



InfoGozd - Skrbno z gozdom Uvajanje sodobnih tehnologij v gozdarstvu

Posebna izdaja, letnik 6 (2025)

Naslov

InfoGOZD – Skrbno z gozdom

Datum objave spletne publikacije

28. marec 2025

Založnik

Gozdarski inštitut Slovenije,
Oddelek za gozdno tehniko in ekonomiko, Večna pot 2, 1000 Ljubljana
Telefon: +386 (0)1 200 78 17

Odgovorni urednik

Matevž Triplat

Odgovorna oseba

dr. Nike Krajnc

Tehnični urednik

Vasja Kavčič



ISSN številka

2738-5035

<https://wcm.gozdis.si/>

Vsebina

Vodila gozdnemu posestniku za spremljanje kakovosti gradnje gozdne vlake	4
Glave za podiranje na strojih za sečnjo	12
Premierna izvedba helikopterskega spravila lesa v Sloveniji	20
Vrednotenje predlaganih meril za oceno kakovosti izvedbe del v gozdovih s strani izvajalcev gozdarskih storitev	27
Modelno odločanje načrtovanja najprimernejše tehnologije pridobivanja lesa	31

Vodila gozdnemu posestniku za spremljanje kakovosti gradnje gozdne vlake

dr. Jaša Saražin, Gozdarski inštitut Slovenije, Oddelek za gozdno tehniko in ekonomiko
Gašper Ogrin, Gozdarski inštitut Slovenije, Oddelek za gozdno tehniko in ekonomiko
dr. Robert Robek, Slovenski državni gozdovi, d.o.o.
Jan Mihelič, Slovenski državni gozdovi, d.o.o.

Objavljeno na spletu 03.02.2025



V sklopu ciljno raziskovalnega programa »Načrtovanje tehnologij in presoja kakovosti izvajanja del v gozdovih v podporo biogospodarstvu – TEHGOZD« pripravljamo Vodila gozdnemu posestniku za kvalitetno izvedbo gradbenih del. Zagotavljanje erozijsko odpornih in tehnično izpravnih gozdnih prometnic je izjemnega pomena za zagotavljanje vseh gozdnih funkcij. Hudourniške poplave iz leta 2023 so nakazale na izdaten pomen skrbnega načrtovanja, gradnje in vzdrževanja gozdnih prometnic (Saražin, 2023). H kakovostnejši izvedbi lahko zagotovo prispeva dobro informiran in zainteresiran lastnik gozda, čemur je med drugim tudi namenjen projekt TehGozd.

Za dela, ki jih načrtuje ZGS, oni tudi spremljajo njihovo izvedbo na terenu. Pri novogradnjah in rekonstrukcijah gozdnih cest pa je obvezno (enostavni objekti financirani s SKP ter vsi nezahtevni in manj zahtevni objekti), oz. priporočljivo (zgolj pri enostavnih objektih, ki niso financirani iz SKP), da investitor zagotovi tudi gradbeni nadzor s strani pooblaščenega inženirja. Gradbeni nadzor zajema vodenje gradbenega dnevnika in knjige obračunskih izmer, detajle pa se določi z nadzorno pogodbo. Gradbeni nadzornik je pogosto ista oseba, ki je pripravila tudi projekt gozdne ceste. Gradbeni nadzornik skrbi, da delo poteka skladno z dogovorom in zastopa interese investitorja napram izvajalcu.

V kolikor dotična investicija ne predvideva gradbenega nadzora, je zelo priporočljivo, da se investitor sam aktivno loti nadzora. Predstavniki ZGS namreč običajno zgolj pregleda zaključeno delovišče, pa še za ta ogled nima na voljo prav veliko časa. V kolikor je investitor sam vključen v nadzor, bo gozdna prometnica dosledneje izpolnjevala tako okoljske kot tudi tehnološke zahteve. Morebitne nepravilnosti pa bodo odpravljene hitreje in ceneje. Prav tako kvalitetno izvedena prometnica zahteva manjše stroške vzdrževanja v prihodnje.

Kontrolni vprašalnik za spremljanje kakovosti gradnje gozdne vlake

V nadaljevanju predstavljamo Kontrolni vprašalnik za spremljanje kakovosti gradnje gozdne vlake s strani gozdnega posestnika, ki pa se lahko prilagojeno uporablja tudi pri vlaganjih v gozdne ceste. Prav tako, pa je vprašalnik uporaben pri vseh vzdrževalnih delih, ki jih koordinira gozdni posestnik. Sploh pri slednjih se običajno srečujemo z manj izkušenimi izvajalci in nižjo stopnjo načrtovanja in nadzora, zato je zelo pomembno, da zna gozdni posestnik sam poiskati po minulih elaboratih ključne tehnične zahteve posamezne prometnice, oz. pridobiti te usmeritve od ZGS.

Če bo gozdni posestnik aktivno spremljal izvedbo novogradnje prometnice, bo tudi prej opazil pomanjkljivosti prometnice v njeni življenjski dobi in ustrezneje odredil vzdrževalna dela, ki jih bo ponovno znal tudi nadzirati oz. izvesti. Za izvedbo vzdrževalnih del so ključni predvsem naslednji podatki: širina planuma, prečni naklon, nakloni odkopnih brežin ter zahteve glede prečnih jarkov in morebitnih prečkanj vodotokov.

Kontrolni list je dostopen tudi na spletu:

<https://www.gozdis.si/f/docs/projekti/Prevzem-gozdne-vlake.pdf>

Pregled gozdne vlake.....(št. vlake ali elaborata), dne.....

Tehnične značilnosti gozdne vlake, ki so pomembne za izvajanje namenske rabe:

kazalnik	elaborat	izmerjeno
Dolžina (m)		
Najmanjša širina planuma (m)		
Največji podolžni naklon (%)		
Prečni naklon (%)		
Priključek na drugo prometnico pod primernim kotom		
Urejeno pomožno skladišče		

Tehnične značilnosti gozdne vlake, ki so pomembne za omejevanje erozijskih procesov, zagotavljanje stabilnost pobočij in urejanje odvoda površinskih in meteornih voda:

kazalnik	elaborat	izmerjeno
Maksimalni naklon odkopnih brežin		
Maksimalni naklon nasipnih brežin		
Število / razmak prečnih jarkov		
Globina prečnih jarkov		
Ustrezno izvedeno prečkanje vodotoka		

Pomanjkljivosti zunaj same gozdne vlake:

kazalnik	ugotovljeno
Poškodbe na stoječem drevju, ali mladju	
Poškodbe na ostalih prometnicah, ali drugih površinah	
Puščeni odpadki v gozdu	
Sečni ostanki so ustrezno zloženi, ali umaknjeni	

V kolikor smo z izvajalcem podpisali gradbeno pogodbo, se lahko na terenu preverja tudi dodatne zahteve do izvajalca, ki smo jih tam zapisali.



Slika 2: Kontrolni vprašalnik za spremljanje kakovosti gradnje gozdne vlake s strani gozdnega posestnika. PDF različica, vključno z vodili za izbor izvajalca je na voljo tu:

<https://www.gozdis.si/f/docs/projekti/Prevzem-gozdne-vlake.pdf>



Slika 1: Gozdna vlaka, na kateri je nujno izvesti obsežnejša vzdrževalna dela, da bo zagotovljena njena namembnost in ustrezna erozijska odpornost. Ali vemo, kakšna je dopustna širina planuma, ciljni nakloni odkopnih brežin in potreba po prečnih jarkih? Ti odgovori se nahajajo v elaboratu gozdne vlake, ali pa o tem povprašajte predstavnika ZGS. (Foto: J. Saražin)

Možen nabor zahtev, ki jih lahko po dogovoru z izvajalcem preverjamo na terenu:

- prisotnost vodje gradnje na delovišču,
- uporaba mehanizacije, ki ustreza lokalnim pogojem gradnje,
- na delovišču je prisoten ekološki komplet,
- na delovišču je prisoten gasilni aparat,
- delavci uporabljajo osebno varovalno opremo,
- za sečnjo se uporablja biorazgradljiva olja.

Namig pri merjenju dolžine gozdne vlake

Dolžina gozdne vlake je pogosto obračunska enota – tako za pridobitev sredstev skupne kmetijske politike kot tudi za plačilo opravljene gradbene storitve izvajalcu, zato je ključno, da je ta določena korektno. Nekaj procentov velika odstopanja med razdaljo iz elaborata in končno izmero, oz. različnimi tipi izmer so dopustni in tudi pričakovani. Zato je smiselno že v pogodbi določiti, kateri

način obračuna dolžine bo relevanten za obračun. Ključno je, da z objektivno meritvijo izključimo možnost večjih odstopanj, ki bi lahko bila rezultat različnih špekulacij.

Za natančno meritev dolžine profesionalci uporabljajo ali merilno kolo, ki ga peljejo po sredini planuma, ali zelo natančne GPS izmere (pod metrska natančnost). Ker pa običajno lastniki gozdov ne razpolagajo s tovrstno opremo, si lahko zelo učinkovito pomagajo z neraztegljivimi vrvicami z znano dolžino in daljšim tračnim metrom.



Slika 3: za meritve dolžine lahko profesionalno merilno kolo (levo) nadomestimo z vrvico in daljšim tračnim metrom (desno) (Foto: J. Saražin)

Namig pri merjenju naklonov

V kontrolnem listu je očitno, da so različni nakloni zelo pomembni tako pri namenski rabi kot tudi pri erozijski odpornosti prometnice. Padomer, trasirka in razni kotomeri so profesionalni pripomočki za merjenje naklonov terena. Ker pa običajno lastniki gozdov ne razpolagajo s tovrstno opremo, si lahko zelo učinkovito pomagajo z zidarsko libelo, 2 m dolgo palico (na kateri je označena dolžina 1 m in 2 m), in običajnim metrom. Z libelo umerimo palico vodoravno, z metrom pa izmerimo razdaljo do tal pri 1 m (razdalja je enaka naklonu v %), oz. pri 2 m (razdaljo delimo z 2 in dobimo naklon v %). Daljše razdalje so seveda primernejše z vidika zgladitve manjših anomalij, pri strmih odkopnih brežinah pa pogosto daljše razdalje niso možne in jih moramo skrajšati (npr. na 50 cm).



Slika 4: Z merjenjem naklona z libelo in metrom lahko nadomestimo meritve s padomerom in trasirko. Primer na sliki prikazuje vzdolžni naklon vlake $56 \text{ cm} / 200 \text{ cm} = 28 \%$. (Foto: G. Ogrin)



Slika 5: Primer merjenja naklona odkopne brežine z libelo in metrom. Na sliki je prikazan naklon odkopne brežine $75 \text{ cm} / 50 \text{ cm} = 150 \%$, oz. običajno v elaboratu vlake zapisano kot 3:2

Zaključki

Sledenje tehničnim zahtevam iz elaborata gozdne vlake ter pravilnika o gozdnih prometnicah (2009) med novogradnjo, pripravo, rekonstrukcijo ali zgolj vzdrževanjem gozdnih vlak zagotavlja erozijsko odpornejše in tehnično izpravne vlake. H kakovostnejši izvedbi gradbenih del lahko zagotovo prispeva dobro informiran in zainteresiran lastnik gozda, ki zna oceniti osnovne tehnične parametre gozdne vlake in ki aktivno spremlja proces gradbenih del.

Najosnovnejši tehnični parametri gozdnih vlak, ki določajo meje vzdrževanja gozdne vlake (širina planuma, prečni naklon, nakloni odkopnih brežin ter zahteve glede prečnih jarkov in morebitnih prečkanj vodotokov), bi lahko postali obvezna vsebina odločb o poseku dreves, saj lastniki gozdov ne razpolagajo z elaborati za vse vlake, ki jih uporabljajo pri spravi. Zato so trenutno večinoma brez jasnih usmeritev, kako izvesti vzdrževanje svojih gozdnih vlak.

Viri

- Mihelič J. 2023. TehGozd 3.2. Pregled domačih in tujih virov s področja kontrole kakovosti v gradbeništvu.
- Pravilnik o gozdnih prometnicah. 2009. Ur. l. 4/09.
- Saražin J. 2023. Ali so minule hudourniške poplave prinesle tudi kaj dobrega? InfoGozd – Skrbno z gozdom, 4 (9): 21-29
- Spletna stran projekta TEHGOZD - Načrtovanje tehnologij in presoja kakovosti izvajanja del v gozdovih v podporo biogospodarstvu:
<https://www.gozdis.si/aktivni-projekti/nacrtovanje-tehnologij-in-presoja-kakovosti-izvajanja-del-v-gozdovih-v-podporo-biogospodarstvu-crp-v4-2209/>

Zahvale

- Kolegom iz oddelka za gozdno gradbeništvo na podjetju SiDG d.o.o., ki so v sklopu rednega nadzora nad vlaganji v gozdne vlake, na terenu preizkusili predstavljen kontrolni vprašalnik ter ga pomagali uskladiti v končno obliko.
- Avtorji prispevka, bi se na tem mest radi zahvalili ciljno raziskovalnemu projektu (CRP V4-2209) »Načrtovanje tehnologij in presoja kakovosti izvajanja del v gozdovih v podporo biogospodarstvu - TEHGOZD«.



Glave za podiranje na strojih za sečnjo

Peter Smolnikar, Gozdarski inštitut Slovenije, Oddelek za gozdno tehniko in ekonomiko

Objavljeno na spletu 24.03.2025



Po naših informacijah mineva skoraj 30 let od trenutka, ko je stroj za sečnjo premierno zapeljal v slovenske gozdove. Zaradi potrebe po hitri in učinkoviti sanaciji snegoloma in žledoloma v gospodarski enoti Ravnik pri Logatcu se je takratno izvajalsko podjetje v soglasju z območno enoto Zavoda za gozdove Slovenije odločilo za sanacijo s tehnologijo strojne sečnje (Korbar, 1996).

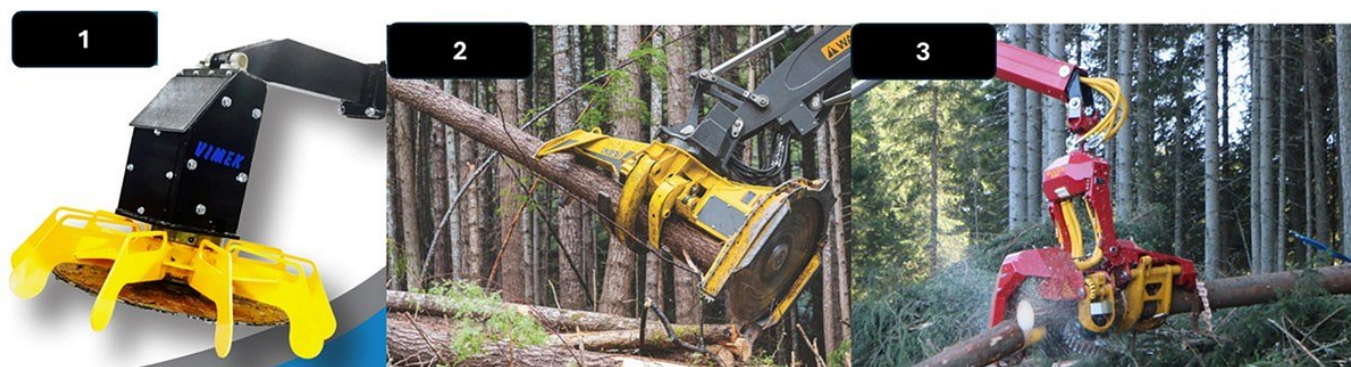
S prihodom nove tehnologije so se pojavljala mnoga vprašanja, med njimi tudi terminološka in kaj se razume pod terminom "strojna sečnja" oz. "visoka tehnologija" (Rebula, 2003). Gozdarski slovar (Lexicon, 2013) navaja strojno sečnjo kot "sečnja s samohodnimi (tudi vgrajenimi) stroji za podiranje, kleščenje, izdelavo in zlaganje sortimentov", Gozdarski slovar za lastnike gozdov (Gozdarski slovar ..., 2019) pa strojno sečnjo definira manj specifično: "sečnja dreves s stroji, ki se premikajo na lastni pogon". Za strojno sečnjo osnovni stroj potrebuje opremo in komponente, ki omogočajo operacijo podiranja dreves.

V prispevku je cilj predstaviti različne tipe glav za podiranje, ter narediti pregled ponudbe za tiste glave, ki jih je moč uporabiti v tehnologiji kratkega lesa. Da lahko zajamemo širši nabor glav za podiranje dreves, si opredelitev strojne sečnje v tem prispevku razlagamo, tako kakor jo navaja Gozdarski slovar za lastnike gozdov (Gozdarski slovar ..., 2019).

V svetovnem merilu profesionalna gozdna proizvodnja običajno poteka bodisi po metodi dolgega lesa (angleško tree length - TL) bodisi po metodi kratkega lesa oz. sortimentni metodi (angleško cut to length - CTL) (Lundbäck in sod, 2021). V Evropi je več kot 70 % lesa v gozdni proizvodnji pridobljenega po metodi kratkega lesa - CTL (Ponsse Oy, 2023). V svetovnem merilu se tehnologija kratkega lesa smatra kot okolju prijaznejša v primerjavi s tehnologijo dolgega lesa (Han in sod., 2009; LeDoux, 2010), stvarno je torej pričakovati večji delež strojne sečnje po tehnologiji CTL.

Za obe metodi so bili razviti posebni stroji in oprema, ki omogoča določeno stopnjo mehaniziranosti procesa gozdne proizvodnje. Med bistvene sklope strojev za sečnjo zagotovo sodi "harvesterska glava", za katero se v strokovni literaturi uporablja termin "glava za podiranje" (Lexicon, 2013). Glave za podiranje so običajno kategorizirane glede na njihovo lastno maso (Pejanović, 2016), pri tem načinu kategorizacije je treba opozoriti tudi na metodo gozdne proizvodnje v kateri se uporabljajo, saj se v tehnologiji dolgega lesa uporabljajo konstrukcijsko drugače zasnovane glave za podiranje, kot v tehnologiji kratkega lesa. Ob pregledu ponudbe glav za podiranje lahko na podlagi operacij, ki jih je glava za podiranje zmožna opraviti, prepoznamo naslednje tipe (Slika 1):

- Tip 1 osnovni agregat, zgolj s funkcijo podiranja dreves, prvenstveno namenjen čiščenju površin;
- Tip 2 glava za podiranje s funkcijo podiranja in zbiranja (prekladanja), ta se uporablja predvsem v tehnologiji dolgega lesa;
- Tip 3 univerzalna sečna glava se uporablja predvsem v tehnologiji kratkega lesa, pogosto je v uporabi tudi na univerzalnih žičnih žerjavih, kjer opravlja funkcijo izdelovalne (procesorske) glave.



Slika 1: Glave za podiranje se kljub zasnovi za isto operacijo-podiranja, konstrukcijsko močno razlikujejo, ker nekatere poleg podiranja dreves lahko opravijo še nadaljnje operacije v procesu gozdne proizvodnje. V osnovi lahko prepoznamo tri tipe glav za podiranje. Tip 1 je najbolj osnovni agregat za podiranje, brez možnosti prekladanja podrtih dreves. Tip 2 z možnostjo usmerjenega podiranja, zbiranja ter prekladanja, ter najbolj univerzalni tip 3, z možnostjo podiranja, klešččenja, merjenja in prekladanja. (Vir: 1) Vimek, 2020; 2) Deere, 2022; 3) foto: Gozdarski inštitut Slovenije)

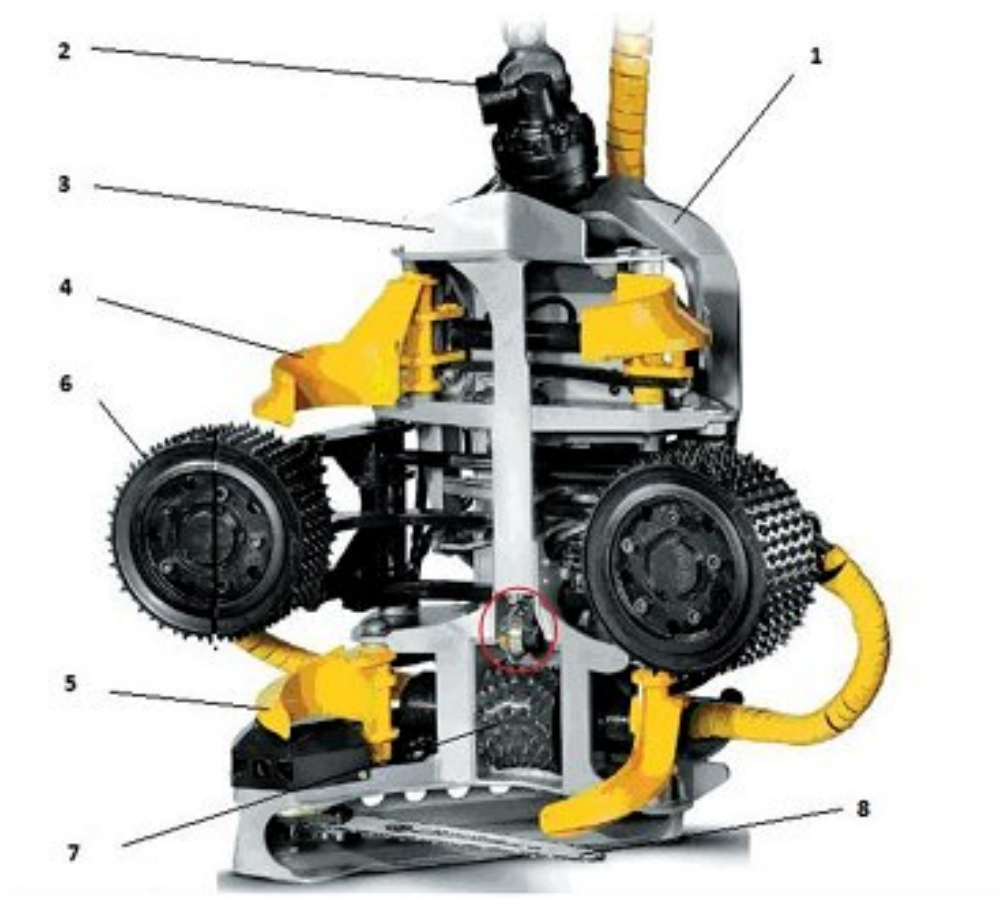
Tip 1 je namenjen čiščenju površin, v gojenju gozdov bi se lahko pogojno uporabljal pri prvem redčenju, povsod, kjer izvoz lesne biomase ni smotrno in ta po sečni ostane v sestoju. V gozdni proizvodnji, kjer je ob redčenju izraba lesne (bio)mase smotrna, se uporabljata Tip 2 in Tip 3, ki sta zmožna usmerjenega podiranja in akumulacije lesne (bio)mase ob sečni poti. V kategorijo Tip 2 spadajo vse glave, ki lahko usmerjeno podrejo drevo, ne morejo pa ga oklestiti in skrojiti. Osnovni primer so zagotovo ščipalne klešče za tanjše drevje, tipičen predstavnik tega tipa pa so »feller buncher« glave za podiranje in zbiranje. Najbolj univerzalen je Tip 3, ki ga v nadaljevanju tudi podrobneje predstavljamo.

Tip 3

Sečna glava oz. glava za sečnjo je najbolj sofisticirana glava za podiranje, ki poleg podiranja opravlja tudi procesa klešččenja in krojenja (Lexicon, 2013). V Evropi polno mehaniziran proces gozdne proizvodnje s strojno sečnjo poteka v več kot 90 % po sortimentni metodi (Lundbäck in sod, 2021), zanj je značilno, da so operacije podiranja, klešččenja, krojenja in prežagovanja opravljene neposredno pri panju podrttega drevesa. Sortimentno metodo strojne sečnje omogoča le glava za podiranje Tip 3, da lahko opravlja vse naštetе operacije, mora biti sposobna opravljati naslednje funkcije (povzeto in prilagojeno po Dvořák in sod., 2011):

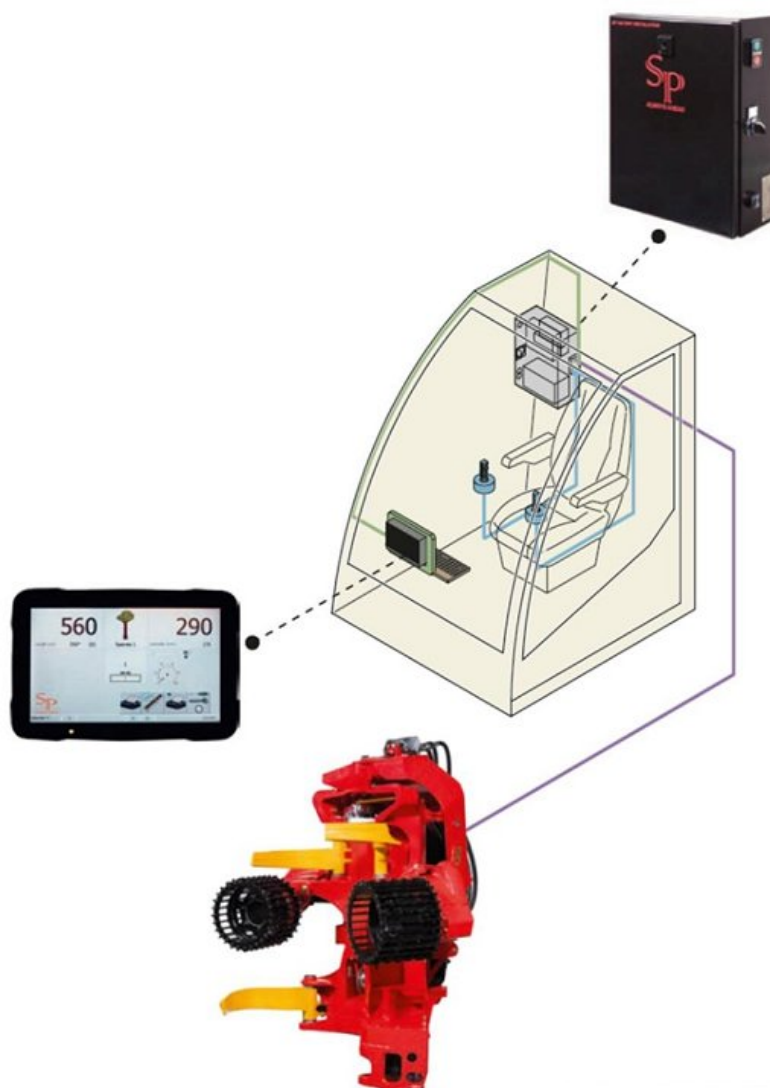
- podiranje (prežagovanje)
- klešččenje
- podajanje
- merjenje (z računalniškim podpornim sistemom tudi krojenje)
- prekladanje ali sortiranje.

Za opravljanje naštetih funkcij sečna glava potrebuje dve komponenti. Strojna komponenta so sestavni deli sečne glave (Slika 2), programska pa je operacijski sistem, ki skrbi za kontrolo in usklajeno delovanje vseh sestavnih delov strojne komponente (Slika 3).



Slika 2: Na sliki je sečna glava KESLA 30RH. V nadaljevanju opisa slike so predstavljeni strokovni izrazi posameznih sklopov (v oklepajih se nahaja angleški izraz). 1. Nosilni okvir (Head fixed frame), 2. Rotator (Rotator), 3. Prednji-čelni fiksni nož za kleščenje (Fixed delimbing knife), 4. Prednji-bočni noži za kleščenje (Front delimbing knives), 5. Zadnji-bočni noži za kleščenje (Back delimbing knives), 6. in 7. Podajalni mehanizem - valji (Feeding rollers), 8. Mehanizem za podiranje in prežagovanje (Cutting unit). Merilno kolesce (Length measuring wheel) je označeno z rdečo elipso. (Povzeto po: Dvořák in sod., 2011)

Pretok olja po ceveh visokotlačnega hidravličnega sistema ustvarja pogonsko silo za vse premikajoče dele sečne glave. Za pravilno in usklajeno delovanje vseh mehanizmov sečne glave je zadolžen operacijski sistem (angleško »Control and measurement system«) v katerem poteka kontrola (ukazi) funkcij in prikaz (zapis) podatkov. Upravljanje sečne glave v osnovi poteka takole: Upravljalčev premik komandnih vzvodov (ročic/gumbob) sproži ukaz v osrednji kontrolni enoti (»v računalniku«), ta pa ga posreduje pomožni kontrolni enoti v sečni glavi, da ga izvrši. Po izvršenem ukazu kontrolna enota sečne glave pošlje povratni podatek osrednji enoti, ta pa ga prikaže na zaslon, kjer ta postane nova informacija, na podlagi katere lahko upravljavec sprejme odločitev za nov ukaz. Za lažjo predstavo je dodan tudi shematski prikaz (Slika 3).



Slika 3: Poenostavljeni prikaz potovanja ukazov med strojno in programsko komponento (SP Maskiner, 2019)

Operacijski sistemi globalnih proizvajalcev strojev za sečnjo in sečnih glav skoraj v večini podpirajo in uporabljajo komunikacijski standard StanForD ali novejši StanForD 2010 (okrajšano Standard for Forest machine Data and Communication). StanForD je posebej razvit komunikacijski standard za gozdarske stroje, ki ni pravno obvezen, je pa uveljavljen pri skoraj vseh največjih proizvajalcih gozdarskih strojev. V osnovi ga sestavljajo pravila za prepoznavanje, branje in zapisovanje bitnih signalov posameznih komponent stroja v datotečne zapise, ki imajo nadalje uporabno vrednost za upravljavca. Za vzdrževanje in razvoj je odgovoren Gozdarski raziskovalni inštitut Švedske (Skogforsk, 2025). Posamezni večji proizvajalci in razvijalci programske opreme dodatno razvijejo svoje algoritme, ki uporabniku olajšajo branje, urejanje in izpis StanForD datotek, hkrati pa operacijski sistem s predprogramiranimi funkcijami močno olajša odločitve in delo upravljavcu. V kombinaciji z naprednimi algoritmi, ki že upoštevajo kakovost in ceno lesa, močno pripomore k ekonomskemu učinku, saj lahko upošteva krojenje po vrednosti sortimentov (angleško »bucking to value«).

Ponudba

Trg glav za podiranje naj bi do leta 2031 prerastel 90 mio. EUR, kar pomeni rast 4,7 % stopnje letno (Verified market research, 2024). Pregled proizvajalcev in ponudbe sečnih glav (Tip 3) razkriva, da sta na področju kontrolne in programske opreme vodilni podjetji Dasa Control system Ab in Tehnion Oy, obe nudita programsko podporo sečnim glavam mnogim proizvajalcem. Številčno največ podjetij za proizvodnjo sečnih glav in programske opreme prihaja iz Finske in Švedske (Preglednica 1), kjer se je strojna sečnja po sortimentni metodi tudi najprej razvila in uveljavila. Med proizvajalci sečnih glav je 11 takšnih, katerih pooblaščen trgovci so tudi v Sloveniji (Preglednica 1).

Preglednica 1: Pregled proizvajalcev, ki imajo v ponudbi sečne glave, tj. glave za podiranje Tip 3

Naziv firme in znamka	Proizvod	Naziv programske opreme	Država proizvajalka	Distributer v Sloveniji
AFM-Forest Oy - AFM Forest	glava	DASA, LOGGER®	Finska	
Axis Forestry Inc. - Rebel	glava in programska oprema	Oypress Gen 6.0 Controller	Kanada	
BioJack USA - BioJack	glava	LOGGER®	ZDA	da
Caterpillar - Caterpillar	glava	DASA	ZDA	
Outplant Solutions, S.A. - Vicort	glava in programska oprema	Vicort	Portugalska	
Deere & Company - John deere	glava in programska oprema	Timbermatic	ZDA	da
DORN-TEC GmbH & Co. KG - Dorn-tec	glava	ni podatka	Nemčija	
Eco Log Sweden Ab - Eco Log	glava in programska oprema	EcoLog NexSci	Švedska	
Ensign - Woodsmanpro	glava in programska oprema	Loggic control system	Nova Zelandija	
Guangxi Yuchai Heavy Industry Co. - Yuchai ET	glava in programska oprema	YUCHAI	Kitajska	
Heme GmbH	glava in programska oprema	Woodroller	Avstrija	
INDUSTRIAS GUERRA, S.A. - Guerra Forestry	glava in programska oprema	ILogger LHCS3	Španija	
Iwafuji industrial co. - Iwafuji	glava in programska oprema	GPLogger	Japonska	
Kesla Oy - Kesla	glava in programska oprema	Kesla proLOG	Finska	da
Koller GmbH - Koller	glava in programska oprema *	ni podatka	Avstrija	da
Komatsu Ltd - Komatsu	glava in programska oprema	KomatsuMaxi	Japonska	
Kone-Ketonen Oy - Keto	glava	DASA, LOGGER®	Finska	da
Konrad Forsttechnik GmbH - Konrad	glava in programska oprema	KTC 1.0	Avstrija	da
Logmax Ab	glava in programska oprema	Log Mate 510	Švedska	
Logset Oy Inc. - Logset	glava in programska oprema	TOC-MD 2 in TOC2	Finska	
Metavic	glava in programska oprema	Metavic	Kanada	
Moiso Forest Oy - Moipu	glava in programska oprema	Moipu control	Finska	
Nisula Forest Oy - Nisula	glava in programska oprema	NCU3, DASA	Finska	da
Pentin Paja Oy - Naarva	glava in programska oprema	Naarva PLC-control	Finska	da
Pierce	glava in programska oprema	WIRELESS1 CONTROL SYSTEM	ZDA	
Ponsse Oy - Ponsse	glava in programska oprema	Opti 5G in 8G	Finska	da
Powerforest Ltd - Arbro	glava in programska oprema	Arbromat, LOGGER®	Finska	
Quadco - Southstar	glava	ni podatka	ZDA	
Riuttola Oy - Tapio	glava	LOGGER®	Finska	
Rottne Industri Ab - Rottne	glava	ni podatka	Švedska	
Satco	glava in programska oprema	SATCO Logmaker H1	Nova Zelandija	
Sp Maskiner Ab - Sp Maskiner	glava in programska oprema	SPd5Bucking, DASA, LOGGER®	Švedska	
Syketec Oy Ab - Jobo	glava in programska oprema	Jobo CAN CCD/RABBIT/MID	Finska	
Tigercat International Inc. - Tigercat	glava in programska oprema	D7 Control System	Kanada	
TST Seilgeräte Tröstl GmbH - Timbernator	glava *	ni podatka	Avstrija	da
Vimek Ab - Vimek	glava	DASA	Švedska	
Waratah	glava in programska oprema	TimberRite H-16	Nova Zelandija	da

* vse funkcije Tipa 3 opravlja le pod pogojem nakupa dodatne opreme proizvajalca, sicer je v osnovi izdelovalna (procesorska) glava.

Zaključki

Za strojno sečnjo po splošni definiciji lahko prepoznamo tri tipe glav za podiranje. Za drevesno metodo je najbolj primeren Tip 2, sortimentna metoda strojne sečnje pa je mogoča le s sečno glavo (Tip 3). Za polno delovanje sečne glave sta pomembni tako strojna kot programska komponenta, zato je pri nameščanju sečne glave na stroj drugega proizvajalca poleg tehničnih specifikacij pomembna predvsem podpora operacijskega sistema. Večina proizvajalcev sečnih glav prihaja iz Finske in Švedske. Med proizvajalci sečnih glav lahko najdemo takšne s pooblaščenimi trgovci v Sloveniji.

Zahvala

Prispevek je nastal v okviru ciljno raziskovalnega projekta (CRP V4-2209) »Načrtovanje tehnologij in presoja kakovosti izvajanja del v gozdovih v podporo biogospodarstvu - TEHGOZD«, ki ga financirata Javna agencija za znanstvenoraziskovalno in inovacijsko dejavnost RS (ARIS) in Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano RS (MKGP).

Viri

Deere & Company, 2022, John Deere Introduces New FR27 Disc Saw Felling Head : <https://www.deere.ca/en/news/all-news/disc-saw-felling-head/> (11. 3. 2025)

Dvořák J., Bystrický R., Hošková P., Hrib M., Jarkovská M., Kováč J., Krilek J., Natov P., Natovová L. 2011. The use of harvester technology in production forests. Folia Forestalia Bohemica. 156 str. (ISBN 978-80-7458-018-5)

Gozdarski slovar za lastnike gozdov : izbrani gozdarski termini za vsakdanjo rabo / [avtorji Anton Poje ... [et al.] ; ur. Vasja Leban ; ilustracije Robert Krajnc]. – Ljubljana : Zveza gozdarskih društev Slovenije, 2019

Han S-K., Han H-S., Page-Dumroese D. S. Johnson L.R. 2009. Soil compaction associated with cut-to-length and whole-tree harvesting of a coniferous forest. Canadian Journal of Forest Research. 35 (5). <https://doi.org/10.1139/X09-027>

Korbar U. 1996. Procesor harvester, Kmečki glas št. 21 str. 14

LeDoux C. B. 2010. Mechanized systems for harvesting eastern hardwoods. Gen. Tech. Rep. NRS-69. Newtown Square, PA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Northern Research Station. 13 str. https://www.nrs.fs.usda.gov/pubs/gtr/gtr_nrs69.pdf (13. 2. 2025)

Lexicon silvestre: Gozdarski slovar z razlagami. I do IV del. 2001-2013. Zveza gozdarskih društev Slovenije, Gozdarska založba, Ljubljana: 485 str.

Lundbäck M., Häggström C., Nordfjell T. 2021. Worldwide trends in methods for harvesting and extracting industrial roundwood, International Journal of Forest Engineering, 32:3, 202-215, DOI: 10.1080/14942119.2021.1906617

Pejanović M. Zgodovinski razvoj strojne sečnje v Sloveniji, Evropi in svetu. Dipl. delo. Ljubljana, Univ. v Lj., Biotehniška fakul., Odd. za gozdarstvo in obn. gozdne vire, 2016. 97 str.

Ponsse Oy. 2023. The perfect cut. CTL – the cut-to-length method.
<https://cdn-ponsse.contenthub.fi/api/v1/cdn/19785600> (13. 2. 2025)

Rebula E. 2003. Strojna sečnja v Sloveniji. Gozdarski vestnik. 61, (1), 51-52

Skogforsk, 2025. StanForD: <https://www.skogforsk.se/english/projects/stanford/> (11. 3. 2025)

SP Maskiner. 2019. SP 661 LF brochure.
https://spmaskiner.com/wp-content/uploads/2021/07/brochure_sp661lf.pdf (13. 2. 2025)

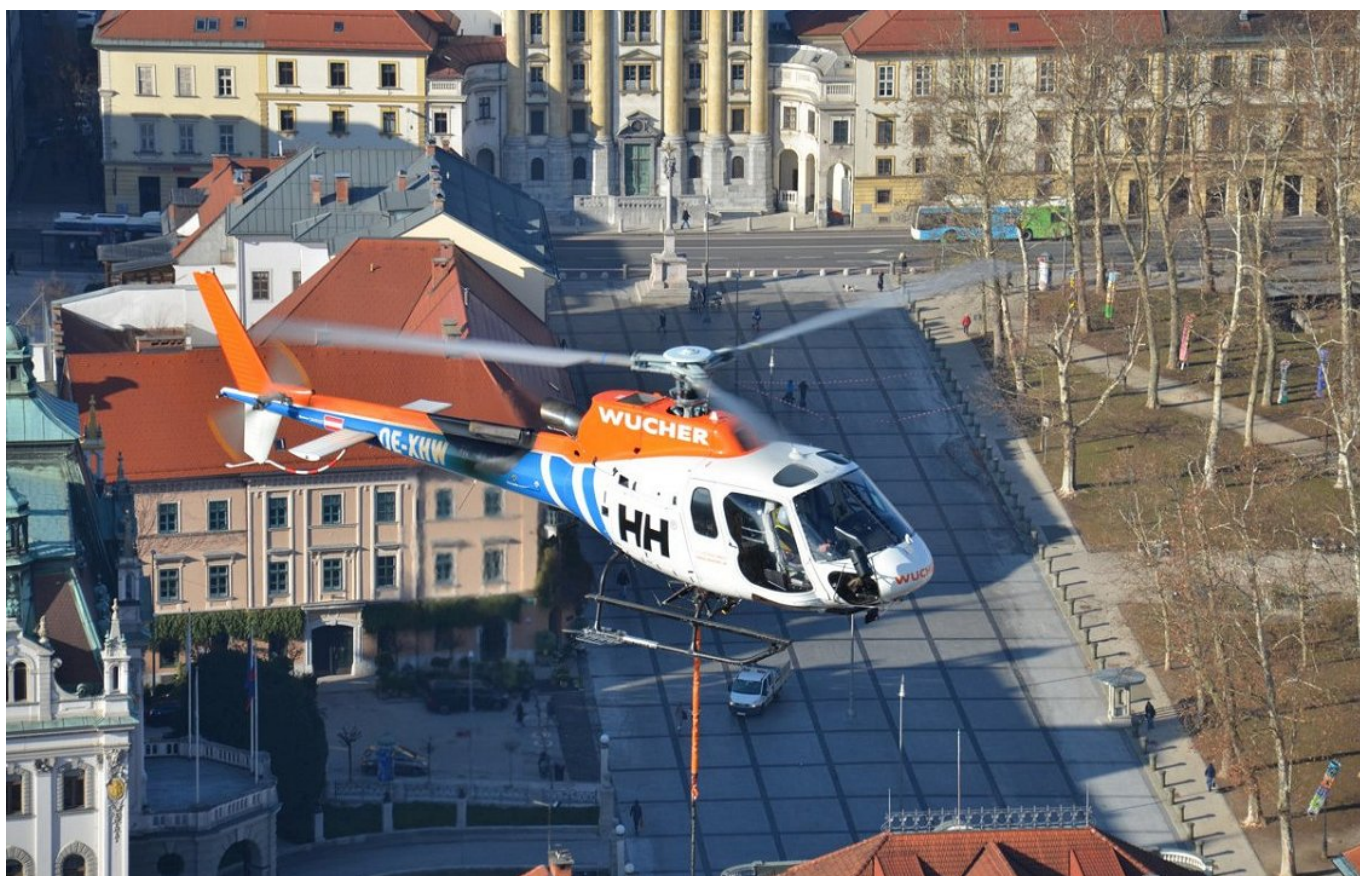
Verified Market Research. 2024. Global Forest Harvester Head Market Size By Product (20 Inches, 16 Inches), By Application (Harvesting, Processing, Debarking), By Geographic Scope And Forecast. 202 str. <https://www.verifiedmarketresearch.com/product/forest-harvester-head-market/> (13. 2. 2025)

Vimek Ab, 2020: <https://www.vimek.com/products/accessories/c12-clearing-head>

Premierna izvedba helikopterskega spravila lesa v Sloveniji

Matevž Triplat, Gozdarski inštitut Slovenije, Oddelek za gozdno tehniko in ekonomiko
dr. Jaša Saražin, Gozdarski inštitut Slovenije, Oddelek za gozdno tehniko in ekonomiko
Peter Smolnikar, Gozdarski inštitut Slovenije, Oddelek za gozdno tehniko in ekonomiko
Gašper Ogrin, Gozdarski inštitut Slovenije, Oddelek za gozdno tehniko in ekonomiko
dr. Nike Krajnc, Gozdarski inštitut Slovenije, Oddelek za gozdno tehniko in ekonomiko

Objavljeno na spletu 26.03.2024



Uporaba helikopterjev v gozdarstvu v tujini ni novost. Že več desetletij se uporabljajo na področjih: (1) nadzora in monitoringa gozdov, (2) gašenja gozdnih požarov, (3) pogozdovalnih del, (4) aplikaciji fitofarmaceutskih sredstev za namen varstva gozdov in (5) zračnega - helikopterskega spravila. S prispevkom želimo podati ključne informacije, ki spremljajo slednje področje - helikoptersko spravilo.

Helikoptersko spravilo lesa se je uveljavilo kot tehnologija za pridobivanje lesa na težko dostopnih območjih in tam, kjer je gradnja gozdnih prometnic ekonomsko neučinkovita ali ekološko sporna. Predvsem se ga poslužujejo v gorskih območjih držav z razvito ekonomijo in ekološkimi standardi (Messingerová in Lukač, 2005; Adamič, 2007). Prednost helikopterskega spravila je v minimalnih motnjah na gozdnih tleh in škodi na preostalem drevju gozdnega sestoja, ker omogoča vertikalno odstranjevanje drevnine (Acar in sod., 2001).

Za helikoptersko spravilo lesa so v uporabi helikopterji z različnimi nosilnostmi. Najmanjši imajo nosilnost okrog 1 t in zagotavljajo izjemno okretnost, kratke naletne cikle, manjšo obremenitev okolja s hrupom, potrebujejo manjše skladiščne in servisne površine in so primernejši pri delovanju v bližini urbanih središč. Največji helikopterji imajo nosilnost preko 10 t in lahko na optimalnem delovišču zagotavljajo zelo velike učinke in so primernejši za velika delovišča v gozdu, z debelimi drevesi in velikimi skladiščnimi prostori.

Za prevoz zunanjega visečega tovora pilot helikopterja potrebuje posebno dodatno izobraževanje HESLO (krajše za angleško »Helicopter external sling load operations«). V primeru sočasne izvedbe sečnje s helikopterskim spravilom lesa, kjer je helikopter z vrvjo pripet na še stoječe drevo, pilot potrebuje usposobljenosti najvišje 4. stopnje. V primeru predsečnje, kjer so drevesa že vnaprej posekana, pa zadostuje 3. stopnja po HESLO (Foca, 2018). Za primer slovenski piloti policijskih helikopterjev so večinoma usposobljeni za 2. stopnjo HESLO (Mrevlje, 2025), kar denimo zadostuje za gašenje gozdnih požarov. Posebno usposabljanje za delo ob zunanjih vplivih helikopterja opravijo tudi sekači.



Slika 1: Helikoptersko spravilo lesa se uvršča med najzahtevnejše helikopterske operacije in zato zahteva posebej izurjene pilote (Foto: M. Dovečar)

V splošnem so ključni dejavniki za uspešno izvedbo helikopterskega spravila: usposobljenost kadra in učinkovita organizacija celotne operacije z več možnimi scenariji, kakovostno izvedena pripravljalna dela, ustrezno izbrana lokacija za začasno skladiščenje lesa (Messingerová in Lukač, 2005; Grigolato in sod., 2016). Produktivnost pa je močno odvisna od časa pripenjanja tovora, saj ta vpliva na celoten cikel spravila (Grigolato in sod., 2016). Pri organizaciji je predvsem pomembno načrtovati vplivno območje, mesto pobiranja tovora, smer in pot letenja (polna in prazna vožnja se lahko razlikujeta), skladiščni prostor, mesto za vzdrževanje helikopterja (polnjenje rezervoarja), dostopno s prometnice, zapore prometnic in poti v vplivnem območju, ter varna območja znotraj delovišča. Za varno in učinkovito delo je izjemnega pomena dobra vidljivost, dogovorjene kretnje in komunikacijska povezava med pilotom in delavci na tleh.



Slika 2: Pri helikopterskem spravilu je zelo pomembna dobra organizacija in opremljenost skladiščnega prostora (Foto: M. Dremelj)

Premierna izvedba helikopterskega spravila lesa v Sloveniji

Odločitev za sočasno izvedbo sečnje s helikopterskim spravilom lesa je bila sprejeta na podlagi strokovnega mnenja Biotehniške fakultete, ki je to tehnologijo prepoznala kot najbolj primerno glede na opredeljene cilje naročnika (Roženberger in sod. 2023). Tehnologija helikopterskega spravila je bila najboljši kompromis za učinkovito izvedbo potrebnih posegov in ohranjanje vitalnosti in stabilnosti gozdnega sestoja za zagotavljanje nadaljnjih varovalnih in ekosistemskih vlog urbanega gozda.

Helikoptersko spravilo na Grajskem griču se je izvajalo z enomotornim helikopterjem Airbus H125 (Mestna občina Ljubljana, 2024), ki lahko v optimalnih okoliščinah dvigne do 1050 kg težak tovor.

Spravilo približno 100 m³ lesa (podatki z odkazilnega manuala: 205 dreves in 105 m³) je bilo opravljeno v zgolj treh dneh.



Slika 3: Enomotorni helikopter Airbus H125 v upravljanju podjetja WUCHER Helicopter GmbH lahko prevaža tovore do mase 1050 kg (Foto: J. Saražin)

Raziskovalci gozdarskega inštituta Slovenije smo pri projektu helikopterskega spravila dokumentirali organizacijske posebnosti spravila, kar je med drugim omogočilo raziskovalni vpogled v učinkovitost helikopterskega spravila. S tem primerom je bilo prvič v Sloveniji uvedeno helikoptersko spravilo, kar pomeni pomemben mejnik v prilagajanju gozdarskih praks specifičnim izzivom ohranjanja in varovanja sodobne urbane krajine.



Slika 4: Spravilo s katerokoli drugo tehnologijo bi bilo na tem območju težko izvedljivo in bi sprožilo erozijske procese. Helikoptersko spravilo pa ni predstavljalo nikakršne obremenitve za labilna tla (Foto: M. Triplat).

Viri

Acar H. H., Gümüs S. 2001. Forest roads in Turkish forestry. Mehanizacija šumarstva 2001-2004, Special Issue of the Journal Nova mehanizacija šumarstva, Volume 26 (2), Zagreb

Adamič T. 2007. Organizacijske posebnosti helikopterske izvedbe spravila lesa : diplomsko delo - univerzitetni študij [Bachelor's thesis, T. Adamič]. Repository of the University of Ljubljana. <https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?lang=eng&id=15438>

FOCA - Federal Office of Civil Aviation. 2018. Pilot Training HESLO & HEC. <https://www.bazl.admin.ch/bazl/en/home/flugbetrieb/spo/spo-for-swiss-operators.html> (17. 3. 2025)

Grigolato S., Panizza S., Pellegrini M., Ackerman P., Cavalli R. 2015. Light-lift helicopter logging operations in the Italian Alps: a preliminary study based on GNSS and a video camera system. Forest Science and Technology, 12(2), 88-97. <https://doi.org/10.1080/21580103.2015.1075436>

Mrevlje N. 2025. Odvoz dreves zahteven, kot je bilo reševanje Madžarov v Alpah. Dnevnik 16. 01. 2025, 16:48.

<https://www.dnevnik.si/novice/ljubljana/dela-s-helikopterjem-na-grajskem-pobocju-v-ljubljani-koncana-2712233/> (dostop 29. 1. 2025)

Messingerová V., Lukač T. 2005. Helicopter logging. Mehanizacija šumarstva 2001-2004, Special Issue of the Journal Nova mehanizacija šumarstva, Volume 26 (2), Zagreb

Mestna občina Ljubljana. 2024. Ureditev grajskega pobočja za večjo varnost ljudi in objektov pod njim. Ljubljana:

<https://www.ljubljana.si/sl/aktualno/ureditev-grajskega-pobocja-za-vecjo-varnost-ljudi-in-objektov-pod-njim/> (objava 8. 10. 2024, dostop 29. 1. 2025)

Roženberger D., Krč J., Poje A., Fidej G., Diaci J. 2023. Strokovno mnenje o obravnavi varovalnih in zaščitnih gozdov na Ljubljanskem gradu. Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, Ljubljana, 28 str.

Zahvala

Za sodelovanje pri projektu helikopterskega spravila se zahvaljujemo Mestni občini Ljubljana (naročnik projekta) in celotnemu konzorciju izvajalskih podjetij, kjer bi izpostavili sodelovanje s podjetjem Tisa d.o.o., Monterra d.o.o. in FLYCOM Aviation d.o.o. / WUCHER Helicopter GmbH. Zahvala gre tudi ostalim sodelavcem oddelka za gozdno tehniko in ekonomiko na gozdarskem inštitutu, ki so sodelovali pri spremljanju helikopterskega spravila. Prispevek je nastal v okviru Ciljnega raziskovalnega projekta V4-2209 Načrtovanje tehnologij in presoja kakovosti izvajanja del v gozdovih v podporo biogospodarstvu, ki ga financirata Javna agencija za znanstvenoraziskovalno in inovacijsko dejavnost RS (ARIS) in Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano RS (MKGP) in deloma v sklopu raziskovalnega programa P4-0107: Gozdna biologija, ekologija in tehnologije», ki ga financira Javna agencija za znanstvenoraziskovalno in inovacijsko dejavnost Republike Slovenije (ARIS).



Slika 5: Z manjšimi kosi se bolje izkoristi uporabna prostornina kontejnerja (Foto: M. Dremelj)



Slika 6: Vzdrževanje in polnjenje helikopterja z gorivom je potekalo kar ob skladiščnem prostoru (Foto: M. Dremelj)



Slika 7: Snemalna ekipa GIS ob vzletu helikopterja (Foto: Š. Ščap)



Slika 8: Premierna izvedba helikopterskega spravila lesa v Sloveniji. V ozadju ekipa GIS s Kongresnega trga spremlja dogajanje v sečišču (Foto: Š. Ščap)

Vrednotenje predlaganih meril za oceno kakovosti izvedbe del v gozdovih s strani izvajalcev gozdarskih storitev

Darja Stare, Gozdarski inštitut Slovenije, Oddelek za gozdno tehniko in ekonomiko
Matevž Triplat, Gozdarski inštitut Slovenije, Oddelek za gozdno tehniko in ekonomiko

Objavljeno na spletu 31.03.2025



Gozd in gozdarstvo imata pomembno vlogo pri doseganju ambicioznih ciljev razogljičenja družbe do leta 2050. Zaradi vse večjega zavedanja o posledicah podnebnih sprememb so gozdovi in gozdarstvo pod vse večjim drobnogledom javnosti in različnih interesnih skupin, kar zvišuje pomen okoljskih in

družbenih vidikov pridobivanja lesa, poleg že tradicionalno pomembnega ekonomskega vidika. Kakovost izvedbe del v gozdu je podoba, ki jo vidijo vsi uporabniki gozdnega prostora, zato je vprašanje kakovosti izvedbe ključno za pozitivno podobo pridobivanja lesa v javnosti. Kakovost opravljenih del je potrebno ocenjevati sproti med delovnim procesom in na koncu po opravljenem delu, saj stalna ali občasna kontrola prispeva k dvigu kakovosti dela in delovnih učinkov (Winkler, 1997). Le s celovitim pristopom k ocenjevanju kakovosti del v gozdu lahko zagotovimo, da bo gozdarstvo prispevalo k dolgoročni trajnosti gozdnih ekosistemov in pozitivni podobi gozdarstva v javnosti.

V okviru Ciljnega raziskovalnega projekta »Načrtovanje tehnologij in presoja kakovosti izvajanja del v gozdovih v podporo biogospodarstvu«, ki ga sofinancirata MKGP in ARIS, smo na Gozdarskem inštitutu Slovenije, na Oddelku za gozdno tehniko in ekonomiko, pripravili predlog objektivnih meril za oceno kakovosti izvedbe del, izvedenih s strani izvajalcev gozdarskih storitev. Merila smo oblikovali s pomočjo pregleda trenutno veljavne zakonodaje ter podzakonskih aktov, kot so uredbe, pravilniki in drugi relevantni predpisi, ki se nanašajo na izvajanje del v gozdovih. Vključili smo: Zakon o gozdovih (1993), Pravilnik o izvajanju sečnje, ravnanju s sečnimi ostanki, spravi in zlaganju gozdnih lesnih sortimentov (1994), Pravilnik o varstvu gozdov (2009), Pravilnik o minimalnih pogojih, ki jih morajo izpolnjevati izvajalci del v gozdovih (1994), Zakon o varstvu okolja (2022) ter letno poročilo o delu gozdarske inšpekcije – Inšpektorat Republike Slovenije za kmetijstvo, gozdarstvo, lovstvo in ribištvo za leto 2022 (2023). Poleg teh smo vključili še dva dokumenta na mednarodni ravni: Uredba EU o krčenju gozdov (EUDR, 2023) in EU Taksonomija (2020).

Predlog meril (preglednica 1) zajema vse ključne faze dela (sečnjo, spravilo, izvedbo gojitvenih del in odpremo gozdnih lesnih sortimentov) in se nanaša na stanje gozda po opravljenem delu ter na izvedbo obveznosti na podlagi pogodbe oz. dogovora med naročnikom in izvajalcem. Predlog meril tako obsega 14 meril s pripadajočimi indikatorji, ki smo jih razvrstili v štiri načela: (1) Varstvo okolja, (2) Gozdni lesni sortimenti, (3) Sečišče in (4) Skladnost z načrtom. Vsako od štirih načel ocenjevanja kakovosti del v gozdarstvu ima pomembno vlogo pri zagotavljanju trajnostnega in sonaravnega gospodarjenja z gozdovi.

Pri ocenjevanju kakovosti del, ki jih izvedejo izvajalci gozdarskih storitev, je ključnega pomena, da so posegi v gozd izvedeni na način, ki čim manj vpliva na ekosistem. Pomembno je ohranjanje tal, preprečevanje erozije, zaščita vodnih virov in minimalna poškodovanost preostalega drevja. Pravilna izvedba del zmanjšuje negativne vplive na okolje ter zagotavlja dolgoročno vitalnost gozda. Pri gospodarjenju z gozdom je bistvena tudi kakovost pridobljenih gozdnih lesnih sortimentov (GLS), pri čemer je pomembno ustrezno ravnanje z GLS, da se prepreči izguba vrednosti zaradi nepravilnega skladiščenja ali poškodovanja med spravilom ali prevozom. Sečišče mora biti urejeno tako, da omogoča varno in učinkovito delo. Pri oceni kakovosti se preverja, ali je bil posek opravljen strokovno, ali je preostali sestoj dovolj stabilen, da ne predstavlja tveganja za prihodnje razmere, ter ali je spravilo sečnih ostankov izvedeno na način, ki ne ovira naravne obnove gozda. Poleg tega mora biti vsako delo v gozdu izvedeno v skladu s predhodno določenim načrtom gospodarjenja in dogovorjenimi smernicami. Ocenjuje se, ali so bili upoštevani vsi dogovorjeni roki in cene za storitev oziroma poravnani vsi dolgovi ter upoštevani predpisani načini izvajanja del.

Preglednica 1: Končni seznam meril za oceno kakovosti izvedbe del v gozdovih, z razporeditvijo v načela

Zap. št.	Merilo	Načelo
1	Uporaba okoljsko primernejših sredstev in tehnologij, prilagojenih lokalnim razmeram	VARSTVO OKOLJA
2	Izogibanje posegom, ki gozd razvrednotijo	
3	Ukrepi ohranjanja narave	
4	Ustrezno krojenje	GOZDNI LESNI SORTIMENTI
5	Ustrezno zlaganje in skladiščenje GLS	
6	Preprečevanje pojava in širjenja škodljivih organizmov	
7	Urejeno sečišče	SEČIŠČE
8	Urejeni sečni ostanki	
9	Minimalna poškodovanost sestoja (in mladja)	
10	Sanirana gozdna infrastruktura	
11	Upoštevani roki za izvedbo del	SKLADNOST Z NAČRTOM
12	Upoštevana navodila za izvedbo del	
13	Ustrezno ravnanje s sadikami gozdnega drevja	
14	Ustreznost plačila	

Izvedba delavnice z gozdarskimi strokovnjaki

V septembru 2024 smo organizirali delavnico za strokovno skupino, kjer smo predstavili predlog meril in indikatorjev za oceno kakovosti izvedbe del v gozdovih. Delavnica je omogočila poglobljeno razpravo o primernosti posameznih meril in indikatorjev, na koncu razprave pa so udeleženci opravili vrednotenje pomembnosti meril, torej koliko naj bi po njihovem mnenju posamezno merilo vplivalo na končno oceno kakovosti. Vrednotenje predlaganim merilom za oceno kakovosti izvedbe del v gozdovih je bilo narejeno s pomočjo metode SMART (po Kangas in sod., 2008). Sodelovalo je 14 strokovnjakov s področja gozdarstva.

Pri metodi SMART vsakemu kriteriju določimo težo glede na njegovo pomembnost. Strokovnjaki so ocenjevali kriterije na lestvici od 0 do 100. Utež za posamezno merilo smo pridobili z izračunom povprečja (aritmetična sredina) iz ocen vseh ocenjevalcev. Uteži in pripadajoči rang, z razvrstitvijo po rangi od najvišje do najnižje uvrščenega, so prikazani v preglednici 2. Na prva tri mesta so se uvrstila merila »ustrezno krojenje«, »urejeno sečišče« in »izogibanje posegom, ki gozd razvrednotijo«. Z zelo majhno razliko pa potem sledijo tudi ostala merila.

Preglednica 2: Prikaz izračunanih povprečnih vrednosti in končna razvrstitev meril

Merilo	Utež	Odklon od povprečja	Rang
Ustrezno krojenje	0,087	0,010	1
Urejeno sečišče	0,084	0,007	2
Izogibanje posegom, ki gozd razvrednotijo	0,084	0,007	3
Upoštevani roki za izvedbo del	0,082	0,005	4
Uporaba okoljsko primernejših sredstev in tehnologij, prilagojenih lokalnim razmeram	0,080	0,003	5
Preprečevanje pojava in širjenja škodljivih organizmov	0,079	0,002	6
Upoštevana navodila za izvedbo del	0,078	0,001	7
Minimalna poškodovanost sestoja (in mladja)	0,078	0,001	8
Ustrezno zlaganje in skladiščenje GLS	0,076	-0,001	9
Sanirana gozdna infrastruktura	0,075	-0,002	10
Ukrepi ohranjanja narave	0,070	-0,007	11
Urejeni sečni ostanki	0,067	-0,010	12
Ustrezno ravnanje s sadikami gozdnega drevja	0,061	-0,016	13

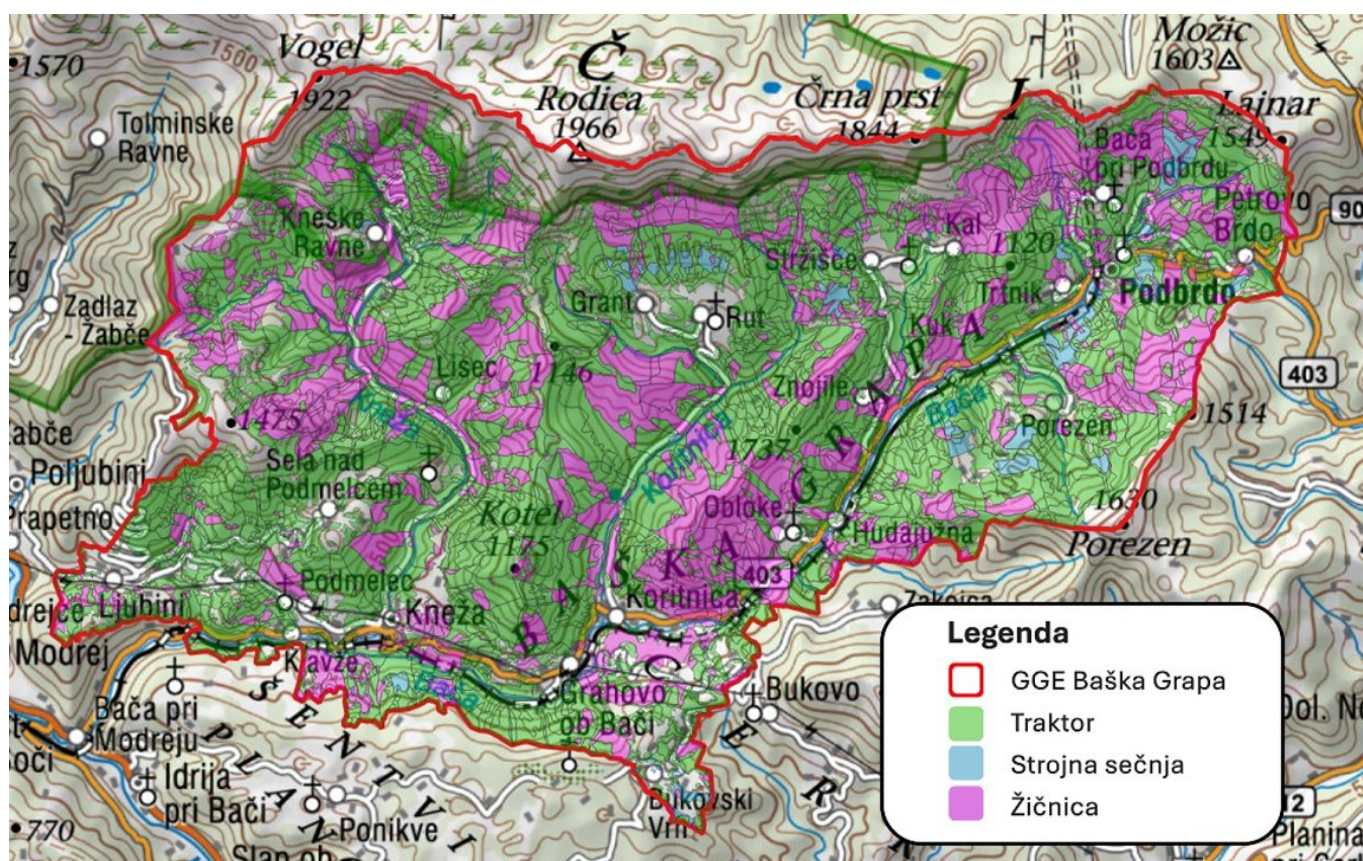
Najnižja vrednost uteži znaša 0,061, najvišja pa 0,087, kar pomeni, da je razpon med njima 0,026. Minimalna vrednost odstopa od povprečne vrednosti (povprečna vrednost uteži=0,077) za 0,016, maksimalna pa za 0,010. Nizek razpon uteži nakazuje na relativno visoko stopnjo soglasja. To potrjuje usklajenost gozdarskih strokovnjakov pri določanju pomembnosti posameznih meril za oceno kakovosti izvedbe del v gozdu, ki so jih izvedli izvajalci gozdarskih storitev.

Namen vrednotenja je bil pridobiti uteži, ki bi služile kot osnova za določitev končne ocene kakovosti izvedenih del v gozdu. Ker pa so razlike med utežmi relativno majhne, sklepamo, da strokovnjaki vsa merila dojemajo kot približno enako pomembna. Da bi poenostavili nadaljnjo metodologijo, bomo uporabili enakovredno vrednotenje vseh meril, kar verjamemo, da bo prispevalo k preglednosti in enostavnejši uporabi modela, hkrati pa bi se izognili morebitnim napačnim interpretacijam majhnih razlik v ocenah.

Modelno odločanje načrtovanja najprimernejše tehnologije pridobivanja lesa

Gašper Ogrin, Gozdarski inštitut Slovenije, Oddelek za gozdno tehniko in ekonomiko
Matevž Triplat, Gozdarski inštitut Slovenije, Oddelek za gozdno tehniko in ekonomiko

Objavljeno na spletu 07.04.2025



Trajnostna raba prostora, vključno z gozdnimi zemljišči, zahteva celovit in interdisciplinaren pristop, ki upošteva ekološke, ekonomske in družbene vidike. Ozaveščenost javnosti o trajnostnem upravljanju gozdnega prostora narašča, kar obenem povečuje pričakovanja gozdarske stroke glede uvajanja trajnostno ustrežnejših metod načrtovanja ter umeščanja procesov pridobivanja lesa (Triplat in sod.,

2015; Marchi in sod., 2018). Gospodarske potrebe in vplivi podnebnih sprememb dodatno povečujejo pritisk na gozdne vire, kar poudarja nujnost iskanja inovativnih rešitev, ki omogočajo učinkovitejšo izrabo virov ob zmanjšanih okoljskih vplivih (Ezzati in sod., 2016).

Tehnologije pridobivanja lesa se razlikujejo po tehničnih značilnostih ter vplivajo na ključne dejavnike, kot so ekonomika dela, transport, zahtevnost in kakovost izvedbe, varnost in okoljski vpliv. Izbira ustrezne oblike tehnologije je torej z vidika optimizacije stroškov, zmanjševanja vplivov na okolje in izboljšanja delovnih pogojev, ključnega pomena. Kljub številnim tehnološkim možnostim izbira pogosto ni optimalna, kar zmanjšuje učinkovitost, povečuje ekonomska in okoljska tveganja ter prispeva k negativnemu mnenju uporabe sodobne gozdarske mehanizacije (Mihelič, 2014; Triplat in sod., 2015).

Za iskanje najučinkovitejših načinov upravljanja gozdov so se razvili sodobni pristopi, ki pogosto združujejo Geografske informacijske sisteme in večkriterijske metode odločanja, katerih potencial so prepoznale že nekatere obstoječe raziskave (Marčeta in sod., 2020; Latterini in sod., 2022; Stefanoni in sod., 2023).

Namen raziskave je preveriti nabor vplivnih dejavnikov in kakovost razpoložljivih prostorskih podatkov ter preveriti primernost modelnega umeščanja tehnologije pridobivanja lesa v gozdni prostor. Cilj je izboljšanje obstoječe metodologije umeščanja tehnologij, da bo slednja strokovno bolj utemeljena, ekonomsko in okoljsko objektivnejša, časovno učinkovitejša in hkrati primerna za praktično uporabo. Končni rezultat bo predstavljala tehnološka karta, ki bo na podlagi izbranih vplivnih dejavnikov in večkriterijskega odločanja za vsako območje (npr. gozdni sestoj) določila najprimernejšo tehnologijo pridobivanja lesa in predstavila njene prednosti pred drugimi tehnologijami.

Modelno odločanje je neposredno odvisno od izbranih vplivnih dejavnikov (tako imenovanih parametrov modela) in njihove kakovosti. Zato smo v prvi fazi raziskave izvedli temeljit pregled literature, ki bi lahko prispevala k prepoznavanju vplivnih dejavnikov in s tem oblikovanju modela. V okviru projekta Načrtovanje tehnologij in presoja kakovosti izvajanja del v gozdovih v podporo biogospodarstvu (V4-2209) je bila izvedena raziskava (Jež in sod., 2024), kjer je analiza znanstvene literature iz obdobja 2013–2023, s poudarkom na ekonomskih, okoljskih in družbenih vidikih, pripeljala do določitve 12 meril trajnostnega pridobivanja lesa. Slednjim se je v sodelovanju s strokovno skupino projekta, preko participativnih delavnic, določilo kriterije in njihove vplivne dejavnike, ki predstavljajo nabor potencialno merljivih parametrov, ki opisujejo posamezno merilo. Predlagane kriterije in vplivne dejavnike smo validirali na način, da smo identificirali dostopne podatkovne baze in za vsak vplivni dejavnik določili razpoložljivost in dostopnost podatkovnih baz, način pridobivanja podatkov, pogostost osveževanj, prostorske omejitve in zmožnost določevanja mejnih vrednosti izbranega vplivnega dejavnika.

Z validacijo nabora možnih podatkovnih baz smo se odločili, da bomo v model predvidoma vključili 8 vplivnih dejavnikov (parametrov), ki zajemajo reliefne značilnosti, značilnosti gozdnih sestojev in prometno infrastrukturo. Izbrani vhodni parametri modelnega odločanja so naklon terena (%), pravilna razdalja (m), skalnatost (%), relief (kategorična spremenljivka), razvojna faza sestoja (kategorična spremenljivka), lesna zaloga sestoja (m^3/ha), drevesna sestava (% iglavcev) in dostopnost sestoja z izbrano tehnologijo (%). Podatkovne baze bomo obdelali v prosto dostopnem in odprtokodnem geografskem informacijskem sistemu QGIS (QGIS 3.34.11), ki podpira ogled, urejanje in analizo prostorskih podatkov. Za potrebe izdelave modela smo s portala Prostor Geodetske uprave Republike Slovenija, preko spletne storitve ZGS pregledovalnik in arhiva Zavoda za gozdove Slovenije

Metodologija modelnega umeščanja tehnologije v gozdni prostor bo nadgradila obstoječe metode ter na ta način prispevala k bolj trajnostnemu pridobivanju lesa. Z rezultati naloge bomo prispevali k povečanju učinkovitost procesov, zmanjševanju negativnih vplivov na okolje ter spodbujanju trajnostne rabe gozdnih virov. Izdelava tehnološke karte bo zajela vse predhodne aktivnosti in bo predstavljala končni rezultat delovnega sklopa 2, projekta TEHGOZD z naslovom »Načrtovanje tehnologij in presoja kakovosti izvajanja del v gozdovih v podporo biogospodarstvu (V4-2209)«.

Viri

Ezzati S., Najafi A., Bettinger P. 2016. Finding feasible harvest zones in mountainous areas using integrated spatial multi-criteria decision analysis. *Land Use Policy* 59: 478-491. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2016.09.020>

Jež M., Krč J., Triplat M. 2024. Pregled okoljskih, ekonomskih in socialnih meril za obravnavane tehnološke postopke pridobivanja lesa. *InfoGozd : skrbno z gozdom* [na spletu]. 2024. Vol. 5, no. pos., p. 9-13. DOI 10.20315/IG.2024.0016.

Latterini F., Stefanoni W., Venanzi R., Tocci, D., Picchio, R. 2022. GIS-AHP Approach in Forest Logging Planning to Apply Sustainable Forest Operations. *Forests*, 13, 484. <https://doi.org/10.3390/f13030484>

Marchi E., Chung W., Visser R., Abbas D., Nordfjell T., Mederski PS., McEwan A., Brink M., Laschi A. 2018. Sustainable Forest Operations (SFO): A new paradigm in a changing world and climate. *Sci Total Environ.* 2018 Sep 1;634:1385-1397. doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.04.084

Marčeta M., Pentek T., Pičman D. 2020. Harvesting System Suitability as Decision Support in Selection Cutting Forest Management in Northwest Bosnia and Herzegovina. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 41(2), 191-204

Mihelič M. 2014. Economy and environmental aspects of forest harvesting for energy biomass. PhD thesis, University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Ljubljana, Slovenia, 285p

Stefanoni W., Tocci D., Latterini F., Venanz, R., Gaglioppa P., Pari L., Picchio R. A. 2023. Preliminary Validation and Assessment of a GIS Approach Related to Precision Forest Harvesting in Central Italy. *Forests* 2023, 14, 127. <https://doi.org/10.3390/f14010127>

Triplat M., Prislan P., Krajnc N. 2015. Decision-Making Tool for Cost-Efficient and Environmentally Friendly Wood Mobilisation. *South-east Eur for* 6 (2): 179-190. doi: <http://dx.doi.org/10.15177/see-for.15-16>

ZGS. 2025. Pregledovalnik podatkov o gozdovih – priročnik za uporabo: <http://prostor.zgs.gov.si>