

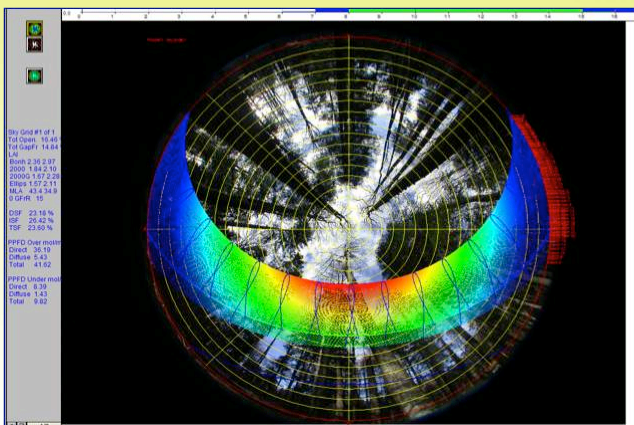
Ujemanje z ocenjevanimi podatki in osutostjo listne površine za ploskve prikazuje preglednica, ločeno za iglavce in listavce.

Ploskve	Odprtost sestoja (%)	Indeks listne površine (LAI)
Iglavci	0,96	0,96
Listavci	0,95	0,91

Ujemanje ocen osutosti s parametri sevanja - korelacijski koeficienti ( $r^2$ )

## Zaključki

Metode za ocenjevanje odprtosti sklepa krošenj lahko s pridom uporabimo za oceno stanja sestojev. Meritve so objektivnejše od okularnih ocen in predstavljajo izhodišče za primerjavo z ostalimi sestojnimi oz. okoljskimi parametri.



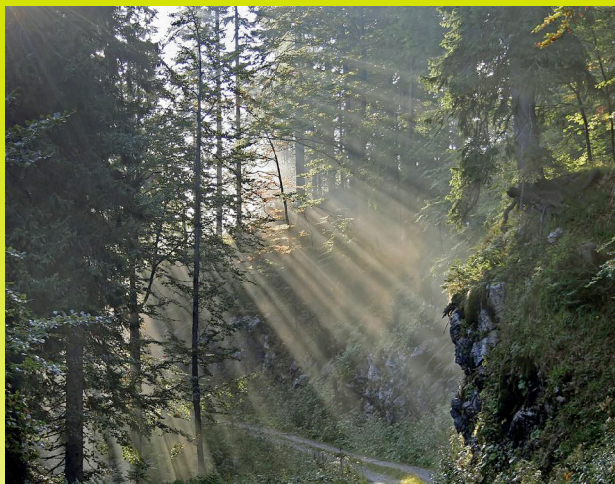
Vizualizacija in obdelava podatkov: posnetek hemisfere krošenj po analizi

Prednost je njihova hitra meritev in ovrednotenje v razmeroma kratkem času, kar omogoča primerjavo večjih delov sestoja oz. izbranih objektov.

Primerjava z izpeljanimi podatki sevanja (razlike med poletjem in zimo) omogoča boljše ujemanje; od deleža skupne površine sestoja odštejemo del, ki je prisoten tudi pozimi (debla, veje).

Ocene posameznih parametrov so bolj realne in v manjši meri obremenjene s sistematično napako.

Metoda je objektivna, ponovljiva in ponuja natančen vpogled v dogajanje oziroma lastnosti sklepa krošenj v primerjavi z



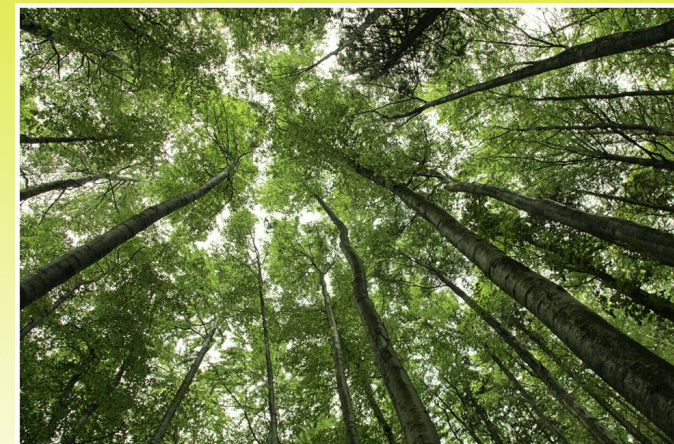
Določanje svetlobnih razmer je potekalo na desetih ploskvah intenzivnega spremljanja stanja gozdov

okularno oceno osutosti oz. poškodovanosti; slednja je velikokrat obremenjena z napako opazovalca.

Nabor parametrov, ki jih ponuja analiza posnetkov lahko služi za primerjavo in posredno oceno npr. osutosti krošenj ali deleža sevanja v pritalnem sloju.

Zaradi sledljivosti postopka je metoda preverljiva in primerna za primerjavo ocen stanja krošenj širšega prostorskega območja.

# Svetlobne razmere v gozdu



## Merjenje svetlobnega sevanja

Svetlobne razmere predstavljajo osnovne pogoje za večino življenjskih procesov kopenskih ekosistemov. Med sklepom krošenj, strukturo in razpoložljivo svetlobo pod krošnjami obstaja tesna povezava, ki se odraža v različnih strategijah preživetja rastlin, prilagoditvah rastlin na različne svetlobne razmere in njihovem razvoju.

Za presojo svetlobnih razmer so na voljo različne metode, ki jih v splošnem lahko razdelimo na neposredne (direkne) načine merjenja svetlobnega sevanja s pomočjo različnih tipal (npr. PAR tipala) in posredne načine. V primeru prvih odraža meritev neposredno stanje v času merjenja; za korekno meritev je potrebna referenca tipala na prostem in v sestoji, kjer opravljamo meritve. Rezultat predstavlja vrednost sevanja, ki ga ima določena točka v sestoji v primerjavi z odprtim delom, ki ga ne zastira sklep krošenj.

Posredne metode so načeloma preprostejše a manj natančne v primerjavi s prvimi in omogočajo razmeroma dobro oceno potencialnega sevanja z enkratnim snemanjem stanja (npr. s hemisfernimi posnetki). Povezovanje rezultatov meritev svetlobnega sevanja s sestojnimi lastnostmi ali celo s potrebnimi gojivitvenimi ukrepi je zelo zahtevno in težavno, zato imajo prednost posredne metode.

Dobro posredni kazalec prekritosti krošenj, ki ga dobimo z analizo hemisfernih posnetkov, je odprtost sklepa, ki združuje strukturo krošenj in njeno odprtost oz. delež neba v določenem predelu hemisfernega posnetka. Indeks listne površine (angl = leaf area index; LAI) predstavlja skupno površino listja na enoto površine tal. Z njim lahko ocenimo sestojno izmenjavo plinov, določa in vpliva na intercepcijo vode sestoja, svetlobnih razmer in je zato ključni podatek biogeokemijskih procesov v gozdnih ekosistemih.

Spremembe sestojnega indeksa listne površine zaradi defoliacije, načina gospodarjenja ali vremenskih ekstremov se posledično kažejo v spremenjeni produktivnosti sestoja. Zaradi strukturne heterogenosti in sprememb v času je ocena velikokrat težavna ali celo nemogoča.

Na desetih ploskvah intenzivnega spremljanja stanja gozdov v Sloveniji smo v okviru t.i. demonstracijskih aktivnosti projekta FutMon (2009-2011) določili svetlobne parametre (odprtost, LAI) s pomočjo posredne metode določitve sevanja, njihove spremembe glede na poletne in zimske razmere ter primerjali ujemanje parametrov (odprtost, LAI) s podatki osutosti krošenj, ki nakazujejo zdravstveno stanje sestojev.

## Metode

Za oceno svetlobnih razmer smo na vsaki od raziskovalnih ploskev v homogenih sestojih oblikovali mrežo 16 presečišč z ekvidistanco 10 m med stojišči (40 x 40 m) v osrednjem delu hektarske ploskve. Mreža je bila nedvoumno označena za možnost ponovne izmere v času polnega olistanja v sredini vegetacijskega obdobja in naslednjih obdobjih. V času med posameznimi snemanji ni prišlo do sečnje ali posegov, ki bi zmanjšali število dreves na izbranih lokacijah ali spremenili strukturo opazovanega sestoja.

Hemisferične fotografije krošenj smo opravili z digitalnim fotoaparatom Nikon Coolpix 990 in umerjenim širokokotnim objektivom (180°) na višini 1,5 m od tal v razmerah popolne difuzne svetlobe. Analizo potencialnega sevanja smo opravili s sistemom WinScanopy (2003 pro-d). Posnetke smo izdelali v poletnih razmerah 2009, to je v času polnega olistanja in jih ponovili pozno jeseni ter pozimi 2009 in poleti 2010.

Analiza posnetkov omogoča izračun številnih parametrov sevanja (delež odprtosti, količina PAR sevanja, delež direktnega in difuznega sevanja, količina listne površine na enoto površine tal idr.) v odvisnosti od definirane potencialnega časa, ekspozicije, nagiba, geografske širine in dolžine. Prednost barvnih digitalnih hemisferičnih posnetkov je tudi določitev meje med barvnimi odtenki sestoja in neba, ki je enotna za vse posnetke napravljene v istem časovnem obdobju.

V analizi nabora parametrov smo od vrednosti, dobljenih poleti v času polnega olistanja odšteli vrednosti, ki smo jih dobili z analizo poznojesensko-zimskih posnetkov, da smo dobili realnejšo oceno deleža listne površine. Večji del posnetka namreč predstavljajo debela in veje (plant area), zato jih odštujemo od poletnih vrednosti (plant in leaf area), da dobimo oceno deleža listne površine (leaf area).



V okviru projekta FutMon Life+ (2009-2011) se je na izbranih ploskvah določalo svetlobne razmere s pomočjo hemisfernih posnetkov. Levo je hemisferni posnetek pozimi, brez listja, desno pa poleti v času polnega olistanja.

Za preračun vrednosti v obdelavi podatkov je bilo za obe vrsti posnetkov določeno isto definicijsko obdobje.

Med parametri, ki jih omogoča program za obdelavo, smo za analizo in primerjavo z ostalimi opazovanimi vrednostmi upoštevali skupni delež odprtosti sestoja (odprtost v %), indeks listne površine (LAI) izračunan po različnih metodah, delež direktnega sevanja pod krošnjami (DSF v %) ter neposredno količino povprečnega direktnega in difuznega sevanja pod krošnjami (PPFD v MJ ali mol/m<sup>2</sup>/dan).



Sistem za zajem podatkov: digitalni fotoaparat z umerjenim širokokotnim objektivom

## Rezultati

Metoda je izločila dve večji skupini glede na tip prevladujoče drevesne vrste - z izrazitimi spremembami med zimskimi in poletnimi meritvami v Zasavju, Kočevski reki in Kostanjevici (bukev, dob) ter neznatnimi na Pokljuki in Kranju (smreka, črni bor).

Ploskve z najbolj odprtimi krošnjami poleti so bile po pričakovanju na lokacijah s prevladujočimi iglavci (Brdo, Gropajski bori, Krucmanove konte), manj v mešanih sestojih (Tratice, Borovec) in najmanj v čistih sestojih listavcev (Murska šuma, Krakovski gozd).

Primerjava s podatki osutosti je pokazala na največ skupnega ujemanja z deležem listne površine (metoda LAI 2000 g; r<sup>2</sup>=0,49) in količino neposrednega direktnega sevanja (PPFD v MJ ali mol/m<sup>2</sup>/dan; r<sup>2</sup>= 0,58).