

UNIVERZA V LJUBLJANI  
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA  
ODDELEK ZA GOZDARSTVO IN  
OBNOVLJIVE GOZDNE VIRE

Peter KRAMER

**POTENCIALI IN MOŽNOSTI  
ENERGETSKE OSKRBE POSESTVA FAKULTETE  
ZA KMETIJSTVO V MARIBORU Z LASTNO LESNO  
BIOMASO**

DIPLOMSKO DELO

Visokošolski strokovni študij

UNIVERZA V LJUBLJANI  
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA  
ODDELEK ZA GOZDARSTVO IN  
OBNOVLJIVE GOZDNE VIRE

Peter KRAMER

**POTENCIALI IN MOŽNOSTI ENERGETSKE OSKRBE POSESTVA  
FAKULTETE ZA KMETIJSTVO V MARIBORU Z LASTNO LESNO  
BIOMASO**

DIPLOMSKO DELO  
Visokošolski strokovni študij

**ENERGY SUPPLY POTENTIALS AND POSSIBILITIES OF THE  
ESTATE OF THE FACULTY OF AGRICULTURE IN MARIBOR  
WITH SELF-PRODUCED BIOMASS**

GRADUATION THESIS  
Higher professional studies

Ljubljana, 2016

Diplomsko delo je zaključek visokošolskega študija na Oddelku za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani. Opravljeno je bilo na katedri za gozdno tehniko in ekonomiko, na Oddelku za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani.

Komisija za študijska in študentska vprašanja Oddelka za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire BF je dne 29.8.2007 sprejela temo in za mentorja diplomskega dela imenovala izr. prof. dr. Janeza Krča in za recenzenta prof. dr. Igorja Potočnika.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Datum zagovora:

Podpisani izjavljam, da je naloga rezultat lastnega dela. Izjavljam, da je elektronski izvod identičen tiskanemu. Na univerzo neodplačno, neizključno, prostorsko in časovno neomejeno prenašam pravico shranitve avtorskega dela v elektronski obliki in reproduciranje ter pravico omogočanja javnega dostopa do avtorskega dela na svetovnem spletu preko Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete.

Peter Kramer

## KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Vs
DK	GDK 839.3(497.4Maribor)(043.2)=163.6
KG	les za kurjavo/lesni sekanci/soproizvodnja/kurilna moč/energija
KK	
AV	KRAMER, Peter
SA	KRČ, Janez (mentor)
KZ	SI-1000 Ljubljana, Večna pot 83
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire
LI	2016
IN	POTENCIALI IN MOŽNOSTI ENERGETSKE OSKRBE POSESTVA FAKULTETE ZA KMETIJSTVO V MARIBORU Z LASTNO BIOMASO
TD	Diplomsko delo (visokošolski strokovni študij)
OP	IX, 49 str., 29 pregl. 9 sl., 1 pril., 30 vir.
IJ	sl
JJ	sl/en
AI	Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede se ukvarja s kmetijsko in gozdarsko dejavnostjo. Njeno posestvo je teritorialno ločeno v dve enoti, prva enota se nahaja v okolici gradu Hompoš nad Hočami, druga enota pa na Meranovem nad Limbušem. Potenciali in možnosti lesa za kurjavo obstajajo na obeh lokacijah, tako iz gozdov, kot tudi iz kmetijske dejavnosti. Potencial lesa za kurjavo v gozdovih predstavlja les slabše kvalitete, ki nastane predvsem pri gojitvenih delih in pa sečni ostanki kot produkt redne sečnje. Potenciali s kmetijske dejavnosti so: les pri letni rezi vinogradov in sadovnjakov, pri krčitvah površin za obnove in les za kurjavo, ki nastane ob čiščenju melioracijskih jarkov. Trenutno rabo energentov na fakulteti v veliki meri predstavljajo kurilno olje, utekočinjen naftni plin in elektrika. Le del predstavlja les za kurjavo v obliki lesnih sekancev. Zato je smiselno poiskati druge možnosti. Le te so se pokazale v vgradnji kogeneracijskih sistemov, za sproizvodnjo toplotne in električne energije. Za zagotavljanje vseh potreb po energentih je potrebno vzpostaviti dva sistema, za vsako teritorialno ločeno enoto posebej. Kljub dokaj visokim investicijskim vložkom so se ekonomski izračuni izkazali kot ugodni. Z lastnimi potenciali lesa za kurjavo se lahko s sproizvodnjo zagotovijo vse energetske potrebe Fakultete za kmetijstvo in biosistemske vede.

## KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Vs

DC FDC 839.3(497.4Maribor)(043.2)=163.6

CX fuel wood/wood chips/cogeneration/heating value/energy

CC

AU KRAMER, Peter

AA KRČ, Janez (supervisor)

PP SI-1000 Ljubljana, Večna pot 83

PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Forestry and Renewable Forest Resources

PY 2016

TI ENERGY SUPPLY POTENTIALS AND POSSIBILITIES OF THE ESTATE OF THE FACULTY OF AGRICULTURE IN MARIBOR WITH SELF-PRODUCED BIOMASS

DT Graduation Thesis (Higher professional studies)

NO IX, 49 p., 29 tab. 9 fig., 1 ann., 30 ref.

LA sl

AL sl/en

AB The Faculty of Agriculture and Life Sciences is engaged in agricultural and forestry activities. Its' estate is separated into two units: the first unit is located in the vicinity of Hompoš castle above Hoče, the second one on Meranovo hill above Limbuš. Both locations have potentials and possibilities for fuel wood production using agriculture and forestry resources. The potential of fuel wood energy can be derived from lower quality wood primarily obtained from silviculture works, and forest residues generated from regular logging operations. It can also be derived from agricultural sources: pruning wood from vineyards and orchards, wood residues from grubbing before restoration, and those from cleaning melioration ditches. Currently, the main energy products used by the Faculty are heating oil, liquefied petroleum gas and electricity. Only a small portion of energy is generated from fuel wood, namely woodchips. It is therefore reasonable to look for other options. One of them is installing cogeneration systems, which provide both heat and electric power. In order to meet the energy needs, two separate systems have to be installed, one for each estate unit. Although this requires high investment costs, the results of financial evaluations are favorable. The energy supply from self-produced fuel wood is sufficient to meet all the energy needs of the Faculty of Agriculture and Life Sciences.

## KAZALO VSEBINE

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA.....	III
KEY WORDS DOCUMENTATION .....	IV
KAZALO VSEBINE.....	V
KAZALO PREGLEDNIC.....	VIII
KAZALO SLIK.....	X
1 UVOD .....	1
2 NAMEN DIPLOMSKE NALOGE IN PREDSTAVITEV PROBLEMA in HIPOTEZE.....	2
3 PREDSTAVITEV DOSEDANJIH RAZISKAV LESA ZA KURJAVO KOT ENERGENTA IN NAČINOV OGREVANJA .....	3
3.1 DOSEDANJE RAZISKAVE .....	3
3.2 LES KOT ENERAGENT.....	6
3.2.1 Viri surovin za lesna goriva.....	6
3.2.2 Oblike lesnih goriv .....	7
3.2.3 Merske enote lesnih goriv .....	8
3.2.4 Voda in vlažnost lesnih goriv .....	11
3.2.5 Energetska vrednost lesnih goriv .....	12
3.2.6 Ekološki vidik uporabe lesnih goriv.....	13
3.3 SODOBNI SISTEMI ZA OGREVANJE NA LES .....	13
3.3.1 Predstavitev kogeneracijskega generatorja .....	13
3.3.2 Opis delovanja kogeneracijskega kotla Volter 30.....	14
4 METODE DELA IN OBJEKT RAZISKAVE.....	17
4.1 METODE DELA.....	17
4.1.1 Podatki iz gozdnogospodarskih načrtov .....	17
4.1.2 Podatki iz izpisa iz registra kmetijskih gospodarstev.....	17
4.1.3 Podatki iz javnega pregledovalnika grafičnih podatkov MKGP.....	18
4.1.4 Izračun stroškov za kogeneracijski sistem Volter 30 .....	19
4.1.4.1 Investicijski stroški.....	19
4.1.4.2 Stroški vzdrževanja in obratovanja .....	20
4.1.4.3 Letni stroški goriva.....	20
4.1.4.4 Izračun vrednosti električne energije .....	20
4.1.4.5 Izračun vrednosti toplotne energije .....	21
4.2 OBJEKT RAZISKAVE .....	22
4.2.1 Pregled površin ki predstavljajo možnosti za pridobivanje lesa za kurjavo.....	24
4.2.1.1 Kmetijske površine.....	24
4.2.1.2 Gozdne površine.....	25
4.2.2 Predlog novega načina ogrevanja s sproizvodnjo električne energije.....	32
5 REZULTATI IN RAZPRAVA O POTENCIALIH lesa za kurjavo IN MOŽNOSTIH NJIHOVEGA IZKORIŠČANJA .....	33
5.1 OCENA KOLIČIN NA OSNOVI GOZDNOGOSPODARSKIH NAČRTOV ....	33
5.1.1 Oblike spravila lesa in normativi.....	36

5.2	OCENA KOLIČIN NA OSNOVI IZPISA IZ REGISTRA KMETIJSKIH GOSPODARSTEV .....	36
5.2.1	Količine lesa za kurjavo ob rezi vinogradov .....	37
5.2.2	Količine lesa za kurjavo ob rezi sadovnjakov .....	37
5.2.3	Količine lesa za kurjavo ob krčitvi vinogradov.....	37
5.2.4	Izračun količine lesa za kurjavo ob krčitvi sadovnjakov .....	38
5.3	OCENA KOLIČIN LESA ZA KURJAVO OB ČIŠČENJU MELIORACIJSKIH JARKOV .....	39
5.4	OCENA SKUPNEGA POTENCIALA LETNE KOLIČINE LESA ZA KURJAVO .....	40
5.5	PRIMERJAVA STROŠKOV NA OSNOVI CENE ENERAGENTOV.....	41
5.6	EKONOMSKA PRESOJA INVESTICIJE V KOGENERACIJSKI AGREGAT NA LES ZA KURJAVO .....	42
5.6.1	Izračun prihranka ob uvedbi predlaganega načina kogeneracijskih sistemov .....	45
6	SKLEPI .....	47
7	POVZETEK .....	48
8	VIRI.....	50
	ZAHVALA.....	54
	PRILOGE .....	55





## KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Gostota absolutno suhega lesa (Krajnc in sod., 2009: 11).....	10
Preglednica 2: Tipične vrednosti nasutja lesnih goriv (Krajnc in sod. 2009: 11).....	10
Preglednica 3: Primerjava vlažnosti lesa pri različni vsebnosti vode (Krajnc in sod. 2009: 14) .....	11
Preglednica 4: Tehnični podatki sistema Volter 30 (Bobanec, 2014: 25) .....	16
Preglednica 5: Stroški investicije v kogeneracijski sistem Volter 30 (Bobanec, 2014: 29)	19
Preglednica 6: Pregled površin posestva Fakultete za kmetijstvo in biosistemske vede (Vir: Letni program... , 2016) .....	24
Preglednica 7: Površine in deleži gozdnih združb po skupinah rastišč v gozdovih Fakultete za kmetijstvo in biosistemske vede (vir: Gozdnogospodarski načrt... , 2008; Gozdnogospodarski načrt... , 2012).....	27
Preglednica 8: Povprečne spravilne razdalje v gozdovih Fakultete za kmetijstvo in biosistemske vede (vir: Gozdnogospodarski načrt... , 2008; Gozdnogospodarski načrt... , 2012).....	28
Preglednica 9: : Deleži drevesnih vrst in hektarska zaloga v gozdovih Fakultete za kmetijstvo in biosistemske vede (vir: Gozdnogospodarski načrt... , 2008; Gozdnogospodarski načrt... , 2012). .....	29
Preglednica 10 Delež razvojnih faz v gozdovih Fakultete za kmetijstvo in biosistemske vede (vir: Gozdnogospodarski načrt... , 2008; Gozdnogospodarski načrt... , 2012) .....	29
Preglednica 11: Poraba energentov na Fakulteti za kmetijstvo in biosistemske vede v letu 2015 (Računovodski podatki..., 2016) .....	32
Preglednica 12: Površine, lesne zaloge in možen posek v posameznih oddelkih gozdov Fakultete za kmetijstvo in biosistemske vede v 10 letnem obdobju (vir:Gozdnogospodarski načrt... , 2008; Gozdnogospodarski načrt... , 2012) .....	34
Preglednica 13: Možen letni posek in letne količine lesa za kurjavo iz gozdnih površin Fakultete za kmetijstvo in biosistemske vede (Gozdnogospodarski načrt... , 2008; Gozdnogospodarski načrt... , 2012; Računovodski podatki ..., 2016).....	35
Preglednica 14: Količina potrebnega dela za posek in spravilo lesa v letu 2015 (Odredba ..., 1999).....	36

Preglednica 15: Izračun letnih potencialov lesa za kurjavo pri rezi vinogradov (lastni izračun) .....	37
Preglednica 16: Izračun letnih potencialov lesa za kurjavo pri rezi sadovnjakov (lastni izračun) .....	37
Preglednica 17: Izračun letnih potencialov lesa za kurjavo pri krčitvi vinogradov (lastni izračun) .....	38
Preglednica 18: Izračun letnih potencialov lesa za kurjavo ob krčitvi sadovnjakov (lastni izračun) .....	39
Preglednica 19: Izračun letnega potenciala lesa za kurjavo, ki nastane pri čiščenju melioracijskih jarkov na posestvu Fakultete za kmetijstvo in biosistemske vede (lastni izračun) .....	40
Preglednica 20: Skupni letni potencial lesa za kurjavo na Fakulteti za kmetijstvo in biosistemske vede (lastni izračun).....	40
Preglednica 21: Preračun cen energentov na enoto kurilne vrednosti .....	42
Preglednica 22: Tehnični parametri kogeneracijskega sistema Volter 30 (Bobanec, 2014) .....	43
Preglednica 23: Ekonomski parametri naložbe v sistem Volter 30 (Bobanec, 2014) .....	43
Preglednica 24: Ekonomski parametri letnega obratovanja sistema Volter 30 .....	43
Preglednica 25: Ekonomski izračun delovanja kogeneracijskega sistema Volter 30 ob obratovanju 5.500 ur/leto .....	44
Preglednica 26: Vrednost porabljene energije v letu 2015 na Fakulteti za kmetijstvo in biosistemske vede (Računovodski podatki ..., 2016) .....	45
Preglednica 27: Primerjava letnih stroškov med sedanjo rabo in kogeneraciji .....	45
Preglednica 28: Letna vrednost možne energije iz kogeneracijske proizvodnje za prodajo .....	45
Preglednica 29: Izračun skupnega letnega finančnega prihranka ob prehodu na kogeneracijski sistem .....	46

## KAZALO SLIK

Slika 1: Merske enote za lesna goriva (Krajnc in sod., 2009: 12).....	9
Slika 2: Kogenerracijski sistem Volter 30 pred vgradnjo (Biomass based ..., 2016: 7) ...	14
Slika 3: Sistem transporta lesnih sekancev (Biomass based ..., 2016: 12).....	15
Slika 4: Motor Sisu AGD in generator (Biomass based ..., 2016: 14) .....	16
Slika 5 Načrt posestva nadvojvode Janeza v Vrhovem dolu v sredini 19. stoletja (Meranovo: razvoj ..., 2012: 80) .....	23
Slika 6: Frölingov kotel Lambdamat 500 za ogrevanje gradu Hompoš .....	30
Slika 7: Eden od etažnih kotlov Junkers v objektih Fakultete za kmetijstvo .....	31
Slika 8: Buderusov kotel za ogrevanje rastlinjaka Fakultete za kmetijstvo in biosistemske vede .....	31
Slika 9: Deleži in kurilne vrednosti (kWh) energentov v trenutni uporabi.....	41

## 1 UVOD

Zaradi uporabe fosilnih goriv je v zadnjih desetletjih človek močno zvišal koncentracijo toplogrednih plinov. Toplogredni plini v ozračju so za življenje na Zemlji sicer potrebni, saj nam zagotavljajo primerne toplotne razmere, vendar njihovo hitro naraščanje spreminja lastnosti ozračja in podnebja (Podnebne spremembe, 2016).

Večja uporaba energije iz obnovljivih virov, skupaj s prihranki energije in večjo energetske učinkovitostjo, so pomembni za zmanjšanje emisij toplogrednih plinov. Na osnovi Direktive Evropske skupnosti (2009), ki obravnava spodbujanje uporabe energije iz obnovljivih virov, je Slovenija zavezana povečati delež te energije s 16 % iz leta 2005 na 25 %, do leta 2020. Po podatkih ministrstva za infrastrukturo je delež energije iz obnovljivih virov v Sloveniji v letu 2015 znašal 23,0 %, tako da nam za doseg zastavljenega cilja manjkata še 2 %. Zato je potrebno iskati dodatne potencialne in možnosti za proizvodnjo lesa za kurjavo (Energetska bilanca..., 2015).

Posestvo Fakultete za kmetijstvo in biosistemske vede – Univerzitetni kmetijski center Pohorski dvor (UKC), ki se nahaja na dveh ločenih lokacijah, trenutno uporablja energijo iz neobnovljivih virov. Izvzeti so le prostori fakultete v gradu Hompoš, za katere je bila ob obnovi v letu 2008 zgrajena nova toplotna postaja s pečjo na lesne sekance, znamke Fröling, in pokritim skladiščem za lesne sekance. Za te potrebe se izdelujejo lesni sekanci iz surovine, pridobljene v lastnih gozdovih.

Strošek proizvodnje energije iz fosilnih goriv je precej visok, v prihodnje pa bo glede na trend in napovedano gibanje cen fosilnih goriv še višji (Cene naftnih derivatov, 2016)

Vsi ti razlogi nas spodbujajo k iskanju alternativne rešitve v pridobivanju čim več energije iz lesa za kurjavo iz lastnih gozdov in kmetijskih površin.

## **2 NAMEN DIPLOMSKE NALOGE IN PREDSTAVITEV PROBLEMA IN HIPOTEZE**

V diplomskem delu želimo raziskati potencialne in možnosti energetske oskrbe celotnega posestva Fakultete za kmetijstvo v Mariboru, kot tudi objektov fakultete, z lastno biomaso, pridobljeno z izkoriščanjem gozdov in iz kmetijskih površin. Ker se trenutno z lesom za kurjavo (lesnimi sekanci) ogreva le grad Hompoš, v katerem se nahajajo prostori fakultete je potrebno raziskati dodatne potencialne in možnosti tudi za ostale objekte, ki pa se sedaj ogrevajo na druge neobnovljive energente (kurilno olje, utekočinjen naftni plin, elektrika).

Cilj naloge je narediti operativni načrt dolgoročnega izkoriščanja lesa za kurjavo za potrebe ogrevanja, proizvodnjo električne energije in hlajenja objektov posestva in fakultete.

V upoštevanju dejstva, da se trenutno uporablja les za kurjavo samo za ogrevanje gradu Hompoš, vsi ostali objekti, kot so upravne stavbe, prostori za predelavo, rastlinjaki, plastenjaki, hlev za vzrejo plemenskih svinj, dvorec in gospodarska poslopja na Meranovem, točilnica, prodajalna, pa se ogrevajo z drugimi energenti (kurilno olje, utekočinjen naftni plin in električna energija), smo naredili analizo alternativnih rešitev.

V nalogi smo izpostavili tri hipoteze:

- Potenciali lesa za kurjavo iz gozdnih in kmetijskih površin posestva Fakultete za kmetijstvo in biosistemske vede, zadoščajo za njene energetske potrebe.
- S sodobno tehnologijo ogrevanja omogočimo boljšo oskrbo z toplotno in električno energijo.
- Sistem procesa omogoča zmanjšanje stroškov.

### 3 PREDSTAVITEV DOSEDANJIH RAZISKAV LESA ZA KURJAVO KOT ENERGETA IN NAČINOV OGREVANJA

#### 3.1 DOSEDANJE RAZISKAVE

V literaturi zasledimo, da so se študije o potencialih in možnostih lesa za kurjavo za energetske namene izvajale že v devetdesetih letih prejšnjega stoletja, ko so Žgajnar in Bitenc (1995), ter Žgajnar in sod. (1996) ugotavljali, da je lesno kurivo v Sloveniji najstarejši in tradicionalni vir energije. Pod pojmom potenciali razumejo celotne količine določenega vira, to je tiste, ki jih že izkoriščamo, kot tiste, ki so še neizkoriščene. Spraševali so se, ali že izkoriščamo ves les za kurjavo, ali so še kje neizkoriščeni viri in potenciali. Po podatkih, s katerimi so takrat razpolagali, se je po popisu prebivalcev, ki ga je izvedel Zavod za statistiko Republike Slovenije v kurilni sezoni 1990/91, ogrevalo z lesnim gorivom 31 % stanovanj, 19 % stanovanj je uporabljalo les v kombinaciji s premogom, 3 % pa v kombinaciji z drugimi viri. Peči so bile v glavnem zastarele, z nizkimi izkoristki. Zraven tega je bilo inštaliranih 92 industrijskih kotlov na lesno kurjavo s skupno močjo 350 MW (Žgajnar in Bitenc, 1995)

Avtorja navajata kot potencialne možnosti za lesno maso sečne ostanke pri rednih sečnjah, les iz redčenj letvenjakov in drogovnjakov, les iz dodelave na centralnih mehaniziranih skladiščih, ostanke iz primarne predelave lesa (žage, industrije lesnih plošč), ostanke iz sekundarne – finalne predelave lesa in iz kemične predelave lesa. Po podatkih za leto 1994 je bilo v Sloveniji posekanih 2.254.880 m<sup>3</sup>, pri tem je nastalo okoli 300.000 m<sup>3</sup> sečnih ostankov. Iz dodelave lesa na centralnih mehaniziranih skladiščih je nastalo 14.020 m<sup>3</sup> lubja, 6.750 m<sup>3</sup> sekancev, 810 m<sup>3</sup> ocelkov, odrezkov, žamanja in krajnikov in 1.870 m<sup>3</sup> žagovine. V primarni predelavi lesa je nastalo v žagarstvu 284.20 m<sup>3</sup> lesnih ostankov (žamanje, krajniki, žagovina, odrezki in drugo) in v proizvodnji lesnih plošč 15.100 m<sup>3</sup>. Pri sekundarni predelavi lesa pa je nastalo kar 293.300 m<sup>3</sup> različnih lesnih ostankov. V kemični predelavi lesa je 37.500 m<sup>3</sup> lesnih odpadkov, primernih za kurjavo v industriji celuloze in vlaknin, ter 36.000 m<sup>3</sup> v proizvodnji tanina (Žgajnar in Bitenc, 1995).

Biščak (2008) v svojem diplomskem delu navaja, da lahko iz 1 prm sečnih ostankov izdelamo 0,40 m<sup>3</sup> sekancev. Spravilo sečnih ostankov iz gozda so opravili z zgibnim

polprikoličarjem, ki pa se ni mogel gibati povsod po terenu. Manjše kupe sečnih ostankov je puščal za sabo, saj bi za njih potreboval precej več časa. V 7 dneh je bilo prepeljanih 54 prikolic sečnih ostankov, kar znaša 1.130 prm, saj je bilo na vsaki prikolici 20,9 prm sečnih ostankov (Biščak, 2008).

Redčenje letvenjakov in drogovnjakov predstavlja prepotreben in pomemben negovalni ukrep. Ker pa gre za gojitveni ukrep, ki ne daje takojšnjih finančnih učinkov, ga prevečkrat zanemarjamo. Po izračunih Žgajnarja in sod. (1996) pa lahko znaša dendromasa iz 1 ha bukovega letvenjaka in mlajšega drogovnjaka  $16,1 \text{ m}^3$ , iz nenegovanih in pomanjkljivo zasnovanih letvenjakov in drogovnjakov pa celo  $49,7 \text{ m}^3/\text{ha}$  (Žgajnar in sod., 1996).

Žgajnar in sod. (1996) posebno pozornost namenjajo grmiščem na trajno ali začasno zaraščenim kmetijskim zemljiščem. Odvisno od časa opuščenosti ter intenzivnosti in načina zaraščanja ter dostopnosti bi te površine lahko služile kot »energetske plantaže« z nekajletno obhodnjo (5 – 10 let). Izračun možnih količin lesa za kurjavo so avtorji opravili na osnovi agrokarte, ki je bila dokončana v začetku devetdesetih let na osnovi aeroposnetkov. Vse ostale podatke so dobili na osnovi meritev na vzorčnih ploskvah. Povprečni hektarski potencial lesa za kurjavo na kmetijskih površinah v zaraščanju znaša  $58,3 \text{ m}^3$  (Žgajnar in sod., 1996).

Določen vir lesa za kurjavo ne nazadnje predstavlja biomasa iz urbanega okolja, vrtov, sadovnjakov, kmetijskih površin, parkov, ki se sežiga ali pa pristane na legalnih in »divjih« odlagališčih. O količinah lesa za kurjavo, ki se pojavlja na komunalnih odlagališčih, ni točnih podatkov. Po podatkih zasebnega podjetja Tisa d.o.o., ki ga navajajo avtorji, je bilo na ljubljanski deponiji letno predelanih 35.000 prm različnih drevesnih, grmovnih, lesnih ostankov in odsluženega lesa, na deponiji v Vrhniki pa 7.700 prm (Žgajnar in sod., 1996).

Rančigaj (2004) v svojem diplomskem delu ugotavlja, da lahko nezanemarljivo količino lesa za kurjavo pridobimo iz kmetijskih površin ob normalnem koriščenju le teh. Med te površine predvsem spadajo sadovnjaki in vinogradi, kjer vsako leto opravljamo rez sadnih dreves in vinske trte. Po podatkih, ki jih navaja, je lahko od enega sadnega drevesa oziroma vinske trte letno v povprečju 2 kg lesa za kurjavo. Ugotavlja pa tudi, da je izkoriščanje tega lesa za kurjavo neekonomično zaradi velikih stroškov zbiranja, odvažanja in predelave. (Rančigaj, 2004)

Izkušnje iz tujine kažejo, da je ob primerni opremi raba lesa za kurjavo s kmetijskih površin zelo dobrodošla. Tako navaja Krečič (2009) v svojem diplomskem delu primer prakse z vinogradniškega posestva v Franciji, kjer sta brata Lapalus, ki obdelujeta 17 ha vinogradov, sama razvijala stroj za vezanje odrezanih delov vinske trte v svežnje. Stroj, ki sta ga razvila, deluje tako, da pobere in stisne do 120 rozg, jih poveže in oblikuje v svežnje 60 cm dolžine in 40 cm premera, ki tehtajo sveži 33 kg in 25 kg, ko se posušijo. Na enem hektarju vinograda pridelata okoli 80 svežnjev. Letno naredita 1.200 svežnjev, za kar potrebujeta šest delovnih dni. Ta masa pa jima zadošča za letno ogrevanje 1.100 m<sup>2</sup> površine. (Krečič, 2009)

Kot vidimo, je lahko les za kurjavo kot lesno gorivo različnega izvora. Prav tako je lahko v različnih oblikah in sicer kot drva, polena, cepanice, okroglice, lesni sekanci, lesni drobir. Bistvenega pomena je, kakšna je vsebnost vode v teh gorivih, oziroma vlažnost, saj za vsak kg vode v gorivu, ki izhlapeva iz lesa pri gorenju, porabimo 0,68 kWh energije (Krajnc in Piškur, 2011).

Na Fakulteti za kmetijstvo in biosistemske vede uporabljamo za ogrevanje lesne sekance. Za izdelavo lesnih sekancev se lahko uporabljajo različni stroji, za katerega se bomo odločili, pa je odvisno stroškov in učinkov le teh. Brezovnik (2007) v svojem diplomskem delu o primerjavi dveh sekalnikov za izdelavo lesnih sekancev navaja naslednje ugotovitve: sekalnik Eschelbök Biber 70, ki ga poganja pogonski agregat JCB Fastrac 3220, porabi za določen volumen lesnih sekancev več časa, goriva, in ustvari višje stroške, in je torej manj učinkovit, kot sekalnik Holzmatic BHM 1000 na kamionu MAN TGA 26.480. Dodaja pa, da sta oba sekalnika namenjena profesionalni rabi, zato sta za malo količinsko izdelavo lesnih sekancev nerentabilna (Brezovnik, 2007).

Kucler (2010) v svojem diplomskem delu, kjer obravnava učinke in stroške izdelave lesnih sekancev s sekalnikom Eschelbök Biber 70 ugotavlja, da je ta sekalnik primeren za proizvodnjo lesnih sekancev iz različnih surovin, kot so goli, žamanje in sečni ostanki. Težava je le v porabi časa, še posebej pri sekanju sečnih ostankov. Učinek se zmanjša v primeru odvoza lesnih sekancev s prikolico. Primeren je tako za sekanje sveže kot tudi suhe surovine. Bistveno je tudi, da je osnovna surovina pravilno zložena, saj se v nasprotnem primeru bistveno poveča neproduktivni čas (Kucler, 2010).



Les za kurjavo se predvsem uporablja za proizvodnjo toplotne energije, v zadnjem času pa je vedno več možnosti za soproizvodnjo toplotne in električne energije. Kot v svojem diplomskem delu navaja Bobanec (2014), so bili do nedavnega na tržišču kogeneracijski sistemi, ki omogočajo soproizvodnjo toplotne in električne energije samo velikih moči. Sedaj so dostopni tudi manjši sistemi, ki so primerni za skupine nekaj individualnih hiš, ali manjše gospodarske obrate, predvsem kmetije. Eden takšnih sistemov je kogeneracijski agregat finskega proizvajalca Volter 30. Investicija v takšen sistem znaša 250.000,00 € (Bobanec, 2014)

## 3.2 LES KOT ENERAGENT

Mednarodna terminologija uporablja v kontekstu lesnih goriv izraz biomasa, kadar gre za trdna goriva, biogorivo pa za tekoča in plinasta goriva, ki jih pridobimo iz biomase. Lesna goriva so torej vse vrste biogoriv, ki posredno ali neposredno izvirajo iz biomase. V najširšem pomenu biomasa zajema snovi biološkega izvora, razen fosilne snovi v geoloških tvorbah. Lesna goriva so lahko različnega izvora, prav tako pa jih za uporabo obdelamo v različne oblike (Krajnc in Piškur 2011).

### 3.2.1 Viri surovin za lesna goriva

Kot vir surovin za lesna goriva navajata Krajnc in Piškur (2011) les iz gozdov, parkov in nasadov hitro rastočih drevesnih in grmovnih vrst. Potencial za lesna goriva iz te skupine virov predstavljajo:

- gozdni lesni sortimenti slabše kakovosti, ki nastajajo pri redčenjih v gozdovih, sanitarnih sečnjah in končnem poseku,
- sečni ostanki pri redčenjih v gozdovih (redčenjih letvenjakov, drogovnjakov ter mlajših debeljakov), pri svetlitvenih redčenjih, končnih sečnjah, sanitarnih sečnjah ter iz nege gošče.

Drugo skupino virov predstavljajo stranski proizvodi in ostanki lesno predelovalne industrije, kot so:

- ostanki, ki nastanejo pri predelavi lesa – lesni ostanki pri industrijski obdelavi lesa; tu nastajajo ostanki pri primarni in sekundarni predelavi (žagovina, krajniki, odpadna skorja oz. lubje, oblanci, odrezki),
- lesni ostanki iz kemične predelave lesa, vendar le, če ne vsebujejo težkih kovin ali halogeniranih organskih spojin. Uporaben je predvsem les iz proizvodnje tanina (Krajnc in Piškur, 2011).

Tretjo skupino predstavlja les s kmetijskih površin, ki nastane ob krčitvah površin v zaraščanju, čiščenju mejic in melioracijskih jarkov, obrezovanju drevja v sadovnjakih in vinogradih ter pri obnovah izrojenih sadovnjakov in vinogradov.

Nadaljnji vir so lesni ostanki iz urbanega okolja, ki nastanejo pri vzdrževanju cest, parkov, livad in drevoredov.

V zadnjem času predstavlja precejšen delež pri proizvodnji lesnih goriv odslužen les, ki se zbira in sortira na komunalnih odlagališčih. Tudi za ta les veljajo pogoji, da ne sme biti kemično obdelan, oziroma če je kemično obdelan, ne sme vsebovati težkih kovin ali halogeniranih organskih sestavin, ki izvirajo iz uporabe lesnih zaščitnih sredstev ali premazov. Vir surovin iz te skupine predstavljajo odsluženi izdelki, kot so: gajbice, palete, lesni ostanki in odpadni les iz gradbeništva, odslužen, a neonesnažen les iz gospodinjstev itd (Krajnc in Piškur, 2011).

### 3.2.2 Oblike lesnih goriv

Priprava lesnih goriv lahko poteka ob samem mestu nastanka vira ali v lesno predelovalnih obratih. Glede na vrsto kurilne naprave jih oblikujemo v različne oblike. Kot navajajo Krajnc in sod. (2009), so te oblike lesnih goriv po evropski tehnični specifikaciji (SIST-TS CEN/TS 14588: 2004) sledeče:

- **Drva:** les ki je razžagan in po potrebi cepljen z namenom energetske izrabe v napravah, kot so peči, kamini ali kotli za centralno ogrevanje individualnih hiš oziroma stanovanj. Praviloma imajo določeno dolžino 150 do 1.000 mm.

- **Polena:** energetski les, nasekan z ostrimi sekalniki ali cepilnimi napravami, pri čemer ima večina gradiva dolžino 150 do 500 mm.
- **Cepanice:** energetski les, razcepljen in razrezan večinoma na dolžino 500 mm ali več.
- **Okroglice:** energetski les, razrezan večinoma na dolžino 500 mm ali več.
- **Lesni sekanci:** nasekana les za kurjavo v obliki koščkov z določeno velikostjo delcev, ki se izdelujejo z mehansko obdelavo z ostrim orodjem, n. pr. noži. Lesni sekanci so nepravilne pravokotne oblike in značilne dolžine od 5 do 50 mm ter v primerjavi z drugimi dimenzijami z majhno debelino.
- **Grobi lesni sekanci:** les je nasekan z ostrimi sekalnimi napravami, pri čemer je dolžina večine delcev bistveno daljša kot pri lesnih sekancih (50 do 150 mm), oblika pa je bolj robata.
- **Grobi lesni drobir:** energetski les v obliki koščkov različnih velikosti in oblik, ki se proizvajajo z lomljenjem in drobljenjem s topim orodjem, kot so valji ali kladiva. (Krajnc in sod., 2009)

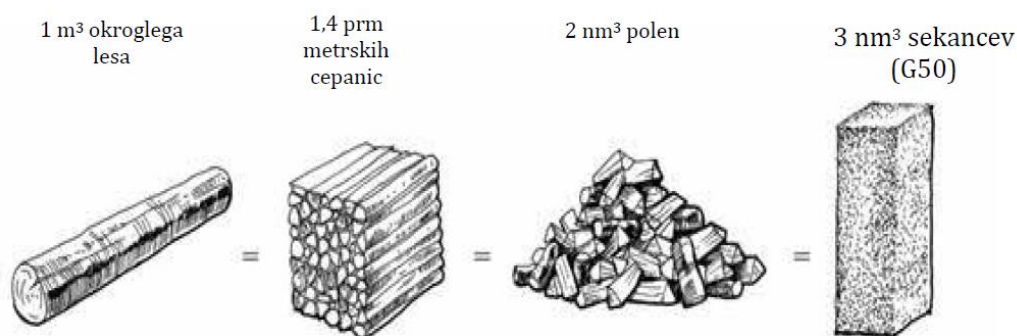
K tej standardni porazdelitvi lahko prištejemo kot obliko lesnega goriva **butare**, ki nastanejo, kot navaja v svojem diplomskem delu Krečič (2009).

### 3.2.3 Merske enote lesnih goriv

Ko se odločamo za zamenjavo kotla, moramo predvideti tudi prostor za skladiščenje lesnega goriva. Ker imajo različne oblike lesnega goriva zelo različni prostorninski volumen, uporabljamo za merjenje le teh različne merske enote:

- **Kubični ali volumni meter** ( $m^3$ ), ki se uporablja za prostornino, ki je v celoti napolnjena z lesom. Uporablja se za okrogli les.
- **Prostornina zloženega gradiva ali prostorninski meter** (prm) se uporablja za zložena drva in upošteva tudi prazen prostor med njimi.
- **Prostornina nasutja ali nasuti kubični meter** ( $nm^3$ ), ki se uporablja za nasuta drva in lesne sekance, ter prav tako upošteva prazen prostor med materialom.

Okvirni pretvorbeni faktorji za preračun med temi različnimi enotami so naslednji: 1 m<sup>3</sup> okroglega lesa nam da 1,4 prn metrskih cepanic, 1,2 prn zloženih polen, 2 nm<sup>3</sup> nasutih polen ali 2,5 do 3 nm<sup>3</sup> lesnih sekancev. Pri tem je prostornina odvisna od velikostnega razreda dimenzij sekancev. (Krajnc in sod., 2009).



Slika 1: Merske enote za lesna goriva (Krajnc in sod., 2009: 12)

Lesno gorivo lahko merimo tudi glede na maso. Kot utežni meri za lesna goriva se uporabljata kilogram (kg) in tona (t). Če pa naredimo primerjavo v masi, med različnimi oblikami, je približni preračun naslednji: iz 1 tone lesa z vsebnostjo vode 35 % ( $w = 35\%$ ) dobimo 3 do 4 nm<sup>3</sup> sekancev, kar pa je odvisno od drevesne vrste vhodnega materiala (Krajnc in sod. 2009).

Za izražanje razmerja med prostornino in gostoto lesnih goriv uporabljamo različne gostote, in sicer:

- **Čista gostota lesa ali gostota lesne substance**, ki je izražena v absolutno suhem stanju lesa in znaša 1.500 kg/m<sup>3</sup>
- **Gostota lesa** ( $\rho$ ) je razmerje med maso in volumnom lesa pri določeni lesni vlažnosti ( $u$ ) in je izražena v g/cm<sup>3</sup> ali kg/m<sup>3</sup>

**Preglednica 1: Gostota absolutno suhega lesa (Krajnc in sod., 2009: 11)**

Drevesna vrsta	Gostote absolutno suhega lesa (kg/m <sup>3</sup> )
Smreka	430
Jelka	410
Bor	490
Macesen	550
Bukev	680
Hrast	650
Breza	610
Topol	410
Robinija	730

- **Osnovna gostota** (R) je količnik med maso absolutno suhega lesa in maksimalnim volumnom svežega lesa.
- **Gostota nasutja** je masa deleža trdnega goriva, deljena s prostornino zabojnika, ki ga lesno gorivo napolni v določenih pogojih. Odvisna je od velikosti in homogenosti posameznih delcev, velikosti, oblike ter tudi časa skladiščenja. Enote za izražanje gostote nasutja sta kg/prm ali kg/nm<sup>3</sup>, kar je odvisno od tega, ali imamo lesno gorivo zloženo ali nasuto. (Krajnc in sod., 2009).

**Preglednica 2: Tipične vrednosti nasutja lesnih goriv (Krajnc in sod. 2009: 11)**

Lesno gorivo	drevesna vrsta	Gostota nasutja (kg/nm <sup>3</sup> )
Drva - zložena	Bukev	460
Drva - zložena	Smreka	310
Lesni sekanci	Iglavci	195
Lesni sekanci	Listavci	260
Skorja	Iglavci	205
Skorja	Listavci	320
Žaganje		170
Odrezki		90
Lesni peleti		600

### 3.2.4 Voda in vlažnost lesnih goriv

Les vedno vsebuje določen delež vode. Kot v svojem diplomskem delu navaja Biščak (2008), je vsebnost vode v lesnih gorivih odvisna od drevesne vrste, časa sečnje v gozdu, kraja, trajanja in načina skladiščenja. Na delež vsebnosti lahko vpliva tudi nadaljnja zunanja voda v obliki padavin in kondenza, ki lahko še povečajo njen delež (Biščak, 2008).

Vodo v lesu opredeljujemo z **vlažnostjo** ( $u$ ), ki je izražena kot delež mase vode glede na maso lesa v absolutno suhem stanju, oziroma kot **vsebnost vode** ( $w$ ), ki odraža delež mase vode glede na maso vlažnega lesa. Deleža sta izražena v odstotkih.

**Preglednica 3: Primerjava vlažnosti lesa pri različni vsebnosti vode (Krajnc in sod. 2009: 14)**

Vsebnost vode $w$ (%)	Vlažnost lesa $u$ (%)
0	0
5	5,3
10	11,1
15	17,6
20	25
25	33,3
30	42,9
35	53,8
40	66,7
45	81,8
50	100
60	150

Skupna vsebnost vode v sveže posekanem lesu znaša približno: pri mehkem lesu (smreka, jelka, bor, duglazija) 45 – 55 %, pri trdem lesu (bukev, hrast) pa 40 – 45 %. Bistveno večjo vsebnost vode ima les za kurjavo, ki jo predstavljajo sečni ostanki. Tukaj je vsebnost vode od 50% pri trdem lesu do 60 % pri mehkem lesu, saj je tam primešanega precej listja in iglic, ki vsebujejo veliko vode (Biščak, 2008).

Zato moramo biti pri pripravi in skladiščenju lesnih goriv pazljivi, saj vsebnost vode v lesu bistveno vpliva na izkoristek lesa za kurjavo pri zgorevanju. Tako za vsak kilogram vode, uskladiščene v lesu, porabimo 2,44 MJ oziroma 0,68 kWh energije (Krajnc in sod., 2009).

Tehnično še uporabna so goriva s kurilnostjo od 5 MJ/kg oziroma 1,39 kWh navzgor, kar ustreza vsebnosti vode okoli 64 %. Pri vsebnosti vode 88 % postane kurilnost enaka nič, kar pa je nerealno, saj je takrat vlažnost lesa 733,3 % (Biščak, 2011).

### 3.2.5 Energetska vrednost lesnih goriv

Kot smo ugotovili, je količina vode v lesnih gorivih eden od dejavnikov, ki vplivajo na energetska vrednost, na kar pa lahko vplivamo s pravilno pripravo in skladiščenjem. Energetska vrednost lahko izrazimo kot kurilnost ( $H_i$ ) ali spodnjo kurilno vrednost, ki označuje tisto količino toplote, ki jo dobimo z zgorevanjem goriva, če dimne pline ohlajamo samo do rosišča vodne pare (25 °C). Voda, ki se sprošča, se šteje kot para, kar pomeni, da smo odšteli toplotno energijo, nujno za spremembo vode v paro. Druga možnost izražanja je zgorevalna toplota ( $H_s$ ) ali zgornja kurilna vrednost, ki označuje vso toploto, ki se sprosti pri gorenju, vključno s toploto vodne pare v dimnih plinih (Krajnc in sod., 2009).

Kurilna vrednost je zelo odvisna od drevesne vrste in njene kemične sestave. Na splošno je rastlinska biomasa sestavljena v glavnem iz ogljika, kisika in vodika, ki predstavljajo do 99 % njene suhe snovi. Drevesne vrste pa se hkrati razlikujejo po vsebnosti lignina, smol, voskov in olj. Kurilnost ( $H_{i0}$ ) enega kilograma sušilnično suhega lesa različnih drevesnih vrst se bistveno ne razlikuje, saj znaša med 18,5 do 19,2 MJ/kg pri listavcih in od 18,8 do 19,8 MJ/kg pri iglavcih. Pri iglavcih je kurilnost večja na račun večje vsebnosti lignina, smol, voskov in olj. Kurilnost skorje se pri iglavcih in listavcih giblje med 19 do 21 MJ/kg, kurilnost sečnih ostankov pa je pri iglavcih 19,5 do 20,0 MJ/kg ter pri listavcih 18,4 do 19,1 MJ/kg. Kurilnost lesnega materiala iz nasadov hitro rastočih drevesnih vrst znaša v povprečju 18,8 MJ/kg. So pa ta razmerja bistveno drugačna, če primerjamo kurilnost na prostorninsko enoto, saj so gostote lesa zelo različne (Krajnc in sod., 2009).

Kraševac v svojem diplomskem delu navaja podatke za zračno suh les (do 20 % vsebnosti vode), kjer znaša kurilnost enega  $m^3$  lesa iglavcev med 7.200 do 8.300 MJ energije oziroma 5.000 do 6.200 MJ iz enega prm. Pri trdih listavcih znaša kurilnost 9.400 do 10.500 MJ/ $m^3$  oziroma 6.900 do 7.600 MJ/prm, pri mehkih listavcih pa okoli 6.000 MJ/ $m^3$  oziroma 4.300 MJ/ prm (Kraševac, 2009).

### 3.2.6 Ekološki vidik uporabe lesnih goriv

Raba lesa za kurjavo je okolju prijazna. Če primerjamo zgorevanje enega litra kurilnega olja, se v ozračje sprosti 2,9 kg CO<sub>2</sub>, z zgorevanjem 1 m<sup>3</sup> zemeljskega plina 1,9 kg CO<sub>2</sub>, pri zgorevanju lesa za kurjavo, pa je sproščanje CO<sub>2</sub> v ozračje nevtralnno. Pri zgorevanju lesa za kurjavo nastane enaka količina CO<sub>2</sub>, kot pri razgradnji v naravi, ter je enaka količini akumuliranega CO<sub>2</sub> v rastni dobi. Dejstvo je, da moramo večino fosilnih goriv uvažati, les za kurjavo pa je kot domači vir energije stalno na razpolago, saj kar 57,9 % površine Slovenije pokrivajo gozdovi. Ker je les za kurjavo, predvsem iz gojitvenih del, še dodatno izboljša vzdrževanost gozdov. Sodobni kotli omogočajo, da je les za kurjavo udoben in primeren tudi za urbana okolja, saj omogočajo isto udobje kot kotli na kurilno olje in plin (Biščak, 2008). Še bolj učinkovito pa je les za kurjavo izkoriščen v sodobnih kogeneracijskih generatorjih.

## 3.3 SODOBNI SISTEMI ZA OGREVANJE NA LES

### 3.3.1 Predstavitev kogeneracijskega generatorja

Kogeneracijski generator je sistem za soproizvodnjo toplote in elektrike, imenovan tudi SPTE. Delovanje generatorja opisuje Bobanec (2014) v svojem diplomskem delu. Sistem deluje na principu uplinjanja bioloških snovi, kar dosežemo s termo – kemičnim procesom pri visokih temperaturah. Proces uplinjanja vključuje štiri termične faze:

- Sušenje je proces izločanja vode iz biomase s pomočjo toplote, ki jo pridobimo pri zgorevanju. Sušenje poteka z zrakom temperature približno 150° C.
- Piroliza je endotermični proces razkroja snovi pri visoki temperaturi (od 200 do 600° C) in brez prisotnosti kisika. Les vsebuje 70 do 80 % plinastih snovi, ki se s povišanjem temperature pričnejo izločati, in imajo vnetišče pri 240 do 250° C. V nadaljnjem procesu gorenja, ki je eksotermični proces, sledi razpad trdnih elementov (celuloza, lignin itd.)
- Oksidacija je proces, ki poteka vzporedno s pirolizo, saj je zgorevanje proces popone oksidacije. Oksidacijska medija sta lahko zrak in para ali pa zmes obeh.
- V fazo redukcije vstopi oglje, ki je produkt pirolize, in se ni vnelo.



Nastali lesni plin se preko filtrov dovaja v agregat – enoto za sproizvodnjo toplote in elektrike. Enota je lahko s plinsko turbino, parno turbino, kombiniranim plinsko – parnim sistemom ali z batnim motorjem (Bobanec, 2014).

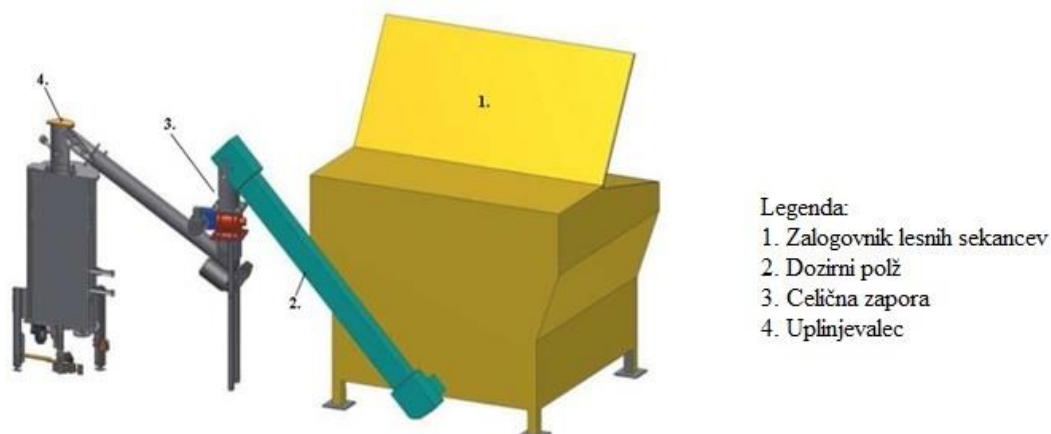
### 3.3.2 Opis delovanja kogeneracijskega kotla Volter 30

Kot primerni sistem, za zagotovitev ogrevanja in proizvodnjo električne energije, na obeh lokacijah Fakultete za kmetijstvo in biosistemske vede, navajamo kogeneracijski sistem Volter 30, ki ga proizvaja Finsko podjetje Volter.



Slika 2: Kogeneracijski sistem Volter 30 pred vgradnjo (Biomass based ..., 2016: 7)

Delovanje kogeneracijskega kotla Volter 30 opisuje v svojem diplomskem delu Bobanec (2014). Zalogovnik lesnih sekancev ima odvzem goriva na dnu, od koder sekanci preko verižnega in polžnega transporterja potujejo do celične zapore. Celična zapora preprečuje vstop zraka v sistem, istočasno pa ščiti sistem pred povratnim udarom ognja v zalogovnik. Lesni sekanci se nato po polžnem transporterju povzpnejo na vrh uplinjevalca. Tam jih uplinjevalec s pomočjo mikrovalovnih detektorjev nivoja dozira v reaktor.



Slika 3: Sistem transporta lesnih sekancev (Biomass based ..., 2016: 12)

Sistem Volter 30 uporablja sotočni (ang.: *downdraft*) uplinjevalec z dvojnimi ovojem. Gorivo dovaja na vrhu in ga počasi pomika proti dnu uplinjevalca. Na poti se gorivo najprej segreva, kar omogoči boljše zgorevanje. Oksidant (zrak) se v uplinjevalec skozi šobe dovaja na dvanajstih točkah. To mu omogoči zelo visoke temperature, ki se lahko povzpnejo čez  $1.100^{\circ}\text{C}$ , kar povzroči razpad katranov in posledično zelo čist plin. Plin zapusti uplinjevalec na zgornji strani. Pepel se nalaga na dnu uplinjevalca in ga je potrebno na 5 – 7 dni odstraniti mehansko ali pa se to izvede samodejno s polžem. Tako nastali lesni plin vsebuje 20 % ogljikovega monoksida ( $\text{CO}$ ), 15 % vodika ( $\text{H}_2$ ) in 2 % metana ( $\text{CH}_4$ ). Pri izhodu iz uplinjevalca ima plin temperaturo med  $500$  in  $600^{\circ}\text{C}$ . Najprej je speljan v primarni toplotni izmenjevalec, kjer se ohladi na  $200^{\circ}\text{C}$ , kar je primerna temperatura za filtriranje plina. Dalje potuje najprej v filter iz tkanine, ki izloči prašne delce. Iz prašnega filtra je speljan do mokrega pralnika (ang.: *wet scrubber*), kjer se odstranijo še najmanjše nečistoče. Sekundarni toplotni izmenjevalec, ki sledi filtriranju, lesni plin ohladi na temperaturo okolice. S tem je izpolnjen pogoj za nadaljnjo uporabo lesnega plina v motorju. Sistem Volter 30 ima vgrajen Sisu AGO Diesel motor, ki je popolnoma prilagojen za uporabo lesnega plina. Motor je hlajen preko toplotnega izmenjevalca, prav tako pa ima vgrajen katalizator in toplotni izmenjevalec za dimne pline (Bobanec, 2014).



Slika 4: Motor Sisu AGD in generator (Biomass based ..., 2016: 14)

Toplotno energijo iz SPTE enote odvezujemo na štirih izmenjevalcih toplote in sicer na dveh mestih ohlajanja plina, hlajenju motorja in hlajenju izpušnih plinov, električno energijo pa iz generatorja, ki ga poganja motor. Visoka stopnja avtomatizacije omogoča upravljanje naprave preko zaslona na dotik ali preko internetne povezave z osebnim računalnikom. O napakah delovanja preko GSM povezave obvešča upravljavca enote s kratkimi sporočili (Bobanec, 2014).

Preglednica 4: Tehnični podatki sistema Volter 30 (Bobanec, 2014: 25)

Gorivo	lesni sekanci
Poraba goriva	3,5 nm <sup>3</sup> /24h pri polni moči delovanja
Nazivna električna moč	28 kW
Nazivna toplotna moč	70 kW
Izkoristek električni	23%
Izkoristek toplotni	57%
Izkoristek skupni	80%
Temperatura toplotnega kotla	60 - 80 °C
Generator	asinhronski
Interval vzdrževanja	na 7 dni pri polnem delovanju
Življenjska doba sistema	15 let

## 4 METODE DELA IN OBJEKT RAZISKAVE

### 4.1 METODE DELA

Pri zajemanju in analizi podatkov smo uporabili več virov, in sicer: podatke iz gozdnogospodarskih načrtov za GGE Vzhodno Pohorje in GGE Ruše, podatke iz izpisa registra kmetijskih gospodarstev, javnega pregledovalnika grafičnih podatkov MKGP (GERK) in interne podatke o količini pridobljene količine lesa za kurjavo pri čiščenju melioracijskih jarkov ter krčitvi sadovnjakov.

#### 4.1.1 Podatki iz gozdnogospodarskih načrtov

Ker spadajo gozdovi Fakultete za kmetijstvo in biosistemske vede v dve gozdnogospodarski enoti, smo iz načrtov izločili oddelke in odseke, ki so v lasti fakultete. Na osnovi teh podatkov smo prišli do ocene možnega poseka na teh površinah v desetletnem obdobju. Iz teh podatkov smo izračunali potenciala lesa za kurjavo iz gozdnih površin.

#### 4.1.2 Podatki iz izpisa iz registra kmetijskih gospodarstev

Na podlagi izpisa iz registra kmetijskih površin smo izločili površine sadovnjakov in vinogradov, ki so potenciali lesa za kurjavo z vsakoletnim obrezom in po koncu proizvodnega obdobja tudi ob krčitvah.

Vsakoletni obrez vinogradov in sadovnjakov smo ovrednotili z vrednostmi, ki jih za vinograde v svojem diplomskem delu navaja Krečič (2009) in so primerljivi tudi za sadovnjake.

Za izračun količine lesa za kurjavo pri vsakoletni rezi vinske trte (*Vitis vinifera*) smo uporabili podatke, ki jih v svojem diplomskem delu navaja Krečič (2009). Iz površine 1 ha vinogradov lahko dobimo 70 strojno zvezanih butar. Ena butara je dolga 60 cm in premera 40 cm, sveža butara tehta 33 kg, zračno suha pa 25 kg, tako dobimo iz 1 ha 1.750 kg zračno suhega lesa za kurjavo. Kurilna vrednost zračno suhega obreza znaša 4,377 kWh/kg. (Krečič, 2009).

Za lažjo količinsko primerjavo smo preračunali to lesno maso v lesne sekance. Pri tem smo predpostavili, da znaša kurilna vrednost 1 nm<sup>3</sup> lesnih sekancev 811 kWh (Krajnc in sod.,

2009). Tako je kurilna vrednost enega  $\text{nm}^3$  lesnih sekancev enaka 185,25 kg zračno suhega obreza vinske trte, oziroma 7,41 butare.

Sadovnjaki posestva Fakultete za kmetijstvo in biosistemske vede so zasajeni z različnimi sadnimi vrstami, in sicer z jablano (*Malus domestica*), češnjo (*Prunus avium*), hruško (*Pyrus communis*), breskvo (*Prunus persica*) in marelico (*Prunus armeniaca*), ki imajo različni habitus in zaradi tega različne sadilne razdalje: pri drevesih z večjim habitusom so večje sadilne razdalje in obratno. Ker dobimo pri drevesih z večjim habitusom manj dreves na ha, in obratno, pri drevesih z manjšim habitusom več dreves na ha, lahko predpostavljamo, da različne drevesne vrste predstavljajo enako količino lesa za kurjavo na ha.

Podatke o površinah sadovnjakov in vinogradov smo uporabili tudi za izračun potencialne količine lesa za kurjavo ob krčitvah. Za sadovnjake smo jo izračunali na osnovi podatkov, ki smo jih dobili ob krčitvi breskovega sadovnjaka. Za vinograde smo naredili oceno na osnovi podatkov, ki jih navaja Krečič (2009) v svojem diplomskem delu.

Pri krčitvi vinogradov gre za odstranitev celotne trte, tudi večji del koreninskega sistema, saj s tem zmanjšamo možnost širitve okužbe s trsno ušjo (*Daktulosphaira vitifoliae*). Tako lahko predvidevamo, da nastane približno dvakratnik lesa za kurjavo kot pri rezi. Dodatni potencial so lahko še stebri, ki jih uporabljamo za oporo vinske trte, če so le ti leseni. V nalogi jih nismo upoštevali, ker imajo vinogradi Fakultete za kmetijstvo in biosistemske vede oporo izdelano iz kovinskih stebrov.

Tako smo predvideli, da lahko dobimo na enem ha 140 butar, kar pomeni 3.500 kg zračno suhega lesa za kurjavo, oziroma predstavlja kurilno moč 15.319,3 kWh. To pa je primerljivo z  $18,9 \text{ nm}^3$  lesnih sekancev.

#### **4.1.3 Podatki iz javnega pregledovalnika grafičnih podatkov MKGP**

Iz javnega pregledovalnika grafičnih podatkov MKGP imenovanega GERK smo izračunali dolžine melioracijskih jarkov, ki predstavljajo potencial lesa za kurjavo. Izračun količine lesa za kurjavo smo naredili na osnovi podatkov, ki smo jo pridobili ob čiščenju melioracijskih jarkov v letu 2013.

#### 4.1.4 Izračun stroškov za kogeneracijski sistem Volter 30

Stroške investicije in obratovanja in vzdrževanja, ter izračun možne količine toplotne in električne energije smo izračunali iz formul in podatkov, ki jih v svojem diplomskem delu navaja Bobanec (2014) za kogeneracijski sistem Volter 30, in temeljijo na osnovi izračuna investicijskih stroškov, stroškov obratovanja in vzdrževanja, stroškov goriva, referenčnih stroškov električne energije (RSEE) in vrednosti toplote iz sproizvodnje.

##### 4.1.4.1 Investicijski stroški

Investicijski stroški vključujejo celotne investicijske stroške za izvedbo projekta sproizvodnje toplotne in električne energije in so razvidni iz preglednice 5.

**Preglednica 5: Stroški investicije v kogeneracijski sistem Volter 30 (Bobanec, 2014: 29)**

Investicija	Vrednost €
SPTe enota Volter 30	200.000,00
Postavitev, zagon in transport	5.000,00
Gradbeni stroški (plošča in zalogovnik)	20.000,00
Instalacije, el. Priklučki, ...	10.000,00
EL. priklop na omrežje	5.000,00
Projektna dokumentacija	10.000,00
Nepredvideni stroški	1.000,00
<b>Skupaj</b>	<b>251.000,00</b>

#### 4.1.4.2 Stroški vzdrževanja in obratovanja

Stroški vzdrževanja in obratovanja (V&O) vključujejo vse stroške vzdrževanja, obratovanja in upravljanja kogeneracijske naprave, razen stroškov goriva. Strošek vzdrževanja predstavlja 3,2 % vrednosti investicije in znaša 8.032,00 € (Bobanec, 2014).

#### 4.1.4.3 Letni stroški goriva

Stroške goriva smo izračunali iz letne porabe lesnih sekancev in cene le teh.

Letne stroške goriva smo izračunali po naslednji enačbi:

$$\text{Letni strošek goriva (€)} = \text{poraba goriva (MWh)} * \text{cena goriva (€/MWh)} \quad \dots(1)$$

Izračun porabe goriva pokaže naslednja enačba:

$$\text{Poraba goriva (MWh/leto)} = \frac{\text{Nazivna električna moč (MWe)}_{el}}{\text{Izkoristek električni}} * \text{obratovalne ure (h)} \quad \dots(2)$$

Cena lesnih sekancev je po podatkih Gozdarskega inštituta Slovenije podana na spletni strani Sheme S4Q (Cene lesnih ...; 2016) in znaša 67,08 €/t. Za potrebe izeračuna smo to ceno preračunali na MWh. Energetska vrednost ene tone lesnih sekancev, kvalitete G30 iz mešanega lesa iglavcev in listavcev, pri vsebnosti 35 % vode, je enak 3,165 MWh (Krajnc in sod., 2009). Tako znaša cena lesnih sekancev ( $C_{LS}$ ) navedene kvalitete 21,18 €/MWh.

#### 4.1.4.4 Izračun vrednosti električne energije

Izračun vrednosti proizvedene električne energije (VEE) naredimo na osnovi proizvodnih stroškov, zmanjšanih za druge koristi (toplota), in so izraženi v €/MWh<sub>el</sub>, po naslednji enačbi:

$$VEE = \frac{(\text{STROŠKI} - \text{KORISTI})}{EE} \quad \dots(3)$$

STROŠKI so vsi letni odhodki, ki finančno obremenijo letno proizvodnjo in jih izračunamo po enačbi:

$$\text{STROŠKI} = \text{letni investicijski (anuiteta) (€)} + \text{V \& O (€)} + \text{letni stroški goriva (€)} \quad \dots(4)$$

KORISTI so vrednost toplote energije (VTE), izražene v €

EE = letna proizvedena električna energija (MWh<sub>el</sub>), ki jo izračunamo po enačbi:

$$EE = \text{instalirana moč [MWel]} * \text{letne obratovalne ure [h]} \quad \dots(5)$$

Anuiteto izračunamo po enačbi:

$$A_n = I_0 * a_{r,n} \quad \dots(6)$$

$A_n$  = letni investicijski strošek (€)

$I_0$  = celotni investicijski strošek (€)

$a_{r,n}$  = anuitetni faktor:

$$a_{r,n} = \frac{1}{\left(\frac{1}{r} \left(1 - \frac{1}{(1+r)^n}\right)\right)} \quad \dots(7)$$

$r$  = diskontna stopnja, ki znaša 5 %

$n$  = ekonomska doba projekta, ki znaša 20 let

#### 4.1.4.5 Izračun vrednosti toplotne energije

Vrednost toplotne energije (VTE) na leto proizvodnje, ki je izražena v €, smo izračunali po enačbi:

$$VTE = KT * VT \quad \dots(8)$$

$KT$  = koristna toplota, izražena MWh

$VT$  = vrednost toplote, izražena v €/MWh

Koristno toploto smo izračunali po enačbi:

$$KT = \text{nazivna električna moč} * \left(\frac{izk_t}{izk_{el}}\right) * \text{obratovalne ure} \quad \dots(9)$$

Vrednost toplote smo izračunali po enačbi:

$$VT = \frac{c_{LS}}{I} \quad \dots(10)$$

$CLS$  = cena lesnih sekancev

$I$  = faktor izkoristka ločene proizvodnje toplote, ki znaša 0,86



## 4.2 OBJEKT RAZISKAVE

Posestvo Fakultete za kmetijstvo in biosistemske vede – Univerzitetni kmetijski center Pohorski dvor (UKC), je locirano na dveh ločenih lokacijah. Večji del posestva je na vzhodnem Pohorju, v okolici gradu Hompoš, kjer se nahajajo sadjarske, poljedelske in del gozdnih površin. Drugi del je na severovzhodnih obronkih Pohorja, v okolici dvorca Meranovo nad Limbušem, kjer pa se nahajajo vinogradniške in drugi del gozdnih površin.

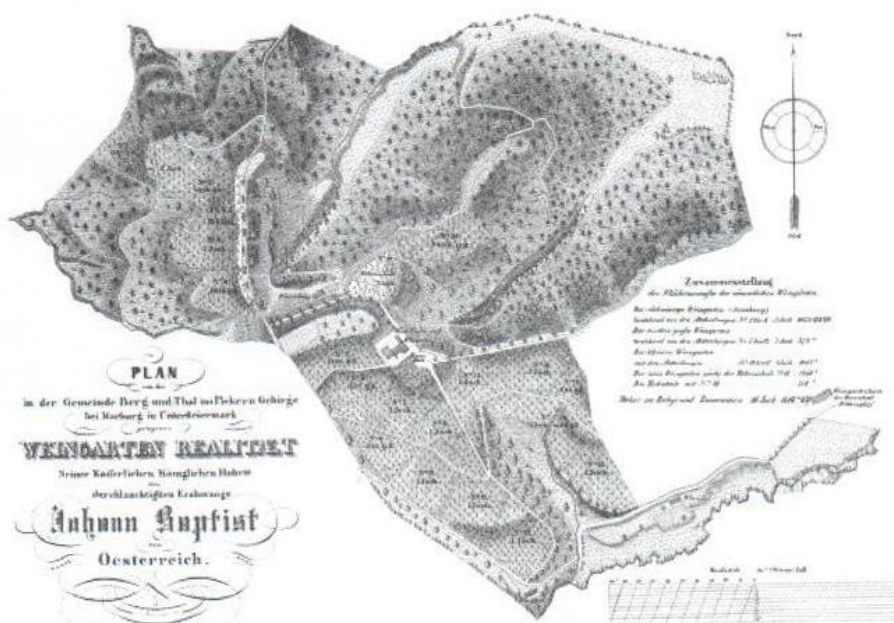
Celotno posestvo meri 399,50 ha, od tega je 129,61 ha obdelovalnih površin, 244,81 ha gozda, 8,00 ha botaničnega vrta, 9,89 ha površin v zaraščanju in 7,19 ha ostalih površin (stavbe, dvorišča, hlevi, rastlinjaki) (Letni program..., 2016).

Zemljišča se razprostirajo v treh občinah in petih katastrskih občinah. Površine na območju gradu Hompoš so v Občini Hoče, v katastrskih občinah Pivola, Zgornje Hoče in Hočko Pohorje. Površine v okolici dvorca Meranovo so v katastrski občini Spodnji Vrhov Dol v Občini Ruše in v katastrski občini Zgornji Vrhov Dol, ki sodi v Mestno občino Maribor.

Z zgodovinskega pogleda ima posestvo bogato preteklost. Širše območje med Hočami in Betnavo, kjer se nahaja del posestva v okolici gradu Hompoš, sodi med arheološko najzanimivejše lokacije v mariborski okolici, saj najdbe, kot so žarni grobovi, gradišče Poštela nad Razvanjem in gomilni grobovi v Razvanju in Pivoli, dokazujejo stalno poselitev že od mlajše kamene dobe, torej vsaj 4.000 let. Osrednja historična lokacija na tem območju je v zadnjem tisočletju prav gotovo grad Hompoš, katerega v virih izpričana zgodovina se pričinja v 10. stoletju, z ustanovitvijo Podravske mejne grofije, saj je bil njen prvi sedež prav tukaj. Grad se je v preteklosti imenoval najprej Havz in Havzli, nato Haus am Bachern, pa v ljudski govorici poenostavljeno »Hazampoh« in iz tega današnji Hompoš. Skozi srednji in novi vek se je na gradu in posestvu okoli njega zamenjalo veliko lastnikov. Posestvo se je občasno širilo in manjšalo, vendar je skozi vse obdobje povečini ostalo strnjeno v celoto. Sedanjo podobo in obseg je posestvo v glavnem dobilo ob koncu 19. stoletja, ko so ga pomembno oblikovali grofje Nugent – Pallavicini, ki so ob prenovi gradu pod njim zgradili še sedaj stoječa gospodarska poslopja in hišice za delavce, kmetijsko pridelavo pa močno posodobili. Od začetka dvajsetega stoletja do konca druge svetovne vojne sta bila grad in posestvo v lasti rodbine Pacher pl. Theinburg. V tem obdobju je posestvo, ki je obsegalo 500 ha kmetijskih zemljišč in 170 ha gozdov, slovelo

kot vzorno kmetijsko posestvo za poljedelstvo in še zlasti za živinorejo (Berčič in sod., 2010).

Drugi del posestva, na območju dvorca Meranovo, je bilo od leta 1822 v lasti nadvojvode Janeza. Nadvojvoda Janez je bil vnuk cesarice Marije Terezije, privlačila ga je zemlja in umna obdelava, kar je bilo sicer za človeka iz cesarskega dvora neobičajno. Prepričan je bil, da je mogoče ljudi spodbuditi k delu in napredku le z osebnim zgledom. Zato je začel urejati vzorčna posestva in ustanavljati družbe, ki so povezovale prizadevanja za boljše gospodarjenje. Tako je marca leta 1819 ustanovil Kmečko družbo Štajerske v Gradcu, oktobra istega leta pa še podružnici v Mariboru in Celju. V tem času je štajersko kmetijstvo, predvsem pa vinogradništvo zaostajalo, zato je na njem uredil vzorčno vinogradniško posestvo po vzoru pridelave vin v Porenju in s sortami vinske trte, ki jih je od tam prinesel. Leta 1832 je na posestvu ustanovil vinogradniško šolo. Do leta 1857 je postopoma dokupoval parcele, tako je leta 1856 posestvo obsegalo 400 joh ali nekaj nad 200 ha. Po smrti nadvojvode Janeza je posestvo začelo izgubljati svoj ugled in leta 1863 je njegov sin, grof Franz Meranski, del posestva prodal. Posestvo so do druge svetovne vojne vodili upravniki iz družine Schigert – Žigert (Meranovo: razvoj ..., 2012).



Slika 5 Načrt posestva nadvojvode Janeza v Vrhovem dolu v sredini 19. stoletja (Meranovo: razvoj ..., 2012: 80)

Po drugi svetovni vojni je bilo na posestvu najprej okrevališče jugoslovanskega zveznega ministrstva za notranje zadeve, pozneje sanatorij za pljučne bolezni, ki se je pridružil Splošni bolnišnici Maribor. Vsi so upravljali tudi s posestvom, kot z »ekonomijo Pohorski dvor«, od leta 1994 pa celota deluje kot Univerzitetni kmetijski center Fakultete za kmetijstvo in biosistemske vede, Univerze v Mariboru (Berčič in sod., 2010).

#### 4.2.1 Pregled površin ki predstavljajo možnosti za pridobivanje lesa za kurjavo

Površine posestva, ki so zanimive za pridobivanje lesa za kurjavo, so poleg gozdnih površin tudi vse kmetijske površine, botanični vrt in površine v zaraščanju.

**Preglednica 6: Pregled površin posestva Fakultete za kmetijstvo in biosistemske vede (Vir: Letni program... , 2016)**

Vrsta proizvodnje	površina ha
Sadjarstvo	59,02
Vinogradništvo	15,40
Poljedelstvo	44,28
Zelenjadarstvo	2,00
Travništvo	8,91
Gozdovi	244,81
Botanični vrt	8,00
Površine v zaraščanju	9,89
Ostale površine	7,19
Skupaj	399,50

##### 4.2.1.1 Kmetijske površine

Od kmetijskih površin največji potencial lesa za kurjavo predstavljajo sadjarske in vinogradniške površine, kjer je možno pridobiti les za kurjavo z vsakoletnim obrezom. Nezanemarljiva je tudi les za kurjavo, ki jo pridobimo ob krčitvah izrojenih sadovnjakov in vinogradov ob pripravah na obnovo. Poljedelske in zelenjadarske površine same ne predstavljajo potenciala za proizvodnjo lesa za kurjavo, vendar pa so obkrožene z melioracijskimi jarki, ki se zaraščajo s pionirskimi hitrorastočimi drevesnimi vrstami in jih je potrebno čistiti na 10 do 15 let. Podobno stanje je s travniškimi površinami, kjer se pojavlja zaraščanje robov. Ob vzdrževanju botaničnega vrta se nakopiči precejšnja količina različnega obreza, ki je primeren kot les za kurjavo. Kar nekaj lesa za kurjavo pa bi se dalo dobiti iz površin v zaraščanju, če bi jih spremenili v pašnike ali ob premeni v gozd.

#### 4.2.1.2 Gozdne površine

Seveda pa lahko največji in stalni potencial lesa za kurjavo pričakujemo iz gozdnih površin. Gozdovi posestva se nahajajo v dveh Gozdnogospodarskih enotah. 169,89 ha spada pod Gozdnogospodarsko enoto Vzhodno Pohorje, 74,92 ha pa pod Ruše. Povprečna lesna zaloga v gozdovih posestva znaša 388,9 m<sup>3</sup>/ha, delež možnega poseka od lesne mase pa 16,6 %, tako, da znaša letni dovoljeni posek 1.580 m<sup>3</sup> (Gozdnogospodarski načrt... , 2008; Gozdnogospodarski načrt... , 2012).

**Gozdnogospodarska enota Vzhodno Pohorje** leži na skrajnem vzhodnem delu Pohorja. Gozdovi enote se razprostirajo od ravnine Dravskega polja na vzhodu ter preko vzhodnega pobočja Pohorja vse do vrha grebena, kjer je najvišji vrh Sedovec.

Celotno območje enote obsega 6.114,13 ha, od tega je 3.057,78 ha gozdov. Gozdnatost v enoti je 50,0 %.

Dobre tri četrtine gozdov (78,6 %) je v zasebni lasti, ostali gozdovi so državni (21,4 %). Povprečna gozdna posest je velika 2,70 ha.

V gozdnogospodarski enoti so samo večnamenski gozdovi. V nižinskih delih enote prevladujejo gozdovi smreke, domačega kostanja, hrasta in rdečega bora s primesjo bukve in črne jelše ter manjšega deleža ostalih listavcev. V večini teh sestojev se izvaja malopovršinsko gospodarjenje. V visokogorskem pasu prevladujejo gozdovi bukve in smreke.

Lesna zaloga v gozdnogospodarski enoti znaša 343,7 m<sup>3</sup>/ha, letni prirastek je 10,43 m<sup>3</sup>/ha. V lesni zalogi je dobra polovica iglavcev (50,2 %), nekoliko nižji je delež listavcev (49,8 %) (Gozdnogospodarski načrt... , 2008).

Gozdovi Fakultete za kmetijstvo in biosistemske vede predstavljajo 5,56 % gozdov v GGE in se razprostirajo od 285 do 896 m nadmorske višine. Razporejeni so v 27 oddelkov, ki se nahajajo v katastrskih občinah Pivola, Zgornje Hoče in Hočko Pohorje. (Gozdnogospodarski načrt... , 2008).

**Gozdnogospodarska enota Ruše** je v severovzhodnem delu Gozdnogospodarskega območja Maribor. Enota leži ob reki Dravi, med Mariborom in Rušami ter grebenom (razvodjem) Pohorja. Severna meja enote je reka Drava.

Skupna površina območja enote znaša 6.931,81 ha, od tega je 3.314,58 ha gozdov. Gozdnatost v enoti je 47,8 %.

V enoti prevladujejo zasebni gozdovi (83,6 %), ostali gozdovi (16,4 %) so državni. Povprečna gozdna posest je velika 2,53 ha.

V nižinskem delu, na severnem in severozahodnem delu enote prevladujejo rastišča hrasta in belega gabra, drugod pa bukova rastišča z belkasto bekico in deveterolistno mlajo, ki ju ponekod zamenjajo edafsko pogojena jelova rastišča. Najvišji predeli na skrajnem južnem in jugozahodnem delu enote segajo v pas visokogorskega bukovja. Problem pri gospodarjenju predstavlja spremenjena drevesna sestava. Na vseh bukovih rastiščih, še posebej v najvišjem jugozahodnem delu gozdnogospodarske enote, je v drevesni sestavi prevelik delež smreke.

Lesna zaloga v gozdnogospodarski enoti znaša 415,1 m<sup>3</sup>/ha, letni prirastek pa 8,19 m<sup>3</sup>/ha. V lesni zalogi je dobra polovica listavcev (54 %), nekoliko nižji je delež iglavcev (46 %) (Gozdnogospodarski načrt... , 2012).

Gozdovi Fakultete za kmetijstvo in biosistemske vede predstavljajo le 2,26 % gozdov v GGE in se razprostirajo od 350 do 530 m nadmorske višine ter so razporejeni v 4 oddelke. Po dva sta v katastrski občini Zgornji Vrhov Dol in dva v katastrski občini Spodnji vrhov Dol. (Gozdnogospodarski načrt... , 2012).

Gozdne površine Fakultete za kmetijstvo in biosistemske vede skupno merijo 244,81 ha v obeh predstavljenih Gozdno gospodarskih enotah. Gozdovi se pretežno nahajajo na pobočju Pohorja in njegovem stranskem grebenu med potokoma Lobnico in Blažovnico, le majhen del jih leži na ravninskem predelu Pivole in Zgornjih Hoč, z nakloni do 35 °. Ekspozicije so od vzhodne, severovzhodne, severne do severozahodne.

Značilnost za pohorska pobočja je, da so jarkasta in valovita. Po podnebnih značilnostih spadajo ti gozdovi v dva klimatska tipa, saj se tukaj srečujeta najbolj vzhodni del

predalpskega fitoklimatskega teritorija v Sloveniji, s subpanonsko klimo. Za nižinski del so značilne zgodnje pomladi, vroča poletja s sorazmerno velikim številom sončnih dni, zime pa so hladne. Značilni so tudi veliki temperaturni ekstremi med letom. Nasprotno je v višjih legah podnebje z več oblačnosti in vlage. Tudi v povprečnih letnih padavinah je občutna razlika, saj v nižjih predelih pade okoli 1.000 mm padavin (dolgoletno povprečje za Maribor znaša 1.045 mm padavin), v višjih predelih pa okoli 1.500 mm. Največ padavin pade poleti, sledita pomlad in jesen, najmanj pa pozimi. Število dni s sneženjem se giblje od 20 do 40 dni in snežna odeja v višjih legah obleži okoli 120 dni. Matično podlago v večinskem delu predstavljajo metamorfne kamenine – blestniki, le manjši ravninski del je na odloženih pliokvartarnih sedimentih. Na metamorfni kamninah so se razvila avtomorfna tla, pretežno distrična rjava tla. Takšna tla nastanejo predvsem na neprepereli in slabo prepereli nekarbonatni podlagi. Na grebenih in strmih legah se je razvil predvsem distrični ranker. Nižinski, ravninski del sestavljajo pesek, peščena glina in glinasti prod. Tla s takšno matično osnovo so slabo propustna in bogata z vodo. Gozdovi ležijo v celoti v predelu preddinarskega fitoklimatskega teritorija, po fitogeografski razdelitvi pa v alpsko območje. Nižje lege poraščajo gradnovi gozdovi, v višjih legah so acidofilni bukovi gozdovi. Ob vlažnih jarkih se na manjših površinah nahajajo gozdovi plemenitih listavcev (Gozdnogospodarski načrt... , 2008; Gozdnogospodarski načrt... , 2012).

**Preglednica 7: Površine in deleži gozdnih združb po skupinah rastišč v gozdovih Fakultete za kmetijstvo in biosistemske vede (vir: Gozdnogospodarski načrt... , 2008; Gozdnogospodarski načrt... , 2012)**

Skupina rastišč / Gozdna združba	Površina (ha)	delež (%)
<b>Rastišča logov</b>	<b>0,66</b>	<b>0,3</b>
<i>Carici blizoidis - Alnetum glutinosae</i>	0,66	0,3
<b>Rastišča gabrovij in dobrav</b>	<b>7,97</b>	<b>3,3</b>
<i>Quercu - Carpinetum typicum</i>	7,97	3,3
<b>Rastišča bukovij na nekarbonatnih tleh</b>	<b>208,32</b>	<b>85,1</b>
<i>Luzulo - Fagetum alpinum</i>	18,84	7,7
<i>Luzulo - Fagetum typicum</i>	178,80	73,0
<i>Enneaphyllo - Fagetum pohoricum typicum</i>	10,67	4,4
<b>Gričevnata in podgorska rastišča bukovij na karbonat. tleh</b>	<b>19,82</b>	<b>8,1</b>
<i>Quercu - Fagetum typicum</i>	19,82	8,1
<b>Rastišča jelke in smreke</b>	<b>3,62</b>	<b>1,5</b>
<i>Dryopterido - Abietetum typicum</i>	3,62	1,5
<b>Rastišča acidofilnih borovij</b>	<b>4,42</b>	<b>1,8</b>
<i>Myrtillo - Pinetum</i>	4,42	1,8
<b>Skupna vsota</b>	<b>244,81</b>	<b>100,0</b>

Z vidika pridobivanja lesa je na celotni površini gozdov predvideno traktorsko spravilo do kamionskih cest: na območju GGE Vzhodno Pohorje do gozdne ceste Pivola – Bellevue in na območju GGE Ruše do cest Limbuš – Vrhov Dol in Bistrica ob Dravi – Pečke.

Povprečna pravilna razdalja ni najbolj ugodna, saj na kar 17,6 % gozdnih površin znaša več kot 500 m (Gozdnogospodarski načrt... , 2008; Gozdnogospodarski načrt... , 2012).

**Preglednica 8: Povprečne pravilne razdalje v gozdovih Fakultete za kmetijstvo in biosistemske vede (vir: Gozdnogospodarski načrt... , 2008; Gozdnogospodarski načrt... , 2012)**

Spravilna razdalja (m)	Površina	
	ha	%
do 100	71,75	29,3
100 - 200	75,37	30,8
200 - 300	24,45	10,0
300 - 500	30,07	12,3
500 - 700	43,17	17,6
Skupaj	244,81	100,0

Povprečna lesna zaloga znaša 388,87 m<sup>3</sup>/ha, od tega je 56,9 % iglavcev in 43,1 % listavcev. V lesni zalogi prevladuje smreka (*Picea abies*) z 31,6 %, sledijo ji rdeči bor (*Pinus sylvestris*) z 24,0 %, bukev (*Fagus sylvatica*) z 16,8 % pravi kostanj (*Castanea sativa*) z 10,4 % in graden (*Qercus petraea*) z 10,3 %. Od iglavcev najdemo še macesen (*Larix decidua*), zeleni bor (*Pinus strobus*) in jelko (*Abies alba*). Plemeniti listavci so zastopani z gorskim javorjem (*Acer pseudoplatanus*), velikim jesenom (*Fraxinus excelsior*) in češnjo (*Prunus avium*). Med mehкими listavci najdemo brezo (*Betula pendula*), črno jelšo (*Alnus glutinosa*), lipo (*Tilia platyphyllos*), lipovca (*Tilia cordata*), beli topol (*Populus alba*) in trepetliko (*Populus tremula*), od trdih listavcev pa beli gaber (*Carpinus betulus*) in robinijo (*Robinia pseudacacia*) (Gozdnogospodarski načrt... , 2008; Gozdnogospodarski načrt... , 2012).

**Preglednica 9: : Deleži drevesnih vrst in hektarska zaloga v gozdovih Fakultete za kmetijstvo in biosistemske vede (vir: Gozdnogospodarski načrt... , 2008; Gozdnogospodarski načrt... , 2012).**

Drevesna vrsta	Zaloga	
	m <sup>3</sup> /ha	%
Smreka	122,76	31,6
Rdeči bor	93,42	24,0
Macesen	2,07	0,5
Zeleni bor	1,83	0,5
Jelka	1,22	0,3
Bukev	65,50	16,8
Kostanj	40,27	10,4
Graden	39,88	10,3
Pl. listavci	2,45	0,6
Dr. tr. listavci	12,96	3,3
Mehki listavci	6,51	1,7
Iglavci	221,29	56,9
Listavci	167,57	43,1
Skupaj	388,86	100,0

Med razvojnimi fazami prevladujejo debeljaki, ki jih je 60,6 % vseh površin, sledijo drogovnjaki, ki so na 31,2 % površin. Ostalo so mladovja in sestoji v obnovi (Gozdnogospodarski načrt... , 2008; Gozdnogospodarski načrt... , 2012).

**Preglednica 10 Delež razvojnih faz v gozdovih Fakultete za kmetijstvo in biosistemske vede (vir: Gozdnogospodarski načrt... , 2008; Gozdnogospodarski načrt... , 2012)**

Razvojna faza	Delež	
	ha	%
Debeljak	148,42	60,6
Drogovnjak	76,29	31,2
Mladovje	12,14	5,0
Sestoj v obnovi	7,96	3,3
Skupaj	244,81	100,0

Povprečna lesna zaloga znaša 388,9 m<sup>3</sup>/ha, od tega 222,2 m<sup>3</sup>/ha iglavcev in 166,7 m<sup>3</sup>/ha listavcev. Delež dovoljenih sečenj lesne zaloge je 18,9 % pri iglavcih in 13,5 % pri listavcih, oziroma v povprečju 16,6 % od skupne zaloge (Gozdnogospodarski načrt... , 2008; Gozdnogospodarski načrt... , 2012).



### 7.1.1 Obstoječi način ogrevanja in poraba energentov

Na Fakulteti za kmetijstvo in biosistemske vede so za ogrevanje prostorov trenutno v uporabi trije različni energenti, in sicer lesni sekanci, utekočinjen naftni plin in kurilno olje. Ker so objekti, ki jih z njimi ogrevajo, na različnih lokacijah, je tudi več različnih kotlov za pretvorbo energentov v toplotno energijo. Za ogrevanje prostorov fakultete v gradu Hompoš z lesnimi sekanci se uporablja Frölingov kotel Lambdamat 500 z nazivno toplotno močjo 490 kW. Za ogrevanje prostorov, kjer se uporablja utekočinjen naftni plin, je vgrajenih sedem etažnih peči znamke Junkers z nazivno močjo 24,0 kW. S petimi pečmi ogrevamo prostore na Meranovem, ena se nahaja v hlevu – vzrejnem središču za plemenske svinje, in ena v rastlinjaku. S pečjo na kurilno olje znamke Buderus Logano GE 434 z nazivno močjo 162 kW se dogrevata rastlinjak in plastenjaki v hladnejšem obdobju, ko so večje potrebe po toploti (Popis osnovnih ..., 2016).



Slika 6: Frölingov kotel Lambdamat 500 za ogrevanje gradu Hompoš



**Slika 7: Eden od etažnih kotlov Junkers v objektih Fakultete za kmetijstvo**



**Slika 8: Buderusov kotel za ogrevanje rastlinjaka Fakultete za kmetijstvo in biosistemske vede**

Hlajenje prostorov se izvaja s klimatskimi napravami, za katere se uporablja električni tok iz omrežja. Skupna letna poraba energije za vse objekte Fakultete za kmetijstvo in biosistemske vede znaša 1.056.730,21 kWh. Od tega predstavljajo 591.139,21 kWh energenti, namenjeni izključno za ogrevanje, ostalo pa je električna energija za hlajenje, delno za ogrevanje in ostale potrebe (Računovodski podatki..., 2016).

**Preglednica 11: Poraba energentov na Fakulteti za kmetijstvo in biosistemske vede v letu 2015 (Računovodski podatki..., 2016)**

Vrsta energenta	Enota mere	Količina	Kurilna vrednost $H_i$ (kWh/enoto)	Skupna kurilna vrednost $H_i$ (kWh)
Utek. naftni plin	m <sup>3</sup>	4.103	27,31	112.052,93
Kurilno olje	l	3.391	10,08	34.181,28
Lesni sekanci	nm <sup>3</sup>	505	881,00	444.905,00
El. Energija	kWh	465.591	1,00	465.591,00
<b>Skupaj</b>				<b>1.056.730,21</b>

#### 4.2.2 Predlog novega načina ogrevanja s soproizvodnjo električne energije

Na Fakulteti za kmetijstvo in biosistemske vede ima električna energija bistveni delež v porabi energije, zato je smiselno razmisliti o investiciji v spremembo kotlovnice, z vgradnjo sodobnih sistemov za proizvodnjo toplotne in sočasno električne energije, saj bi tak sistem bistveno zmanjšal stroške električne energije vsaj v času kurilne sezone, ki v naših klimatskih pogojih traja 6 – 8 mesecev (Krajnc in sod. 2009). Sočasno proizvodnjo toplotne in električne energije omogočajo kogeneracijski agregati.

## **5 REZULTATI IN RAZPRAVA O POTENCIALIH LESA ZA KURJAVO IN MOŽNOSTIH NJIHOVEGA IZKORIŠČANJA**

Ker so možni potenciali lesa za kurjavo v različnih oblikah in merjeni v različnih enotah, smo jih vse preračunali v lesne sekance (G30) z vsebnostjo vode (w) 35 % (Krajnc in sod. 2009).

### **5.1 OCENA KOLIČIN NA OSNOVI GOZDNOGOSPODARSKIH NAČRTOV**

Za oddelke in odseke, ki so last Fakultete za kmetijstvo in biosistemske vede, smo iz gozdnogospodarskih načrtov povzeli površine, lesno zalogo in možen posek, kar je razvidno iz preglednice 12.

**Preglednica 12: Površine, lesne zaloge in možen posek v posameznih oddelkih gozdov Fakultete za kmetijstvo in biosistemske vede v 10 letnem obdobju (vir: Gozdnogospodarski načrt... , 2008; Gozdnogospodarski načrt... , 2012)**

GGE	Oddelek	Odsek	Površina (ha)	Lesna zaloga (m <sup>3</sup> /ha)			Možen posek (m <sup>3</sup> )		
				Igl.	List.	Skupaj	Igl.	List.	Skupaj
Ruše	5	A	16,44	201	253	454	432	524	956
		B	26,73	193	279	472	786	15	801
	6	A	23,46	93	297	390	358	934	1292
		B	8,29	113	249	362	163	312	475
Vzh. Pohorje	4	B	1,08	329	158	487	60	24	84
		C	3,34	224	161	385	172	123	295
	5	D	0,57	109	237	346	22	54	76
		E	0,83	78	217	295	26	70	96
	6	A	7,24	218	153	371	190	126	316
	7	A	3,67	76	178	254	84	130	214
		B	6,09	190	164	354	195	136	331
		C	4,01	225	104	329	147	73	220
		D	7,91	260	54	314	446	83	529
	8	A	6,24	291	74	365	347	86	433
		B	10,16	224	150	374	387	259	646
		C	6,86	243	143	386	241	147	388
	9	A	4,72	341	90	431	388	122	510
		B	8,38	282	78	360	392	91	483
		C	10,11	332	122	454	671	221	892
	10	A	6,81	177	125	302	256	183	439
		B	7,03	145	155	300	249	231	480
		C	8,10	282	100	382	448	198	646
	27	A	7,35	291	164	455	472	228	700
		B	6,89	244	252	496	308	323	631
C		4,6	95	335	430	61	216	277	
28	A	7,1	341	52	393	445	58	503	
	B	8,49	332	42	374	525	48	573	
	C	8,8	403	93	496	888	171	1.059	
29	A	7,03	268	106	374	406	192	598	
	B	7,09	274	73	347	339	91	430	
	C	9,39	122	22	144	384	47	431	
<b>Skupaj</b>			<b>244,81</b>			<b>10.288</b>	<b>5.516</b>	<b>15.804</b>	

V tabeli je prikazan celoten dovoljeni bruto posek, letni možni posek pa znaša 1.028,8 m<sup>3</sup> iglavcev in 551,6 m<sup>3</sup> listavcev, kar znaša skupaj 1.580,4 m<sup>3</sup>. Če to preračunamo v neto,

znese pri iglavcih 874,5 m<sup>3</sup>, pri upoštevanem faktorju 0,85, pri listavcih pa 479,9 m<sup>3</sup> pri faktorju 0,87. Skupna neto količina torej znaša 1.354,4 m<sup>3</sup> vseh gozdnih lesnih sortimentov.

V petletnem obdobju od leta 2009 do 2013 je bilo v strukturi prodaje povprečno 21,3 % nekvalitetnega lesa, primerne za kurjavo. V letih 2014 in 2015 se je ta delež močno povečal na račun žledoloma in napada podlubnikov, tako da je znašal kar nekaj nad 45% (Računovodski podatki ..., 2016). Zato smo za izračun potencialnih možnosti uporabili omenjeno petletno obdobje (2009 – 2013).

Poleg nekvalitetnega lesa predstavljajo potencial lesa za kurjavo še sečni ostanki. Po podatkih, ki jih v svoji diplomski nalogi navaja Biščak (2008), je možno pri poseku 1 m<sup>3</sup> okroglega lesa jelke dobiti 4,29 prm sečnih ostankov, pri poseku 1 m<sup>3</sup> bukve pa 4,55 prm sečnih ostankov. Iz 1 prm sečnih ostankov dobimo 0,35 nm<sup>3</sup> lesnih sekancev. Ker pa je spravilo sečnih ostankov zamudno, jih je smiselno pobirati samo tam, kjer je to možno izvesti strojno. Zato smo za izračun potencialov upoštevali, da bomo sečne ostanke pobrali samo s 25 % površine, in da pri poseku 1 m<sup>3</sup> lesa v povprečju dobimo 4,3 prm sečnih ostankov (Biščak, 2008).

Za pretvorbo 1 m<sup>3</sup> lesa v nm<sup>3</sup> lesnih sekancev (G30) smo uporabili faktor 2,5 (Krajnc in sod., 2009).

**Preglednica 13: Možen letni posek in letne količine lesa za kurjavo iz gozdnih površin Fakultete za kmetijstvo in biosistemske vede (Gozdnogospodarski načrt... , 2008; Gozdnogospodarski načrt... , 2012; Računovodski podatki ..., 2016)**

	Iglavci	Listavci	Skupaj
Možni letni bruto posek (m <sup>3</sup> )	1.028,8	551,6	1.580,4
Možni letni neto posek (m <sup>3</sup> )	874,5	479,9	1.354,4

Vir lesa za kurjavo	Enota mere	Količina	Pretvornik za preračun v lesne sekance	Količina lesnih sekancev (nm <sup>3</sup> )	Kurilna moč (kWh)
Nekvalitetni sortimenti	m <sup>3</sup>	288,5	2,50	721,20	584.895,7
Sečni ostanki	prm	1.455,9	0,35	509,58	413.271,4
Skupaj				1.230,79	998.167,1

Nekvalitetni sortimenti v večjem obsegu prihajajo s površin, kjer se izvajajo gozdno gojitvena dela. Izkoriščanje nekvalitetnega lesa tako dodatno vpliva na boljšo negovanost in kvalitetnejšo sestavo gozda.

### 5.1.1 Oblike spravila lesa in normativi

Po gozdno gospodarskih načrtih je za oddelke gozdov, ki so last Fakultete za kmetijstvo in biosistemske vede, predvidena sečnja z motorno žago in spravilo s traktorjem. Količina potrebnega dela na m<sup>3</sup> lesa, ki je prikazana v preglednici 14, je izračunana iz normativov del, objavljenih v Uradnem listu RS (Odredba ..., 1999) in podatkov iz odločb za posek lesa za leto 2015, ki jih je izdal Zavod za gozdove Slovenije, Območna enota Maribor.

**Preglednica 14: Količina potrebnega dela za posek in spravilo lesa v letu 2015 (Odredba ..., 1999)**

Vrsta dela		Neto drevo (m <sup>3</sup> ) <sup>1</sup>	Normativ min/m <sup>3</sup>	Poraba ur/m <sup>3</sup>
Sečnja	Igl.	0,72	45	0,75
	List.	0,71	36	0,60
Zbiranje in rampanje	Igl.	0,72	7	0,12
	List.	0,71	8	0,13
Spravilo Vlačenje (250 m)	Igl.	0,72	5	0,08
	List.	0,71	6	0,10
Skupaj	Igl.	0,72	12	0,20
	List.	0,71	14	0,23

## 5.2 OCENA KOLIČIN NA OSNOVI IZPISA IZ REGISTRA KMETIJSKIH GOSPODARSTEV

Iz registra kmetijskih površin smo izpisali površine vinogradov in sadovnjakov. Površine so nam osnova za izračun količine biomase ki nastane pri vsakoletnem obrezu in ob krčitvi površine ob zaključku proizvodnega obdobja.

<sup>1</sup> Povzeto iz odločb za posek lesa v letu 2015, ki jih je izdal ZGS, OE Maribor

### 5.2.1 Količine lesa za kurjavo ob rezi vinogradov

**Preglednica 15: Izračun letnih potencialov lesa za kurjavo pri rezi vinogradov (lastni izračun)**

Površina vinogradov (ha)	Enota mere	Količina butar na ha	Teža zračno suhe butare (kg)	Skupna količina zračno suhe lesa za kurjavo (kg)	Pretvorba v lesne sekance (nm <sup>3</sup> )	Kurilna moč (kWh)
15,23	butare	70	25,0	26.652,5	<b>143,8</b>	<b>116.658,0</b>

### 5.2.2 Količine lesa za kurjavo ob rezi sadovnjakov

Ker je količina odreza pri rezi sadnega drevja podobna kot v vinogradu, smo za izračun uporabili enake vrednosti obreza na ha.

**Preglednica 16: Izračun letnih potencialov lesa za kurjavo pri rezi sadovnjakov (lastni izračun)**

Drevesna vrsta	Površina (ha)	Enota mere	Količina butar na ha	Teža zračno suhe butare (kg)	Skupna količina zračno suhe lesa za kurjavo (kg)	Pretvorba v lesne sekance (nm <sup>3</sup> )	Kurilna moč (kWh)
Jablane	47,79	butare	70	25,0	83.632,9	451,4	366.061,0
Češnjje	3,84	butare	70	25,0	6.727,2	36,3	29.444,8
Hruške	1,84	butare	70	25,0	3.222,5	17,4	14.104,7
Slive	0,61	butare	70	25,0	1.071,4	5,8	4.689,3
Breskve	0,61	butare	70	25,0	1.065,8	5,8	4.664,8
Marelce	0,34	butare	70	25,0	587,3	3,2	2.570,6
<b>Skupaj</b>	<b>55,03</b>				<b>96.306,9</b>	<b>519,8</b>	<b>421.535,2</b>

### 5.2.3 Količine lesa za kurjavo ob krčitvi vinogradov

Čeprav vinska trta lahko dosega veliko starost, kar dokazuje več kot 500 let stara trta Žametovke na mariborskem Lentu, pa je kljub temu potrebno, zaradi intenzivne proizvodnje, vinogradniške površine obnavljati na 20 do 30 let (Vršič in Lešnik., 2005).

Krčitve se opravljajo postopoma na približno 25 let, zato teoretično računamo, da je potencial lesa za kurjavo vsako leto s površine 0,61 ha.



**Preglednica 17: Izračun letnih potencialov lesa za kurjavo pri krčitvi vinogradov (lastni izračun)**

Skupna površina (ha)	Povprečna letna površina za krčitev (ha)	Enota mere	Količina butar na ha	Teža zračno suhe butare (kg)	Skupna zračno suhe lesa za kurjavo (kg)	Pretvorba v lesne sekance (nm <sup>3</sup> )	Kurilna moč (kWh)
15,23	0,61	butare	140	25,0	2.135,0	<b>11,5</b>	<b>9.344,9</b>

#### 5.2.4 Izračun količine lesa za kurjavo ob krčitvi sadovnjakov

Tudi v sadjarstvu se nasadi zaradi iztrošenosti ob intenzivni rabi in ekonomičnosti obnavljajo na 15 do 25 let, tako da tudi to predstavlja potencial lesa za kurjavo.

Osnovni podatek za izračun potencialne količine lesa za kurjavo pri krčitvi sadovnjakov smo pridobili ob letošnji krčitvi nasada breskev. Les za kurjavo s površine 1,05 ha breskovega nasada smo po krčitvi zmleli v lesne sekance. Izdelavo sekancev smo izvedli s sekalnikom Eschlböck Biber 82. Količino sekancev smo izmerili na prikolici za lesne sekance Fliegel ASW 160, ki smo ji izmerili prostornino kesona 5,6 m x 2,38 m x 2 m, in izračunana prostornina znaša 26,7 m<sup>3</sup>.

Skupna količina lesnih sekancev na površini 1,05 ha je bila 55 nm<sup>3</sup>, kar pomeni preračunano na 1 ha površine 52,4 nm<sup>3</sup>. Iz tega sledi, da na enem ha dobimo 42.487,7 kWh kurilne moči.

Tudi pri sadovnjakih smo upoštevali, da se obnavljajo približno na 20 let, tako da lahko v povprečju računamo, da bo letno izkrčenih 2,75 ha sadovnjakov.

**Preglednica 18: Izračun letnih potencialov lesa za kurjavo ob krčitvi sadovnjakov (lastni izračun)**

Drevesna vrsta	Skupna površina (ha)	Teoretična letna površina za krčitev (ha)	Enota	Pretvorba v lesne sekance (nm <sup>3</sup> )	Kurilna moč (kWh)
Jablane	47,79	2,39	nm <sup>3</sup>	125,2	101.545,6
Češnjje	3,84	0,19	nm <sup>3</sup>	10,1	8.168,0
Hruške	1,84	0,09	nm <sup>3</sup>	4,8	3.912,6
Slive	0,61	0,03	nm <sup>3</sup>	1,6	1.300,8
Breskve	0,61	0,03	nm <sup>3</sup>	1,6	1.294,0
Marelice	0,34	0,02	nm <sup>3</sup>	0,9	713,1
<b>Skupaj</b>	<b>55,03</b>	<b>2,75</b>		<b>144,2</b>	<b>116.934,2</b>

### 5.3 OCENA KOLIČIN LESA ZA KURJAVO OB ČIŠČENJU MELIORACIJSKIH JARKOV

Melioracijski jarki potekajo pretežno med njivskimi površinami in delno med sadovnjaki. Zaraščajo jih predvsem drevesne vrste, kot so: črna jelša (*Alnus glutinosa*), iva (*Salix caprea*) in trepetlika (*Populus tremula*). Ko postanejo prevelik konkurent kmetijskim kulturam, jih je potrebno posekati, kar se zgodi na približno 15 let.

Zgodaj spomladi leta 2013 smo ob čiščenju melioracijskih jarkov na dolžini 2.600 m posekali ves les za kurjavo in jo skladiščili na kupe. Ker je nismo potrebovali za lastne potrebe, smo jo odprodali. Poleti istega leta smo ves les za kurjavo zmleli v lesne sekance. Sekanje smo izvedli s sekalnikom Wood terminator proizvajalca Mus-Max.. Prevoz smo opravili s kamionskimi polpriklopniki za prevoz sekancev. Pred odvozom smo izmerili dimenzije polpriklopnika, da smo lahko določili količino lesnih sekancev. Notranje mere polpriklopnika so znašale: dolžina 13,60 m, širina 2,45 m in višina 2,70 m, tako da je bil volumen 90 m<sup>3</sup> oziroma nm<sup>3</sup> sekancev. Skupno smo izdelali 5,5 polpriklopnikov, kar je zneslo 495 nm<sup>3</sup> sekancev.

Tako so empirični podatki čiščenja melioracijskih jarkov pokazali, da je mogoče na 100 m melioracijskega jarka v povprečju izdelati 19 nm<sup>3</sup> sekancev, kar pomeni 15.409 kWh kurilne moči.

S pomočjo javnega grafičnega pregledovalnika grafičnih podatkov površin smo izmerili skupne dolžine melioracijskih jarkov na posestvu, in ugotovili, da znašajo 3.560 m. Skupni potencial lesa za kurjavo iz tega vira je tako 676,4 nm<sup>3</sup> lesnih sekancev oziroma 548,56 MWh kurilne moči.

Zaradi lažjega izračuna letnega potenciala smo tudi to količino razdelili na 15 let, kolikor znaša okvirni čas med enim in drugim čiščenjem.

**Preglednica 19: Izračun letnega potenciala lesa za kurjavo, ki nastane pri čiščenju melioracijskih jarkov na posestvu Fakultete za kmetijstvo in biosistemske vede (lastni izračun)**

Skupna dolžina melioracijskih jarkov (m)	Povprečna letna dolžina predvidena za čiščenje (m)	Količina lesnih sekancev na 100 m dolžine	Skupna letna količina lesnih sekancev (nm <sup>3</sup> )	Kurilna moč (kWh)
3560	237,3	19,0	<b>45,1</b>	<b>36.570,7</b>

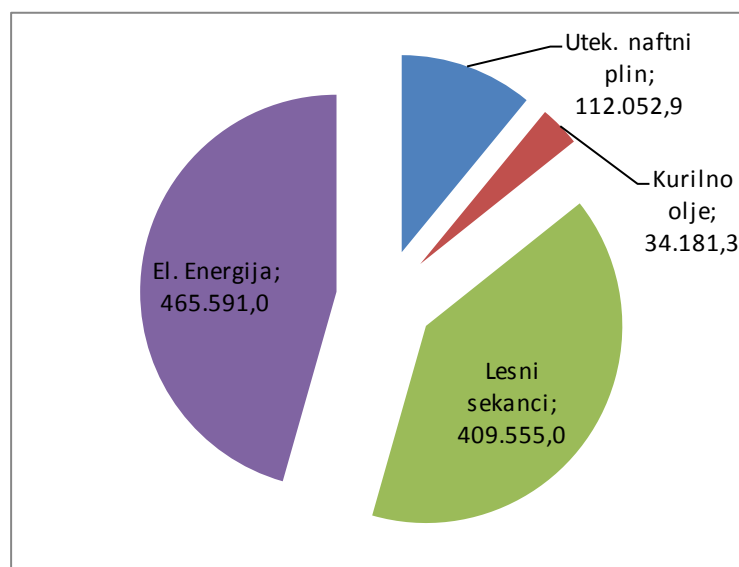
#### 5.4 OCENA SKUPNEGA POTENCIALA LETNE KOLIČINE LESA ZA KURJAVO

Iz vseh izračunov možnosti in potencialov je razvidno, da lahko posestvo Fakultete za kmetijstvo in biosistemske vede na letnem nivoju izdelava iz lastnega lesa za kurjavo 2.095,2 nm<sup>3</sup> lesnih sekancev s kurilno močjo 1.699.210,0 kWh.

**Preglednica 20: Skupni letni potencial lesa za kurjavo na Fakulteti za kmetijstvo in biosistemske vede (lastni izračun)**

Izvor potenciala lesa za kurjavo	Preračunana količina v lesne sekance (nm <sup>3</sup> )	Kurilna moč (kWh)
Gozd	1.230,8	998.167,1
Rez vinogradov	143,8	116.658,0
Rez sadovnjakov	519,8	421.535,2
Krčitve vinogradov	11,5	9.344,9
Krčitve sadovnjakov	144,2	116.934,2
Čiščenje melioracijskih jarkov	45,1	36.570,7
<b>Skupaj</b>	<b>2.095,2</b>	<b>1.699.210,0</b>

Potenciali lesa za kurjavo in njihova kurilna vrednost so večji od trenutno uporabljenih vseh energentov (utekočinjen naftni plin, kurilno olje, lesni sekanci in električna energija).



Slika 9: Deleži in kurilne vrednosti (kWh) energentov v trenutni uporabi

Skupna letna potreba po energentih, izražena v kurilni vrednosti, trenutno znaša 1.021.380,2 kWh. Po kurilni vrednosti torej potencial lesa za kurjavo to vrednost presega za 677.829,8 kWh, kar je enako 835,8 nm<sup>3</sup> lesnih sekancev.

### 5.5 PRIMERJAVA STROŠKOV NA OSNOVI CENE ENERAGENTOV

Pri energetske oskrbi je seveda bistvenega pomena, koliko nas porabljena energija stane. Zato smo naredili cenovno primerjavo med trenutnimi cenami energentov na tržišču.

- **Utekočinjen naftni plin** nas po podatkih Plinarne Maribor trenutno stane 2,74 €/m<sup>3</sup> (Cene utekočinjenega ..., 2016).
- **Kurilno olje** je po podatkih na spletni strani Ministrstva za razvoj in tehnologijo 0,71 €/l (Cena naftnih ..., 2016).
- Cena za **električno energijo** smo izračunali iz računov Petrol energije, ki je dobavitelj električne energije, za porabljeno električno energijo in računov Elektra Maribor, za uporabo omrežja. Povprečna cena za leto 2015 znaša 0,14 €/kWh (Računovodski podatki ..., 2016).
- Cena za **lesne sekance** je po podatkih Gozdarskega inštituta Slovenije podana na spletni strani Sheme S4Q in za tona lesnih sekancev znaša 67,08 € (Cena lesnih ..., 2016). Zaradi lažje primerjave, smo jo preračunali na nm<sup>3</sup>. Ob

podatku, ki ga navajajo Krajnc in sodelavci (2009), da je 1 nm<sup>3</sup> lesnih sekancev, kvalitete G30 iz mešanega lesa iglavcev in listavcev, pri vsebnosti 35 % vode, težak 256 kg. Tako znaša cena lesnih sekancev navedene kvalitete 17,16 €/nm<sup>3</sup>.

Za lažjo primerjavo cen med posameznimi energenti, smo te cene preračunali na enoto kurilne vrednosti, kar je razvidno iz tabele 21:

**Preglednica 21: Preračun cen energentov na enoto kurilne vrednosti**

Vrsta energenta	Enota mere	Kurilna vrednost Hi (kWh/enoto)	Cena na enoto EUR	Cena na kurilno vrednost EUR/kWh
Utek. naftni plin	m <sup>3</sup>	27,31	2,74	0,10
Kurilno olje	l	10,08	0,71	0,07
Lesni sekanci	nm <sup>3</sup>	608,61	17,16	0,03
El. Energija	kWh	1,00	0,14	0,14

Iz navedenih podatkov je razvidno, da je daleč najdražji energent električna energija, sledi ji utekočinjen naftni plin in nato kurilno olje. Smisel prehoda na ogrevanje samo z lesom za kurjavo je tako še bolj utemeljen. Seveda pa je popolni prehod ogrevanja na les za kurjavo povezan z določenimi investicijami. Obstoječe ogrevalne kotle bi bilo potrebno zamenjati s kotli na les. Glede na to, da v celotni porabi energentov igra glavno vlogo električna energija, bi bilo smiselno ob zamenjavi kotlov razmisliti o vgradnji kogeneracijskih kotlov, saj bi se s tem dalo delno ali v celoti pokriti potrebe tudi po električni energiji.

## 5.6 EKONOMSKA PRESOJA INVESTICIJE V KOGENERACIJSKI AGREGAT NA LES ZA KURJAVO

Ker se podatki o porabljenih energentih nanašajo na dve ločeni lokaciji, je potrebno v investiciji predvideti dva ločena sistema za ogrevanje in proizvodnjo električne energije. Na osnovi formul in vhodnih podatkov smo naredili finančne izračune. Pri predpostavki, da obe enoti delujeta isto časovno obdobje in da proizvedeta enako količino toplotne in električne energije, smo predvideli, da obratuje vsaka enota v kurilni sezoni 5.500 ur. Za delovanje obeh enot bi tako potrebovali 1.651,21 nm<sup>3</sup> lesnih sekancev. Takšna količina lesnih sekancev pa je primerljiva s količino izračunanih potencialov, ki znašajo 2.095,2

nm<sup>3</sup>. Na osnovi tehničnih parametrov kogeneracijskega sistema Volter 30, ekonomskih parametrov in enačb, smo naredili ekonomski izračun za vzpostavitev in delovanje ene in dveh ločenih enot.

**Preglednica 22: Tehnični parametri kogeneracijskega sistema Volter 30 (Bobanec, 2014)**

Nazivna električna moč	MW <sub>e</sub>	0,028
Izkoristek - električni	%	23
Izkoristek - toplotni	%	57
Izkoristek - skupni	%	80
Faktor izkoristka proizvodnje toplote	%	86

**Preglednica 23: Ekonomski parametri naložbe v sistem Volter 30 (Bobanec, 2014)**

Parameter		Na eno enoto	Na dve ločeni enoti
Vrednost investicije	€	251.000,00	502.000,00
Stroški vzdrževanja in obratovanja	€/leto	8.032,00	16.064,00
Diskontna stopnja	%	5,00	5,00
Amortizacijska doba	let	20,00	20,00

Vrednost ekonomskih parametrov smo izračunali na osnovi enačb, ki so podane v poglavju 4.1.4 Izračun stroškov za kogeneracijski sistem Volter 30.

**Preglednica 24: Ekonomski parametri letnega obratovanja sistema Volter 30**

Parameter		Na eno enoto	Na dve ločeni enoti
Obratovalne ure	h/leto	5.500	11.000
Poraba lesnih sekancev	MWh/leto	669,57	1.339,13
	nm <sup>3</sup> /leto	825,60	1.651,21
Proizvedena električna energija	MWh/leto	154,00	308,00
Tržna cena električne energije <sup>2</sup>	€/MWh	140,00	140,00
Proizvedena toplotna energija	MWh/leto	381,65	763,30
Tržna cena toplotne energije <sup>3</sup>	€/MWh	53,78	53,78

Za potrebe letnega ekonomskega izračuna kogeneracijskega sistema Volter 30 smo na osnovi vseh teh parametrov izračunali stroške in prihodke.

<sup>2</sup> vir: (Računovodski podatki ..., 2016)

<sup>3</sup> vir: (Cena toplotne ..., 2016)

Izračunani stroški lesnih sekancev znašajo za eno enoto 14.181,39 €. Strošek vzdrževanja in obratovanja je 3,2 % investicije in znaša 8.032,00 €/enoto. Izračunani letni investicijski strošek pa je 20.140,89 €/enoto.

Prihodke predstavljata vrednost električne in toplotne energije, ki skupaj znašata 42.668,93 €/enoto.

**Preglednica 25: Ekonomski izračun delovanja kogeneracijskega sistema Volter 30 ob obratovanju 5.500 ur/leto**

Postavka		Na eno enoto	Na dve enoti
<b>Stroški</b>			
Stroški lesnih sekancev	€/leto	14.181,39	28.362,78
Stroški vzdrževanja	€/leto	8.032,00	16.064,00
Letni investicijski stroški - amortizacija	€/leto	20.140,89	40.281,78
<b>Skupni letni stroški</b>	<b>€/leto</b>	<b>42.354,28</b>	<b>84.708,56</b>
<b>Prihodki</b>			
Vrednost toplotne energije	€/leto	20.523,73	41.047,45
Vrednost električne energije	€/leto	22.145,20	44.290,40
<b>Skupna vrednost prihodkov</b>	<b>€/leto</b>	<b>42.668,93</b>	<b>85.337,85</b>
<b>Rezultat</b>	<b>€/leto</b>	<b>314,65</b>	<b>629,29</b>

Ekonomski rezultati kažejo, da je poslovanje kogeneracijskega sistema Volter 30 ob obratovanju 5.500 ur na leto pozitivno. V strukturi stroškov predstavlja najvišjo postavko letni investicijski strošek, saj znaša kar 47,6 % vseh stroškov, kar je posledica relativno visoke vrednosti investicije.

Iz rezultatov je tudi razvidno, da na novo načrtovana proizvedena toplotna energija presega trenutne potrebe Fakultete za kmetijstvo in biosistemske vede za dobrih 27%. Proizvedena električna energija predstavlja 66 % vse trenutno potrebne električne energije. Ob predpostavki, da je mesečna poraba električne energije konstantna, in preračunamo porabo samo na kurilno sezono, znaša porabljen električna energija okoli 310 MWh. V tem primeru proizvedena električna energija pokriva potrebe po električni energiji v kurilni sezoni.

Preseženo toplotno energijo je tako možno prodati na tržišču oziroma bližnjim stanovanjskim enotam.

### 5.6.1 Izračun prihranka ob uvedbi predlaganega načina kogeneracijskih sistemov

Ker so energenti v sedanji rabi bistveno dražji od lesnih sekancev, smo naredili še izračun prihranka. Pri izračunu smo primerjali sedanjo rabo in predlagano uvedbo kogeneracijskega sistema.

**Preglednica 26: Vrednost porabljene energije v letu 2015 na Fakulteti za kmetijstvo in biosistemske vede (Računovodski podatki ..., 2016)**

Vrsta energenta	Enota mere	Količina porabljene energije	Cena na enoto (€)	Vrednost (€)
Utek. naftni plin	m <sup>3</sup>	4.103	2,74	11.242,22
Kurilno olje	l	3.391	0,71	2.407,61
Lesni sekanci	nm <sup>3</sup>	505	17,16	8.665,80
El. Energija	kWh	465.591	0,14	65.182,74
<b>Skupaj</b>				<b>87.498,37</b>

**Preglednica 27: Primerjava letnih stroškov med sedanjo rabo in kogeneraciji**

Vrsta stroška	Vrednost (€)
Stroški energentov v sedanji rabi	87.498,37
Stroški proizvodnje v kogeneraciji	84.708,56
<b>Razlika</b>	<b>2.789,81</b>

Izračun pokaže, da je energija, proizvedena v kogeneracijskem sistemu, od dosedanjih energentov cenejša za 2.789,81 €. Ker pa bi lahko del toplotne energije prodali na trgu, se lahko učinek še poveča.

**Preglednica 28: Letna vrednost možne energije iz kogeneracijske proizvodnje za prodajo**

Vrsta energije	Dosedanja poraba kWh/leto	Proizvedena v kogeneracij kWh/leto	Razlika kWh/ leto	Tržna vrednost €/kWh	Vrednost energije za prodajo €
Toplotna	591.139	763.304	172.165	0,0538	9.258,35
Električna	310.394	308.000	- 2.394	0,1400	- 335,16
<b>Skupaj</b>					<b>8.923,19</b>



V preglednici 29 so prikazani elementi in izračun skupnega letnega finančnega prihranka ob prehodu na kogeneracijski sistem.

**Preglednica 29: Izračun skupnega letnega finančnega prihranka ob prehodu na kogeneracijski sistem**

Vrsta prihranka	Vrednost €
Iz delovanja sistema	629,29
Razlika med trenutnim in predlaganim sistemom	2.789,81
Od prodaje energije	8.923,19
<b>Skupaj</b>	<b>12.342,29</b>

Podatki izkazujejo, da je prihranek na letni ravni 12.342,29 €. Izvedba investicije postavitve dveh kogeneracijskih sistemov se je tako pokazala kot ekonomsko upravičena.

## 6 SKLEPI

Posestvo Fakultete za kmetijstvo in biosistemske vede se ukvarja s kmetijsko in gozdarsko dejavnostjo. V okviru vseh teh dejavnosti obstajajo potenciali in možnosti za proizvodnjo in koriščenje lesa za kurjavo. Uporaba lesa za kurjavo je z vidika ohranjanja čistega ozračja zelo primerna za proizvodnjo toplotne in električne energije. Z nevtralno bilanco sproščanja ogljikovega dioksida bistveno prispeva k zmanjšanju toplogrednih plinov v ozračju.

Ugotovili smo, da potenciali in možnosti koriščenja lesa za kurjavo iz vseh virov na posestvu (iz gozda in kmetijskih površin), zadošča za trenutne energetske potrebe. Z večjim odvzemom nekvalitetnega lesa iz gozda hkrati pospešujemo izvedbo gojitvenih del, kar pozitivno vpliva na negovanost gozda. Prav tako smo ugotovili, da lahko les za kurjavo zagotavljamo kontinuirano v enakomernih količinah za vsakoletno kurilno sezono.

Z uvajanjem sodobne tehnologije za soproizvodnjo toplotne in električne energije v kogeneracijskih sistemih lahko izkoristek še dodatno povečamo.

Posestvo Fakultete za kmetijstvo in biosistemske vede se nahaja na dveh ločenih lokacijah, zato obstaja potreba po izgradnji dveh ločenih kogeneracijskih sistemov. Problem pri uvajanju kogeneracijskih sistemov je visok investicijski vložek, ki močno vpliva na ekonomski rezultat letne proizvodnje energije. Izračuni so pokazali, da količine in možnosti koriščenja lesa za kurjavo na posestvu Fakultete za kmetijstvo in biosistemske vede za potrebe lastne oskrbe s toplotno in delno tudi z električno energijo, zadostujejo.

Na osnovi vseh ugotovitev, lahko sklepamo, da je smiselno izkoriščati vse možnosti in vire lesa za kurjavo na posestvu. Prav tako je smiselno preurediti kotlovnice za proizvodnjo energije in vzpostaviti sistem soproizvodnje toplotne in električne energije.

## 7 POVZETEK

V diplomskem delu smo preverjali količine in možnosti za energetske oskrbo posestva Fakultete za kmetijstvo in biosistemske vede v Mariboru z lastnim lesom za kurjavo iz gozdnih in kmetijskih površin. Pri tem smo uporabili podatke iz različnih virov. Za možnosti in količine lesa za kurjavo iz gozdnih površin smo uporabili podatke iz Gozdnogospodarskih načrtov in računovodskih podatkov fakultete. Za količine in možnosti lesa za kurjavo iz kmetijskih površin smo uporabili podatke iz registra kmetijskih gospodarstev, javnega pregledovalnika kmetijskih gospodarstev ter empiričnih podatkov, ki smo jih pridobili ob predhodni izdelavi lesnih sekancev iz lesa za kurjavo na kmetijskih površinah.

Na osnovi dovoljene količine lesa za posek v gozdovih Fakultete za kmetijstvo in biosistemske vede ter podatkov iz predhodnih let o deležu lesa za kurjavo, smo izračunali, da lahko dobimo iz gozda samo v obliki nekvalitetnega lesa in sečnih ostankov 1.230,79 nm<sup>3</sup> lesnih sekancev na leto.

Možnosti za pridobivanje lesa za kurjavo iz kmetijskih zemljišč so različne. Iz registra kmetijskih gospodarstev smo pridobili podatke o površinah vinogradov in sadovnjakov Fakultete za kmetijstvo in biosistemske vede. Na osnovi dejanskih površin in podatkov o možnih količinah lesa za kurjavo, ki jih navaja v svojem diplomskem delu Krečič (2009), smo izračunali možne količine lesa za kurjavo iz obrezovanja vinogradov in sadovnjakov, ter pri krčitvah vinogradov. Za izračun lesa za kurjavo ob krčitvah sadovnjakov nam je služil podatek o dejanski količini lesnih sekancev, ki smo ga pridobili ob krčitvi breskovega sadovnjaka v letošnjem letu. Pri izračunu količin lesa za kurjavo ob čiščenju melioracijskih jarkov smo najprej iz javnega pregledovalnika grafičnih podatkov pridobili dolžine jarkov. Drugi vhodni podatek so bile količine lesnih sekancev, ki smo jih dobili ob čiščenju melioracijskih jarkov v letu 2013. Ugotovili smo, da lahko s kmetijskih površin povprečno letno dobimo 864,4 nm<sup>3</sup> lesnih sekancev.

Ocenjen skupni povprečni potencial lesa za kurjavo na posestvu Fakultete za kmetijstvo in biosistemske vede znaša 2.095,2 nm<sup>3</sup> lesnih sekancev s kurilno močjo 1.699.210,0 kWh.

Ker se za trenutno proizvodnjo toplotne energije na Fakulteti za kmetijstvo in biosistemske vede uporabljajo v večji meri dragi in neekološki energenti, smo preverili možnost zamenjave le teh v celoti z lesom za kurjavo. Kot možni način smo preverili kogeneracijski sistem za sočasno proizvodnjo toplotne in električne energije. Ker pa je posestvo Fakultete za kmetijstvo in biosistemske vede razdeljeno na dve lokacijsko ločeni enoti, je treba vzpostaviti dva kogeneracijska sistema, za vsako enoto posebej.

Kot primeren sistem predlagamo kogeneracijski generator Volter 30, finskega proizvajalca Volter. Iz ekonomskih izračunov smo ugotovili, da če delujeta sistema v kurilni sezoni vsak po 5.500 ur, količine lastnega lesa za kurjavo zadoščajo za celovito delovanje. Na novo načrtovana proizvedena električna energija, ki znaša 308 MWh, zadosti potrebe Fakultete za kmetijstvo in biosistemske vede v času kurilne sezone. Toplotna energija celo presega potrebe za 27 %, tako, da je možno del energije prodati na tržišču. Ekonomski izračuni so pokazali, da je mogoče pri vzpostavitvi načrtovanega sistema prihraniti 12.342,29 €/leto. Ta prihranek nastane na osnovi cenovne razlike med sedanjimi energenti in novim sistemom, ter vrednostjo prodanega viška toplotne energije na tržišču.

## 8 VIRI

- Berčič S., Cencič A., Kristl J., Nemeč J., Škorjanc K., Vučko I. 2010. Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede: 50 let znanja in tradicije. Maribor, Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede: 64 str.
- Biomass based Combined Heat and Power generation. 2016. Kempele, Volter: 30 str.  
<http://www.volter.si/volter-material/Biomass-chp-volter-40-web.pdf> (20.7.2016)
- Biščak L. 2008. Izraba sečnih ostankov pri strojni sečnji za energetske namene: diplomsko delo. (Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire). Ljubljana, samozaložba: 84 str.
- Bobanec J. 2014. Uporaba kogeneracijskega sistema na lesni plin na kmetiji: diplomsko delo. (Univerza v Mariboru, Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede). Maribor, samozaložba: 62 str.
- Brezovnik Š. 2007. Primerjava dveh sekalnikov za izdelavo lesnih sekancev: diplomsko delo. (Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire). Ljubljana, samozaložba: 58 str.
- Cene lesnih sekancev. 2016. Ljubljana, Gozdarski inštitut Slovenije.  
<http://www.s4q.si/cene-lesnih-goriv> (17.8.2016)
- Cene naftnih derivatov. 2016. Ljubljana, Ministrstvo za gospodarski razvoj in tehnologijo.  
[http://www.mgrt.gov.si/si/delovna\\_podrocja/notranji\\_trg/nadzor\\_cen\\_naftnih\\_derivatov/cene\\_naftnih\\_derivatov/](http://www.mgrt.gov.si/si/delovna_podrocja/notranji_trg/nadzor_cen_naftnih_derivatov/cene_naftnih_derivatov/) (17.8.2016)
- Cene utekočinjenega naftnega plina. 2016. Maribor, Plinarna Maribor.  
<http://www.plinarna-maribor.si/sl/inside.cp2?cid=8E3732AA-125B-A98C-194D-A75527963983&linkid=unp> (17.8.2016)
- Cena toplotne energije. 2016. Maribor, Energetika Maribor.  
[http://www.energetika-mb.si/fileadmin/dokumenti/ceniki/2016\\_cenik-TOP\\_07.pdf.pdf](http://www.energetika-mb.si/fileadmin/dokumenti/ceniki/2016_cenik-TOP_07.pdf.pdf)  
(17.8.2016)

Direktiva 2009/28/ES Evropskega parlamenta in sveta

<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/SL/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009L0028&from=sl> (20.3.2016)

Energetska bilanca Republike Slovenije za leto 2015. Ljubljana, Ministrstvo za infrastrukturo.

<http://www.energetika-portal.si/novica/n/energetska-bilanca-republike-slovenije-za-leto-2015-9460/> (20.3.2016)

Gozdnogospodarski načrt gozdnogospodarske enote Vzhodno Pohorje 2008 – 2017. 2008. Maribor, Zavod za gozdove Slovenije, Območna enota Maribor.

Gozdnogospodarski načrt gozdnogospodarske enote Ruše 2011 – 2020. 2012. Maribor, Zavod za gozdove Slovenije, Območna enota Maribor.

Izpis iz registra kmetijskih gospodarstev za KMG-MID 100353737. 2016. Maribor, RS Upravna enota Maribor (izpis iz baze podatkov; maj 2016)

Javni pregledovalnik grafičnih podatkov Ministrstva za kmetijstvo gozdarstvo in prehrano. 2016

[http://rkg.gov.si/GERK/WebViewer/#map\\_x=500000&map\\_y=100000&map\\_sc=1828571](http://rkg.gov.si/GERK/WebViewer/#map_x=500000&map_y=100000&map_sc=1828571) (15.7.2016)

Krajnc N. in sod. 2009. Lesna goriva: drva in lesni sekanci: proizvodnja, standardi kakovosti in trgovanje. Ljubljana, Gozdarski inštitut Slovenije, Založba Silva Slovenica: 81 str.

Krajnc N., Piškur M. 2011. Kakovost lesnih goriv: drva in lesni sekanci. Ljubljana, Gozdarski inštitut Slovenije, Založba Silva Slovenica: 24 str.

Kraševac E. 2009. Industrijski kotlji za kurjenje lesne biomase: diplomsko delo. (Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo). Ljubljana, samozaložba: 52 str.

Krečič A. 2009. Sušenje odpadnega materiala vinske trte za uporabo v kurilne namene: diplomsko delo. (Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo). Ljubljana, samozaložba: 70 str.

Kucler P. 2010. Učinki in stroški izdelave lesnih sekancev s sekalnikom Eschlböck Biber 70: diplomsko delo. (Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire). Ljubljana, samozaložba: 47 str.

Letni program dela in finančni načrt UKC – FKBV za leto 2016, 2016. Maribor, Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede

Meranovo: razvoj kmetijskega šolstva na Štajerskem: zbornik ob 180 letnici prve vinogradniške šole. 2012. Vršič S (ur). Maribor, Fakulteta za kmetijstvo in biosistemske vede: 92 str.

Odredba o določitvi normativov za dela v gozdovih. 1999 . Ur. l. RS, št. 11/99

<https://www.uradni-list.si/1/content?id=18351> (15.6.2016)

Podnebne spremembe. Ljubljana, Agencija Republike Slovenije za okolje. [http://www.arso.gov.si/podnebne%20spremembe/projekti/arso\\_klimatske.html](http://www.arso.gov.si/podnebne%20spremembe/projekti/arso_klimatske.html) (20.3.2016)

Popis osnovnih sredstev Fakultete za kmetijstvo in biosistemske vede za leto 2015. 2016 Maribor (izpis iz baze podatkov; februar 2016)

Računovodski podatki Fakultete za kmetijstvo in biosistemske vede: (izpis iz baze podatkov ; julij 2016). 2016. Maribor, Fakultete za kmetijstvo in biosistemske vede (neobjavljeno)

Rančigaj M. 2004. Izkoriščenost potenciala lesne biomase Republike Slovenije z mednarodnega vidika: diplomsko delo. (Univerza v Mariboru, Ekonomsko – poslovna fakulteta). Maribor, samozaložba: 85 str.

Vršič S., Lešnik M. 2005. Vinogradništvo. Ljubljana, Kmečki glas: 360 str.

Žgajnar L., Bitenc B. 1995. Količinska, strukturna, prostorska in energetska ocena stanja in potencialov lesne biomase za energetske namene v Sloveniji. Ljubljana, Gozdarski inštitut Slovenije: 47 str.

[http://eprints.gozdis.si/1925/1/E\\_432.PDF](http://eprints.gozdis.si/1925/1/E_432.PDF) (23.3.2016)

Žgajnar L., Bitenc B., Košir B., Sirk I., Cunder T. 1996. Količinska, strukturna, prostorska in energetska ocena potencialov lesne biomase za energetske namene v Sloveniji. Ljubljana, Gozdarski inštitut Slovenije: 41 str.

[http://eprints.gozdis.si/1780/1/E\\_440.PDF](http://eprints.gozdis.si/1780/1/E_440.PDF) (23.3.2016)



## **ZAHVALA**

Zahvaljujem se svoji družini, da so me spodbujali in mi stali ob strani tekom celotnega študija.

Posebej pa se zahvaljujem mentorju, prof. dr. Janezu Krču, za strokovno pomoč in nasvete pri izdelavi diplomskega dela.

## PRILOGE

Priloga A:

### IZRAČUNI

Letne stroške goriva:

$$\text{Letni strošek goriva} = 669,57 \text{ MWh} * 21,18 \text{ €/MWh} = 14181,39 \text{ €}$$

Izračun porabe goriva:

$$\text{Poraba goriva (MWh/leto)} = \frac{0,03 \text{ MWh}}{0,23} * 5500 \text{ h} = 669,57 \text{ MWh}$$

Izračun vrednosti električne energije proizvedene v kogeneracijskem sistemu:

$$VEE = \frac{(42354,28 \text{ €} - 9399,29 \text{ €})}{154 \text{ MWh}} = 213,99 \text{ €/MWh}$$

Izračun letnih stroškov obratovanja:

$$STROŠKI = 20140,89 \text{ €} + 8032,00 \text{ €} + 14181,39 \text{ €} = 42354,28 \text{ €}$$

Izračun letne proizvedene električne energije:

$$EE = 0,03 \text{ MWh} * 5500 \text{ h}$$

Izračun anuitete:

$$A_n = 251.000,00 \text{ €} * 0,08 = 20140,89 \text{ €}$$

Izračun anuitetnega faktorja:

$$a_{r,n} = \frac{1}{\left( \frac{1}{0,05} \left( 1 - \frac{1}{(1 + 0,05)^{20}} \right) \right)} = 0,08$$

Izračun vrednosti toplotne energije:

$$VTE = 381,65 \text{ MWh} * 24,63 \text{ €/MWh} = 9399,29 \text{ €}$$

Izračun koristne toplote:

$$KT = 0,03 \text{ MWh} * \left( \frac{57\%}{23\%} \right) * 5500 \text{ h} = 381,65 \text{ MWh}$$

Izračun vrednosti toplote:

$$VT = \frac{21,18 \text{ €/MWh}}{0,86} = 24,63 \text{ €/MWh}$$