-Wintersova metoda.

3.2.1 Dekompozicija časovne vrste

Tako pri analizi osnovnih podatkov kot pri napovedih je pomembno ločiti vzorec in napake. Z dekompozicijo časovnih vrst razčlenimo osnovni vzorec na komponento trenda oziroma ciklično komponento, sezonsko komponento in iregularno komponento. Iregularna komponenta oziroma napaka je izračunana kot razlika med dejanskimi podatki in obema komponentama (trenda in sezonskosti). Torej je z dekompozicijo časovne vrste mogoče razčleniti vrednosti na predhodno omenjene komponente in hkrati pridobiti napoved za posamezno komponento (Gaynor & Kirkpatrick, 1993).

Zapis opazovane vrednosti kot funkcije spremenljivk:

$$Y_t = f(S_t, T_t, E_t) \quad (1)$$

kjer so:

Y_t – opazovana vrednost v obdobju t

S_t – sezonska komponenta v obdobju t

T_t – trend oziroma ciklična komponenta v obdobju t

E_t – iregularna komponenta v obdobju t

Sezonska komponenta predstavlja nihanja podatkov v obdobju enega leta, ki se vsako leto ponovijo v istem obdobju, in se nanaša na periodične spremembe. Skozi leta naj bi bila nihanja enakih dolžin in podobnih amplitud. Trend in ciklična komponenta sta lahko padajoča, naraščajoča ali konstantna. Predstavljata osnovno smer razvoja in dolgoročno gibanje preučevanega pojava v obdobju, daljšem od enega leta. Iregularna komponenta predstavlja neponovljive in nepredvidljive dogodke, ki jih ni mogoče napovedati vnaprej. To so nekonstantni vplivi brez vzorca, ki so lahko enkratni in naključni. Enkratni vplivi so nepričakovani ter kratkotrajno in močno vplivajo na odstopanja v gibanju pojava. Naključni vplivi so vselej prisotni in povzročajo stalna nihanja (Rogelj, 2002).

Za vsako časovno vrsto skušamo najprej ugotoviti, katera oblika dekompozicije je primernejša. Poznamo aditivno in multiplikativno obliko dekompozicije.

Aditivna oblika:

$$Y_t = S_t + T_t + E_t \quad (2)$$

Multiplikativna oblika:

$$Y_t = S_t \times T_t \times E_t \quad (3)$$

Aditivna oblika dekompozicije časovne vrste se uporablja, kadar je sezonska komponenta skozi čas relativno konstantna, medtem ko je multiplikativna oblika dekompozicije primernejša za časovne vrste, pri katerih je sezonska komponenta proporcionalna trendu in skupaj z njim bodisi pada ali narašča (Gaynor & Kirkpatrick, 1993).

3.2.2 Naivno napovedovanje

Metoda naivnega napovedovanja je ena od najbolj enostavnih metod napovedovanja in jo lahko opredelimo kot napoved, ki je enaka vrednosti prejšnjega obdobja. Metoda temelji zgolj na preteklih podatkih, zato njihovo poznavanje zadostuje za njeno uporabo. Napovedi naivnega napovedovanja veljajo kot osnova za primerjavo napovedi drugih metod napovedovanja.

Za izračun napovedi po naivni metodi uporabimo enačbo:

$$F_{t+1} = Y_t \quad (4)$$

kjer sta:

F_{t+1} – napoved za prihodnje obdobje

Y_t – opazovana vrednost v obdobju t

Uporaba naivnega napovedovanja je priporočljiva pri stabilnih časovnih vrstah in ni primerna za tiste časovne vrste, ki vsebujejo trend ali sezonsko komponento. Prednosti naivne metode so v hitri in enostavni uporabi z nizkimi stroški. Dvom v točnost podatkov je upravičen, saj gre pri napovedovanju le za zamik vrednosti prehodnega obdobja (Ljubič, 2006).

3.2.3 Metoda enostavnega povprečja

To je enostavna metoda glajenja časovnih vrst, ki za izračun napovedi v prihodnjem obdobju uporabi povprečje vrednosti vseh preteklih obdobj:

$$F_{t+1} = \frac{1}{t} \sum_{i=1}^t Y_i \quad (5)$$

kjer so:

F_{t+1} – napoved za prihodnje obdobje

Y_i – opazovana vrednost v obdobju i

t – število obdobj, za katera so na voljo opazovane vrednosti

Metoda je primerna za časovne vrste, ki ne vsebujejo izrazite sezonske, ciklične in iregularne komponente. Slabost metode je vpliv starejših podatkov, morda ne najbolj relevantnih, na napoved, saj je izračun opravljen na podlagi vseh opazovanih obdobj (Ljubič, 2006).

3.2.4 Metoda drsečega povprečja

Tako kot metoda enostavnega povprečja tudi ta metoda obravnava le eno spremenljivko in je primerna za časovne vrste, ki ne vsebujejo sezonske komponente. Z metodo si pomagamo pri iskanju ocene trenda preučevanega pojava. Od metode enostavnega povprečja se razlikuje, saj pri izračunu napovedi upošteva povprečje vnaprej določenega, konstantnega števila podatkov. S tem se izognemo, da bi na napoved vplivali starejši podatki, zato pri izračunu uporabimo le najnovejše podatke:

$$F_{t+1} = \frac{1}{k} \sum_{i=t-k+1}^t Y_i \quad (6)$$

kjer so:

F_{t+1} – napoved za prihodnje obdobje

Y_i – opazovana vrednost v obdobju i

t – število obdobj, za katera so na voljo opazovane vrednosti

k – število obdobj, zajetih v drseče povprečje

Kot je razvidno iz enačbe (6), se je pri izračunu napovedi treba najprej odločiti, koliko zaporednih obdobj vključiti v povprečje. Pri tem je pomembno premisliti in na podlagi opazovanih vrednosti oceniti, koliko predhodnih obdobj je relevantnih za iskano napoved. Kot pove že ime metode, je to drseče povprečje, kar pomeni, da se za vsako naslednje povprečje izpusti najstarejši podatek in vključi novejši (Makridakis, Wheelwright & Hyndman, 1998).

Če želimo napovedati gibanje trenda, je za izračun priporočljivo izbrati višji red oziroma večje število zaporednih obdobj, saj s tem dosežemo bolj izravnano napoved ter se hkrati zmanjša variiranje spremenljivke. Ob glajenju z višjim redom zajamemo več podatkov, kar pomeni, da za nekaj prvih in zadnjih obdobj ne moremo izračunati povprečja. S pomočjo zniževanja reda lahko izračunamo vrednosti za zadnja obdobja in s tem izgubo podatkov. Za časovne vrste, ki vsebujejo sezonsko komponento, je priporočljivo izbrati glajenje s čim nižjim redom, saj se tako ognemo prevelikim razlikam od dejanskih podatkov (Ljubič, 2006).

3.2.5 Metoda tehtanih drsečih sredin

Metoda je zelo podobna metodi drsečih sredin, ki je nadgrajena s tem, da vsakemu podatku pripišemo utež, ki predstavlja vpliv podatka na iskano napoved.

$$F_{t+1} = \alpha_1 Y_t + \alpha_2 Y_{t-1} + \alpha_3 Y_{t-2} + \dots + \alpha_k Y_{t-k+1} \quad (7)$$

kjer je:

α_i – utež v i -tem obdobju

Uteži imajo vrednosti med 0 in 1 in so simetrične. Vsota vseh uteži ne sme presežati vrednosti 1. Predpostavimo, da imajo novejši podatki večje uteži, saj s tem poudarimo njihov vpliv na napoved, starejšim podatkom pa vpliv odzhamemo. Prav ta značilnost velja za prednost metode, saj se bo napoved bolj približala dejanski časovni vrsti. Kot slabost lahko izpostavimo izbiro posameznih uteži. Te moramo v večini primerov preveriti in uporabiti dodatne metode za preverjanje napak. Z dodatno programsko opremo lahko minimiziramo napake in za uteži poiščemo vrednosti, ki dajejo optimalne napovedi (Ljubič, 2006).

3.2.6 Metoda enostavnega eksponentnega glajenja

Metoda enostavnega eksponentnega glajenja (angl. simple exponential smoothing, v nadaljevanju SES) je primerna za napovedovanje pri časovnih vrstah, ki ne vsebujejo trenda in sezonske komponente. Metoda pri izračunu napovedi upošteva vse pretekle podatke časovne vrste. Kot pri prejšnji metodi dobi tudi pri tej metodi vsaka opazovana vrednost svojo utež. Metoda temelji na predpostavki, da imajo na napovedovanje večji vpliv novejši podatki. Pri izračunu napovedi uporabimo za utež parameter glajenja α , ki zavzame vrednost med 0 in 1. Če je vrednost α blizu vrednosti 0, bodo podatki zelo glajeni, če pa se približuje vrednosti 1, bodo napovedi sledile podatkom. Vrednost parametra glajenja ima tudi drugo interpretacijo, in sicer glede robnih vrednosti. Če je $\alpha = 0$, pomeni, da bodo napovedane vrednosti enake prvi napovedi in vsaka naslednja vrednost ne bo imela vpliva na napoved. Vrednost $\alpha = 1$ pa pomeni, da so napovedi, izračunane po metodi enostavnega eksponentnega glajenja, enake napovedim po metodi naivnega napovedovanja (Makridakis, Wheelwright & Hyndman, 1998).

Enačba (8) je sestavljena iz dveh delov, in sicer iz napovedi prejšnjega obdobja in iz utežene razlike med dejansko vrednostjo in napovedjo prejšnjega obdobja:

$$F_{t+1} = F_t + \alpha(Y_t - F_t) \quad (8)$$

kjer so:

F_{t+1} – napoved za prihodnje obdobje

F_t – napoved za obdobje t

Y_t – opazovana vrednost v obdobju t
 α – parameter glajenja

Kot inicializacijo za prvo napoved lahko vzamemo dejansko vrednost podatka iz prvega obdobja, $F_1 = Y_1$, ali pa povprečje prvih štirih ali petih vrednosti.

3.2.7 Holtova metoda

Holtova metoda ali metoda dvojnega eksponentnega glajenja je nadgradnja metode enostavnega eksponentnega glajenja, saj vsebuje dve enačbi glajenja in zato tudi dva parametra glajenja. Ta metoda je primerna za napovedovanje pojavov, ki vsebujejo trend in ne vsebujejo sezonskih gibanj.

Izračun napovedi poteka v več korakih (Makridakis, Wheelwright & Hyndman, 1998):

Ocena nivoja časovne vrste:

$$L_t = \alpha Y_t + (1 - \alpha)(L_{t-1} + b_{t-1}) \quad (9)$$

Ocena trenda:

$$b_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1} \quad (10)$$

Izračun napovedi:

$$F_{t+m} = L_t + b_t m \quad (11)$$

Za izračun začetnih vrednosti potrebujemo dve oceni, in sicer oceno nivoja časovne vrste, L_1 , in oceno trenda prvega obdobja b_1 , ki ju izračunamo kot:

$$L_1 = Y_1 \quad (12)$$

in

$$b_1 = Y_2 - Y_1 \quad (13)$$

ali

$$b_1 = \frac{Y_4 - Y_1}{3} \quad (14)$$

kjer so:

L_t – ocena nivoja časovne vrste v obdobju t

Y_t – opazovana vrednost v obdobju t

b_t – ocena trenda časovne vrste v obdobju t

α, β – parametra glajenja, ki zavzameta vrednosti med 0 in 1

F_{t+m} – napoved za m period vnaprej

Če je parameter α blizu vrednosti 0, bo sprememba v nivoju vrste majhna. Parameter β predstavlja hitrost odziva metode na spremembe trenda. Če so vrednosti β visoke, pomeni, da se metoda hitro odziva na spremembe trenda v časovni vrsti.

3.2.8 Holt-Wintersove metode

Pri vseh do sedaj opisanih metodah je njihova glavna pomanjkljivost neupoštevanje sezonskih nihanj, ki pa je odpravljena pri Holt-Wintersovih (v nadaljevanju HW) metodah. Le-te pri izračunu napovedi poleg trenda upoštevajo tudi sezonska gibanja časovne vrste. Poznamo aditivno, multiplikativno, modificirano in razširjeno Holt-Wintersovo metodo.

3.2.8.1 Aditivna Holt-Wintersova metoda

Aditivna Holt-Wintersova metoda (angl. additive Holt-Winters method, v nadaljevanju AHW) se uporablja, kadar sezonska gibanja v časovni vrsti ohranjajo konstantno amplitudo in skozi čas ne naraščajo. Izračuni so zelo podobni kot pri Holtovi metodi, le da je tu dodana še enačba za glajenje sezonske komponente.

Ocena nivoja časovne vrste:

$$L_t = \alpha(Y_t - S_{t-s}) + (1 - \alpha)(L_{t-1} + b_{t-1}) \quad (15)$$

Ocena trenda:

$$b_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1} \quad (16)$$

Ocena sezonske komponente:

$$S_t = \gamma(Y_t - L_t) + (1 - \gamma)S_{t-s} \quad (17)$$

Napoved izračunamo po naslednji enačbi:

$$F_{t+m} = L_t + b_t m + S_{t-s+m} \quad (18)$$

Pri čemer velja, da parametri α , β in γ zavzamejo vrednosti med 0 in 1.

Za inicializacijo uporabimo naslednje enačbe:

$$L_s = \frac{1}{s} (Y_1 + Y_2 + Y_3 + \dots + Y_s) \quad (19)$$

$$b_s = \frac{1}{s} \left(\frac{Y_{s+1} - Y_1}{s} + \frac{Y_{s+2} - Y_2}{s} + \frac{Y_{s+3} - Y_3}{s} + \dots + \frac{Y_{s+s} - Y_s}{s} \right) \quad (20)$$

$$S_1 = Y_1 - L_s, S_2 = Y_2 - L_s, \dots, S_s = Y_s - L_s \quad (21)$$

kjer so:

S_t – ocena sezonske komponente v obdobju t

s – dolžina sezone

γ – parameter glajenja

Vsota sezonskih indeksov v obdobju enega leta mora biti enaka 0 (Hyndman & Athanasopoulos, 2012).

3.2.8.2 Multiplikativna Holt-Wintersova metoda

Multiplikativna Holt-Wintersova metoda (angl. multiplicative Holt-Winters method, v nadaljevanju MHW) se uporablja pri napovedovanju časovnih vrst, pri katerih je sezonska komponenta proporcionalna trendu. Izračuni se od aditivne metode razlikujejo le v tem, da sezonski indeksi sedaj nastopajo v izrazih v obliki produkta ali količnika, namesto v obliki vsote ali razlike.

Ocena nivoja časovne vrste:

$$L_t = \alpha \frac{Y_t}{S_{t-s}} + (1 - \alpha)(L_{t-1} + b_{t-1}) \quad (22)$$

Ocena trenda:

$$b_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1} \quad (23)$$

Ocena sezonske komponente:

$$S_t = \gamma \frac{Y_t}{L_t} + (1 - \gamma)S_{t-s} \quad (24)$$

Napoved izračunamo po naslednji enačbi:

$$F_{t+m} = (L_t + b_t m)S_{t-s+m} \quad (25)$$

Pri čemer velja, da parametri α , β in γ zavzamejo vrednosti med 0 in 1.

Za inicializacijo uporabimo naslednje enačbe:

$$L_s = \frac{1}{s}(Y_1 + Y_2 + Y_3 + \dots + Y_s) \quad (26)$$

$$b_s = \frac{1}{s} \left(\frac{Y_{s+1} - Y_1}{s} + \frac{Y_{s+2} - Y_2}{s} + \frac{Y_{s+3} - Y_3}{s} + \dots + \frac{Y_{s+s} - Y_s}{s} \right) \quad (27)$$

$$S_1 = \frac{Y_1}{L_s}, S_2 = \frac{Y_2}{L_s}, \dots, S_s = \frac{Y_s}{L_s} \quad (28)$$

Multiplikativna Holt-Wintersova metoda ni primerna za časovne vrste, ki vsebujejo vrednosti 0, saj bi se v izrazih pojavilo deljenje z 0. Sezonska komponenta je pri tej metodi izražena v odstotkih, letni seštevek sezonskih indeksov pa mora biti enak dolžini sezone, s (Hyndman & Athanasopoulos, 2012).

3.2.8.3 Modificirana Holt-Wintersova metoda

Modificirana Holt-Wintersova metoda (angl. modified Holt-Winters method, v nadaljevanju MoHW) se od aditivne Holt-Wintersove metode razlikuje le v enačbi za nivo vrste, in sicer pri tej metodi parameter α gladi le opazovano vrednost, od katere pozneje odšteje sezonski indeks. Metoda je izpeljana iz aditivne Holt-Wintersove metode in je primerna za napovedovanje časovnih vrst, ki vsebujejo multiplikativni šum, ki s časom narašča (Ferbar Tratar, 2015).

Ocena nivoja časovne vrste:

$$L_t = \alpha Y_t - S_{t-s} + (1 - \alpha)(L_{t-1} + b_{t-1}) \quad (29)$$

Ocena trenda:

$$b_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1} \quad (30)$$

Ocena sezonske komponente:

$$S_t = \gamma(Y_t - L_t) + (1 - \gamma)S_{t-s} \quad (31)$$

Napoved izračunamo po naslednji enačbi:

$$F_{t+m} = L_t + b_t m + \frac{S_{t-s+m}}{\alpha} \quad (32)$$

Pri čemer velja, da parametri α , β in γ zavzemajo vrednosti med 0 in 1.

Inicializacija je enaka kot pri aditivni Holt-Wintersovi metodi.

3.2.8.4 Razširjena Holt-Wintersova metoda

Razširjena Holt-Wintersova metoda (angl. extended Holt-Winters method, v nadaljevanju EHW) je izpeljanka aditivne Holt-Wintersove metode napovedovanja in poznejše

modificirane metode. Modificirano Holt-Wintersovo metodo nadgradi z dodanim parametrom glajenja δ , ki pri izračunu nivoja vrste zgladi sezonski indeks, ki se odšteje od že zglajene opazovane vrednosti (Ferbar Tratar, 2015).

Ocena nivoja časovne vrste:

$$L_t = \alpha Y_t - \delta S_{t-s} + (1 - \alpha)(L_{t-1} + b_{t-1}) \quad (33)$$

Ocena trenda:

$$b_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1} \quad (34)$$

Ocena sezonske komponente:

$$S_t = \gamma(Y_t - L_t) + (1 - \gamma)S_{t-s} \quad (35)$$

Napoved izračunamo po naslednji enačbi:

$$F_{t+m} = L_t + b_t m + S_{t-s+m} \frac{\delta}{\alpha} \quad (36)$$

Pri čemer velja, da parametri α , β , γ in δ zavzamejo vrednosti med 0 in 1.

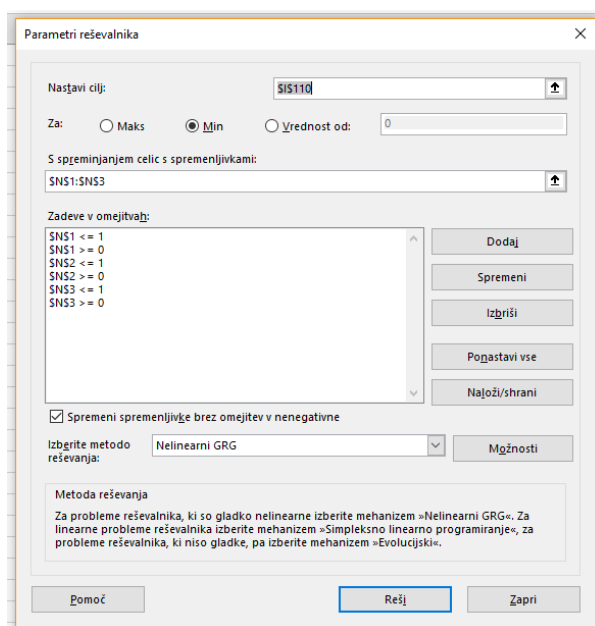
Inicializacija je enaka kot pri aditivni Holt-Wintersovi metodi.

Pri vseh štirih metodah (AHW, MHW, MoHW in EHW) si za optimizacijo vrednosti parametrov pomagamo z Reševalnikom, ki je dodatna programska oprema v Microsoft Excel.

Reševalnik se uporabi kot zadnji korak, ko že imamo izračunane vse vrednosti po zgoraj navedenih enačbah. Vse parametre glajenja na začetku postavimo na vrednost 0,5. Prav tako moramo predhodno izračunati tudi mere natančnosti napovedovanja, ki so predstavljene in opisane v naslednjem poglavju. Ob zagonu Reševalnika se nam prikaže pogovorno okno, kot ga lahko vidimo na sliki 2.

Najprej moramo v Reševalniku nastaviti cilj, za katerega izberemo celico, v kateri je izračunana povprečna napaka, ki jo želimo vključiti in uporabiti kot kriterij. Sledi korak, pri katerem povemo, da želimo zgoraj nastavljeni cilj minimizirati s spreminjanjem vrednosti celic, v katerih so zapisani parametri glajenja. V polje »zadeve v omejitvah« dodamo omejitve za vse parametre. Te nastavimo tako, da so vrednosti parametrov večje ali enake 0 in manjše ali enake 1. V zadnjem koraku za metodo reševanja izberemo »Nelinearni GRG« ter pritisnemo gumb »Reši«. Reševalnik nam torej z minimiziranjem izbrane kriterijske funkcije poišče optimalne vrednosti parametrov glajenja.

Slika 2: Reševalnik



Vir: Lastno delo.

3.2.9 Merjenje natančnosti napovedovanja

Natančnost oziroma točnost napovedi je navadno glavni kriterij za izbiro ustrezne metode napovedovanja, saj predstavlja ujemanje napovedi z dejanskim podatkom (Hyndman & Koehler, 2006). Napako, ki predstavlja razliko med dejansko vrednostjo časovne vrste in izračunano napovedjo v istem obdobju, izračunamo kot:

$$e_t = Y_t - F_t \quad (37)$$

kjer so:

e_t – napaka v obdobju t

Y_t – vrednost v obdobju t

F_t – vrednost napovedi v obdobju t

Med standardne statistične mere uvrščamo naslednje:

- povprečna napaka (angl. mean error, v nadaljevanju ME)

$$ME = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n e_t \quad (38)$$

Ker se negativne in pozitivne vrednosti napak med seboj odštejejo, ta mera ni najbolj primerna za primerjavo metod napovedovanja.

- povprečna absolutna napaka (angl. mean absolute error, v nadaljevanju MAE)

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |e_t| \quad (39)$$

Upošteva povprečje absolutnih vrednosti napak posameznega obdobja.

- povprečna kvadratna napaka (angl. mean squared error, v nadaljevanju MSE)

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n e_t^2 \quad (40)$$

Pri izračunu je treba najprej izračunati napake med napovedjo in dejanskimi podatki in jih kvadrirati. Vsoto kvadratov napak delimo s številom obdobj, za katere smo izračunali napake. Povprečna kvadratna napaka je ena od najpogosteje uporabljenih mer pri preverjanju natančnosti napovedovanja.

Vse zgoraj opisane mere, enačbe (38), (39) in (40), so odvisne in izražene v merskih enotah. Za razumevanje in interpretacijo so pogosto neprimerne, saj rezultatov ne moremo neposredno primerjati za različne časovne vrste (Ferbar Tratar, Mojškerč & Toman, 2016). To lastnost pa izboljšajo spodnje mere, enačbe (41), (42) in (43), saj gre za relativne vrednosti, izražene v odstotkih, kar pripomore pri neposrednem primerjanju in lažjem razumevanju rezultatov.

- relativna napaka (angl. percentage error, v nadaljevanju PE)

$$PE_t = \frac{Y_t - F_t}{Y_t} \times 100 \quad (41)$$

Predstavlja napako, izraženo v odstotkih.

- povprečna relativna napaka (angl. mean percentage error, v nadaljevanju MPE)

$$MPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n PE_t \quad (42)$$

- povprečna absolutna relativna napaka (angl. mean absolute percentage error v nadaljevanju MAPE)

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |PE_t| \quad (43)$$

Povprečna absolutna relativna napaka je v praksi pogosteje uporabljena kot povprečna kvadratna napaka, saj je primernejša za neposredno primerjavo različnih časovnih vrst (Ferbar Tratar & Strmčnik, 2016). Vendar pa je njena slabost ta, da je ne moremo izračunati v primeru obravnave časovnih vrst, ki vsebujejo vrednosti 0.

Kot relativna statistična mera za ocenjevanje kakovosti napovedi se v praksi velikokrat uporablja tudi Theilova U-statistika. Ta nam pove, ali so napovedi po izbrani metodi napovedovanja boljše, enake ali slabše v primerjavi z napovedovanjem po naivni metodi. Theilovo U-statistiko izračunamo s pomočjo enačbe (44).

$$U = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^{n-1} \left(\frac{F_{t+1} - Y_{t+1}}{Y_t}\right)^2}{\sum_{t=1}^{n-1} \left(\frac{Y_{t+1} - Y_t}{Y_t}\right)^2}} \quad (44)$$

Če je $U = 1$ pomeni, da izbrana metoda ponuja enako dobre napovedi kot naivna metoda. Če je vrednost U-statistike večja od 1 ($U > 1$), so napovedi naivne metode boljše kot napovedi metode, s katero primerjamo. Če pa je $U < 1$, je izbrana metoda, ki jo želimo vrednotiti, boljše od napovedovanja z naivno metodo. Bolj kot se vrednost U-statistike približuje vrednosti 0, boljše je napovedovanje (Ferbar Tratar & Strmčnik, 2016).

Da lahko metode napovedovanja med seboj primerjamo, podatke časovne vrste razdelimo v dve množici, in sicer v učno in testno množico. Učna množica se uporabi za učenje metode in prilagajanje napovedi k podatkom, medtem ko se za testno množico izračunajo napovedi za m period vnaprej s predhodno optimiziranimi vrednostmi parametrov. Dobljene mere natančnosti napovedovanja različnih metod nato primerjamo med seboj in izberemo najprimernejšo metodo. To je tista metoda, pri kateri je vrednost mere natančnosti napovedovanja najmanjša.

4 NAPOVED PORABE PREMOGA

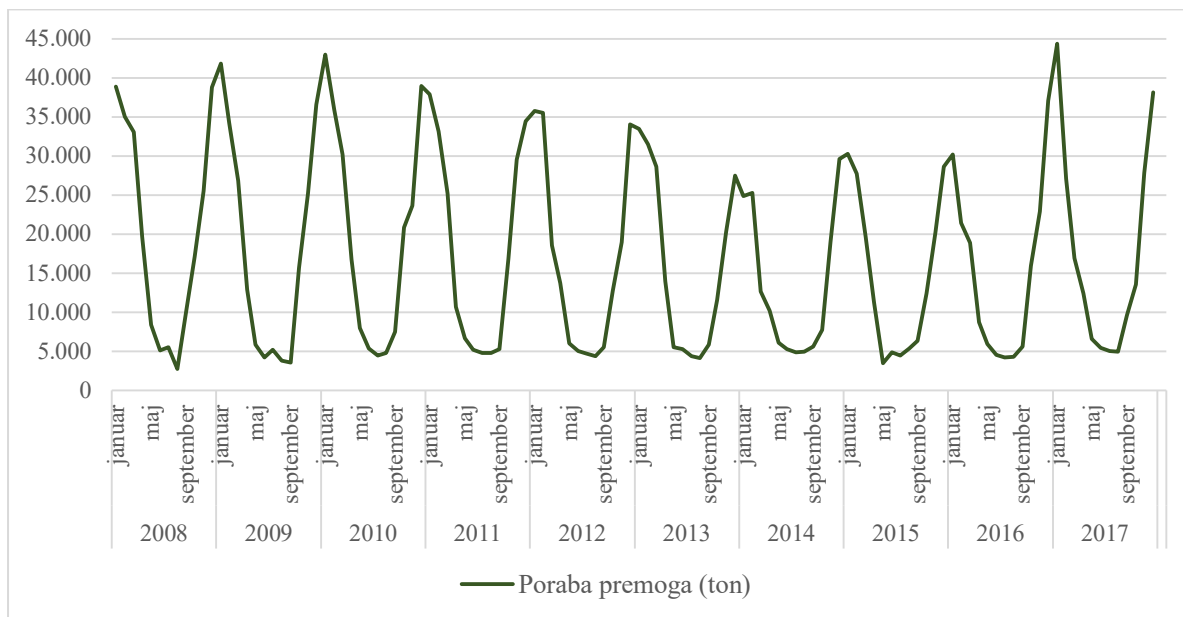
V tem poglavju sem uporabila opisane metode iz prejšnjega poglavja in jih preizkusila na realnih podatkih. V nadaljevanju sem analizirala razpoložljive podatke ter predstavila osnovne statistične mere. Nato sem iz podatkov razčlenila trend, sezonsko in iregularno komponento ter predstavila rezultate tako aditivne kot multiplikativne dekompozicije. V drugi polovici so prikazani rezultati SES, Holtove metode ter metod napovedovanja AHW, MHW, MoHW in EHW. Za vse metode sem izračunala mere natančnosti MSE in MAPE ter U-statistiko, tako za učno kot tudi za testno množico. Na podlagi mer natančnosti, izračunanih na testni množici, sem ugotovila, da je za napovedovanje porabe premoga za daljinsko ogrevanje najprimernejša multiplikativna Holt-Wintersova metoda. Z uporabo te metode sem napovedala porabo za leto 2018, ki je predstavljena v zadnjem delu poglavja.

4.1 Analiza razpoložljivih podatkov

Iz energetske analitske službe enote TE-TOL sem pridobila poročilo o mesečni proizvodnji, dobavi, potrošnji in zalogah goriv od januarja 2008 do konec leta 2017. Iz razpoložljivih podatkov sem izračunala vrednosti porabe goriv za proizvodnjo ogrevne toplote. Statistična enota je tona porabljenega premoga za proizvodnjo ogrevne toplote v enoti TE-TOL. Podatki

so strukturirani po mesecih, od januarja 2008 do vključno decembra 2017. Časovna vrsta je tako neprekinjena in v enakih časovnih intervalih. Podatke sem razdelila na učno in testno množico. Za učno množico sem uporabila podatke od leta 2010 do konca leta 2016. Podatki leta 2017 predstavljajo testno množico, kjer sem preverila, kako se izračunane napovedi ujemajo z dejanskimi podatki.

Slika 3: Poraba premoga za proizvodnjo daljinske toplote (v tonah)

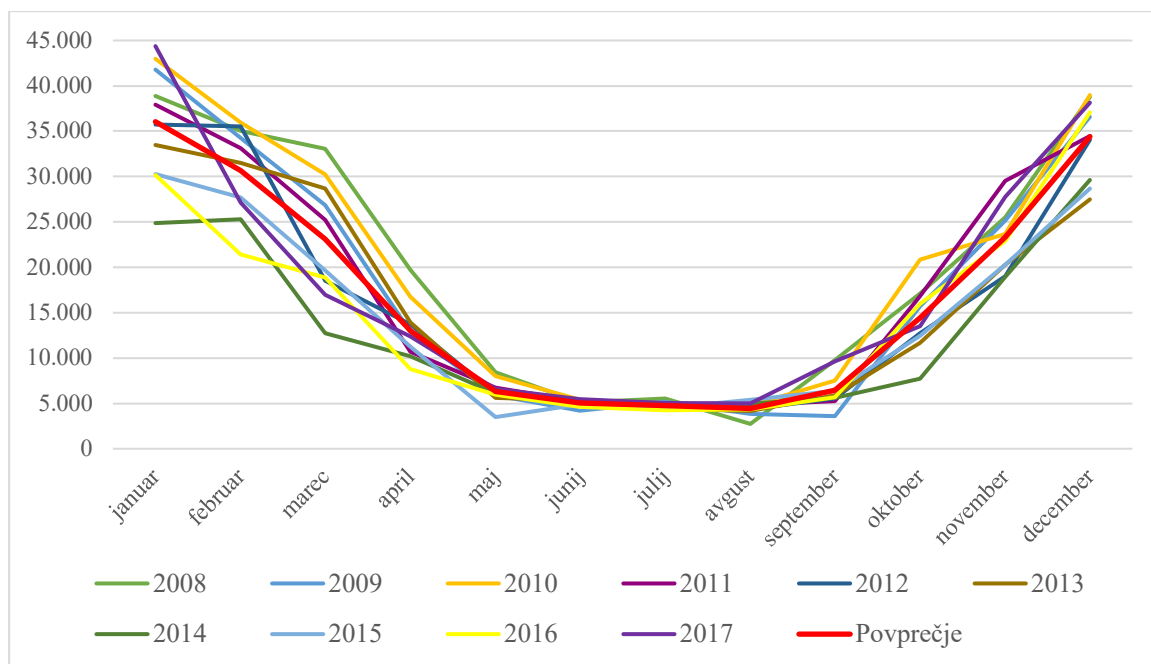


Vir: TE-TOL (brez datuma).

Na sliki 3 je predstavljen graf porabe premoga za daljinsko ogrevanje od leta 2008 do vključno leta 2017. Že na prvi pogled je mogoče opaziti, da se količine porabljenega premoga za proizvodnjo iz meseca v mesec močno razlikujejo. Največje količine porabljenega premoga se pojavijo na začetku oziroma na koncu koledarskega leta. Nihanja povzročata predvsem sezonskost, ki bo podrobneje obravnavana v naslednjem podpoglavju.

Na sliki 4 je predstavljena poraba premoga po posameznih letih. Iz grafa je razvidno, da se poraba posameznega meseca med leti zelo razlikuje. Opaziti je mogoče tudi, da so največje razlike v začetnih mesecih leta in proti koncu, medtem ko se količina porabljenega premoga v poletnih mesecih med leti ne razlikuje veliko. Največ ton premoga je bilo porabljenih januarja 2017, in sicer 44.378 ton, kar je skoraj 20.000 ton več, kot je bilo porabljenega leta 2014, ko je bilo porabljenih 24.837 ton premoga. Najmanj premoga je bilo porabljenega avgusta 2008, in sicer 2.734 ton. Z rdečo krivuljo je predstavljeno povprečje.

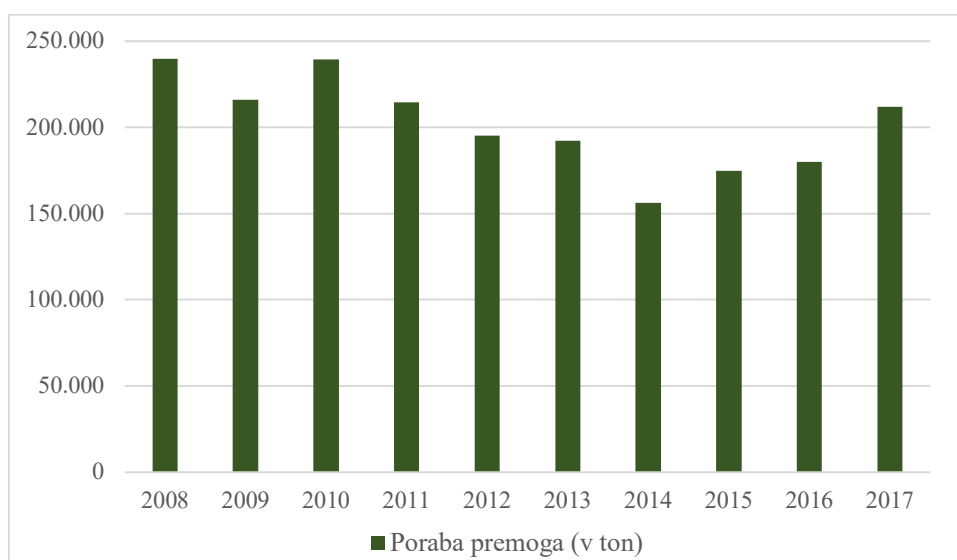
Slika 4: Poraba premoga po letih (v tonah)



Vir: TE-TOL (brez datuma).

Količina porabljenega premoga za proizvodnjo se ne spreminja samo mesečno, temveč so razlike opazne tudi v skupni količini ton premoga letno. V obravnavanem obdobju je bilo največ premoga porabljenega leta 2008, in sicer 239.706 ton, najmanj pa v letu 2014, ko je bilo za proizvodnjo toplote porabljenih 156.255 ton. Vsota letno porabljenih ton premoga za obravnavane podatke je predstavljena na sliki 5.

Slika 5: Vsota letno porabljenih ton premoga



Vir: TE-TOL (brez datuma).

Kot zanimivost lahko izpostavim leto 2014, ki je veljalo za leto rekordov na področju vremena. Pripisuje si mesto najtoplejšega leta od vsega začetka stalnih meteoroloških meritev, s katerimi so začeli v letu 1850. Začelo se je z razmeroma visokimi temperaturami v zimskih mesecih. Meseci januar, februar in marec so bili toplejši tudi za 4 °C ali več od dolgoletnega povprečja. Tudi april je veljal za »pretopel« mesec, vse do septembra pa so bile povprečne temperature zmerne in normalne glede na 30-letno obdobje. Za nadpovprečno tople mesece so veljali še oktober, november in december. Visoke temperature pripisujejo predvsem oblačnim nočem, saj se ozračje zato ni tako ohlajalo. V izjemnem letu niso zabeležili le visokih temperatur, temveč tudi nadpovprečne količine padavin (ARSO, brez datuma).

4.1.1 Osnovne statistične mere in mere variabilnosti

Tabela 3: Osnovne vrednosti

Osnovna vrednost	Vrednosti
\bar{Y}	16.834
Mediana	12.828
MAD	10.742
MSD	148.448.696
s^2	149.696.164
s	12.235

Vir: TE-TOL (brez datuma) in lastni izračuni.

V tabeli 3 so predstavljene osnovne statistične mere. Povprečna vrednost osnovnih podatkov znaša 16.834 ton, kar pomeni, da je povprečna mesečna poraba 16.834 ton premoga. Srednja vrednost oziroma mediana vseh podatkov je 12.828 ton, kar pomeni, da je ima 50 % podatkov večjo ali enako vrednost od 12.828 ton in 50 % podatkov manjšo ali enako vrednost. Povprečje absolutnih deviacij (angl. mean absolute deviation, v nadaljevanju MAD) predstavlja povprečje absolutnih odklonov vseh spremenljivk v časovni vrsti od povprečne vrednosti osnovnih podatkov in znaša 10.742. Povprečje kvadrata deviacij (angl. mean square deviation, v nadaljevanju MSD) je 148.448.696. Varianca (s^2) znaša 149.696.164, standardna deviacija oziroma standardni odklon pa 12.235 ton, kar predstavlja povprečno razpršenost podatkov okrog povprečne vrednosti.

4.1.2 Dekompozicija

Pri obdelavi podatkov je eden od prvih korakov dekompozicija podatkov. S pomočjo dekompozicije podatke razčlenimo na vzorec, ki ga predstavljata trend in sezonska komponenta, ter na napako, ki predstavlja iregularno komponento. Sprva sem naredila le

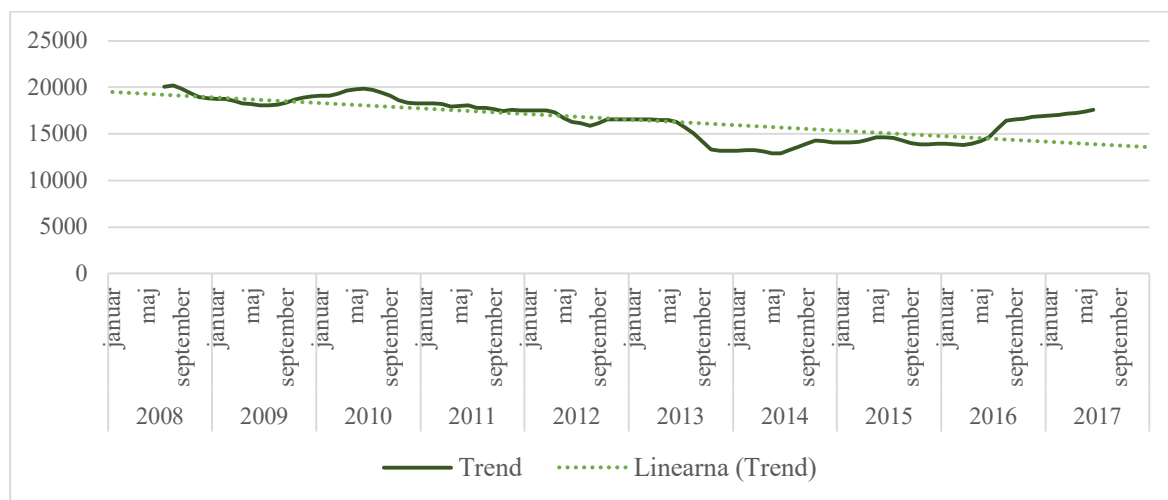
aditivno dekompozicijo, ki je grafično predstavljena na slikah 6, 7 in 8. Glede na dobljene rezultate različnih metod napovedovanja in končne izbire najprimernejše metode pa sem naknadno izračunala tudi multiplikativno dekompozicijo, ki je grafično predstavljena na slikah 9, 10 in 11.

– Aditivna dekompozicija

Pri dekompoziciji sem iz podatkov najprej s pomočjo metode drsečega povprečja (angl. moving average, v nadaljevanju MA) izločila trend. Za glajenje časovne vrste sem uporabila centrirano drseče povprečje reda 12, kar pomeni, da sem izračunala povprečje za 12 zaporednih obdobij po enačbi (6). Nato sem izračunala še centrirano drseče povprečje 2x12MA, ki je krivuljo še dodatno zgladilo in zmanjšalo vpliv variiranja spremenljivk.

Kot je razvidno iz grafa na sliki 6, gre za padajoči trend porabe premoga za proizvodnjo ogrevne toplote do leta 2015. Od leta 2008 do leta 2013 ni mogoče opaziti kakšnih posebnosti, v letu 2014 pa je viden kar precejšen padec. Kot sem že omenila, so bile v letu 2014 zabeležene višje temperature, zato je bilo porabljenih najmanj ton premoga. Od leta 2015 naprej je mogoče opaziti naraščajoči trend, kar je najverjetneje posledica hudega padca v letu 2014.

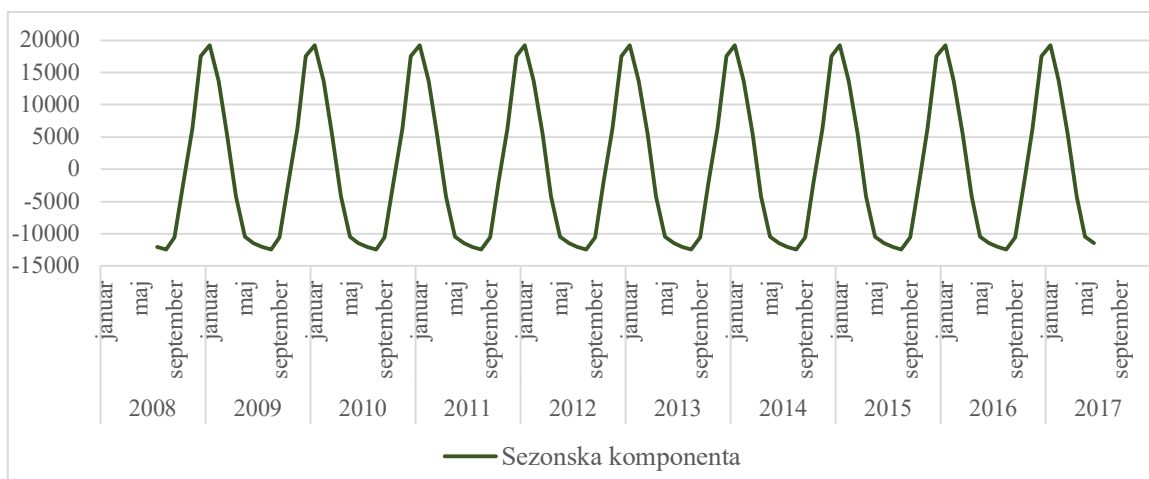
Slika 6: Trend pri aditivni dekompoziciji



Vir: TE-TOL (brez datuma) in lastni izračuni.

Iz podatkov sem nato izluščila sezonsko komponento, ki je zelo izrazita in je predstavljena na sliki 7. Sezonska komponenta predstavlja povprečje razlik porabe premoga in trenda za določen mesec v obravnavanem obdobju. Sezona največje porabe premoga traja od novembra do marca naslednjega leta, svoj vrh pa doseže januarja. Prav to je čas hladnejših temperatur in s tem tudi obdobje ogrevalne sezone. V času, ko ni ogrevalne sezone, se za proizvodnjo ogrevne toplote porabi bistveno manj premoga.

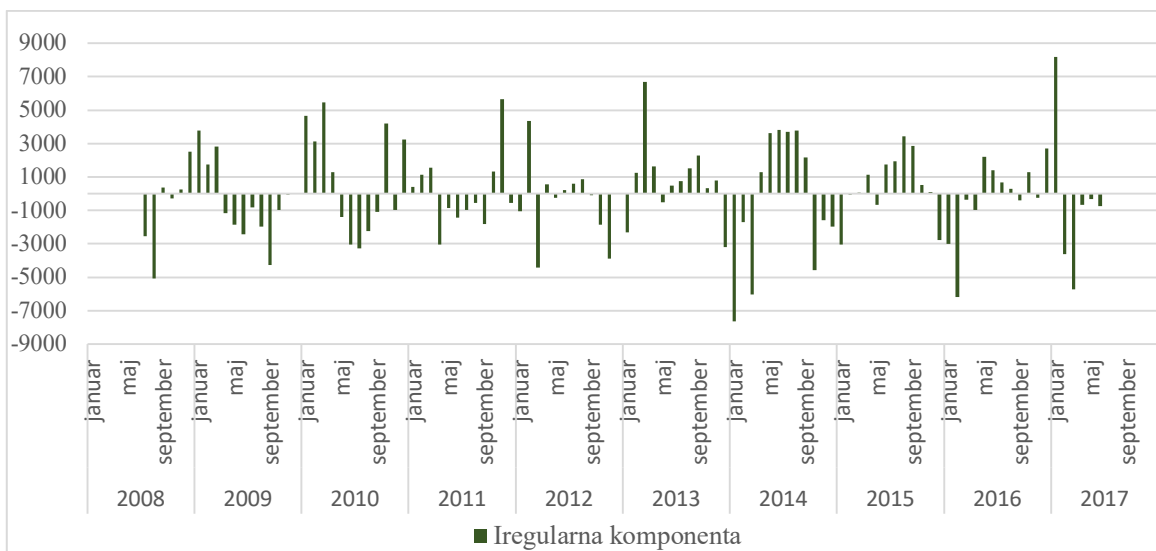
Slika 7: Sezonska komponenta pri aditivni dekompoziciji



Vir: TE-TOL (brez datuma) in lastni izračuni.

Na sliki 8 je predstavljena še zadnja komponenta aditivne dekompozicije, in sicer iregularna komponenta. Iregularno komponento sem dobila tako, da sem od časovne vrste odštela trend in sezonsko komponento. S slike je mogoče razbrati, da so napake stalno prisotne. Kar nekajkrat je mogoče opaziti velika odstopanja od povprečne iregularne komponente, ki znaša 0. Večja odstopanja so vidna zlasti v letih 2014 in 2017. V letu 2014 je največ odstopanj prav zaradi nadpovprečno toplega leta.

Slika 8: Iregularna komponenta pri aditivni dekompoziciji



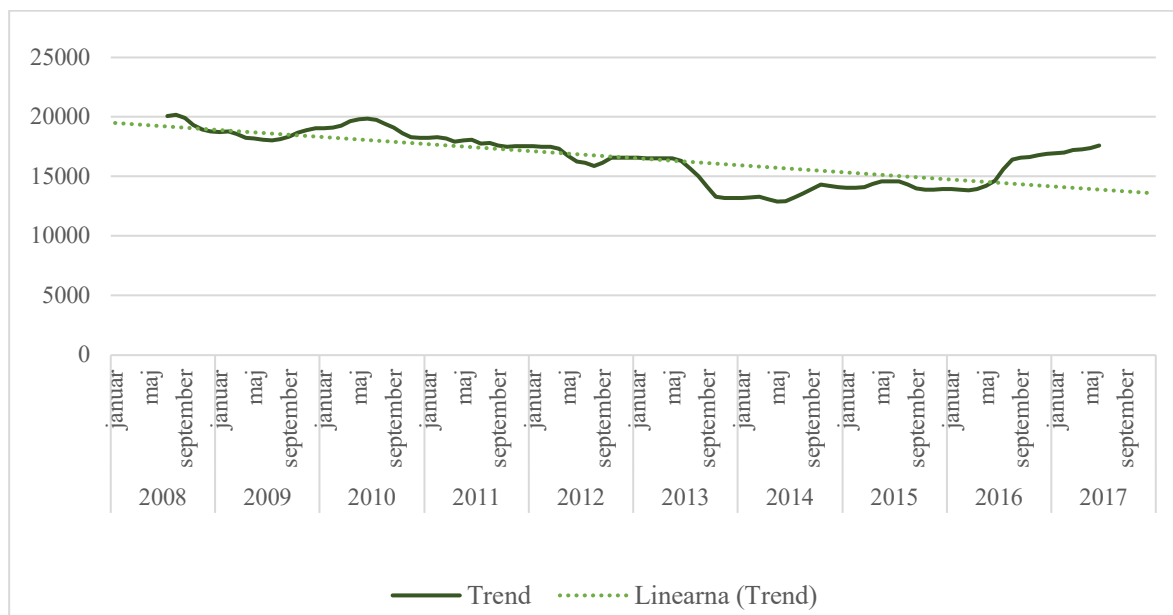
Vir: TE-TOL (brez datuma) in lastni izračuni.

– Multiplikativna dekompozicija

Prav tako kot aditivna dekompozicija se tudi multiplikativna začne z izračunom trenda, ki sem ga izračunala po istem postopku. Časovno vrsto sem zgladila s centriranim drsečim

povprečjem 2x12MA. Vrednosti in lastnosti trenda so tako iste kot pri aditivni obliki dekompozicije časovne vrste. Krivulja trenda je padajoča in je prikazana na sliki 9.

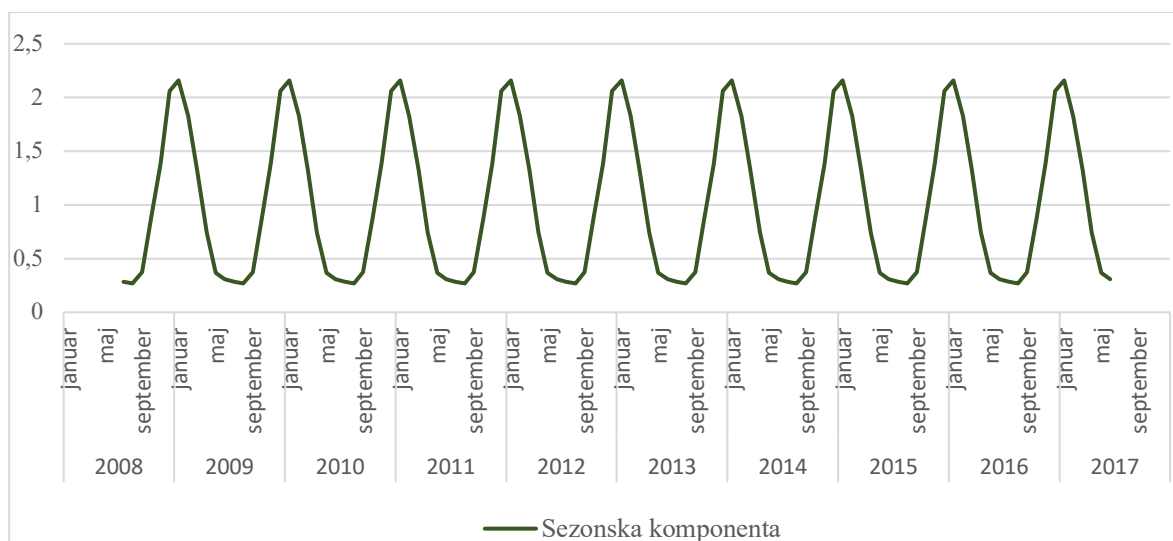
Slika 9: Trend pri multiplikativni dekompoziciji



Vir: TE-TOL (brez datuma) in lastni izračuni.

Izračun sezonske komponente se pri multiplikativni obliki razlikuje od izračuna pri aditivni obliki. Pri multiplikativni dekompoziciji sezonska komponenta predstavlja povprečje količnikov porabe premoga in trenda za določen mesec v obravnavanem obdobju. Le-ta je ponovno zelo izrazita, traja od novembra do marca, z vrhom v januarju, in je grafično predstavljena na sliki 10.

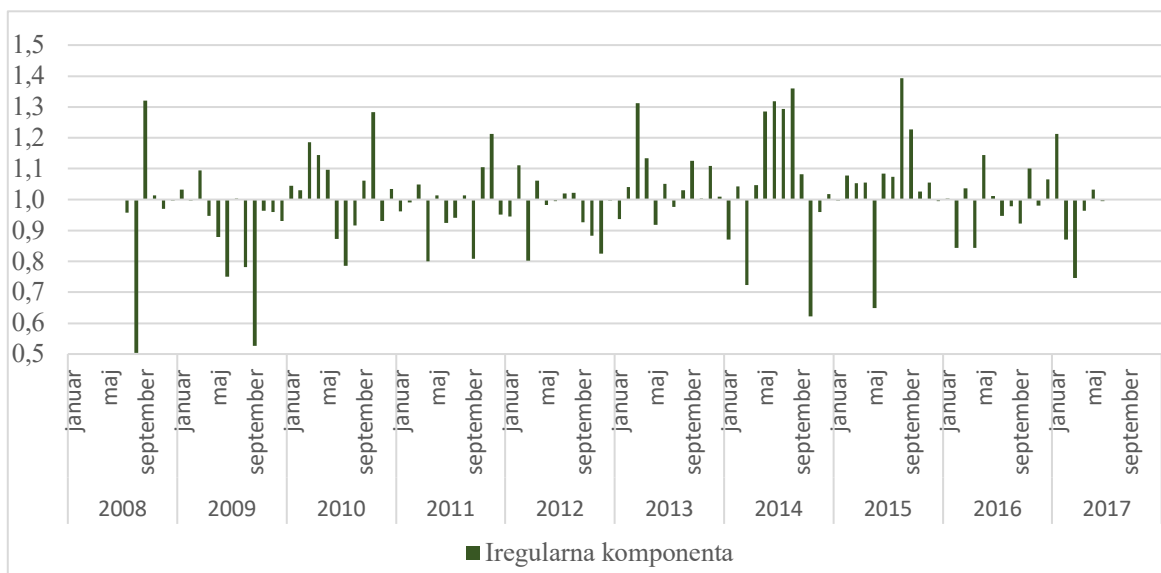
Slika 10: Sezonska komponenta pri multiplikativni dekompoziciji



Vir: TE-TOL (brez datuma) in lastni izračuni.

Kot zadnji korak dekompozicije sem izračunala še iregularno komponento. Iregularno komponento sem dobila tako, da sem porabo premoga delila z ocenjeno sezonsko komponento in komponento trenda. Iregularna komponenta je grafično predstavljena na sliki 11.

Slika 11: Iregularna komponenta pri multiplikativni dekompoziciji



Vir: TE-TOL (brez datuma) in lastni izračuni.

V primerjavi z narejenimi izračuni po aditivni obliki dekompozicije lahko opazimo, da so odstopanja napak od povprečne iregularne komponente pri multiplikativni dekompoziciji bistveno manjša, predvsem po letu 2010. Vseeno pa je nekaj let, pri katerih odstopanja izrazito izstopajo. Ta leta so 2008, 2009 in 2014. Na nepredvidljive dogodke v največji meri vpliva zunanja temperatura. Če je zunanja temperatura visoka, prebivalci potrebujejo manj ogrevne toplote. To je razvidno predvsem v letu 2014. Povprečna vrednost iregularne komponente je pri multiplikativni dekompoziciji enaka 1, zato sem to komponento grafično ponazorila z odstopanjem od povprečne vrednosti 1. Večjih odstopanj v iregularni komponenti je pri multiplikativni dekompoziciji manj kot pri aditivni dekompoziciji. Prav zato je multiplikativna dekompozicija za obravnavano časovno vrsto primernejša od klasične, aditivne dekompozicije.

4.2 Rezultati različnih metod napovedovanja

V nadaljevanju so predstavljeni poteki izračunov in uporabe metod. Da bi bili zapisi bolj razumljivi, sem namesto zaporednega številčenja obdobj uporabila oznako m/t , kjer m pomeni mesec, t pa leto opazovanega obdobja. Tako zapis $F_{1/2010}$ pomeni napoved za januar 2010. Podrobno bom predstavila le izračun dveh napovedi, in sicer za obdobje januar 2010 ter za januar 2017, ostali izračuni pa so v prilogah. Pri vseh metodah sem na prikazih

uporabila vrednosti spremenljivk po optimizaciji, torej vrednosti, pri katerih so že upoštevane optimalne vrednosti parametrov glajenja.

– SES

Izsek izračuna prve uporabljene metode, metode enostavnega eksponentnega glajenja, je predstavljen v prilogi 3. Prvi korak je izbira prve vrednosti napovedi, $F_{1/2008}$, za katero sem kot inicializacijo uporabila $F_t = Y_t = 38.885$. Pri izračunu napovedi $F_{1/2010}$ sem uporabila enačbo (8) in optimalno vrednost parametra $\alpha = 1$:

$$F_{1/2010} = F_{12/2009} + \alpha(Y_{12/2009} - F_{12/2009}) = 25.176 + 1 \times (36.551 - 25.176) = 36.551$$

Enačbo (8) sem uporabila tudi pri izračunu prve napovedi v testni množici, in sicer:

$$F_{1/2017} = F_{12/2016} + \alpha(Y_{12/2016} - F_{12/2016}) = 22.875 + 1 \times (37.072 - 22.875) = 37.072$$

Velja, da je vsaka naslednja napoved enaka prejšnji, torej je $F_{1/2017} = F_{2/2017} = \dots = F_{12/2017}$.

Naslednji korak je izračun kvadratnih napak med izračunanimi napovedmi in dejansko vrednostjo istega obdobja. Po enačbi (40) sem izračunala povprečno kvadratno napako – MSE za učno in testno množico.

V naslednjem koraku sem izračunala relativne spremembe v dejanskih podatkih in v napovedih ter z enačbo (44) izračunala Theilovo U-statistiko za učno in testno množico. Napovedi po metodi SES sem optimizirala tudi glede na mero natančnosti MAPE. Za izračun MAPE učne, testne in celotne množice sem uporabila enačbo (43). Tudi tukaj je bila optimalna vrednost parametra glajenja α enaka 1. Nato sem izračunala še Theilovo U-statistiko. Vse izračunane vrednosti so zbrane v tabeli 4.

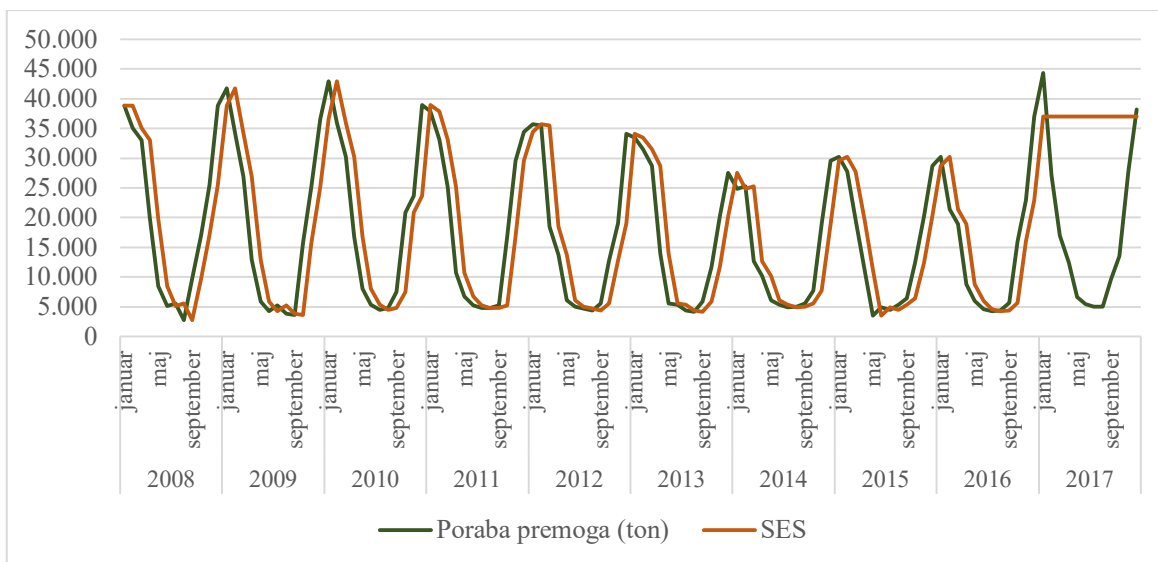
Tabela 4: Vrednosti mer natančnosti metode SES

	Učna množica	Testna množica
MSE	47.315.132	545.503.715
U-stat (MSE)	1	7,0492
MAPE (v %)	37	266
U-stat (MAPE)	1	7,0492

Vir: TE-TOL (brez datuma) in lastni izračuni.

Na sliki 12 sta predstavljena graf osnovnih podatkov (poraba premoga) in graf napovedi, ki sem jih dobila glede na optimizacijo MSE oziroma MAPE. Grafa napovedi se prekrivata, saj so zaradi iste vrednosti parametra, $\alpha = 1$, izračunane napovedi enake. Ta metoda napovedovanja za izbrano časovno vrsto ni primerna, saj se z optimalnim parametrom reducira v naivno metodo

Slika 12: Primerjava napovedi metode SES glede na MSE in MAPE



Vir: TE-TOL (brez datuma) in lastni izračuni.

– Holtova metoda

Pri Holtovi metodi sem za inicializacijo uporabila $L_1 = Y_1 = 38.885$ in za oceno trenda prvega obdobja enačbo (13), torej je $b_{1/2008} = Y_{2/2008} - Y_{1/2008} = -3.839$. Za izračun ocene nivoja časovne vrste in ocene trenda sem uporabila enačbi (9) in (10).

$$\begin{aligned} L_{1/2010} &= \alpha Y_{1/2010} + (1 - \alpha)(L_{12/2009} + b_{12/2009}) \\ &= 0,9067 \times 42.986 + (1 - 0,9067) \times (36.490 + 11.285) = 43.432 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_{1/2010} &= \beta(L_{1/2010} - L_{12/2009}) + (1 - \beta)b_{12/2009} \\ &= 1 \times (43.432 - 36.490) + (1 - 1) \times 36.490 = 6.943 \end{aligned}$$

Napoved v letu 2017 sem izračunala po enačbi (11), in sicer:

$$F_{1/2017} = L_{12/2016} + b_{12/2016} \times 1 = 36.503 + 13.461 \times 1 = 49.964$$

Izračunala sem napaki MSE in MAPE ter s pomočjo Reševalnika poiskala optimalne parametre. Pri minimiziranju $MSE_{1/2008-12/2016}$ optimalna parametra znašata $\alpha = 0,9067$ in $\beta = 1$, medtem ko pri $MAPE_{1/2008-12/2016}$ znašata $\alpha = 0,9425$ in $\beta = 1$. Za oba primera sem izračunala še U-Statistiko. Izračunane napake so zbrane v tabeli 5.

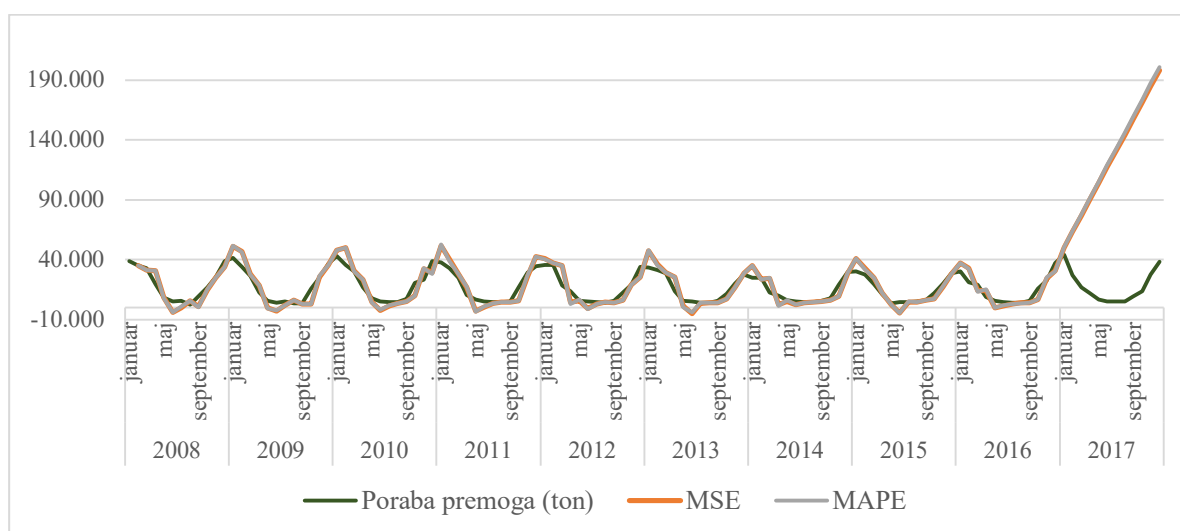
Tabela 5: Vrednosti mer natančnosti Holtove metode

	Učna množica	Testna množica
MSE	40.907.059	13.752.559.926
U-stat (MSE)	1,1125	32,1468
MAPE (v %)	38	1152
U-stat (MAPE)	1,0995	32,6190

Vir: TE-TOL (brez datuma) in lastni izračuni.

Izračuni so predstavljeni v prilogi 4, na sliki 13 pa so izračuni predstavljeni še grafično.

Slika 13: Primerjava napovedi Holtove metode glede na MSE in MAPE



Vir: TE-TOL (brez datuma) in lastni izračuni.

Ta metoda prav tako ni primerna za napovedovanje moje časovne vrste. V učni množici so opazne negativne vrednosti napovedi, kar je popolnoma nesprejemljivo, napovedi v testni množici pa so občutno prevelike in se ne ujemajo z dejanskimi podatki. To je razvidno tudi iz obeh mer natančnosti napovedovanja, saj so izračunane napake zelo velike, U-statistika pa kaže, da je napovedovanje po naivni metodi boljše od predstavljenega.

– AHW

Pri tej metodi se vpelje nov parameter glajenja, ki obvlada sezonska nihanja, ki jih je v moji časovni vrsti mogoče zaznati. Kot prvo vrednost nivoja časovne vrste sem vzela povprečje osnovnih podatkov, torej je $L_{12/2008} = 19.976$. Vrednost trenda v obdobju 12/2008 sem izračunala po enačbi (20) in dobila $b_{12/2008} = -165$, sezonski indeks (enačba (21)) pa znaša $S_{12/2008} = 18.826$. Tako sem najprej izračunala začetne vrednosti, nato pa s pomočjo enačb (15), (16) in (17) še vrednosti nivoja, trenda in sezonskega indeksa časovne vrste:

$$\begin{aligned}
L_{1/2010} &= \alpha(Y_{1/2010} - S_{1/2009}) + (1 - \alpha)(L_{12/2009} + b_{12/2009}) \\
&= 0,4402 \times (42.986 - 19.948) + (1 - 0,4402) \times (17.989 + (-165)) \\
&= 20.119
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
b_{1/2010} &= \beta(L_{1/2010} - L_{12/2009}) + (1 - \beta)b_{12/2009} \\
&= 0 \times (20.119 - 17.989) + (1 - 0) \times (-165) = -165
\end{aligned}$$

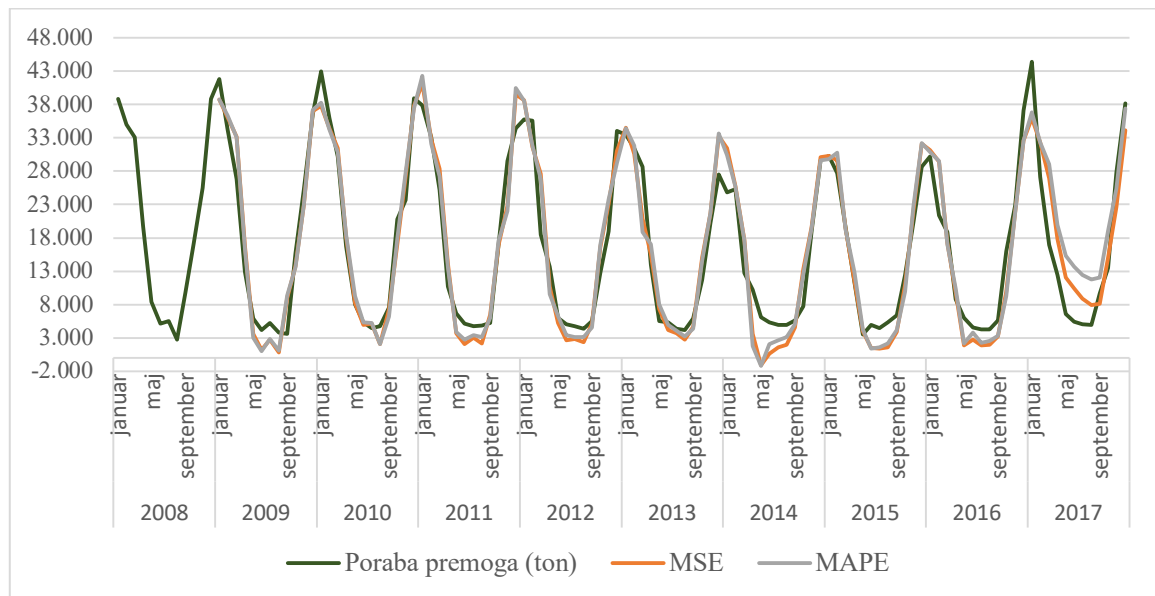
$$\begin{aligned}
S_{1/2010} &= \gamma(Y_{1/2010} - L_{1/2010}) + (1 - \gamma)S_{1/2009} \\
&= 0,6039 \times (42.986 - 20.119) + (1 - 0,6039) \times 19.948 = 21.711
\end{aligned}$$

Za izračun napovedi v testni množici sem uporabila enačbo (18) in dobila:

$$F_{1/2017} = L_{12/2016} + b_{12/2016} \times 1 + S_{1/2016} = 19.440 - 165 \times 1 + 16.705 = 35.980$$

Kot je razvidno s slike 14 in izračunov v prilogi 5, sem dobila tudi tukaj nekaj negativnih napovedi. To se zgodi v letu 2014. Napovedi v testni množici se pri izračunu z MAPE bistveno bolj razlikujejo od osnovnih podatkov kot pri minimiziranju MSE.

Slika 14: Primerjava napovedi metode AHW glede na MSE in MAPE



Vir: TE-TOL (brez datuma) in lastni izračuni.

Optimalni parametri pri uporabi Reševalnika z minimiziranjem MSE so $\alpha = 0,4402$, $\beta = 0$ in $\gamma = 0,6039$; z minimiziranjem MAPE pa $\alpha = 0,5086$, $\beta = 0,0147$ in $\gamma = 1$. Izračunane napake napovedovanja so predstavljene v tabeli 6, kjer je razvidno, da izračunane napovedi ne odstopajo več tako veliko od osnovnih podatkov.

Tabela 6: Vrednosti mer natančnosti metode AHW

	Učna množica	Testna množica
MSE	11.409.806	29.259.847
U-stat (MSE)	0,6676	0,8553
MAPE (v %)	25	68
U-stat (MAPE)	0,6251	1,5262

Vir: TE-TOL (brez datuma) in lastni izračuni.

– MHW

Izračuni so zelo podobni kot pri metodi AHW. Najprej sem po enačbah (26), (27) in (28) izračunala vrednosti prvega nivoja časovne vrste, trenda in sezonske komponente, nato pa sem z enačbami (22), (23) in (24) izračunala še preostale ocene učne množice.

$$L_{1/2010} = \alpha \frac{Y_{1/2010}}{S_{1/2009}} + (1 - \alpha)(L_{12/2009} + b_{12/2009})$$

$$= 0,3414 \times \frac{42.986}{1,98} + (1 - 0,3414) \times (17.867 + (-165)) = 19.062$$

$$b_{1/2010} = \beta(L_{1/2010} - L_{12/2009}) + (1 - \beta)b_{12/2009}$$

$$= 0 \times (19.062 - 17.867) + (1 - 0) \times (-165) = -165$$

$$S_{1/2010} = \gamma \frac{Y_{1/2010}}{L_{1/2010}} + (1 - \gamma)S_{1/2009} = 0,34 \times \frac{42.986}{19.062} + (1 - 0,34) \times 1,98 = 2,07$$

Za izračun napovedi v testni množici sem uporabila enačbo (25):

$$F_{1/2017} = (L_{12/2016} + b_{12/2016} \times 1)S_{1/2016} = (17.845 - 165 \times 1) \times 1,98 = 34.946$$

Tabela 7: Vrednosti mer natančnosti metode MHW

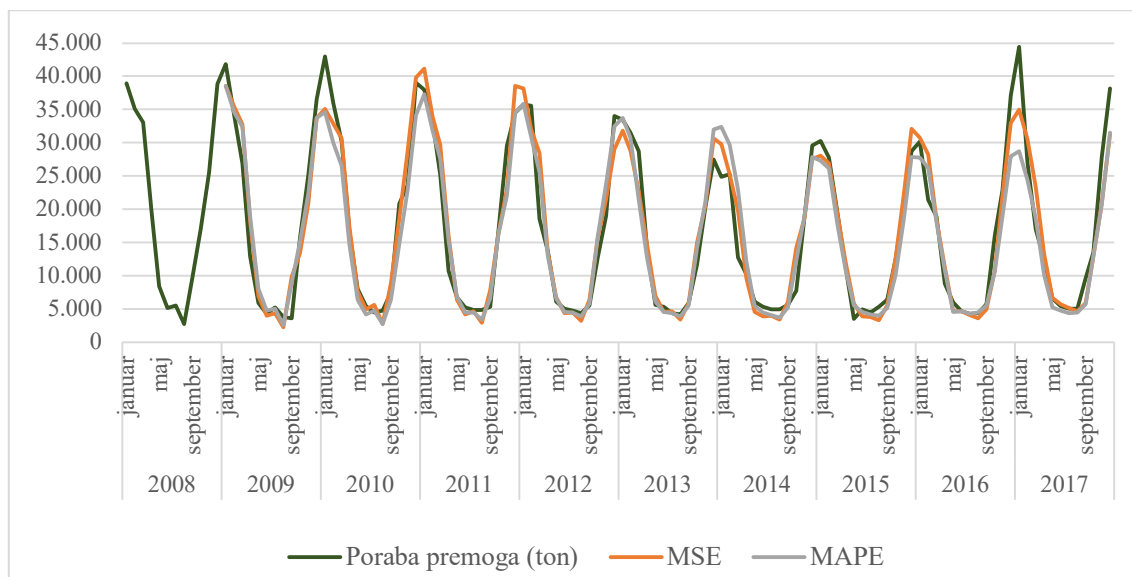
	Učna množica	Testna množica
MSE	8.795.103	20.962.923
U-stat (MSE)	0,4554	0,5778
MAPE (v %)	15	19
U-stat (MAPE)	0,4421	0,6026

Vir: TE-TOL (brez datuma) in lastni izračuni.

Izračunala sem MSE in MAPE ter pri uporabi Reševalnika dobila optimizirane parametre, ki znašajo $\alpha = 0,3414$, $\beta = 0$ in $\gamma = 0,34$ pri MSE ter $\alpha = 0,307$, $\beta = 0,0759$ in $\gamma = 0,3938$ pri MAPE. Izračunane napake so zbrane v tabeli 7. Opazimo lahko, da so vse U-statistike manjše od 1, kar pomeni, da je metoda MHW boljša v primerjavi z naivno metodo.

Na sliki 15 je razvidno, da se napovedi precej ujemajo z dejanskimi podatki. Izračuni v celoti so predstavljeni v prilogi 6.

Slika 15: Primerjava napovedi metode MHW glede na MSE in MAPE



Vir: TE-TOL (brez datuma) in lastni izračuni.

– MoHW

Začetne vrednosti sem izračunala po enačbah (19), (20) in (21) in nadaljevala z enačbami (29), (30), (31) ter tako izračunala ocene nivoja časovne vrste, trenda in sezonskosti.

$$\begin{aligned} L_{1/2010} &= \alpha Y_{1/2010} - S_{1/2009} + (1 - \alpha)(L_{12/2009} + b_{12/2009}) \\ &= 1 \times 42.986 - 18.909 + (1 - 1) \times (17.725 + (-165)) \\ &= 24.076 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_{1/2010} &= \beta(L_{1/2010} - L_{12/2009}) + (1 - \beta)b_{12/2009} \\ &= 0 \times (24.076 - 17.725) + (1 - 0) \times (-165) = -165 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{1/2010} &= \gamma(Y_{1/2010} - L_{1/2010}) + (1 - \gamma)S_{1/2009} \\ &= 0,3070 \times (42.986 - 24.076) + (1 - 0,3070) \times 18.909 = 18.909 \end{aligned}$$

Z enačbo (32) sem napovedala porabo v testni množici.

$$F_{1/2017} = L_{12/2016} + b_{12/2016} \times 1 + \frac{S_{1/2016}}{\alpha} = 18.246 + (-165) \times 1 + \frac{18.909}{1} = 36.990$$

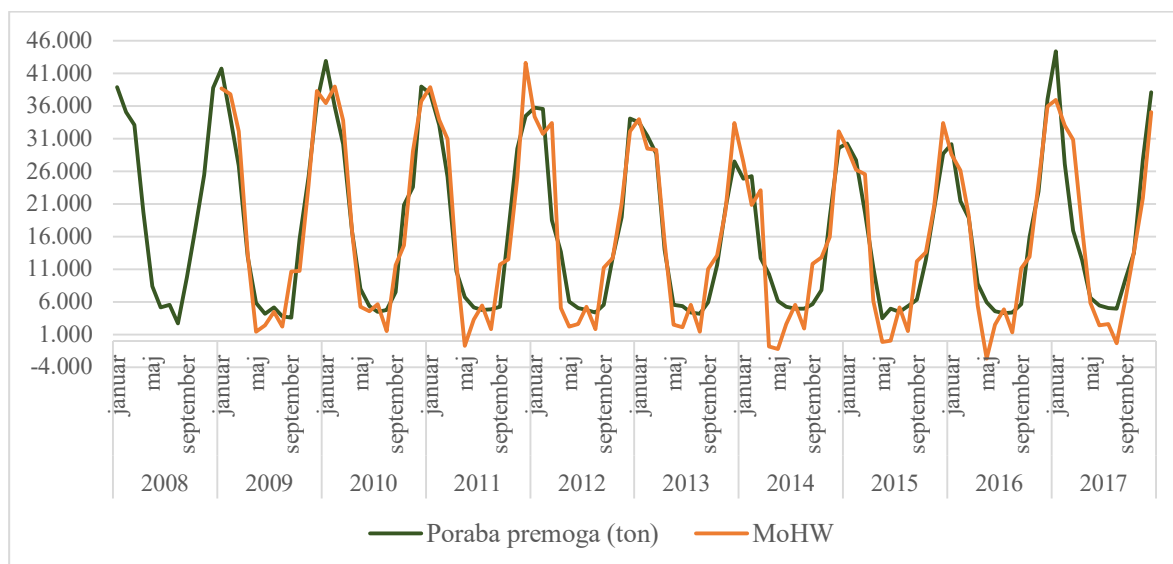
Ponovila sem korake za izračun optimalnih parametrov ter dobila $\alpha = 1$, $\beta = 0$ in $\gamma = 0,3070$ pri MSE ter $\alpha = 1$, $\beta = 0$ in $\gamma = 0,2452$ pri MAPE. Izračunane napake učne in testne množice so predstavljene v tabeli 8.

Tabela 8: Vrednosti mer natančnosti metode MoHW

	Učna množica	Testna množica
MSE	19.701.778	33.654.058
U-stat (MSE)	0,9394	0,9245
MAPE (v %)	38	37
U-stat (MAPE)	0,9394	0,9245

Vir: TE-TOL (brez datuma) in lastni izračuni.

Slika 16: Primerjava napovedi metode MoHW glede na MSE in MAPE



Vir: TE-TOL (brez datuma) in lastni izračuni.

V prilogi 7 so predstavljeni rezultati metode napovedovanja MoHW, ki so grafično prikazani na sliki 16. Že na prvi pogled opazimo velika odstopanja od primarnih podatkov, predvsem tam, kjer poraba močno naraste in pade. Napovedi so glede na MSE in MAPE enake, saj sta parametra α in β v obeh primerih optimizirana na isto vrednost ($\alpha = 1$, $\beta = 0$).

– EHW

Kot zadnjo metodo sem preizkusila še razširjeno Holt-Wintersovo metodo, ki pri izračunu vključi nov parameter glajenja, δ . Za inicializacijo sem uporabila enačbe (19), (20) in (21), ki predstavljajo nivo časovne vrste, trend in sezonski indeks v obdobju 12/2008. Za izračun

vrednosti v učni množici sem uporabila enačbe (33), (34) in (35). Izračunane vrednosti za januar 2010 znašajo:

$$\begin{aligned} L_{1/2010} &= \alpha Y_{1/2010} - \delta S_{1/2009} + (1 - \alpha)(L_{12/2009} + b_{12/2009}) \\ &= 0,4314 \times 42.986 - 0,3997 \times 19.447 + (1 - 0,4314) \\ &\quad \times (18.481 + (-164)) = 21.185 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_{1/2010} &= \beta(L_{1/2010} - L_{12/2009}) + (1 - \beta)b_{12/2009} \\ &= 0,0035 \times (21.185 - 18.481) + (1 - 0,0035) \times (-164) \\ &= -154 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{1/2010} &= \gamma(Y_{1/2010} - L_{1/2010}) + (1 - \gamma)S_{1/2009} \\ &= 0,4684 \times (42.986 - 21.185) + (1 - 0,4684) \times 19.447 \\ &= 20.550 \end{aligned}$$

Napoved v testni množici sem izračunala po enačbi (36):

$$\begin{aligned} F_{1/2017} &= L_{12/2016} + b_{12/2016} \times 1 + S_{1/2016} \frac{\delta}{\alpha} \\ &= 19.110 + (-117) \times 1 + 16.014 \times \frac{0,3997}{0,4314} = 33.832 \end{aligned}$$

S pomočjo Reševalnika sem dobila naslednje vrednosti parametrov: $\alpha = 0,4314$, $\beta = 0,0035$, $\gamma = 0,4684$ in $\delta = 0,3997$ pri MSE ter $\alpha = 0,4423$, $\beta = 0$, $\gamma = 0,5131$ in $\delta = 0,3912$ pri MAPE. Izračunane napake so zbrane v tabeli 9.

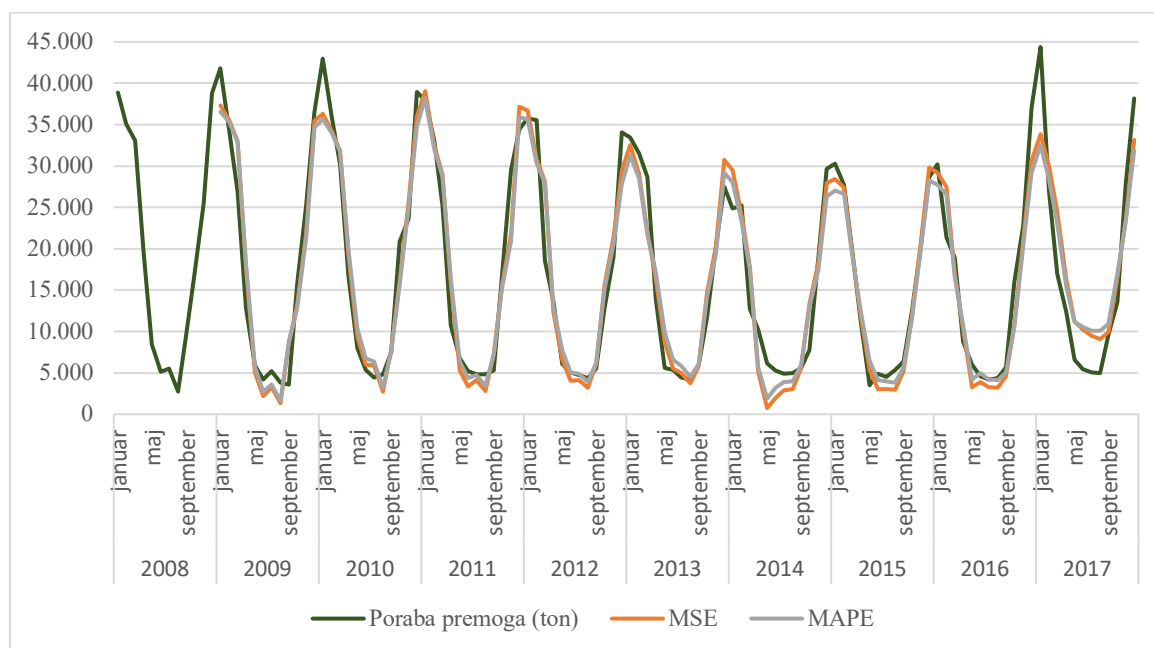
Tabela 9: Vrednosti mer natančnosti metode EHW

	Učna množica	Testna množica
MSE	9.209.892	27.078.328
U-stat (MSE)	0,5061	0,9001
MAPE (v %)	19	44
U-stat (MAPE)	0,4595	1,0285

Vir: TE-TOL (brez datuma) in lastni izračuni.

Na sliki 17 je grafično ponazorjena primerjava napovedi glede na MSE in MAPE. Iz grafa lahko razberemo, da se v učni množici izračuni napovedi dobro ujemajo z dejanskimi podatki, medtem ko v testni množici prihaja do večjih odstopanj. Izračuni so ponazorjeni v prilogi 8.

Slika 17: Primerjava napovedi metode EHW glede na MSE in MAPE



Vir: TE-TOL (brez datuma) in lastni izračuni.

4.3 Primerjava metod

Po zaključenem izračunu napovedi po različnih metodah sem med seboj primerjala vse mere natančnosti testne množice. Na podlagi najmanjše mere natančnosti sem prišla do ugotovitve, da je za primer napovedovanja porabe premoga za proizvodnjo daljinske toplote najprimernejša multiplikativna Holt-Wintersova metoda. Napovedi, izračunane z metodo MHW, se najbolj ujemajo z dejanskimi podatki in so posledično tudi izračunane napake najmanjše.

Tabela 10: Primerjava mer natančnosti napovedi testnih množic

Metoda	MSE	U-stat (MSE)	MAPE (v %)	U-stat (MAPE)
NF1	49.525.199		31	
SES	545.503.715	7,0492	266	7,0492
Holt	13.752.559.926	32,1468	1152	32,6190
AHW	29.259.847	0,8553	68	1,5262
MHW	20.962.923	0,5778	19	0,6026
MoHW	33.654.058	0,9245	37	0,9245
EHW	27.078.328	0,9001	44	1,0285

Vir: TE-TOL (brez datuma) in lastni izračuni.

V tabeli 10 so zbrani rezultati vseh mer natančnosti testne množice, izračunane z metodami, ki sem jih podrobno predstavila. Iz tabele je mogoče razbrati, da sta daleč najslabši metoda enostavnega eksponentnega glajenja in Holtova metoda. Metodi ne upoštevata trenda in sezonske komponente, zaradi česar seveda nista primerni za napovedovanje izbrane časovne vrste. Prav tako niso primerne aditivna, modificirana in razširjena Holt-Wintersova metoda. Zanimivo je, da se je kot druga najboljša metoda za napovedovanje (glede na MAPE) izkazala metoda naivnega napovedovanja.

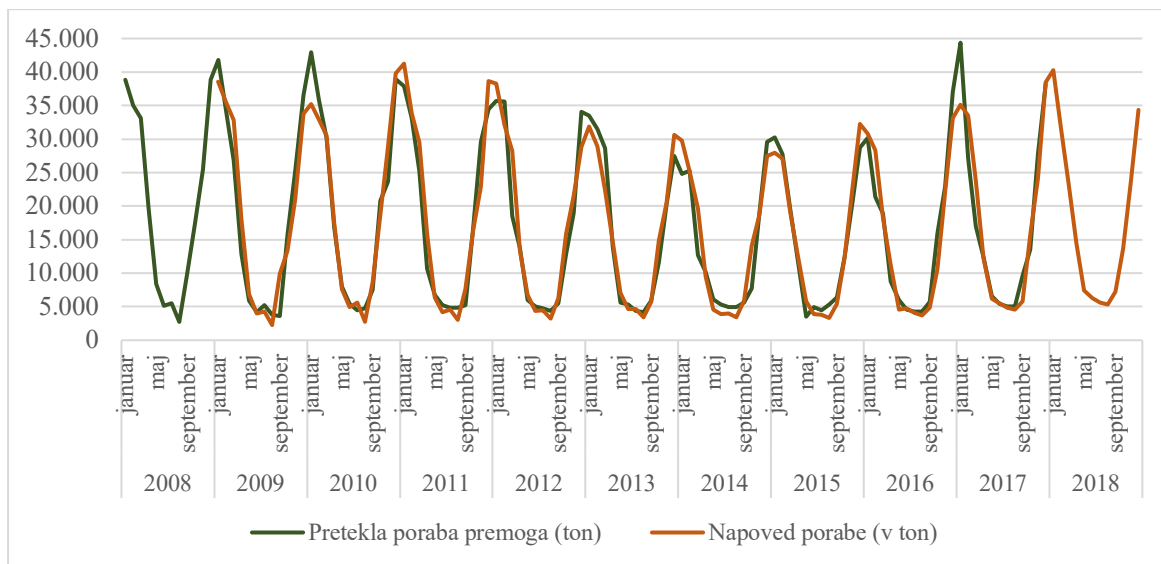
4.4 Napoved za leto 2018 po multiplikativni Holt-Wintersovi metodi

Glede na rezultate MSE in MAPE različnih metod se je za najnatančnejšo metodo izkazala metoda napovedovanja MHW. To metodo sem zato uporabila pri računanju napovedi porabe premoga v letu 2018. Začetne vrednosti parametrov glajenja sem ponastavila na 0,5 in s pomočjo Reševalnika minimizirala MSE celotne množice podatkov. Za obdobje od 1/2009 do 12/2017 sem tako dobila optimizirane vrednosti $\alpha = 0,3501$, $\beta = 0$ in $\gamma = 0,3732$.

Za izračun vrednosti napovedi za leto 2018 sem uporabila enačbo (25):

$$F_{1/2018} = (L_{12/2017} + b_{12/2017} \times 1)S_{1/2017} = (19.427 + (-165) \times 1) \times 2,09 = 40.250$$

Slika 18: Napoved porabe premoga za leto 2018



Vir: TE-TOL (brez datuma) in lastni izračuni.

Na sliki 18 je grafično predstavljeni dejanska poraba premoga in mesečna napoved porabe premoga. Izračuni so prikazani v prilogi 9.

Po izračunanih napovedih bo v letu 2018 za proizvodnjo ogrevne toplote potrebnih 213.065 ton premoga. Sezona bo trajala od novembra do marca. Vrh naj bi sezona dosegla januarja, v katerem naj bi potrebovali 40.250 ton. Potreba po premogu se bo mesečno zmanjševala do

avgusta, ko bo potreba najmanjša, in sicer naj bi potrebovali 5.288 ton premoga. Po avgustu, ko se ozračje hladi, se bo povpraševanje po toploti povečevalo in posledično se bo povečevala tudi poraba premoga za proizvodnjo ogrevne toplote. Kot lahko opazimo, ima tudi napoved za leto 2018 podobne lastnosti in grafično obliko kot prejšnja leta. Napoved porabe se nadaljuje z naraščajočim trendom, ki je opazen po letu 2014, amplituda sezonske komponente pa je še vedno lepo vidna.

4.5 Priporočila Energetiki Ljubljana glede napovedovanja

Glede na to, da sem v analizo vključila resnične podatke o mesečni porabi premoga, menim, da se lahko uporaba multiplikativne Holt-Wintersove metode implementira v poslovni svet napovedovanja porabe premoga za proizvodnjo toplote daljinskega ogrevanja v enoti TE-TOL. Na podlagi pregleda strokovne literature in lastne raziskave lahko podjetju podam priporočila, ki bi jim omogočila izboljšanje in bolj točno napovedovanje porabe premoga za proizvodnjo toplote.

S poglobljeno raziskavo značilnosti različnih metod napovedovanj bi pridobili dodatno znanje, ki bi jim koristilo pri uspešnejšem napovedovanju. Vsaka metoda ima svoje prednosti in slabosti, zaradi česar ni vsaka primerna za napovedovanje porabe premoga. Kot najnatančnejša metoda za napovedovanje premoga se je v moji raziskavi izkazala multiplikativna Holt-Wintersova metoda.

Temelj napovedovanja predstavljajo dejanski podatki iz preteklosti, zaradi česar priporočam dosledno spremljanje in beleženje tudi dogodkov, ki vplivajo na spremembe porabe premoga za proizvodnjo toplote. Poleg nadzorovanih dejavnikov naj spremljajo tudi dejavnike, na katere nimajo vpliva, vendar se jim morajo kar najbolje prilagoditi. Pozornost naj usmerijo v prilagajanje stalnim zakonskim omejitvam in zahtevam, konstantnim podnebnim spremembam in naraščajočemu trendu poseljenosti Ljubljane. Priporočam spremljanje gradbenih projektov MOL, gradnje novih stanovanjskih in industrijskih objektov, konstantno širjenje vročevodnega območja ter inovativne akcije za izboljšanje odnosa z odjemalci.

Hranjenje preteklih napovedi in dejanskih podatkov pa je pomembno tudi zaradi analize učinkovitosti in natančnosti napovedi z dejanskim stanjem. Učinkovito napovedovanje se ne konča z izdelavo napovedi, ampak takrat, ko je mogoče na dejanskih podatkih preveriti, ali so se napovedi uresničile. V primeru odstopanj priporočam dodatno analizo morebitnih dejavnikov, ki pri napovedovanju niso bili vključeni oziroma jih ni bilo mogoče predvideti. To jim bo pomagalo pri napovedovanju za prihodnja obdobja. Točnost napovedi naj jim predstavlja ključni poslovni cilj, za izboljšanje le-teh pa priporočam upoštevanje zapisanih predlogov.

SKLEP

Namen magistrskega dela je bil opredeliti in analizirati dejavnike, ki vplivajo na obnašanje končnih odjemalcev toplote daljinskega ogrevanja, in dejavnike, ki vplivajo na spreminjanje količine porabljenega premoga za proizvodnjo ogrevne toplote. Hkrati je bil namen preučiti in ugotoviti, katera metoda napovedovanja na podlagi analize časovnih vrst je najprimernejša za napovedovanje porabe premoga za proizvodnjo toplote daljinskega ogrevanja.

Pri izdelavi dela sta bila glavna cilja dva, in sicer preučiti in razumeti dejavnike, ki vplivajo na spreminjanje porabe premoga, ter uporabiti različne metode napovedovanja s pomočjo časovnih vrst, jih s pomočjo mer natančnosti med seboj primerjati in izbrati ustrezno metodo.

Napovedovanje porabe premoga za proizvodnjo toplote daljinskega ogrevanja je odvisno od dejavnikov, ki vplivajo na obnašanje končnih porabnikov, in dejavnikov, ki vplivajo na samo proizvodnjo toplote. Proizvodnja toplote, katere primarni vir energije je premog, je zakonsko zelo omejena, nenehne poostritve pa enoti TE-TOL predstavljajo še dodatne izzive pri napovedovanju potreb premoga. Na porabo premoga za proizvodnjo toplote ima velik vpliv tudi zunanja temperatura ozračja. Prav ta je glavni vzrok za sezonska nihanja v časovni vrsti. Z dekompozicijo časovne vrste sem ugotovila, da sezona traja od novembra do marca. To so meseci, ko se ozračje shladi, porabniki pa si zaželi toplote. V tem času je beležen tudi največji odjem toplote. Pri analizi časovne vrste sem ugotovila, da je od leta 2014 mogoče zaznati naraščajoči trend porabe premoga. To je posledica vse večje poseljenosti Ljubljane, gradnje novih stanovanjskih in drugih objektov ter konstantne širitve vročevodnega omrežja.

V magistrskem delu sem za obdobje od leta 2008 do leta 2017 s pridobljenimi mesečnimi podatki o porabi premoga za proizvodnjo toplote daljinskega ogrevanja preizkusila različne metode napovedovanja. Te metode so bile metoda naivnega napovedovanja, metoda enostavnega eksponentnega glajenja, Holtova metoda ter aditivna, multiplikativna, modificirana in razširjena Holt-Wintersova metoda. Metode se med seboj zelo razlikujejo, razlikujejo pa se tudi dobljene napovedi. Ustreznost izračunanih napovedi sem ocenila s statističnimi merami natančnosti, in sicer MSE, MAPE in Theilovo U-statistiko. Rezultate mer natančnosti posameznih metod sem med seboj primerjala in ugotovila, da sem najboljše napovedi dobila z uporabo multiplikativne Holt-Wintersove metode. S tem sem dosegla cilj magistrskega dela, saj sem s preizkušanjem in analizami različnih metod dobila najprimernejšo metodo za napovedovanje porabe premoga za daljinsko ogrevanje, to je multiplikativno Holt-Wintersovo metodo. Po tej metodi je na koncu dela izdelana in predstavljena napoved porabe premoga v letu 2018, ko naj bi za proizvodnjo toplote daljinskega ogrevanja porabili 213.065 ton premoga.

Pri izdelavi magistrskega dela sem se osredotočila le na kvantitativne metode napovedovanja z uporabo analize časovnih vrst. Tema ima potencial, saj bi lahko z dodatnimi raziskavami in analizami ugotavljala vplive različnih spremenljivk na porabo premoga za proizvodnjo

daljinske toplote. Zanimivo bi bilo analizirati vpliv spreminjanja temperature ozračja in ugotoviti, kakšna je povezanost med zunanjo temperaturo in porabo premoga za proizvodnjo na podlagi resničnih podatkov.

LITERATURA IN VIRI

1. ARSO - Agencija Republike Slovenije za okolje. (brez datuma). *Podnebne spremembe*. Pridobljeno 7. februarja 2018 iz <http://www.arso.gov.si/podnebne%20spremembe/>
2. Agencija za energijo. (2014a). *O agenciji*. Pridobljeno 15. januarja 2018 iz https://www.agen-rs.si/o_agenciji
3. Agencija za energijo. (2014b). *Naše poslanstvo*. Pridobljeno 15. januarja 2018 iz <https://www.agen-rs.si/nase-poslanstvo>
4. Agencija za energijo. (2014c). *Naloge agencije*. Pridobljeno 15. januarja 2018 iz <https://www.agen-rs.si/nase-naloge>
5. Agencija za energijo. (2014d). *Zakonodaja*. Pridobljeno 17. januarja 2018 iz <https://www.agen-rs.si/zakonodaja>
6. Agencija za energijo. (2014e). *Regulacija cen toplote za daljinsko ogrevanje*. Pridobljeno 20. januarja 2018 iz <https://www.agen-rs.si/web/portal/izvajalci/toplota/regulacija-cene>
7. Agencija za energijo. (2014f). *Metodologija regulacije cen toplote za daljinsko ogrevanje*. Pridobljeno 20. januarja 2018 iz <https://www.agen-rs.si/web/portal/izvajalci/toplota/regulacija-cene>
8. Armstrong, J. S. (2001). *Principles of forecasting: A handbook for researchers and practitioners*. Boston: Kluwer Academic.
9. Butala, V., Stritih, U. & Zupan, G. (2004). *Daljinsko ogrevanje: Energijska alternativa*. Ljubljana: Fakulteta za strojništvo.
10. Chatfield, C. (2000). *Time-series forecasting*. United Kingdom: University of Bath.
11. De Cian, E., Lanzi, E. & Roson, R. (2007). *The impact of temperature change on energy demand: A dynamic panel analysis* (FEEM Working papers No. 47/2007). Milano: Fondazione Eni Enrico Mattei.
12. Dervarič, E., Medved, M. & Klenovšek, B. (2009). *Globalna ocena svetovnih trendov pri proizvodnji in prodaji energetskega premoga – Projekcije proizvodnje energetskega premoga v Republiki Sloveniji*. Pridobljeno 5. junija 2018 iz <http://www.srdit.si/41skok/clanki/04EDervaric41Skok09clanek.pdf>
13. Energetika Ljubljana d. o. o. (2011). *Letno poročilo 2010*. Ljubljana: Energetika Ljubljana d. o. o.
14. Energetika Ljubljana d. o. o. (2014). *Letno poročilo 2013*. Ljubljana: Energetika Ljubljana d. o. o.
15. Energetika Ljubljana d. o. o. (2017). *Daljinsko ogrevanje – najudobnejši sistem ogrevanja, ki se prilagaja uporabniku*. Pridobljeno 10. januarja 2018 iz https://www.bivanjudajemoutrip.si/?gclid=CjwKCAjw-6bWBRBiEiwA_K1ZDT6-rhyv1BKciEmmpqPX7kluu3VPV4h0JXDKoeUbYSCeKWMt9Y8LbRoCRuMQAvD_Bw

E#/novice/35/daljinsko-ogrevanje-najudobnejši-sistem-ogrevanja-ki-se-prilagaja-uporabniku

16. Energetika Ljubljana d. o. o. (2018, april). *Letno poročilo 2017*. Ljubljana: Energetika Ljubljana d. o. o.
17. Energetika Ljubljana d. o. o. (brez datuma). *Visoko učinkovita soproizvodnja toplotne in električne energije*. Pridobljeno 10. januarja 2018 iz <http://www.energetika-lj.si/energetika-ljubljana/o-druzbi/kaj-delamo/visoko-ucinkovita-soproizvodnja-toplotne-elektricne>
18. Energetska agencija za Podravje. (brez datuma). *V veljavo je v mesecu marcu stopil nov Energetski zakon (EZ-1)*. Pridobljeno 17. junija 2018 iz <http://www.energap.si/?mod=aktualno&action=viewOne&ID=134>
19. Energy Information Administration. (2017, 30. marec). *Coal prices and Outlook*. Pridobljeno 5. maja 2018 iz https://www.eia.gov/energyexplained/index.php?page=coal_prices
20. Energy Information Administration. (2018, 23. marec). *Coal and Environment*. Pridobljeno 10. maja iz https://www.eia.gov/energyexplained/index.php?page=coal_environment
21. European Parliament. (2018, maj). *Energy policy: general principles*. Pridobljeno 15. julija 2018 iz <http://www.europarl.europa.eu/factsheets/en/sheet/68/energy-policy-general-principles>
22. Ferbar Tratar, L. (2015). Forecasting method for noisy demand. *International journal of production economics*, Volumen (161), 64-73.
23. Ferbar Tratar, L., Mojšker, B. & Toman, A. (2016). Demand forecasting with four-parameter exponential smoothing. *International journal of production economics*, Volumen (181), part A, 162-173.
24. Ferbar Tratar, L., & Strmčnik, E. (2016). The comparison of Holt-Winters method and Multiple regression method: a case study. *Energy*, Volumen (109), 266-276.
25. Gaynor, P. E. & Kirkpatrick, R. C. (1993). *Introduction to time-series modeling and forecasting in business and economics*. Toronto: McGraw-Hill.
26. Gospodarska zbornica Slovenije. (brez datuma). *Direktiva o emisijah iz industrije*. Pridobljeno 17. marca 2018 iz https://www.gzs.si/skupne_naloge/varstvo_okolja/vsebina/Emisije-iz-industrijskih-virov/Nova-direktiva-o-emisijah-iz-industrije
27. Hyndman, R. J. & Athanasopoulos, G. (2012). OTexts. *Forecasting: Principles and Practice*. Pridobljeno 7. maja 2018 iz <https://otexts.org/fpp2/>
28. Hyndman, R. J. & Koehler, A. B. (2006). Another look at measures of forecast accuracy. *International Journal of Forecasting* 22, 679-688.

29. International Energy Agency. (2017, 18. december). *Coal 2017*. Pridobljeno 5. maja 2018 iz <https://www.iea.org/coal2017/>
30. IHS Markit. (2018, avgust). *Thermal Coal and Petcoke Market Price Methodology and Specifications*. Pridobljeno 19. septembra 2018 iz <https://cdn.ihs.com/Coal-Methodology/IHS-Energy-thermal-and-petcoke-methodology-2018.pdf>
31. Lavrih, R. (2005). *Poslovno napovedovanje*. Grosuplje: samozaložba.
32. Ljubič, T. (2006). *Operativni management proizvodnje*. Kranj: Moderna organizacija.
33. Makridakis, S. & Wheelwright, S. C. (1980). *Forecasting methods for management* (3 izd.). New York: John Wiley & Sons.
34. Makridakis, S., Wheelwright, S. C. & Hyndman, R. J. (1998). *Forecasting: Methods and applications* (3 izd.). New York: John Wiley & Sons.
35. Ministrstvo za infrastrukturo. (2018). *Energetski koncept Slovenije. Strategija energetske politike do leta 2030 (in vizija do leta 2050)*. Ljubljana: Ministrstvo za infrastrukturo.
36. Ministrstvo za infrastrukturo. (brez datuma). *Energetski koncept Slovenije*. Pridobljeno 10. marca 2018 iz <http://www.energetika-portal.si/dokumenti/strateski-razvojni-dokumenti/energetski-koncept-slovenije/>
37. Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano. (brez datuma). *Kurilna sezona*. Pridobljeno 10. julija 2018 iz http://www.mkgp.gov.si/si/delovna_podrocja/gozdarstvo/navodila_za_pravilno_kurjenje/nasveti_za_pripravo_drv/kurilna_sezona/
38. Rogelj, R. (2002). *Statistika 2*. Ljubljana: Ekonomska fakulteta.
39. SURS – Statistični urad Republike Slovenija. (brez datuma). *Število prebivalcev v Ljubljani*. Pridobljeno 1. avgusta 2018 iz http://pxweb.stat.si/pxweb/Database/Dem_soc/05_prebivalstvo/10_stevilo_preb/20_05C40_prebivalstvo_obcine/20_05C40_prebivalstvo_obcine.asp
40. TE-TOL – Termoelektrarna toplarna Ljubljana. (brez datuma). *Poročilo o mesečni proizvodnji, dobavi, potrošnji in zalogah goriv od januarja 2008 do konec leta 2017* (interno gradivo). Ljubljana: Energetika Ljubljana d. o. o.

PRILOGE

Priloga 1: Ukrepi za doseganje ciljev EKS

Ukrepi za doseganje ciljev EKS so (Ministrstvo za infrastrukturo, 2018):

- raziskave in razvoj: zasledovanje cilja trajnostnega pridobivanja in rabe energije pomeni uvajanje novih proizvodnih procesov, veriženje raziskav in razvoja novih izdelkov ter pospeševanje razvoja na področjih shranjevanja energije, aktivnih odjemalcev in naprednih omrežij. S tem se tudi vzpostavljajo potrebe in trgi za trajnostne energetske tehnologije in storitve;
- usklajenost politik: harmonizacija davčne, stanovanjske, prometne, socialne, izobraževalne, okoljske in splošne politike razvoja bo bistveno pospešila prehod v nizkoogljično družbo. Pomemben dejavnik so tudi lokalne skupnosti pri regionalnem povezovanju in iskanju skupnih rešitev;
- finančni mehanizmi: spodbujanje novih in trenutno nekonkurenčnih nizkoogljičnih tehnologij na nediskriminatoren, konkurenčen in pregleden način. Ključna je tudi striktna aplikacija načela »onesnaževalec plača«, kjer se zunanji stroški rabe energetskih virov vključujejo v končno ceno energije;
- izobraževanje in ozaveščanje: informiranje o smotnejši rabi energije pri uporabnikih bo pospešilo prehod v nizkoogljično družbo. Sprememba vzorcev porabe energije bo zahtevala vključitev teh vsebin na vseh ravneh izobraževalnega sistema;
- energetska oskrba naprednih mest in skupnosti: aktivnejša udeležba državljanov pri načrtovanju in izvedbi upravljanja energetske oskrbe bo pomagala izboljšati distribucijo energije na lokalni ravni ter jih tudi vključevala v sistem kot proizvajalce energije;
- energetski trg in deležniki: uvajanje novih storitev in novih virov energije pomeni tudi uvajanje novega zakonodajnega okvirja ter pooblastila regulatorju, ki bo tem spremembam lahko tudi sledil. Cilj je optimizacija javnih gospodarskih služb, karseda učinkovito uvajanje novih vlog drugih deležnikov (zadruge, posamezniki ipd.) ter aktivacija odjemalcev, da postanejo aktivnejši uporabniki, ki sami optimizirajo svojo energetske in finančno učinkovitost uporabe in dobave energije;
- gospodarstvo: izvrševanje EKS je tudi velika priložnost za lokalno gospodarstvo. Neposredno bo s svojim delovanjem pomagalo z razvojem storitev in konkurenčno proizvodnjo opreme ter naprav, posredno pa bo s tem tudi tekel proces podpiranja razvoja aplikativnih raziskav in znanja. Pri tem je treba izkoristiti konkurenčno prednost, ki jo ima Slovenija na področju poznavanja avtomobilske industrije, pretvorbe energijskih virov, informacijske tehnologije in drugje;
- energetska omrežja: obstoječa omrežja, prenosne in distribucijske sisteme (plin, električna energija, daljinsko ogrevanje) je treba prilagoditi novim potrebam. Z ustrezno regulacijo je treba zagotoviti fleksibilnost za uvajanje novih tehnologij in naprednih sistemov upravljanja. Zaradi večje aktivacije končnih uporabnikov (toplotne črpalke, e-mobilnost ipd.) je tukaj največji poudarek na električnem energetskem sistemu.

Priloga 2: Obravnavani viri energije v EKS

Viri energije, ki so obravnavani v EKS (Ministrstvo za infrastrukturo, 2018):

- premog: uporaba premoga (lignit, rjavi in črni premog) se bo postopoma ukinjala. Sorazmerno z uvajanjem obnovljivih virov energije bo preostanek premoga v uporabi samo še pri že obstoječih napravah do izteka njihove življenjske dobe. Uporaba se bo končala najpozneje do leta 2054, hitrejše prenehanje pa pomeni tudi manjše stroške emisijskih kuponov;
- zemeljski plin: plin bo imel pomembno vlogo kot ključni element, potreben pri visokotemperaturnih procesih v industriji, in podporno vlogo pri uravnavanju nihanj v proizvodnji električne energije iz obnovljivih virov. Prav tako je plin pomemben kot gradbeni element decentralizacije za toplotno ogrevanje in soproizvodnjo elektrike;
- naftni derivati: do leta 2030 se bo raba naftnih derivatov postopoma znižala za približno 10 %, v letu 2050 pa do 50 % (glede na leto 2015). Tempo tega zmanjšanja bodo narekovali strožji okoljsko-tehnični standardi in nadomeščanje z alternativnimi gorivi;
- jedrska energija: v Sloveniji jedrska energija predstavlja pomemben delež proizvodnje električne energije in obratovanje jedrske elektrarne Krško do leta 2043 je ključen korak pri razogljichenju. Sočasno je treba ohranjati odprto javno razpravo na temo jedrskih odpadkov, ekonomskih tveganj o odločitvi za jedrsko energijo, racionalnosti obratovalnih ur, varnostnih vprašanj, celovito presojeti ter tehtati vse te dejavnike;
- vodna energija: Slovenija ima velik neizkoriščen potencial vodne energije – od malih in srednjih do velikih in črpalnih hidroelektrarn. Pozitivni vplivi gradnje novih zmogljivosti so tudi reguliranje vodnega toka, zagotavljanje pitne vode, zaščita obdelovalnih zemljišč pred poplavami ipd. Vodna energija omogoča hitro in stroškovno ugoden odziv na nihanja v povpraševanju po električni energiji, ki pa ga podraži dejstvo, da so najboljše lokacije že izkoriščene in da bo gradnja novih objektov bolj specifična, zahtevnejša in dražja;
- termalna energija: aerotermalna, geotermalna in hidrotermalna energija bodo pri prehodu v nizkoogljično družbo pomemben vir toplote, v pretežni meri zajet s pomočjo toplotnih črpalk;
- vetrna energija: ob potencialni neodločitvi za jedrsko energijo bo treba čim prej izkoriščati neuporabljen vetrni potencial že po letu 2025. Ključna dejavnika tveganja sta pomanjkanje obsežnejših terenov z zadostno hitrostjo vetra ter umeščanje projektov izven varovanih območij in v sozvočju z lokalno skupnostjo. Z intenzivnejšo gradnjo bi lahko do leta 2050 v Sloveniji proizvedli 7 % vse energije iz vetrnih elektrarn;
- sončna energija: širša in večja uporaba sončne energije bo zahtevala nadgradnjo sistemov, iskanje rešitev za skladiščenje energije in povezovanje samooskrbnih proizvajalcev tovrstne energije. Kot ključni dejavnik pri opuščanju fosilnih goriv ne smemo zanemariti tudi dejstva, da bo poleg intenzivnejše proizvodnje veliko vlogo igrala pasivna raba energije v obliki bolj optimizirane gradnje samooskrbnih stavb in sosesk;

- biomasa: glede na gozdnatost Slovenije bo uporaba biomase za proizvodnjo toplote imela veliko pozitivnih sinergijskih učinkov na slovensko gospodarstvo. Poleg večje zanesljivosti z oskrbo se z biomaso poveča tudi ekonomika lesnopredelovalne verige. Izziv bo predstavljalo ustrezno zagotavljanje okoljskega standarda kurilnih naprav.

Priloga 3: Pregled izračunov z uporabo metode SES

Leto	Mesec	Y_t	F_t	E_t^2	MSE
2008	januar	38.885	38.885		
	februar	35.045	38.885	14.740.992,36	
	marec	33.075	35.045	3.880.112,04	
	april	19.736	33.075	177.936.924,49	
	maj	8.424	19.736	127.954.556,89	
	junij	5.133	8.424	10.833.774,76	
	julij	5.527	5.133	154.913,09	
	avgust	2.734	5.527	7.797.777,00	
	september	9.736	2.734	49.020.162,07	
	oktober	17.100	9.736	54.235.712,96	
	november	25.509	17.100	70.718.008,36	
	december	38.802	25.509	176.690.556,25	
2009	januar	41.793	38.802	8.945.422,99	
	februar	34.242	41.793	57.014.429,62	
	marec	26.844	34.242	54.724.485,76	
	april	12.894	26.844	194.618.124,31	
	maj	5.881	12.894	49.179.924,87	
	junij	4.213	5.881	2.781.156,58	
	julij	5.194	4.213	961.929,41	
	avgust	3.813	5.194	1.906.111,58	
	september	3.591	3.813	49.403,95	
	oktober	15.700	3.591	146.614.077,06	
	november	25.176	15.700	89.791.922,74	
	december	36.551	25.176	129.412.693,44	
2010	januar	42.986	36.551	41.397.514,13	47.315.132
	februar	35.919	42.986	49.942.489,00	
	marec	30.200	35.919	32.707.532,90	
	april	16.764	30.200	180.505.673,86	
	maj	7.992	16.764	76.953.422,74	
	junij	5.376	7.992	6.841.624,92	
	julij	4.454	5.376	850.747,97	
	avgust	4.781	4.454	107.269,35	
	september	7.504	4.781	7.411.897,35	
	oktober	20.829	7.504	177.567.617,70	
	november	23.639	20.829	7.896.381,00	
	december	38.982	23.639	235.393.840,50	

se nadaljuje

nadaljevanje

Leto	Mesec	Y_t	F_t	E_t^2	MSE
2016	januar	30.191	28.677	2.292.831,92	
	februar	21.404	30.191	77.209.435,87	
	februar	21.404	30.191	77.209.435,87	
	marec	18.906	21.404	6.242.052,53	
	april	8.765	18.906	102.839.881,00	
	maj	5.967	8.765	7.827.349,11	
	junij	4.598	5.967	1.873.046,80	
	julij	4.235	4.598	132.032,67	
	avgust	4.319	4.235	7.149,55	
	september	5.671	4.319	1.827.471,39	
	oktober	15.966	5.671	105.981.074,57	
	november	22.875	15.966	47.730.135,69	
december	37.072	22.875	201.571.845,76		
2017	januar	44.378	37.072	53.371.791,36	50.508.731
	februar	27.099	37.072	99.461.127,92	
	marec	16.945	37.072	405.112.230,76	
	april	12.399	37.072	608.786.536,96	
	maj	6.595	37.072	928.885.320,86	
	junij	5.446	37.072	1.000.200.966,41	
	julij	5.041	37.072	1.026.029.036,13	
	avgust	4.995	37.072	1.028.959.847,38	
	september	9.612	37.072	754.061.485,63	
	oktober	13.537	37.072	553.922.113,80	
	november	27.795	37.072	86.073.861,76	
	december	38.159	37.072	1.180.264,96	
					545.503.715

Vir: TE-TOL (brez datuma) in lastni izračuni.

Priloga 4: Pregled izračunov z uporabo Holtove metode

Leto	Mesec	Y_t	L_t	b_t	F_t	E_t^2	MSE
2008	januar	38.885	38.885	-3.839			
	februar	35.045	35.045	-3.839	35.045		
	marec	33.075	32.901	-2.144	31.206	3.495.404,16	
	april	19.736	20.764	-12.137	30.757	121.454.381,42	
	maj	8.424	8.443	-12.321	8.628	41.319,97	
	junij	5.133	4.292	-4.151	-3.878	81.189.462,96	
	julij	5.527	5.024	732	141	29.002.317,90	
	avgust	2.734	3.016	-2.008	5.756	9.131.337,91	
	september	9.736	8.921	5.905	1.008	76.170.468,47	
	oktober	17.100	16.888	7.967	14.826	5.168.984,21	
	november	25.509	25.448	8.560	24.855	428.857,66	
	december	38.802	38.355	12.906	34.009	22.974.558,38	
2009	januar	41.793	42.676	4.321	51.261	89.648.829,58	
	februar	34.242	35.432	-7.244	46.998	162.706.829,16	
	marec	26.844	26.970	-8.462	28.188	1.805.302,84	
	april	12.894	13.418	-13.552	18.507	31.512.283,87	
	maj	5.881	5.320	-8.098	-135	36.187.320,18	
	junij	4.213	3.561	-1.759	-2.778	48.879.786,32	
	julij	5.194	4.878	1.317	1.802	11.504.297,59	
	avgust	3.813	4.036	-842	6.194	5.668.154,65	
	september	3.591	3.554	-481	3.194	158.120,55	
	oktober	15.700	14.522	10.967	3.073	159.441.797,12	
	november	25.176	25.205	10.683	25.489	98.268,69	
	december	36.551	36.490	11.285	35.888	440.258,02	
2010	januar	42.986	43.432	6.943	47.774	22.932.801,72	40.907.058
	februar	35.919	37.267	-6.165	50.375	208.992.866,92	
	marec	30.200	30.284	-6.984	31.102	815.121,70	
	april	16.764	17.374	-12.910	23.300	42.717.550,30	
	maj	7.992	7.663	-9.711	4.464	12.443.806,07	
	junij	5.376	4.684	-2.979	-2.048	55.126.113,32	
	julij	4.454	4.197	-486	1.704	7.560.355,79	
	avgust	4.781	4.682	484	3.711	1.145.400,76	
	september	7.504	7.286	2.604	5.166	5.466.839,34	
	oktober	20.829	19.809	12.523	9.890	119.670.692,91	
	november	23.639	24.450	4.642	32.332	75.555.423,53	
	december	38.982	38.059	13.609	29.092	97.809.920,86	

se nadaljuje

nadaljevanje

Leto	Mesec	Y_t	L_t	b_t	F_t	E_t^2	MSE
2016	januar	30.191	30.846	2.220	37.212	49.295.215,84	
	februar	21.404	22.492	-8.354	33.066	136.003.208,40	
	marec	18.906	18.461	-4.031	14.138	22.728.245,56	
	april	8.765	9.293	-9.168	14.430	32.091.449,87	
	maj	5.967	5.422	-3.871	125	34.121.852,30	
	junij	4.598	4.314	-1.108	1.551	9.288.358,34	
	julij	4.235	4.139	-175	3.206	1.058.687,30	
	avgust	4.319	4.286	147	3.964	126.428,10	
	september	5.671	5.556	1.270	4.434	1.531.741,06	
	oktober	15.966	15.113	9.557	6.825	83.551.269,35	
	november	22.875	23.042	7.929	24.671	3.225.066,58	
	december	37.072	36.503	13.461	30.971	37.221.947,18	
2017	januar	44.378			49.964	31.203.520,50	40.498.142
	februar	27.099			63.425	1.319.539.106,82	
	marec	16.945			76.886	3.592.883.989,52	
	april	12.399			90.346	6.075.843.981,63	
	maj	6.595			103.807	9.450.279.880,41	
	junij	5.446			117.268	12.504.095.662,12	
	julij	5.041			130.729	15.797.543.088,45	
	avgust	4.995			144.190	19.375.198.796,81	
	september	9.612			157.651	21.915.376.426,99	
	oktober	13.537			171.111	24.829.763.579,56	
	november	27.795			184.572	24.579.187.115,44	
	december	38.159			198.033	25.559.803.963,42	
							13.752.559.925

Vir: TE-TOL (brez datuma) in lastni izračuni.

Priloga 5: Pregled izračunov z uporabo metode AHW

Leto	Mesec	Y_t	L_t	b_t	S_t	F_t	E_t^2	MSE
2008	januar	38.885			18.909			
	februar	35.045			15.070			
	marec	33.075			13.100			
	april	19.736			-239			
	maj	8.424			-11.551			
	junij	5.133			-14.843			
	julij	5.527			-14.449			
	avgust	2.734			-17.241			
	september	9.736			-10.240			
	oktober	17.100			-2.876			
	november	25.509			5.534			
	december	38.802	19.976	-165	18.826			
2009	januar	41.793	21.163	-165	19.948	38.719	9.446.771,07	
	februar	34.242	20.194	-165	14.453	36.068	3.332.548,58	
	marec	26.844	17.262	-165	10.975	33.129	39.492.539,66	
	april	12.894	15.352	-165	-1.579	16.858	15.710.685,49	
	maj	5.881	16.175	-165	-10.792	3.636	5.042.170,60	
	junij	4.213	17.351	-165	-13.813	1.167	9.278.821,35	
	julij	5.194	18.267	-165	-13.618	2.736	6.040.242,89	
	avgust	3.813	19.402	-165	-16.243	861	8.719.893,34	
	september	3.591	16.857	-165	-12.067	8.997	29.217.948,87	
	oktober	15.700	17.521	-165	-2.239	13.816	3.547.718,17	
	november	25.176	18.362	-165	6.307	22.889	5.226.629,93	
	december	36.551	17.989	-165	18.667	37.023	222.235,81	
2010	januar	42.986	20.119	-165	21.711	37.772	27.184.173,35	11.409.806
	februar	35.919	20.619	-165	14.964	34.406	2.287.623,49	
	marec	30.200	19.913	-165	10.560	31.429	1.512.710,19	
	april	16.764	19.129	-165	-2.054	18.168	1.969.943,95	
	maj	7.992	18.885	-165	-10.853	8.172	32.375,62	
	junij	5.376	18.926	-165	-13.654	4.906	220.721,71	
	julij	4.454	18.458	-165	-13.851	5.143	474.271,84	
	avgust	4.781	19.495	-165	-15.319	2.049	7.466.099,38	
	september	7.504	19.436	-165	-11.986	7.262	58.321,38	
	oktober	20.829	20.942	-165	-955	17.032	14.420.804,73	
	november	23.639	19.261	-165	5.142	27.084	11.863.723,14	
	december	38.982	19.632	-165	19.079	37.762	1.487.356,27	

se nadaljuje

nadaljevanje

Leto	Mesec	Y_t	L_t	b_t	S_t	F_t	E_t^2	MSE
2016	januar	30.191	13.703	-165	16.705	31.169	956.113,39	
	februar	21.404	10.013	-165	13.167	29.411	64.111.643,97	
	marec	18.906	10.574	-165	7.966	17.255	2.725.754,80	
	april	8.765	9.944	-165	-945	9.821	1.115.939,97	
	maj	5.967	11.586	-165	-6.530	1.860	16.865.497,56	
	junij	4.598	12.243	-165	-8.059	2.730	3.489.143,03	
	julij	4.235	13.128	-165	-9.421	1.850	5.687.579,69	
	avgust	4.319	13.998	-165	-10.200	1.967	5.532.780,48	
	september	5.671	14.926	-165	-9.805	3.188	6.166.881,01	
	oktober	15.966	17.406	-165	-2.772	9.957	36.113.820,24	
	november	22.875	17.641	-165	5.032	21.964	829.329,47	
	december	37.072	19.440	-165	16.643	32.610	19.909.265,85	
2017	januar	44.378				35.980	70.530.055,49	11.392.729
	februar	27.099				32.276	26.800.304,40	
	marec	16.945				26.910	99.295.523,19	
	april	12.399				17.834	29.541.779,11	
	maj	6.595				12.084	30.127.364,43	
	junij	5.446				10.389	24.429.884,87	
	julij	5.041				8.861	14.596.461,71	
	avgust	4.995				7.917	8.541.297,94	
	september	9.612				8.147	2.146.623,54	
	oktober	13.537				15.014	2.183.276,69	
	november	27.795				22.653	26.440.834,62	
	december	38.159				34.099	16.484.759,54	
								29.259.847

Vir: TE-TOL (brez datuma) in lastni izračuni.

Priloga 6: Pregled izračunov z uporabo metode MHW

Leto	Mesec	Y_t	L_t	b_t	S_t	F_t	E_t^2	MSE
2008	januar	38.885			1,95			
	februar	35.045			1,75			
	marec	33.075			1,66			
	april	19.736			0,99			
	maj	8.424			0,42			
	junij	5.133			0,26			
	julij	5.527			0,28			
	avgust	2.734			0,14			
	september	9.736			0,49			
	oktober	17.100			0,86			
	november	25.509			1,28			
	december	38.802	19.976	-165	1,94			
2009	januar	41.793	20.377	-165	1,98	38.563	10.433.556,45	
	februar	34.242	19.974	-165	1,74	35.459	1.480.335,19	
	marec	26.844	18.581	-165	1,58	32.800	35.467.382,45	
	april	12.894	16.584	-165	0,92	18.195	28.104.874,05	
	maj	5.881	15.574	-165	0,41	6.924	1.088.849,80	
	junij	4.213	15.746	-165	0,26	3.960	64.416,42	
	julij	5.194	16.671	-165	0,29	4.311	780.469,64	
	avgust	3.813	20.382	-165	0,15	2.259	2.416.041,98	
	september	3.591	15.831	-165	0,40	9.853	39.210.395,35	
	oktober	15.700	16.578	-165	0,89	13.410	5.240.553,59	
	november	25.176	17.540	-165	1,33	20.960	17.771.196,23	
	december	36.551	17.867	-165	1,98	33.749	7.851.676,32	
2010	januar	42.986	19.062	-165	2,07	35.086	62.397.647,00	8.795.103
	februar	35.919	19.490	-165	1,78	32.894	9.145.433,15	
	marec	30.200	19.236	-165	1,58	30.610	168.415,86	
	april	16.764	18.805	-165	0,91	17.477	507.437,55	
	maj	7.992	18.984	-165	0,41	7.581	168.605,73	
	junij	5.376	19.438	-165	0,27	4.904	223.407,63	
	julij	4.454	17.963	-165	0,27	5.561	1.225.110,96	
	avgust	4.781	22.325	-165	0,17	2.740	4.167.739,77	
	september	7.504	21.018	-165	0,38	8.837	1.776.829,97	
	oktober	20.829	21.751	-165	0,91	18.496	5.445.500,30	
	november	23.639	20.281	-165	1,27	28.727	25.885.550,87	
	december	38.982	19.977	-165	1,97	39.780	636.240,46	

se nadaljuje

nadaljevanje

Leto	Mesec	Y_t	L_t	b_t	S_t	F_t	E_t^2	MSE
2016	januar	30.191	15.399	-165	1,98	30.760	323.730,78	
	februar	21.404	13.969	-165	1,75	28.282	47.306.296,81	
	marec	18.906	13.929	-165	1,34	18.418	237.544,37	
	april	8.765	12.704	-165	0,78	11.317	6.515.883,24	
	maj	5.967	13.753	-165	0,39	4.648	1.739.310,39	
	junij	4.598	13.567	-165	0,34	4.619	425,75	
	julij	4.235	13.606	-165	0,31	4.053	32.924,39	
	avgust	4.319	14.355	-165	0,28	3.602	514.976,50	
	september	5.671	14.922	-165	0,36	4.926	555.463,47	
	oktober	15.966	17.201	-165	0,80	10.750	27.209.351,95	
	november	22.875	17.285	-165	1,30	21.935	882.632,59	
	december	37.072	17.845	-165	1,98	32.977	16.768.345,91	
2017	januar	44.378				34.946	88.969.293,11	9.257.275
	februar	27.099				30.584	12.145.416,90	
	marec	16.945				23.284	40.185.973,24	
	april	12.399				13.356	917.231,45	
	maj	6.595				6.674	6.333,04	
	junij	5.446				5.723	76.683,54	
	julij	5.041				5.097	3.212,18	
	avgust	4.995				4.613	146.155,07	
	september	9.612				5.861	14.067.965,27	
	oktober	13.537				12.894	412.670,43	
	november	27.795				20.830	48.504.937,09	
	december	38.159				31.368	46.119.210,28	
								20.962.923

Vir: TE-TOL (brez datuma) in lastni izračuni.

Priloga 7: Pregled izračunov z uporabo metode MoHW

Leto	Mesec	Y_t	L_t	b_t	S_t	F_t	E_t^2	MSE
2008	januar	38.885			18.909			
	februar	35.045			15.070			
	marec	33.075			13.100			
	april	19.736			-239			
	maj	8.424			-11.551			
	junij	5.133			-14.843			
	julij	5.527			-14.449			
	avgust	2.734			-17.241			
	september	9.736			-10.240			
	oktober	17.100			-2.876			
	november	25.509			5.534			
	december	38.802	19.976	-165	18.826			
2009	januar	41.793	22.884	-165	18.909	38.719	9.446.771,07	
	februar	34.242	19.172	-165	15.070	37.788	12.574.257,84	
	marec	26.844	13.745	-165	13.100	32.107	27.693.169,50	
	april	12.894	13.133	-165	-239	13.340	198.817,89	
	maj	5.881	17.432	-165	-11.551	1.417	19.929.349,49	
	junij	4.213	19.056	-165	-14.843	2.424	3.201.093,51	
	julij	5.194	19.643	-165	-14.449	4.442	566.346,55	
	avgust	3.813	21.055	-165	-17.241	2.236	2.487.559,84	
	september	3.591	13.831	-165	-10.240	10.650	49.820.163,56	
	oktober	15.700	18.575	-165	-2.876	10.790	24.101.324,68	
	november	25.176	19.642	-165	5.534	23.944	1.517.405,15	
	december	36.551	17.725	-165	18.826	38.303	3.066.561,35	
2010	januar	42.986	24.076	-165	18.909	36.469	42.468.160,90	19.701.778
	februar	35.919	20.849	-165	15.070	38.981	9.377.252,57	
	marec	30.200	17.100	-165	13.100	33.783	12.844.195,85	
	april	16.764	17.004	-165	-239	16.695	4.820,52	
	maj	7.992	19.543	-165	-11.551	5.287	7.315.726,66	
	junij	5.376	20.219	-165	-14.843	4.535	707.600,62	
	julij	4.454	18.903	-165	-14.449	5.605	1.323.834,34	
	avgust	4.781	22.023	-165	-17.241	1.496	10.793.458,92	
	september	7.504	17.744	-165	-10.240	11.618	16.921.622,69	
	oktober	20.829	23.705	-165	-2.876	14.703	37.531.919,27	
	november	23.639	18.106	-165	5.534	29.073	29.528.138,64	
	december	38.982	20.156	-165	18.826	36.767	4.908.085,78	

se nadaljuje

nadaljevanje

Leto	Mesec	Y_t	L_t	b_t	S_t	F_t	E_t^2	MSE
2016	januar	30.191	11.282	-165	18.909	28.594	2.550.025,73	
	februar	21.404	6.334	-165	15.070	26.186	22.868.671,69	
	marec	18.906	5.806	-165	13.100	19.269	131.943,30	
	april	8.765	9.004	-165	-239	5.401	11.314.275,87	
	maj	5.967	17.518	-165	-11.551	-2.712	75.330.769,25	
	junij	4.598	19.441	-165	-14.843	2.510	4.360.775,53	
	julij	4.235	18.684	-165	-14.449	4.826	349.970,45	
	avgust	4.319	21.561	-165	-17.241	1.277	9.256.045,64	
	september	5.671	15.911	-165	-10.240	11.156	30.076.778,69	
	oktober	15.966	18.842	-165	-2.876	12.870	9.582.683,64	
	november	22.875	17.341	-165	5.534	24.210	1.783.106,21	
	december	37.072	18.246	-165	18.826	36.002	1.145.906,02	
2017	januar	44.378				36.990	54.586.533,59	18.849.501
	februar	27.099				32.985	34.640.051,94	
	marec	16.945				30.850	193.343.184,94	
	april	12.399				17.345	24.466.081,54	
	maj	6.595				5.868	528.136,49	
	junij	5.446				2.411	9.212.657,58	
	julij	5.041				2.639	5.766.155,24	
	avgust	4.995				-318	28.232.070,78	
	september	9.612				6.518	9.576.177,81	
	oktober	13.537				13.717	32.382,00	
	november	27.795				21.961	34.035.205,96	
	december	38.159				35.088	9.430.058,31	
								33.654.058

Vir: TE-TOL (brez datuma) in lastni izračuni.

Priloga 8: Pregled izračunov z uporabo metode EHW

Leto	Mesec	Y_t	L_t	b_t	S_t	F_t	E_t^2	MSE
2008	januar	38.885			18.909			
	februar	35.045			15.070			
	marec	33.075			13.100			
	april	19.736			-239			
	maj	8.424			-11.551			
	junij	5.133			-14.843			
	julij	5.527			-14.449			
	avgust	2.734			-17.241			
	september	9.736			-10.240			
	oktober	17.100			-2.876			
	november	25.509			5.534			
	december	38.802	19.976	-165	18.826			
2009	januar	41.793	21.734	-159	19.447	37.332	19.899.337,76	
	februar	34.242	21.016	-161	14.206	35.540	1.684.324,98	
	marec	26.844	18.203	-170	11.012	32.994	37.818.701,02	
	april	12.894	15.912	-177	-1.541	17.811	24.176.785,04	
	maj	5.881	16.101	-176	-10.928	5.031	722.917,78	
	junij	4.213	16.806	-173	-13.789	2.172	4.168.812,78	
	julij	5.194	17.474	-170	-13.433	3.244	3.802.489,55	
	avgust	3.813	18.376	-166	-15.987	1.328	6.179.046,09	
	september	3.591	15.997	-174	-11.254	8.722	26.320.014,48	
	oktober	15.700	16.919	-170	-2.100	13.159	6.456.380,13	
	november	25.176	18.172	-165	6.222	21.877	10.879.665,15	
	december	36.551	18.481	-164	18.472	35.452	1.208.848,02	
2010	januar	42.986	21.185	-154	20.550	36.338	44.187.504,50	9.209.892
	februar	35.919	21.775	-151	14.177	34.195	2.969.052,65	
	marec	30.200	20.921	-153	10.200	31.828	2.651.541,23	
	april	16.764	19.657	-157	-2.174	19.340	6.636.537,97	
	maj	7.992	18.904	-159	-10.920	9.374	1.908.970,18	
	junij	5.376	18.489	-160	-13.472	5.967	349.118,73	
	julij	4.454	17.713	-162	-13.352	5.882	2.038.222,26	
	avgust	4.781	18.433	-159	-14.893	2.737	4.179.973,73	
	september	7.504	18.127	-160	-10.959	7.845	116.210,93	
	oktober	20.829	20.041	-153	-747	16.021	23.121.872,45	
	november	23.639	19.019	-156	5.472	25.654	4.058.987,94	
	december	38.982	20.158	-151	18.637	35.981	9.007.201,72	

se nadaljuje

nadaljevanje

Leto	Mesec	Y_t	L_t	b_t	S_t	F_t	E_t^2	MSE
2016	januar	30.191	14.502	-139	16.014	29.164	1.055.237,40	
	februar	21.404	11.743	-148	12.050	27.479	36.904.454,04	
	marec	18.906	12.423	-145	6.130	16.988	3.678.897,44	
	april	8.765	11.624	-147	-2.486	10.280	2.295.735,50	
	maj	5.967	12.648	-143	-7.848	3.252	7.371.988,35	
	junij	4.598	12.820	-142	-8.806	3.869	532.277,18	
	julij	4.235	13.090	-140	-9.539	3.281	910.591,96	
	avgust	4.319	13.422	-139	-9.843	3.224	1.200.187,13	
	september	5.671	13.768	-137	-8.804	4.547	1.263.670,20	
	oktober	15.966	15.865	-129	-1.585	10.786	26.829.414,12	
	november	22.875	16.479	-127	6.103	21.152	2.968.169,23	
	december	37.072	19.110	-117	16.633	30.680	40.862.316,99	
2017	januar	44.378				33.832	111.219.353,68	9.551.544
	februar	27.099				30.041	8.653.811,04	
	marec	16.945				24.439	56.157.390,32	
	april	12.399				16.338	15.517.370,30	
	maj	6.595				11.251	21.685.201,74	
	junij	5.446				10.247	23.047.838,20	
	julij	5.041				9.451	19.449.636,31	
	avgust	4.995				9.052	16.459.365,93	
	september	9.612				9.897	81.344,88	
	oktober	13.537				16.470	8.603.934,48	
	november	27.795				23.476	18.647.328,44	
	december	38.159				33.117	25.417.363,98	
								27.078.328

Vir: TE-TOL (brez datuma) in lastni izračuni.

Priloga 9: Pregled izračuna napovedi za leto 2018 z uporabo metode MHW

Leto	Mesec	Y_t	L_t	b_t	S_t	F_t	E_t^2	MSE
2008	januar	38.885			1,95			
	februar	35.045			1,75			
	marec	33.075			1,66			
	april	19.736			0,99			
	maj	8.424			0,42			
	junij	5.133			0,26			
	julij	5.527			0,28			
	avgust	2.734			0,14			
	september	9.736			0,49			
	oktober	17.100			0,86			
	november	25.509			1,28			
	december	38.802	19.976	-165	1,94			
2009	januar	41.793	20.391	-165	1,99	38.563	10.433.556,45	
	februar	34.242	19.978	-165	1,74	35.484	1.543.156,40	
	marec	26.844	18.552	-165	1,58	32.805	35.534.023,37	
	april	12.894	16.518	-165	0,91	18.166	27.798.046,56	
	maj	5.881	15.510	-165	0,41	6.897	1.031.384,46	
	junij	4.213	15.713	-165	0,26	3.943	73.134,67	
	julij	5.194	16.677	-165	0,29	4.301	796.877,59	
	avgust	3.813	20.486	-165	0,16	2.260	2.413.352,11	
	september	3.591	15.786	-165	0,39	9.904	39.846.346,35	
	oktober	15.700	16.572	-165	0,89	13.372	5.419.668,43	
	november	25.176	17.565	-165	1,34	20.952	17.835.650,90	
	december	36.551	17.896	-165	1,98	33.798	7.580.995,65	
2010	januar	42.986	19.105	-165	2,08	35.195	60.686.002,14	8.802.988
	februar	35.919	19.538	-165	1,78	32.941	8.863.452,40	
	marec	30.200	19.291	-165	1,57	30.568	136.028,29	
	april	16.764	18.875	-165	0,90	17.416	425.023,53	
	maj	7.992	19.054	-165	0,41	7.594	158.756,12	
	junij	5.376	19.483	-165	0,27	4.932	197.084,27	
	julij	4.454	17.938	-165	0,27	5.595	1.302.886,46	
	avgust	4.781	22.333	-165	0,18	2.759	4.088.611,99	
	september	7.504	21.136	-165	0,38	8.654	1.322.875,43	
	oktober	20.829	21.821	-165	0,91	18.666	4.679.540,17	
	november	23.639	20.272	-165	1,27	28.918	27.865.707,73	
	december	38.982	19.961	-165	1,97	39.807	680.138,52	

se nadaljuje

nadaljevanje

Leto	Mesec	Y_t	L_t	b_t	S_t	F_t	E_t^2	MSE
2016	januar	30.191	15.416	-165	1,97	30.792	361.112,00	
	februar	21.404	13.938	-165	1,74	28.385	48.733.352,21	
	marec	18.906	13.957	-165	1,33	18.207	488.208,31	
	april	8.765	12.718	-165	0,77	11.270	6.277.710,24	
	maj	5.967	13.861	-165	0,39	4.598	1.873.649,44	
	junij	4.598	13.583	-165	0,34	4.709	12.303,01	
	julij	4.235	13.597	-165	0,31	4.079	24.240,54	
	avgust	4.319	14.241	-165	0,29	3.685	402.343,88	
	september	5.671	14.890	-165	0,36	4.867	646.810,77	
	oktober	15.966	17.354	-165	0,79	10.574	29.077.553,85	
	november	22.875	17.410	-165	1,29	22.062	660.256,22	
	december	37.072	17.961	-165	1,97	33.139	15.469.428,64	
2017	januar	44.378	19.435	-165	2,09	35.134	85.442.825,65	10.144.258
	februar	27.099	17.977	-165	1,65	33.525	41.289.956,70	
	marec	16.945	16.022	-165	1,23	23.763	46.488.016,06	
	april	12.399	15.947	-165	0,77	12.200	39.508,79	
	maj	6.595	16.173	-165	0,40	6.159	190.076,92	
	junij	5.446	15.981	-165	0,34	5.472	674,16	
	julij	5.041	16.031	-165	0,31	4.852	35.514,81	
	avgust	4.995	16.443	-165	0,29	4.524	221.503,72	
	september	9.612	19.956	-165	0,40	5.842	14.215.944,33	
	oktober	13.537	18.835	-165	0,77	15.703	4.692.865,22	
	november	27.795	19.649	-165	1,34	24.175	13.105.526,40	
	december	38.159	19.427	-165	1,97	38.475	100.217,33	
2018	januar					40.250		
	februar					31.568		
	marec					23.303		
	april					14.495		
	maj					7.380		
	junij					6.295		
	julij					5.657		
	avgust					5.288		
	september					7.260		
	oktober					13.606		
	november					23.587		
	december					34.377		

Vir: TE-TOL (brez datuma) in lastni izračuni.