

ODC 48:587.5/.6:187 Abieti-Fagetum dinaricum : 174.7 Abies alba Mill. (497.12 Nanos)

## **INTEGRALNA FOTO-TERESTRIČNA INVENTURA KOT OSNOVA ZA SMOTRNO ODLOČANJE IN GOSPODARJENJE Z GOZDOM**

Milan HOČEVAR\*  
David HLADNIK\*\*

### *Izvleček*

*Propadanje jelovo-bukovih gozdov na visokem krasu se je tako razširilo, da zahteva nov način gospodarjenja. V enoti Podkraj (Nanos) smo s fotointerpretacijskimi in terenskimi snemanji integralno analizirali stanje. Posneli smo strukturo, lesne zaloge, proizvodne sposobnosti ter zdravstveno stanje sestojev. Rezultati kažejo, da je močno poškodovana jelka (82% dreves), njene rastne sposobnosti pešajo (le še 57% možnega prirastka). Stanje je navidez normalno le še pri listavcih, saj je prizadeta tudi smreka (40%). V prispevku je podrobno predstavljena metoda ocenjevanja poškodovanosti dreves s fotointerpretacijo infrardečih barvnih aeroposnetkov v velikem merilu.*

*Ključne besede: umiranje gozdov, fotointerpretacijski ključ, prirastek, jelka.*

## **INTEGRAL FOREST INVENTORY FOR THE FOREST PLANNING AND MANAGEMENT**

Milan HOČEVAR\*  
David HLADNIK\*\*

### *Abstract*

*Forest decline in forests belonging to plant association Abieti-Fagetum dinaricum on a karst plateau has reached the level at which normal forest management is not possible any longer. In the Podkraj-Nanos region an integral analysis based on photo interpretation method and field studies have been set up. The forest structure, growing stock, productivity and decline of stands were analysed. The results of this work indicate the growth depression of silver fir (only 57% of potential increment) and a great number of damaged trees (82% of silver fir and 40% of Norway spruce trees were damaged) which indicates that a seemingly normal situation persists only with deciduous trees. The contribution presents a method of forest damage inventory based on photo interpretation of large-scale colour infrared aerial photographs.*

*Key words: forest decline, photo interpretation, photo interpretation key, increment, fir tree.*

\* dr. dipl. inž. gozd., profesor, Biotehniška fakulteta, VTOZD za gozdarstvo, 61000 Ljubljana, Večna pot 83, YU.

\*\* dipl. inž. gozd., Biotehniška fakulteta, VTOZD za gozdarstvo, 61000 Ljubljana, Večna pot 83, YU.

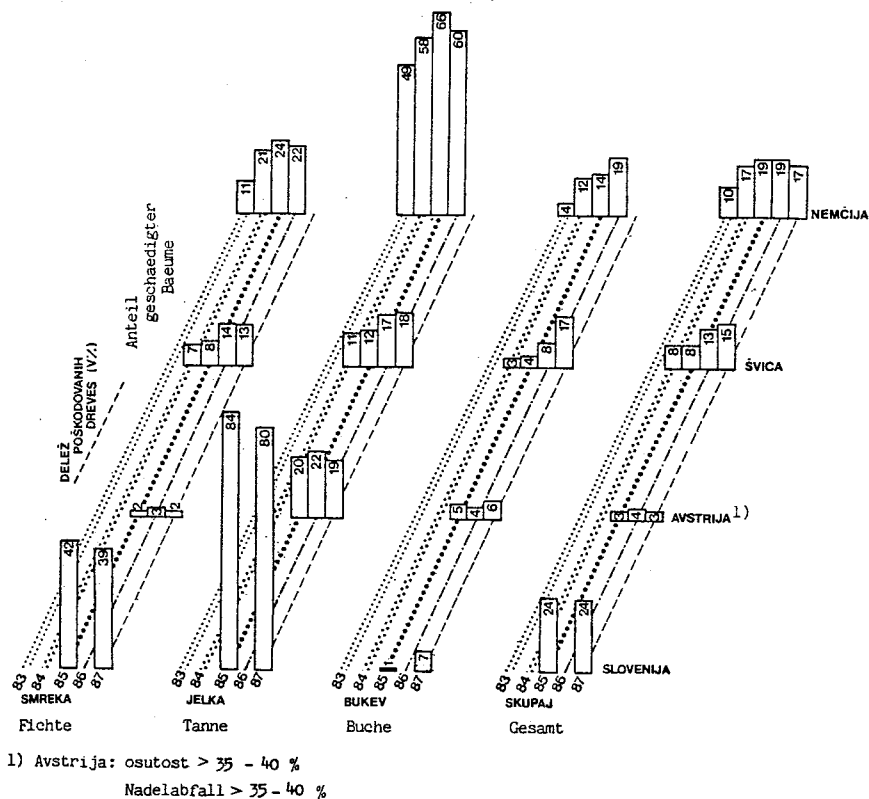
## **KAZALO**

1. UVOD	95
2. INVENTURA V PODKRAJU	96
3. INVENTURNE METODE	98
3.1. Terenska obratna inventura	98
3.2. Aerosnemanje, fotointerpretacija in fotoinventura	99
3.3. Obdelava in izrednotenje podatkov	109
4. REZULTATI	109
4.1. Obseg intenziteta in prostorska razporeditev poškodb	109
4.2. Poškodovanost in rast jelke	111
5. RAZPRAVA IN SKLEPI	113
6. POVZETEK	116
7. ZUSAMMENFASSUNG	117
8. LITERATURA	118

# 1. UVOD

Z nekajletno zamudo je umiranje gozdov zajelo tudi Slovenijo. Izsledki prvega velikoprostorskega popisa propadanja gozdov v Sloveniji iz l. 1985 (Šolar 1986) kažejo, da je bolj ali manj poškodovana že skoraj polovica vseh merskih dreves. Izredno prizadeti sta smreka in jelka, razmeroma vitalni so le še listavci, za katere pa po izkušnjah drugod v Evropi vemo, da reagirajo z zakasnitvijo, ker so v zimskem času, ko je obremenitev največja, brez listov.

Primerjava stanja s stanjem v državah srednje Evrope, kjer umiranje gozdov že obravnavajo kot ekološko katastrofo, zahteva streznitev največjih optimistov. Iglavci so v naših gozdovih že bolj poškodovani kot v ZR Nemčiji in Švici (slika 1; BRELOH in dr. 1987, EAFV 1985, EAFV 1987, POLLANSCHÜTZ in NEUMANN 1987 a, b, ŠOLAR 1986, IGL 1987).



Slika 1: Stanje in dinamika propadanja gozdov v Srednji Evropi (Delež očitnih poškodb — brez zdravih in malo ogroženih dreves — v letih 1983—87; osutost > 25%)

Bild 1: Zustand und Dynamik des Waldsterbens in Mitteleuropa (Anteil der Bäume mit > 25% Nadel/Laubabfall)

Skrb vzbuja predvsem stanje jelke, saj smo to drevesno vrsto zaradi njene visoke lesnoproizvodne vrednosti ves čas prednostno obravnavali in jo pospeševali. V slovenskih gozdovih je njen delež približno 10%, za celoten jugoslovanski visoki kras pa je gospodarsko in gojitveno najpomembnejša drevesna vrsta.

Kljub temu da o nazadovanju jelke govorimo že desetletja, je bil še do nedavnega cilj gozdnogojitvenih ukrepov njeno pospeševanje na račun drugih drevesnih vrst, predvsem bukve. Zaradi nezadržnega propadanja jelke je tak način gospodarjenja postal vprašljiv. Pred operativo in gozdarsko znanostjo se odpira pomembno vprašanje bodočega gospodarjenja v propadajočih gozdovih. Naloga ni lahka, saj se pri razvoju nove, stvarne in smotrne oblike gospodarjenja in gojitvenega ukrepanja ne bo mogoče opirati na dosedanje praktične izkušnje in tradicionalne osnove. Stanje je rešno in zahteva takojšnje ustvarjalno ciljno ukrepanje, ki mora sloneti na količinskih in kakovostnih kazalcih stanja in razvoja gozda. Treba je razviti nov pristop pri snemanju podatkov v okviru gozdne inventure.

Novo stanje nedvomno zahteva boljše obveščenost, večji obseg in višjo kakovost inventurnih podatkov. Dendrometrijski podatki ne zadoščajo več, potrebna je tudi ocena obsega, intenzivnosti in prostorske razporeditve poškodb\*. Sprva je prevladovalo prepričanje, da bomo problem zbiranja podatkov rešili z velikoprostorskimi inventurami zdravstvenega stanja gozda (npr. vseslovenski popis umiranja gozdov v l. 1985 in 1987), vendar te lahko podajo le splošno oceno na ravni območja. Zanesljivost podatkov je na lokalni ravni premajhna, da bi bile velikoprostorske inventure lahko podlaga za konkretno ukrepanje v gozdu. Zaradi tega je bil nujen sočasen razvoj integralnih obratnih gozdnih inventur, ki so morale biti prilagojene novim zahtevam. Pri teh se danes jasno kažejo naslednje težnje:

- pospešen razvoj in uporaba vzorčnih inventur,
- prehod na inventurne metode, ki vsaj deloma vključujejo tudi permanentne ploskve,
- kombinirana uporaba terenskih in fotointerpretacijskih metod zajemanja podatkov.

## 2. INVENTURA V PODKRAJU

Uvodna razmišljanja so bila podlaga zasnove in izvedbe gozdne inventure v delu gozdnogospodarske enote Nanos-Podkraj (SSG Tolmin) l. 1985. S popisom inventure naj bi zagotovili vse potrebne podatke za zanesljivo oceno stanja gozdnih sestojev — to naj bi bilo izhodišče za smotrno gozdnogospodarsko načrtovanje.

V nadaljevanju bomo podrobneje predstavili razmere v enoti Podkraj, kjer na pov-

---

\* Pod pojmom integralna inventura razumemo usklajeno snemanje vseh podatkov o stanju gozda, ki so potrebni za zanesljivo analizo in smotrno ukrepanje.

ršini 1219 ha prevladujejo strnjeni jelovo-bukovi gozdovi (*Abieti-Fagetum* *dinari-cum*).

Kljub enotni geološki podlagi (apnenec, dolomit) so edafske razmere zelo pestre. Na mikroreliefno izredno razgibanem svetu prevladujejo plitva in skeletna tla, pogosto z velikopovršinsko skalovitostjo. Tla so razvita v žepih, razpokah in prostorih med skalami, kjer se razraščajo drevesne korenine in črpajo potrebno vlago in hranilne snovi. Že na majhnih površinah se prepletajo različni talni tipi: od inicialnih prek rjavih rendzin in pokarbonatnih tal do globokih in izpranih tal. Najpomembnejša drevesna vrsta je jelka, v polnilnem sloju primešana bukev gradi čiste bukove (*Adenostylo-Fagetum*) in bukovo-javorjeve združbe (*Aceri-Fagetum*) le v subalpskem pasu nad 1100 m, na zgornjih nadmorskih višinah v enoti. V zaprtih globokih dolinah, udornih jamah in globokih vrtačah se na manjših površinah v SV delu enote pojavljajo združbe smreke ter smreke in jelke. Pseudoprebiralna struktura jelovo-bukovih sestojev je pogosto mozaično prepletena s smrekovimi nasadi. Strukturo lesne zaloge in prirastkov posameznih drevesnih vrst podrobneje podaja tabela 1.

Tabela 1: Struktura lesne zaloge in prirastka za posamezne drevesne vrste po debelinskih razredih

*Tabelle 1: Baumartenstruktur und die wichtigsten dendrometrischen Daten*

debelinski razred <i>Durchmesser</i>	ENOTA: PODKRAJ, 1985 LESNA ZALOGA (m <sup>3</sup> /ha) <i>Vorrat</i>					
	smreka <i>Fichte</i>	jelka <i>Tanne</i>	ost. igl. <i>a. NH</i>	bukev <i>Buche</i>	ost. list. <i>a. LH</i>	skupaj <i>Total</i>
10—30 cm	3,13	11,53	0,08	24,40	3,36	43
31—50 cm	14,05	81,95	0,05	25,37	7,79	130
>50 cm	20,95	89,55	0	4,66	1,78	116
skupaj <i>Total</i>	38,13	183,03	0,13	54,43	12,93	289
prirastek <i>Zuwachs</i>	1,10	2,06	0,004	1,75	0,43	5,35

Med pripravami za obnovo gozdnogospodarskega načrta je bilo ocenjeno, da je zdravstveno stanje gozdov (takrat predvsem jelke) skrb zbujujoče in da je treba s skrbno razčlemba pripraviti nova izhodišča in zasnovo za gospodarjenje v prihodnjem obdobju. V sodelovanju z VTOZD za gozdarstvo Biotehniške fakultete v Ljubljani se je zato SSG Tolmin odločilo za sočasno snemanje vseh bistvenih podatkov o strukturi, lesni zalogi, prirastku in zdravstvenem stanju sestojev s kombinirano foto-terestrično inventuro.

Za terestrična snemanja smo izbrali vzorčno metodo stalnega števila dreves (metoda 6. dreves), ploskovno analizo zdravstvenega stanja gozdnih sestojev pa smo opravili s fotointerpretacijo infrardečih barvnih (v nadaljevanju IRC) aeroposnetkov v nominalnem merilu 1:6000. Gmotna sredstva za terenska snemanja je prispevalo SSG Tolmin, sredstva za fotointerpretacijo pa smo zagotovili iz sklada za raziskovalno delo. Poleg nekaterih operativnih vprašanj (lesna zaloga, prirastek, zdravstveno stanje) smo v sklopu raziskave proučili tudi posebne probleme. Najpomembnejši so bili:

- primernost in učinkovitost metode 6. dreves za operativna snemanja v gozdovih na visokem krasu,
- možnosti, metodologija in natančnost ugotavljanja zdravstvenega stanja gozdnih sestojev s fotointerpretacijo IRC-aeroposnetkov v velikem merilu,
- merila za oblikovanje relevantnih stopenj poškodovanosti,
- kvantificiranje različnih stopenj poškodovanosti z dendrometrijskimi kazalci.

Zaradi obsežnosti raziskav je študija razdeljena na dendrometrijski del in na analizo zdravstvenega stanja, ki bo v nadaljevanju podrobneje predstavljena.

### 3. INVENTURNE METODE

#### 3.1. Terenska obratna inventura

Ker so bili cilji terenske inventure snemanje dendrometrijskih podatkov, ocena zdravstvenega stanja ter popis sestojev in rastišča, je bila za izvedbo naloge potrebna izbira vzorčne metode. Zaradi enostavnosti smo izbrali metodo 6. dreves (PRO-

Tabela 2: Statistična zasnova in struktura podatkov pri terenskem snemanju  
*Tabelle 2: Statistisches Konzept und die Datenstruktur bei der Geländeinventur*

Metoda 6. dreves 6 — <i>Baummethode</i>	
Struktura podatkov	Statistična zasnova
Terenske meritve: — lega, opis sestoja in rastišča — srednja višina sestoja — zgornja višina sestoja — debelina drevesa — socialni položaj — ocena zdravstvenega stanja (le za jelko, stopnje 1—5) — prirastek jelke (vrtanje slučajnostno izbrane jelke na vsaki ploskvi)	Značilnosti vzorčenja: — površina enote 1219,3 ha — vzorčna mreža 50 × 100 m — število stojšč 2101 — % vzorčenja 3,23 % — povprečni radij 7,2 m — lesna zaloga 282 m <sup>3</sup> /ha — SE (3,23%) 8,94 m <sup>3</sup> /ha — KV 71 %

DAN 1968), ki se je v slovenski operativi že uveljavila. Najpomembnejše podatke o načinu in obsegu terenskega snemanja prikazuje tabela 2.

Terenska snemanja so opravile štiri dvočlanske snemalne skupine poleti l. 1985.

### 3.2. Aerosnemanje, fotointerpretacija in fotoinventura

Celotno področje Nanos-Podkraj pa smo hkrati posneli tudi iz zraka (tabela 3, slika 2). Jeseni je bil izdelan fotointerpretacijski ključ, pozimi l. 1985/86 pa smo začeli s sistematično fotointerpretacijo. Organizacija, potek del in časovni termini so razvidni s slike 3.

Cilj analize zdravstvenega stanja je bila izdelava karte poškodovanosti gozdnih sestojev, ki ploskovno ponazarja obseg, intenzivnost in prostorsko razporeditev poškodb z natančno razmejitvijo. Karto dopolnjujejo sumarni podatki, zbrani v tabelah.

Fotointerpretacijo smo opravili s stereoskopom INTERPRETOSKOP B Zeiss-Jena pri 8—12-kratni povečavi. Uporabljali smo originalne diapozitive velikosti 23 × 23 cm.

Tabela 3: Tehnični kazalci aerosnemanja, Podkraj l. 1985

*Tabelle 3: Technische Daten der IRC-Flugaufnahmen*

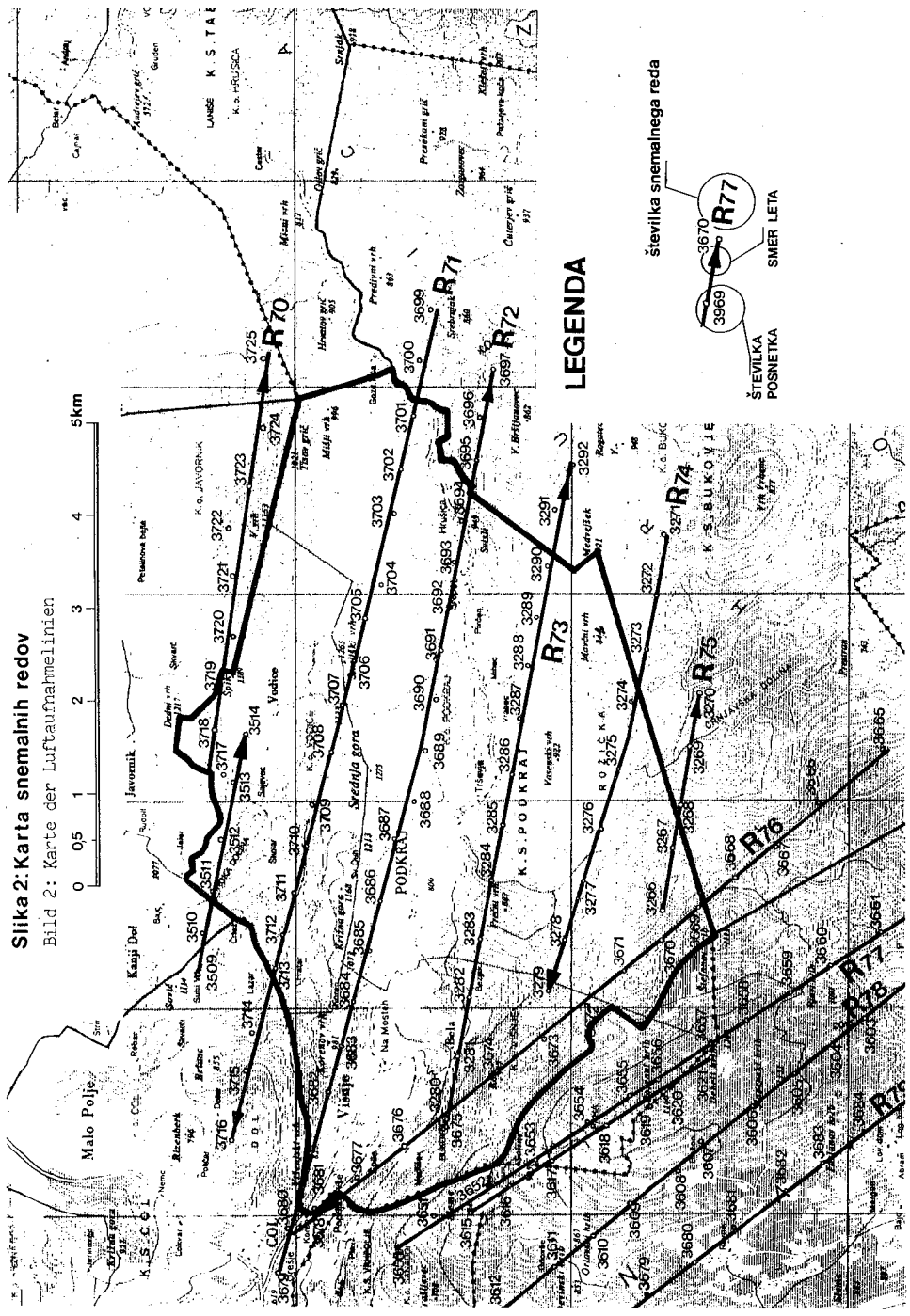
Snemanje: Geodetski zavod Ljubljana
Snemalna kamera: Zeiss-Jena LMK, $f = 305,33$ mm, kompenzacija pomika
Film: Kodak IR 2443, format 23 × 23 cm
Merilo posnetkov: $m = 1 : 6000-7000$
Datum: julij 1985
Število posnetkov: 215

Študija zdravstvenega stanja jelovo-bukovih gozdov v gozdnogospodarski enoti Podkraj z metodo fotointerpretacije IRC-aeroposnetkov v velikem merilu je prvi jugoslovanski poskus na operativni ravni in je pomenil tako za aerosnemalno službo kot za fotointerpretacijsko skupino svojevrsten tehnološki in metodološki izziv.

Ugotavljanje poškodovanosti dreves iz zraka zahteva posebno metodologijo, ki obsega najprej prepoznavanje drevesne vrste in nato oceno stopnje poškodovanosti posameznih dreves. Osnova prepoznavanja in ocenjevanja so barvni odtenki in barvni mozaik krošnje, njena oblika in struktura, intenzivnost olistanja in pojavljanje golih ali suhih vej v krošnji. Delo je zelo zahtevno, saj vključuje poglobljeno strokovno gozdarsko znanje, poznavanje metodologije ocenjevanja poškodb in

Slika 2: Karta snemalnih redov

Bild 2: Karte der Luftaufnahmelinien

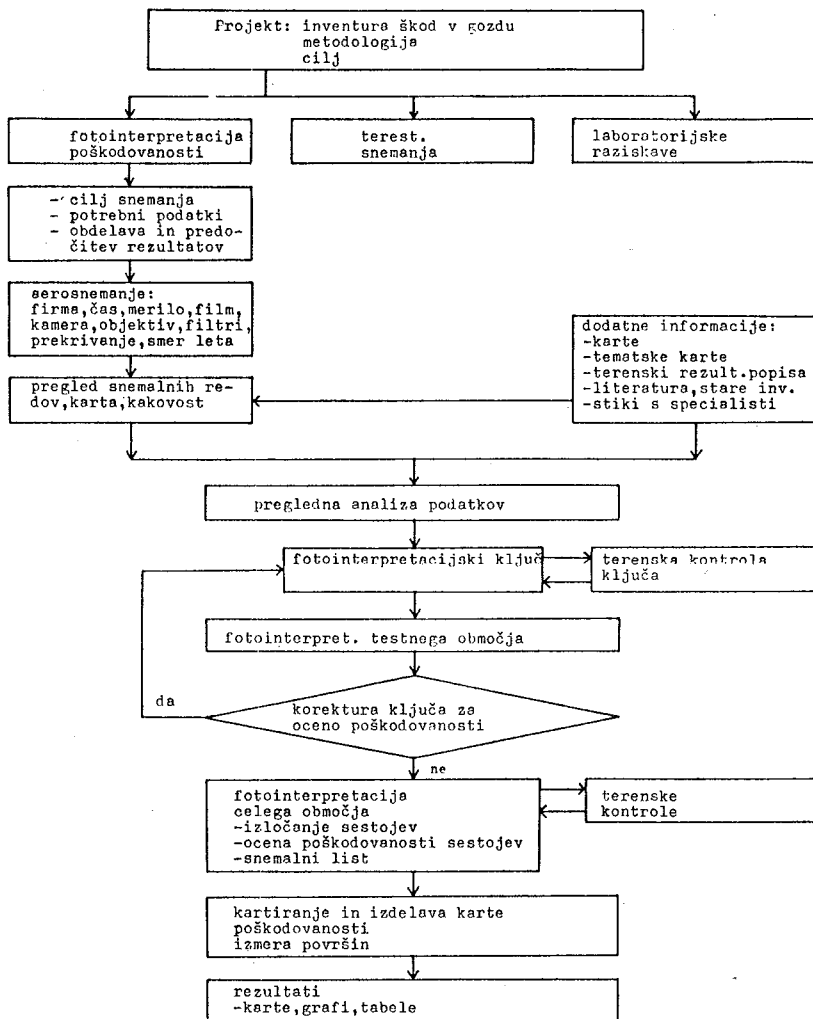


LEGENDA

ŠTEVILKA POSNETKA  
ŠTEVILKA SNEMALNEGA REDA  
SMER LETA







Slika 4: Metodični pristop pri fotointerpretaciji  
Bild 4: Arbeitsablauf bei der Photointerpretation

obvladanje fotointerpretacijske tehnike (HOČEVAR 1984, HOČEVAR 1987, MASUMY 1983, SCHÖPFER in HRADEZKY 1984). Metodologija izrednotenja aerosnetkov pri ocenjevanju je podana na sliki 4. Bistvena faza celotnega postopka je izdelava fotointerpretacijskega ključa, izdelali smo ga posebej za jelko, smreko in listavce. Pri ocenjevanju poškodovanosti smo uporabljali običajno petstopenjsko klasifikacijsko lestvico, ki je prikazana na sliki 5 in v tabeli 4.

Tabela 4: Interpretacijski ključ za določanje poškodovanosti jelke na območju Nanos-Podkraj 1985

Opis jelke na posnetkih ( $m_{\text{posnetkov}} = 1 : 6000-7000$ )

- stožčasta krošnja je homogena in povsod kompaktna
- vrh je koničast, pogosto tudi zaobljen
- veje so ploščate in široke, zvezdasto strukturo krošnje poudarijo le na njenih robovih
- osnovna barva krošnje je temnordeča (vinsko, opečnato rdeča)

#### 1. Normalno, zdravo drevo

Oblika in struktura krošnje

- krošnja je strnjena in kompaktna, pogled v notranjost ni mogoč, ker je plašč krošnje enakomerno polno igličav
- vrh je koničast, pri starejših drevesih tudi zaobljen
- veje so ploščate in široke, projekcija krošnje je zvezdasta, vendar homogena in povsod polna

Barvni odtenki

- osnovna barva krošnje je temnordeča (vinsko, opečnato rdeča)
- celotna krošnja je enakomerno obarvana, znakov marmoriranja ni niti v spodnjem delu krošnje

Terenski opis

- krošnja je polno igličava, rahlo osuta le v notranjosti v spodnjem delu
- zgornja tretjina krošnje je kompaktna, vrh je stožčast, pri starejših drevesih pogosto tudi stožčasto zaobljen
- ob pogledu ob deblu navzgor krošnja ni prostojna
- osutih je do 10% iglic

#### 2. Bolehno drevo

Oblika in struktura krošnje

- krošnja je strnjena in kompaktna, v spodnjem delu posamezne veje segajo iz krošnje in so pogosto suhe
- vrh je koničast, pogosto zaobljen, pri starejših drevesih tudi gnezdast
- veje so ploščate in široke, projekcija krošnje je zvezdasta, toda ne več polna (posamezni kraki so izrazitejši)

Barvni odtenki

- zgornji del krošnje je temno rdeč, srednji in spodnji del postajata svetlejša
- v srednjem in spodnjem delu so opazni znaki šibkega marmoriranja, osnovni temnordeči barvi so primešani posamični odtenki sive in sivozelene barve

Terenski opis

- drevo je še vitalno, krošnja je zaobljena in gnezdasta, v spodnjem delu prosojna proti notranjosti igličavost upada
- vrh je še kompakten in ni prosojen
- višinska rast pojema
- v spodnjem delu krošnje so posamezne suhe veje
- osutih je od 11 do 25% iglic

- v spodnjem delu krošnje so na robu krošnje sivozeleni odtenki suhih vej, ki jih prekrivajo vitalni zgornji deli krošnje.

### 3. Bolno drevo

#### Oblika in struktura krošnje

- krošnja je nepravilne oblike, zvezdasta struktura je zabrisana
- vrh je edini vitalni del krošnje in je gnezdate oblike
- v srednjem in spodnjem delu so pogoste suhe veje

#### Barvni odtenki

- celotna krošnja postaja svetlejša, rdeča barva je izrazita le še na vrhu
- v srednjem in spodnjem delu je krošnja izrazito marmorirana s sivimi in sivozelenimi odtenki
- izrazito zeleni odtenki so redki in se pojavljajo le v spodnjem delu krošnje (suhe veje)

#### Terenski opis

- krošnja je v srednjem in spodnjem delu močno prosojna
- ob pregledu s strani je dobro viden vejni skelet
- povsod v krošnji so suhe vodilne veje, vidni so močni vodeni poganjki
- krošnja je zaobljena, močno je poudarjen gnezdast vrh, ki je še vedno obrasel in sveže zelen
- po vsej krošnji so poganjki z rumenimi iglicami
- ob pogledu ob deblu navzgor je krošnja močno prosojna vse do gnezdastega vrha
- osutih je od 26 do 60% iglic

### 4. Odmirajoče drevo

#### Oblika in struktura krošnje

- krošnja je nepravilne oblike in prehaja v skelet
- gnezdast vrh je včasih vitalen in je edini rdečkasto obarvani del krošnje
- v projekciji je krošnja majhna, videz homogenosti ji dajejo močno razrasli vodeni poganjki
- pri drevesih, ki propadajo hitro, vodeni poganjki niso močno razviti — projekcija take krošnje je zvezdasta in podobna smreki

#### Barvni odtenki

- edini rdečkastorjavi odtenki so na vrhu krošnje
- srednji in spodnji del krošnje sta izrazito marmorirana s sivimi in sivozelenimi odtenki, ki prevladujejo po celotni krošnji
- suhe veje so številne in intenzivno zeleno obarvane

#### Terenski opis

- krošnja je do vrha močno prosojna, ostal je le še vejni skelet
- na vrhu so zeleni le še zadnji poganjki, ta pa je močno gnezdast in kaže znake odmiranja
- močni vodeni poganjki so razviti po vsej krošnji
- od prvotne krošnje so ostale le še suhe veje
- osutih je nad 60% iglic

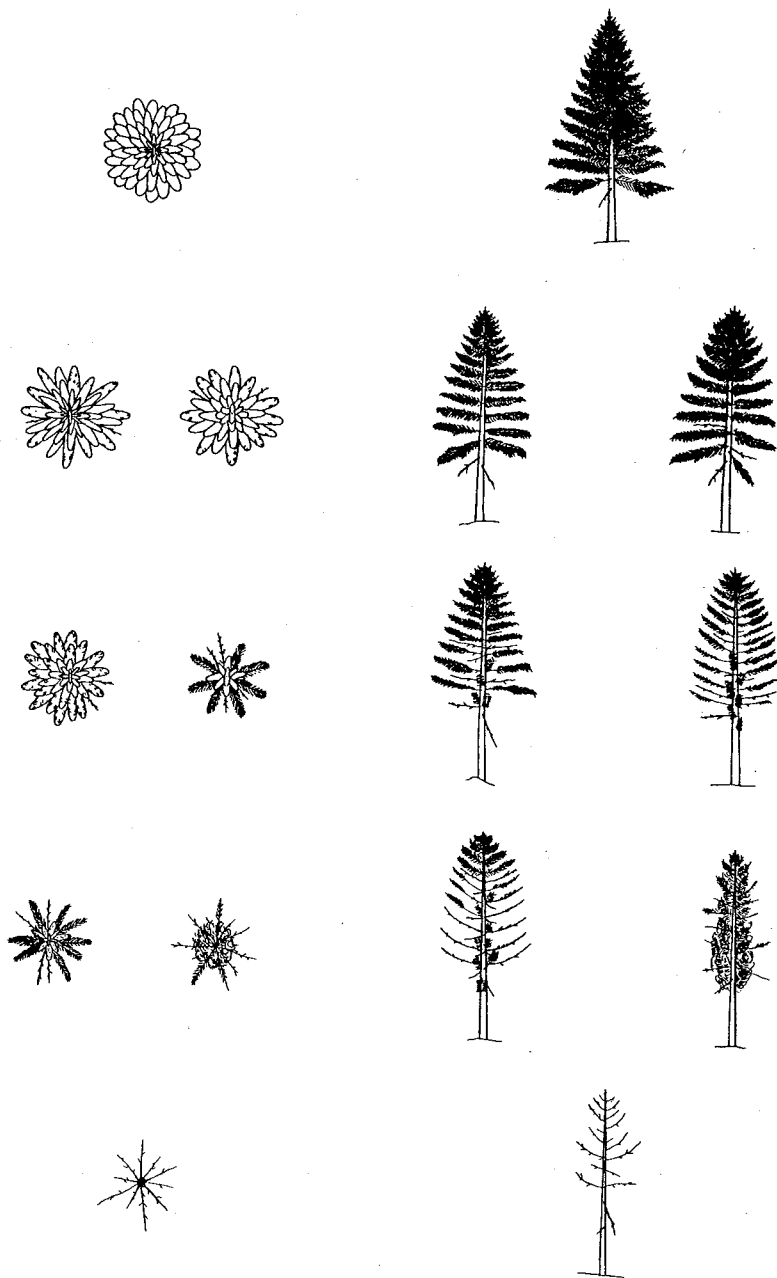
### 5. Sušica

#### Oblika in struktura krošnje, barvni odtenki

- od prvotne krošnje je ostal le še skelet
- celoten skelet je živozelene barve

na posnetku  
*Bild*

v naravi  
*Gelände*



Slika 5: Skica fotointerpretacijskega ključa jelke  
*Bild 5: Baumbilder zum Photointerpretationsschlüssel*

Način izdelave fotointerpretacijskega ključa:

Fotointerpretacijski ključ podrobno opredeljuje kriterije za prepoznavanje objektov, pri izdelavi iščemo povezavo med znaki objektov na posnetkih in znaki istih objektov na terenu. Določiti mora strukturne in teksturne znake na posnetkih ter pojasniti tudi celotno paleto barvnih odtenkov, ki nam pri sistematični fotointerpretaciji bistveno olajšajo izvedenotenje. Opis in primerjava znakov večjega števila dreves iste drevesne vrste povečata njegovo zanesljivost, oblikovanje kriterijev zahteva sistematično analizo posnetka, kriterije za razločevanje pa preverjamo na terenu.

Ob izdelavi pregledne karte snemalnih redov (slika 2) smo v posneti enoti grobo označili pomembne rastiščne tipe, osnovo za izbor mest, ki smo si jih na terenu podrobno ogledali. Ta vključujejo vse pomembne rastiščne tipe in so razporejena po celotnem posnetem področju. S stereoskopskim opazovanjem smo na posamezni lokaciji izbrali 25 do 30 dreves iste drevesne vrste in jih na podlagi dotedanjih izkušenj ocenili po opredeljenih stopnjah poškodovanosti. Terenski opis istih dreves je omogočil oblikovanje osnovnih meril fotointerpretacije poškodovanosti, ki smo jih potrjevali in dopolnjevali med potekom samega izvedenotenja posnetkov. Terenski opis dreves je vključeval podatke o:

- drevesni vrsti in njeni starosti,
- dolžini, obliki in strukturi krošnje,
- obliki vrha,
- pojavu suhih vejic v krošnji, adventivnih (pri jelki) in ostalih značilnih poganjkah (šibaste veje pri listavcih),
- obarvanosti iglic ali listov, osutosti in mestu osutosti v krošnji,
- cvetenju ali semenitvi drevesa.

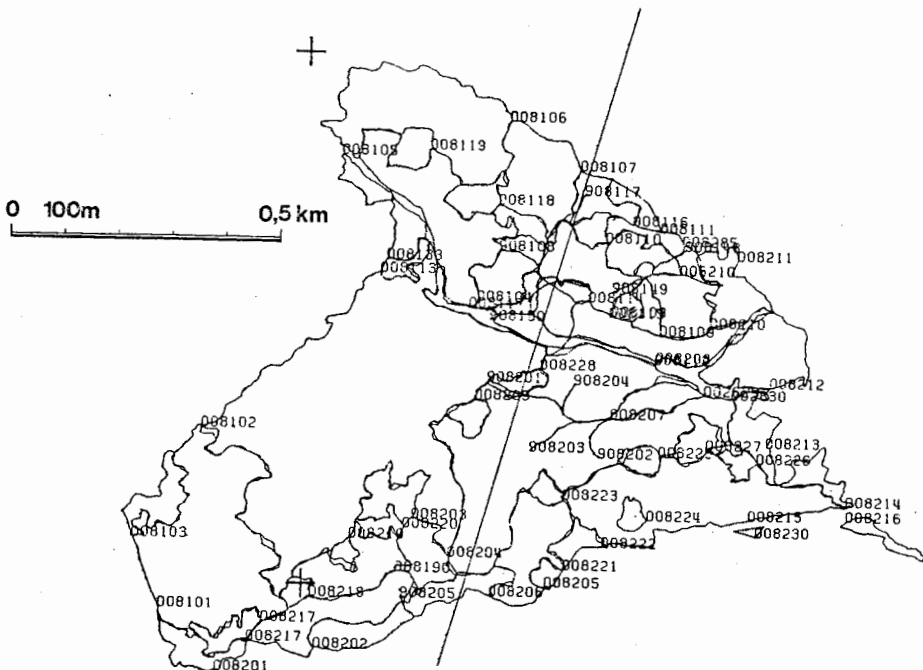
Vsako opisano drevo je bilo ocenjeno po terenskem ključu za ocenjevanje poškodovanosti dreves. Za osnovo ocenjevanja so bila izbrana drevesa, ki so bila navidezno popolnoma vitalna. Ta drevesa so izhodišče za vse nadaljnje primerjave in razvrstitve po stopnjah poškodovanosti.

Najpomembnejši člen pri izdelavi fotointerpretacijskega ključa je bilo iskanje povezav med znaki dreves na posnetkih in znaki istih dreves na terenu. Rezultat pojasnjenih zvez je izdelani fotointerpretacijski ključ (tabela 4), spremembe strukture in oblike krošnje pa so zaradi nazornosti prikazane še na sliki 5. Prikazana sta le primera za jelko, ki je glavna drevesna vrsta v enoti, podobna ključa smo izdelali tudi za smreko in listavce. Zaradi uporabe različnih serij filmskega materiala je bilo treba osnovni ključ dopolniti z opisom značilnosti barvnih odtenkov posamezne serije. Strukturne značilnosti krošenj ostanejo kljub uporabi različnih filmskih materialov iste in so temelj fotointerpretacijskega ključa.

Ključ podaja le osnovne znake. Nejasnosti in negotovosti pri ocenjevanju na posnetkih smo odpravljali s sprotnimi terenskimi kontrolami med interpretacijo. Tako smo preverjali zanesljivost ključa in ga dopolnjevali z novimi spoznanji.

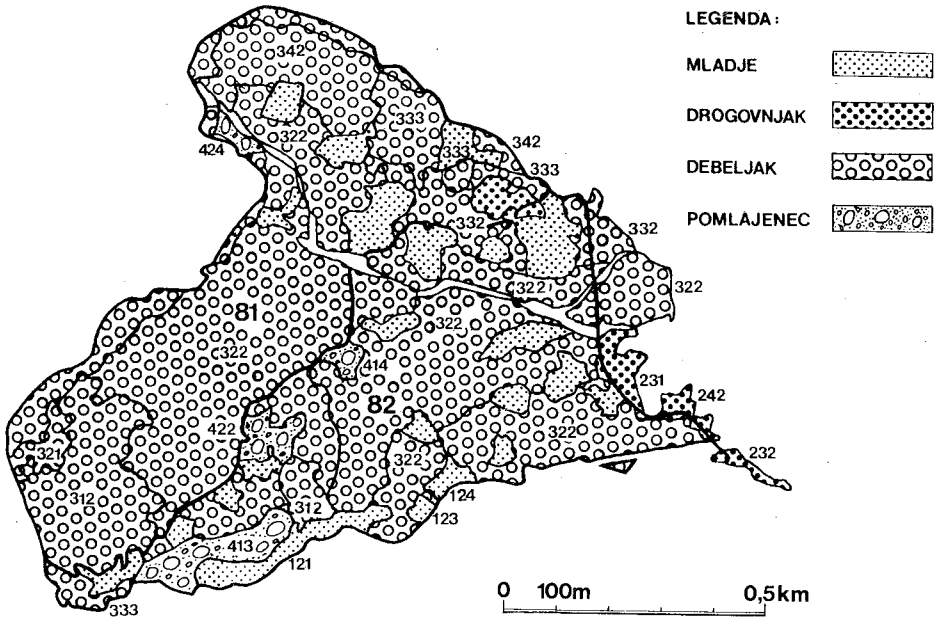
Izdelava karte poškodovanosti gozdnih sestojev (slika 8) je obsegala naslednje bistvene korake:

- Izločanje in razmejevanje sestojnih tipov (slika 7) po ustaljeni metodologiji (merila: razvojna faza, mešanost, sklep; (HOČEVAR 1984).
- Oceno poškodovanosti sestoja, izračunano na podlagi vzorčno izbranih in ocenjenih dreves v sestoju. Pri opazovanju s stereoskopom so bila drevesa izbrana v vzorec s sistematično vzorčno mrežo, izrisano na prosojni foliji (gostota mreže  $8 \times 8$  mm, vzorčni krogi  $r = 2$  mm na presečiščih mreže). Statistični izračuni so pokazali, da smo lahko z opisano metodo dosegli razmeroma natančno oceno sestojne poškodovanosti ( $E < 5\%$ ).
- Kartiranje. Pri fotointerpretaciji izločene površine je bilo treba prenesti na gozdarske karte v merilu 1:10.000. V sodelovanju z Inštitutom za gozdno in lesno gospodarstvo smo zato razvili in uporabili postopek računalniškega razpačenja in kartiranja. Postopek temelji na enoslikovni digitalizaciji situacijske predstave na aeroposnetku in transformaciji popačene slike v ortogonalno projekcijo z digitalnim modelom reliefa (DMR 100). Poleg karte v zelenem merilu (izris na računalniško vodenem risalniku) omogoča postopek tudi hkratni izračun površin (slika 6).

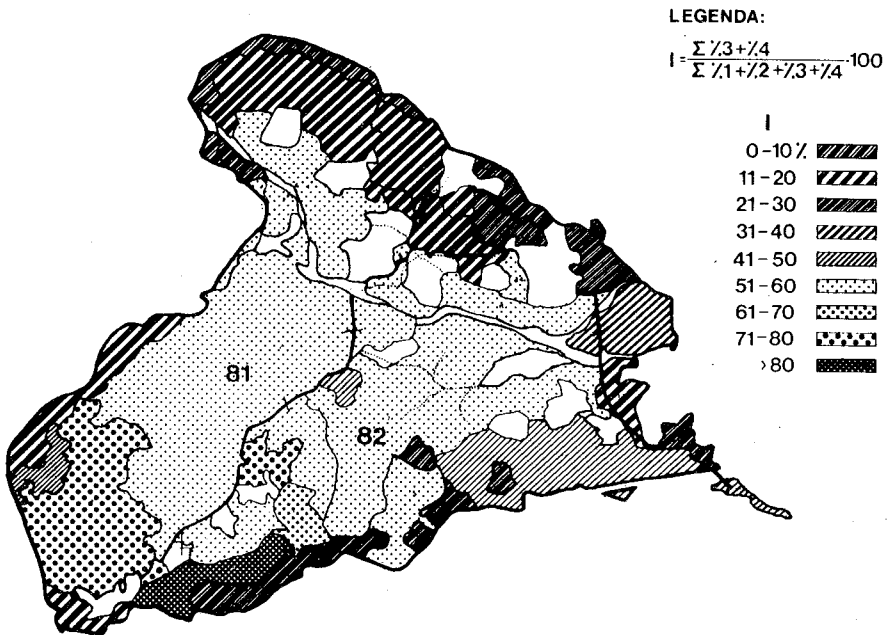


Slika 6: Računalniško razpačenje in kartiranje

Bild 6: Computergesteuerte Entzehrung und Kartierung von Bestandesgrenzen



Slika 7: Izsek iz sestojne karte  
 Bild 7: Ausschnitt aus der Bestandeskarte



Slika 8: Izsek iz karte poškodovanosti  
 Bild 8: Ausschnitt aus der Waldschädenkarte



Izsek prikazuje na posnetkih določene sestojne meje, hkrati so izrisane tudi vse na posnetkih vidne prometnice, ki do sedaj še niso bile vrisane na karte. Primerjava računalniškega izrisa s karto iz l. 1980 je bila osnova za oceno natančnosti kartiranja. Povprečno odstopanje izrisa znaša le 0,17 mm, pri čemer gre za oceno maksimalnih odstopanj v poljubni smeri.

### 3.3. Obdelava in izrednotenje podatkov

Podatke terestričnih in fotointerpretacijskih snemanj smo neposredno vnašali na snemalne liste, primerne za prenos v računalniški medij in računalniško obdelavo. Digitalizacijo situacijske predstave na aeroposnetkih smo opravili na digitalniku CALCOMP Hidrometeorološkega zavoda Slovenije. Podatke smo obdelali z računalnikom FACOM M 180 2 AD in mikroročunalnikom HP 9 845 D, situacijska predloga za razvojno karto je bila izrisana z risalnikom VERSATEC. Pri obdelavi podatkov smo uporabili lastne programe (mag. PUHEK, V.; dipl. mat. KRALJ, T.) ter statistični paket SPSS.

Tabela 5: Obseg snemanj podatkov

*Tabelle 5: Umfang der Aufnahmedaten*

	št. vzorcev	št. dreves	št. podatkov
terensko snemanje	2439	12.606	87.196
fotointerpretacija	4100*	36.230	41.080
skupaj	6539*	48.836	128.276

\* podana je ocena

## 4. REZULTATI

### 4.1. Obseg, intenzivnost in prostorska razporeditev poškodb

Bistveni rezultati fotointerpretacijskega snemanja so podani v tabeli 6 in na karti poškodovanosti (slika 8).

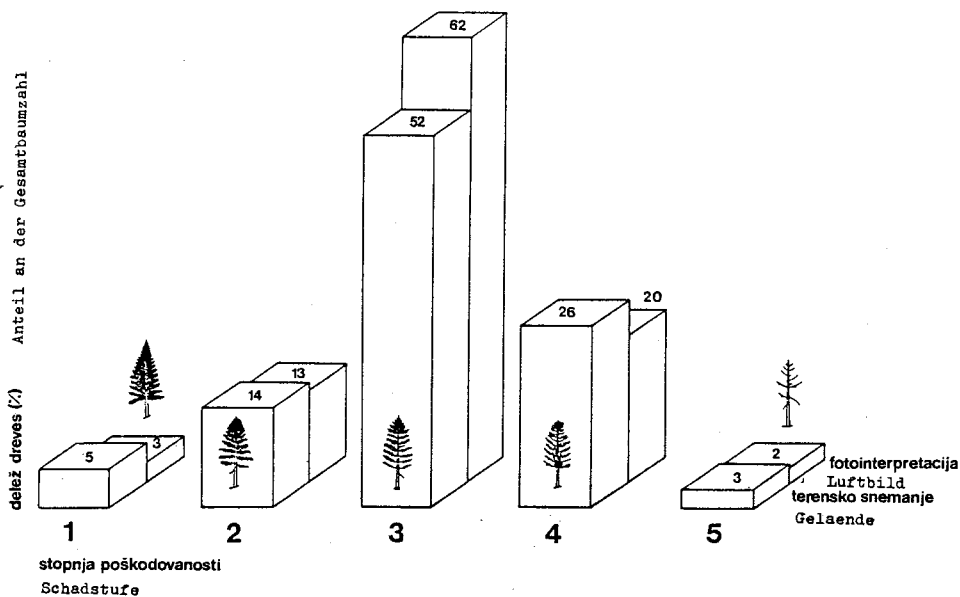
Delež očitno poškodovanih jelk (3. in 4. stopnja poškodovanosti) je zelo visok, boljše, vendar vseeno skrb vzbujajoče je stanje smreke (pred začetkom terenskih snemanj je celo prevladovalo mnenje, da poškodovanost smreke še ni dosegla takega obsega, da bi jo bilo treba ocenjevati). Poškodbe pri listavcih so redke, večinoma na sestojnih robovih in so nastale zaradi mehanskih ali abiotskih vzrokov. Pogostejši je pojav šibastih vej pri bukvi, ki jih kot znak sprememb v zgradbi krošnje navaja tudi tuja literatura (ROLOFF 1985). Kljub analizi po posameznih stratumih ni bilo mogoče ugotoviti značilne koncentracije poškodb na določenih rastiščih in različnih legah (nagib, ekspozicija, relief, nadmorska višina). Le pri jelki je bil delež poško-

Tabela 6: Izsledki fotointerpretacije  
 Tabelle 6: Resultate der Photointerpretation

stopnja poškodovanosti Schadstufe	jelka Tanne	smreka Fichte	listavci Laubbäume	skupaj Gesamt
1. normalno, zdravo drevo	3%	13%	87%	37% 13.326
2. bolešno	13%	46%	12,4%	16% 5.702
3. bolno	62%	40%	0,6%	36% 12.993
4. zelo bolno, odmirajoče	20%	—	—	10% 3.834
5. sušica	2%	—	—	1% 375
3. + 4. stopnja	82%	40%	0,6%	
skupaj %	100%	100%	100%	100*
N	18.669	3.325	14.236	36.230

dovanih dreves na globokih tleh manjši kot na plitvih skeletnih tleh. Mlajši sestoji so bili manj poškodovani kot starejši, zato je treba pri analizi karte poškodovanosti vedno upoštevati tudi starostno strukturo, ki je preko razvojnih faz prikazana na sestojni karti.

Na sliki 9 so prikazani izsledki terenskega in fotointerpretacijskega snemanja poškodovanosti jelke. Kljub različnim metodam se rezultati zelo dobro prekrivajo. Fo-



Slika 9: Primerjava rezultatov terenskega snemanja in fotointerpretacije IRC-posnetkov

Bild 9: Gesundheitszustand der Weisstanne. Vergleich der Ergebnisse von Gelände- und Luftbildererhebungen

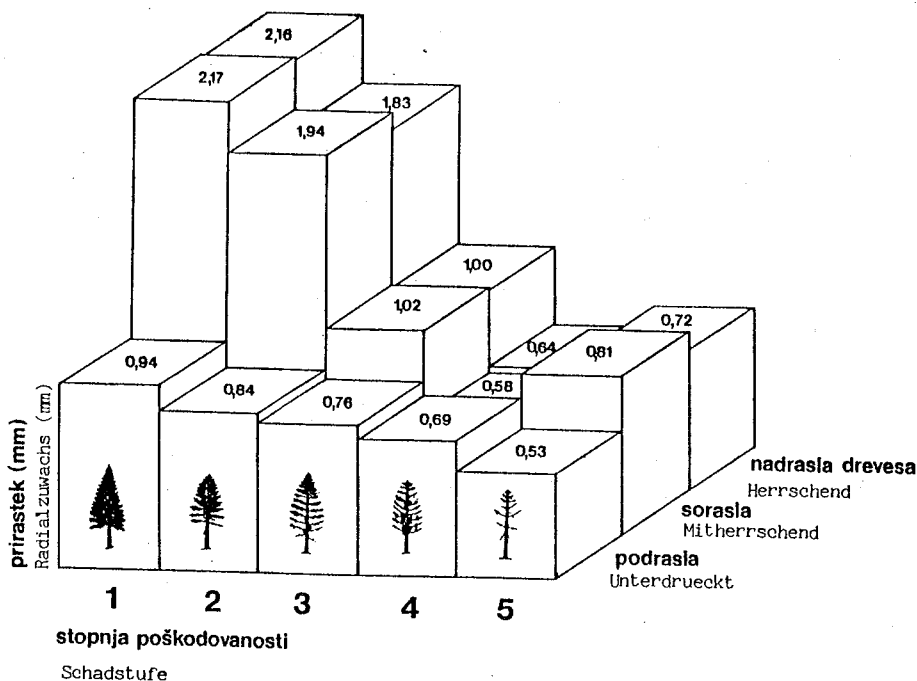
tointerpretacijska ocena je podana na podlagi 18.669, terenska pa na podlagi 4905 opazovanj, kar kaže na večjo zanesljivost fotointerpretacijske ocene. Izenačenost fotointerpretacijske ocene s terensko oceno poškodovanosti je posledica dobre priprave, ki je vključevala tudi nekajmesečno sodelovanje interpretatorja pri terenskih snemanjih. Izkušnje iz tuje literature kažejo, da izenačenost terenske in fotointerpretacijske ocene ni samoumevna, saj pogosto prihaja do velikih odstopanj (HARTMAN in dr. 1987, SCHMID-HAAS in dr. 1986, WASTENSON in dr. 1987).

#### 4.2. Poškodovanost in rast jelke

Zdravstveno stanje (vitalnost, stopnja poškodovanosti) je fiziološki znak drevesa, ki ga neposredno ne moremo meriti, lahko ga le kakovostno ocenimo po pomožnih znakih, kot so: osutost iglic ali listov, kloroza, sprememba v strukturi krošnje itd. Pri interpretaciji rezultatov skušamo z bolj ali manj subjektivnim oblikovanjem stopenj poškodovanosti poiskati razmerje med temi podatki in zdravstvenim stanjem (zdravstveno stanje dolgoročno vpliva na prirastne zmožnosti), ki je vprašljivo toliko časa, dokler ga absolutno ne ovrednotimo z dendrometrijskimi kazalci ali količinskimi fiziološkimi raziskavami (DRUŠKOVIČ 1987). Problema ni lahko rešiti, ker za posamezne drevesne vrste in razvojne faze ne poznamo niti zanesljive meje med normalnim in patološkim stanjem. Ker v različnih državah veljajo različna merila, so tudi izsledki snemanj le delno primerljivi (POLLANSCHÜTZ in NEUMANN 1987; slika 1).

V naših raziskavah smo se omejili na gozdnogojitveni in lesnoproizvodni pomen posameznih stopenj propadanja jelke. Podrobneje smo analizirali razmerje med poškodovanostjo in prirastkom izbranih dreves. Analiza je zajela 1138 podatkovnih parov, za vsako jelko smo primerjali stopnjo poškodovanosti z debelinskim prirastkom ( $i_r$  za obdobje 1974—1984). Za izboljšanje ločljivosti smo podatke strukturirali po socialnih slojih. Izsledki so razvidni s slike 10 in iz tabele 7.

Statistična analiza (ANOVA) je odkrila, da je priraščanje jelke v posameznih skupinah zelo različno ( $F$  sign.  $<0,001$ ). To velja tako za razlike med posameznimi stopnjami poškodovanosti kot za različne socialne sloje. Splošno velja, da debelinski prirastek drevesa pada s stopnjevanjem poškodovanosti, kar velja za vse tri sloje. Prirastek nadraslih in soraslih jelk je približno enak (razlog je verjetno zelo presvetljena sestojna struktura). Najvišji prirastek smo ugotovili pri jelkah 1. in 2. stopnje poškodovanosti (brez značilnih razlik). Močan in visoko značilen padec prirastka se pojavi pri višjih stopnjah poškodovanosti (3. in 4. stopnja poškodovanosti). Upadanje prirastka s stopnjevanjem poškodovanosti je pri podraslih drevesih zaradi nizke ravni priraščanja manj očitno.



Slika 10: Prirastek jelke v odvisnosti od stopnje poškodovanosti in socialnega položaja

Bild 10: Einfluss der Beschädigungen auf der Durchmesserwachstum der Weisstanne verschiedener sozialen Schichten

Rezultati analize soodvistnosti med poškodovanostjo in priraščanjem so pomembni iz več razlogov:

- Dovoljujejo oblikovanje skupine očitno poškodovanih dreves, ki obsega 3. in 4. stopnjo, in izračun indeksa poškodovanosti I. Določimo ga kot razmerje med očitno poškodovanimi drevesi in celotnim številom dreves.

$$I = \frac{\%3. + \%4.}{\%1. + \%2. \%3. + \%4.} \cdot 100$$

$\%n.$  — delež dreves posamezne stopnje poškodovanosti ( $n = 1, 2, 3, 4$ )

Pri izračunu ne upoštevamo dreves 5. stopnje poškodovanosti, ker je njihov delež močno odvisen od intenzivnosti sanitarnih sečenj, ki so pogostejše v predelih z dobro mrežo prometnic kot v odročnejših predelih enote.

- Opravičujejo poenostavljeno snemanje poškodovanosti za operativne analize po razširjenih razredih poškodovanosti (npr. 1. + 2., 3. + 4., 5.) in samo za nadrasla in sorasla drevesa.

Tabela 7: Prirastki in premeri jelk različnih stopenj poškodovanosti (Terenske meritve, 1138 dreves)

Tabelle 7: Durchmesser verteilung und Zuwachs der Weisstanne nach Schadstufen (Geländeaufnahme von 1138 Bäumen)

stopnja poškodovan. Schadstufe	socialni položaj / soz. schicht						skupaj Gesamt	
	nadržalo		soraslo		podraslo		d <sub>1,3</sub> cm	i <sub>d</sub> mm
	d <sub>1,3</sub> cm	i <sub>d</sub> mm	d <sub>1,3</sub> cm	i <sub>d</sub> mm	d <sub>1,3</sub> cm	i <sub>d</sub> mm		
zdravo drevo	55,93	2,16	32,75	2,17	18,67	0,94	39,70	1,87
bolešno	53,15	1,83	42,27	1,94	16,26	0,84	42,76	1,73
bolno	48,34	1,00	40,90	1,02	18,09	0,76	39,83	0,98
zelo bolno	45,90	0,64	36,84	0,85	16,32	0,69	35,01	0,60
sušica	39,00	0,72	33,35	0,81	16,22	0,53	24,75	0,64
skupaj Gesamt	49,74	1,25	39,44	1,04	17,30	0,76	38,78	1,05

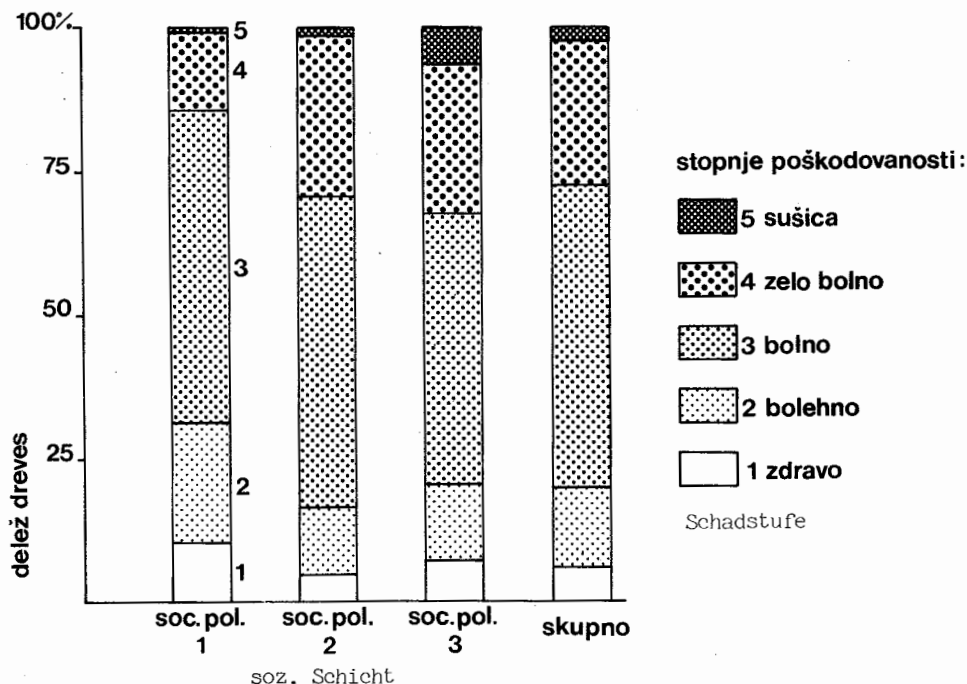
Volumenski prirastni procent: 2,15% zdrave jelke  
1,24% vse jelke

— Visok delež očitno poškodovanih dreves in močan padec prirastka pomenita bistveno zmanjšanje lesnoproizvodne funkcije gozdov. Ob upoštevanju dveh istočasno nastopajočih pojavov, padca debelinskega prirastka (obresti) in presvetljevanja sestojev zaradi sanitarnih sečenj (manjša lesna zaloga — zmanjšanje glavnice), smo sedanjno proizvodno sposobnost ocenili le na 57% potencialnega prirastka zdravega jelovega gozda na istem rastišču (ugotovitev velja le za jelko).

V tabeli 7 je poleg debelinskega prirastka podan tudi prsni premer posameznih skupin dreves. Premer dreves s stopnjevanjem poškodovanosti pada, kar pomeni, da je najdebelejše, to je nadraslo drevje, še razmeroma najbolj vitalno. To ugotovitev potrjujejo tudi nekatere raziskave v ZR Nemčiji (GERECKE 1986). Predvidevamo, da je pojav značilen predvsem za jelko in da so nižji prsni premeri poškodovanih dreves posledica desetletja trajajočih vplivov na njihov metabolizem in s tem na rast v debelino (slika 11). Upravičenost omenjene hipoteze bodo pokazale raziskave drugih drevesnih vrst.

## 5. RAZPRAVA IN SKLEPI

Izsledki terenskega in fotointerpretacijskega snemanja v gozdnogospodarski enoti Podkraj potrjujejo vsakodnevna opažanja terenskih gozdarjev o katastrofalnem propadanju jelke ter odkrivajo občutno poslabšanje zdravstvenega stanja smreke. Zadovoljivo je le še stanje listavcev.



Slika 11: Delež poškodovanih dreves v posameznih socialnih položajih pri jelki  
 Bild 11: Anteil der beschädigten Bäume in einzelnen Sozialschichten bei der Weisstanne

Z 82% deležem očitno poškodovanih jelk je škoda v enoti bistveno večja kot v nekaterih sosednjih deželah. Za isto leto poročajo v Avstriji (Tirolska) o 23-odstotnem deležu (Neznani avtor 1985), v Nemčiji o 67,7-odstotnem (BRELOH in dr. 1985), v Švici pa samo o 12-odstotnem deležu poškodovanih jelk (EAFV 1985). O podobno visokem deležu poročajo tudi iz Schwarzwalda (SPEIDEL in dr. 1985, KENK in dr. 1984). Jelka predstavlja v enoti Podkraj približno dve tretjini celotne lesno zaloge in je osnovni nosilec lesnoproizvodne funkcije. Zaradi visokega deleža očitno poškodovanih jelk (3. in 4. stopnja zajemata 82% vseh dreves) in vse bolj vrzelaste sestojne strukture (sanitarni poseki) prihaja do multiplikativnih učinkov (padec prirastka in lesne zaloge imata podoben učinek kot znižanje obrestne mere ob sočasnem zmanjšanju kapitala v bančništvu). Posledica je zmanjšanje prirastka na 57% potencialne rasti zdravih jelk (1. stopnja).

O upadanju prirastka iglavcev z manjšanjem asimilacijske površine dreves poroča vrsta avtorjev (DONG in KRAMER 1986, FRANZ 1983, KONTIC in dr. 1986, GERECHE 1986, HARTMAN in dr. 1987, MOOSMAYER 1984, SCHMID in dr. 1986, SCHÖPFER in HRADEZKY 1987, SPEIDEL in dr. 1985), za listavce pa takih podatkov še ni. Za nas sta zanimivi študiji iz Schwarzwalda (SPEIDEL in dr. 1985, KENK in dr. 1984), ki za sestojne s podobno strukturo in zdravstvenim

stanjem navajata podoben padec prirastka (30—50%), kot smo ga mi ugotovili v Podkraju. Avtorji so razpravo razširili tudi na oceno ekonomske škode zaradi propadanja in že za razmeroma majhen obrat (55 ha, SPEIDEL in dr. 1985) dobili ceno, ki je presegala milijon nemških mark, kar nakazuje razsežnosti ekonomskih problemov, s katerimi se bomo v prihodnje srečali tudi pri nas.

Izsledki naših raziskav in poročila iz tuje literature kažejo, da gre pri jelki za desetletja trajajoče hiranje (KONTIC in dr. 1986, KRAMER 1986, HARTMAN in dr. 1987, MOOSMAYER 1984), ki ga verjetno ne bo mogoče hitro zaustaviti. Bodoče gospodarjenje bo zato treba usmeriti k čim učinkovitejšemu zmanjšanju škode. To zahteva skrajno preudarno načrtovanje izbora drevesnih vrst pri pomlajevanju, časovno in po intenzivnosti usklajena redčenja, omejevanje posekov na slabo priraščajoča drevesa 3. in 4. stopnje poškodovanosti ter dosledno izkoriščanje prirastnih potencialov zdravih in rahlo poškodovanih dreves. Slednje pomeni, da je nujen takojšnji prehod k dinamičnejšemu pojmovanju obhodnje. Pomembna s tem povezana ugotovitev raziskave je, da je delež zdravih dreves pri nadraslih jelkah največji.

Raziskava ne daje odgovorov na vprašanja o nadaljnjem razvoju poškodb, ker bi bili zato potrebni vsaj dve snemanji. S tujimi ocenami si ne moremo pomagati, saj so težnje zelo neenotne in po območjih različne. Tako poročajo iz ZR Nemčije in Avstrije o rahlem izboljšanju (BRELOH in dr. 1987, POLLANSCHÜTZ in dr. 1987), v Švici pa o poslabšanju (EAFV 1987) in hkrati o vidnem izboljšanju stanja jelke (SCHMID in dr. 1986). Slovenski popis propadanja gozdov (IGLG 1987) pa spet kaže izboljšanje, čeprav dovoljujejo nekatere raziskave in razlage v sklopu iste študije nasprotno razlago. Ker je sedanja študija v Podkraju zastavljena tako, da je mogoče učinkovito spremljanje razvoja poškodovanosti (parne primerjave stanja posameznih dreves ali kontrolnih sestojev na IRC-posnetkih), bodo jasnejši odgovor dala šele ponovna snemanja in multitemporalne primerjave.

Kombinirana fotointerpretacijsko-terestrična inventura se je izkazala kot odlično sredstvo za integralno ugotavljanje stanja gozdnih sestojev. Opisani pristop ne podaja le količinske ocene dendrometrijskih parametrov, ampak tudi vpogled v prostorsko razporeditev lesne zaloge, prirastka in zdravstvenega stanja po homogenih enotah (sestojni tipi). Povezava točkovne (vzorčne) dendrometrijske ocene s ploskovno fotointerpretacijo omogoča razmeroma dobro oceno vsakega posameznega sestoja. V sklopu inventure izdelana karta poškodovanosti (osnova je sestojna karta) je odlična osnova za načrtovanje gozdnogojitvenih ukrepov (gozdnogojitveno načrtovanje). Isto karto lahko uporabimo za stratifikacijo dendrometrijskih podatkov, s čimer je mogoče bistveno izboljšati njihovo interpretacijsko vrednost (konkretizacija podatkov na posameznih homogenih stratumih) ob istočasni pocenitvi same inventure. Aeroposnetki so uporabni tudi za dela na drugih področjih gozdarstva in so odlično dokumentacijsko gradivo za morebitne poznejše raziskave in primerjalne študije.

Integralna foto-terestrična inventura je omogočila oceno vseh bistvenih kazalcev strukture in zdravstvenega stanja gozdnih sestojev v enoti Podkraj, kar je dobro izhodišče za izdelavo vsestranske diagnoze. Naloga načrtovalne službe SGG Tolmin je na tej podlagi opredeliti nadaljnjo strategijo dela v gozdu, ki bo omejila škodo zaradi propadanja gozdov na najmanjšo možno mero. Poskusi takega integralnega načrtovanja so v literaturi že prikazani (SCHLÄPFER in dr. 1986).

Dokončna rešitev problemov zaradi propadanja gozdov vsekakor ni v rokah gozdarjev. Čeprav celotni vzročno-posledični mehanizem propadanja gozdov še ni do cela pojasnjen, je očitno, da je primarni vzrok tega pojava vsesplošno onesnaževanje okolja. Gozdovi v enoti Podkraj ležijo na robu gorske verige, odprte proti zahodu, zato lahko sklepamo, da so vzrok za propadanje predvsem velikoprostorski premiki onesnaženega zraka, v manjši meri pa tudi lokalni onesnaževalci. Odločilno izboljšanje zdravstvenega stanja gozdov zato lahko pričakujemo le po temeljitem in splošnem zmanjšanju količine strupenih snovi v celotnem evropskem prostoru.

## 6. POVZETEK

Propadanje gozdov se najbolj silovito kaže pri jelki, ki je v kraško-dinarskem pasu poleg bukve in smreke gojitveno in gospodarsko naša najpomembnejša drevesna vrsta. Njeno propadanje se je že tako razmahnilo, da je resno ogrožen njen nadaljnji obstoj, s tem pa tudi gospodarjenje v tem tipu gozda. Vse to od načrtovalca zahteva temeljito analizo stanja, zanesljivo diagnozo in pretehtane ukrepe. Prvi korak v tem sklopu je integralna inventura, ki mora zajeti vse bistvene kakovostne (zdravstveno stanje) in dendrometrijske (lesna zaloga, prirastek, struktura) kazalce stanja gozdnih sestojev.

Prvi tak poskus na operativni ravni pri nas je kombinirana fototerestrična inventura v 1219 ha velikem delu enote Nanos-Podkraj, v kateri gospodarji SGG Tolmin. Inventura je obsegala terenska vzorčna snemanja dendrometrijskih podatkov (metoda 6. dreves) in oceno zdravstvenega stanja sestojev z interpretacijo IRC-posnetkov v velikem merilu (razpredelnici 2 in 3, slika 2). Članek podaja predvsem izsledke fotoinventure in razčlenbe medsebojne odvisnosti med poškodovanostjo dreves (primer jelke) in njihovo prirastno sposobnostjo.

Na podlagi fotointerpretacije smo izdelali oceno zdravstvenega stanja posameznih drevesnih vrst, ki kaže na zelo visok delež očitno poškodovanih jelk (82%) ter že razmeroma slabo stanje smreke (40% očitno poškodovanih dreves). Stanje je zadovoljivo le pri listavcih (tabela 6). Med fotointerpretacijsko in terensko oceno poškodovanosti ni bilo bistvenih razlik (primerjalna analiza za jelko, slika 9).

Razmeroma močna poškodovanost dreves se odraža v spremenjeni zgradbi sestojev (presvetljenost) in v padanju prirastka (slika 10, tabela 7), ki za preteklo obdobje



znaša le 57% možne rasti. Občuten padec prirastka smo ugotovili predvsem pri jelkah, ki so izgubile več kot 25% iglic (očitno poškodovana drevesa).

V sklopu inventure sta bili na podlagi fotointerpretacije izdelani sestojna karta in karta poškodovanosti, ki skupaj s prav tako prostorsko in sestojno opredeljenimi dendrometrijskimi podatki predstavljata odlično osnovo za nadaljnje načrtovanje in ukrepanje. Naloga načrtovalne službe SGG Tolmin in raziskovalcev na tem področju je opredeliti nadaljnjo strategijo dela v gozdu, ki bo omejila škodo zaradi propadanja gozdov na najmanjšo možno mero.

## 7. ZUSAMMENFASSUNG

Mit besonderer Heftigkeit zeigt sich das Waldsterben bei der Weisstanne, die in Slowenien mit 10% Anteil auf dem hohen Karst als die bedeutendste bestandesbildende Baumart vertreten ist. Das Tannensterben hat Dimensionen angenommen, Bild 1, dass bereits ihr weiteres Bestehen und die Bewirtschaftung mit diesem Waldtyp ernsthaft bedroht ist. Deshalb muss die bisherige Waldbewirtschaftung unter Berücksichtigung aller Aspekte des Waldsterbens neu überdacht und konzipiert werden. Dies erfordert ein kreatives Vorgehen und ist nur möglich wenn der Waldbewirtschaftler durch eingehende quantitative und qualitative Zustands- und Entwicklungsanalyse der Waldbestände, auf Grund einer integrierten Waldinventur dazu befähigt wird.

Die dargelegten Ueberlegungen bilden die Grundlage für die Organisation und Durchführung der Luftbild- Geländeninventur im Betrieb Podkraj (hoher Karst, Forstverwaltung Tolmin), die im Jahre 1985 durchgeführt wurde und die alle, für die Erneuerung des Betriebswirtschaftsplanes notwendigen Daten bereitstellen sollte (Tabelle 1). Die Inventur umfasst stichprobenweise Geländeaufnahmen (6-Baum-Methode mit Zuwachsholungen an Tanne, Tabelle 2) von dendrometrischen Daten und flächendeckende Waldschadenaufnahmen mittels Interpretation von Infrarot-Farbaufnahmen im grossen Masstab (Tabelle 3, Bild 1). Der vorliegende Beitrag behandelt die Luftbildauswertung (Bilder: 2, 3, 4, Tabelle 4), die Analyse der Abhängigkeit zwischen Schadenbild (Nadelbefall) und dem Zuwachs der Bäume (Beispiel: Weisstanne). Der dendrometrische Teil wird in einem besondern Teil veröffentlicht.

Der Zustand der Wälder ist besorgniserregend. Mehr als 80% der Weisstannen ist deutlich geschädigt (Klassen 3 + 4) und 40% der Fichten sind beschädigt oder sehr beschädigt. Einzig der Zustand der Laubbäume ist noch in normalen Grenzen (Tabelle 6). Das starke Schadenbild diktiert die Waldbaulichen Massnahmen und die Holzschläge konzentrieren sich auf Räumung von absterbenden Tannen. Stark aufgelockerte Bestände sind die Folge (Bild 6).

Mit dem Schadenbild einher verläuft das Durchmesserwachstum (Tabelle 7, Bild 9). Für Bäume, die Studie ist auf die Weisstanne begrenzt, aller Sozialschichten wurde

mit steigender Schadstufe ein abnehmendes Durchmesserwachstum festgestellt. Der Zuwachsverlust ist besonders ausgeprägt bei Bäumen mit Nadelabfall über 25% (deutliche Schäden, Stufe 3—5). Bedingt durch den Durchmesserzuwachsabfall und die Auflockerung der Bestände (geringere Holzvorräte), wurde die aktuelle Holzproduktion auf nur 57% des gesunden Tannenwaldes auf gleichem Standort geschätzt.

Durch kombinierte Luftbild- Geländeinventur wurden für der Betrieb Podkraj wesentliche Daten über Struktur, Vorrat, Zuwachs und Gesundheitszustand des Waldes und einzelnen Bestände bereitgestellt. Die Aufgabe der Betriebsleitung ist nun auf dieser Basis eine passende, künftige Waldbewirtschaftungsstrategie (Therapie) zu entwickeln um die Schäden auf das Minimum zu begrenzen. Die entgeltliche Lösung des Problems liegt allerdings nicht in Händen des Waldbewirtschaftlers, sondern muss durch eine dauerhafte Verminderung der Umweltverschmutzung gelöst werden.

## 8. LITERATURA

1. BRELOH, P., DIETERLE, G., 1985. Ergebnisse der Waldschadenerhebung 1985. Allgemeine Forstzeitschrift, 40, 51/52: 1377—1380.
2. BRELOH, P., NAUBER, J., 1987. Waldschadenerhebung 1987. Forst- und Holzwirt, 42, 20: 538.
3. DONG, P. H., KRAMER, H., 1986. Auswirkungen von Umweltbelastungen auf das Wuchsverhalten verschiedener Nadelbaumarten im norddeutschen Küstenraum. Forst- und Holzwirt, 41, 11: 286—290.
4. DRUŠKOVIČ, B., 1987. Citogenetske spremembe kot bioindikacija. Črna knjiga o propadanju gozdov, IGLG 1987: 37—41.
5. EAFV, 1987. Sanasilva-Waldschadenbericht 1987. Eidg. Anstalt f. des forst. Versuchswesen, Birmensdorf, 32 s.
6. EAFV, 1985. Ergebnisse der Sanasilva-Waldschadeninventur 1985. Eidg. Anstalt f. des forst. Versuchswesen, Birmensdorf.
7. FRANZ, F., 1983. Auswirkungen der Walderkrankungen auf Struktur und Wuchsleistung von Fichtenbeständen. Forstwissenschaftl. Centralblatt, 102 (3): 186—200.
8. GERECKE, K. L., 1986. Zuwachsuntersuchungen an vorherrschenden Tannen aus Baden-Württemberg. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung, 157: 59—68.
9. HARTMAN, P., SCHNEIDER, O., PETTER, P., SCHLÄPPFER, R., 1987. Etude des relations, chez l'épicéa, entre la largeur de cerne et l'état sanitaire de la cime. Schweiz. Z. Forstwes., 138, 11: 923—943.
10. HOČEVAR, M., 1984. Daljinsko pridobivanje podatkov o stanju in razvoju gozdnih sestojev in gozdnega prostora. Zbirka referatov. VTOZD za gozdarstvo, Ljubljana, 201 s.

11. HOČEVAR, M., 1985. Waldschadeninventur und Überwachung mit Luftbild-terrestrischen Methoden für die Planung auf regionalen und nationalen Ebene. Inventorying and monitoring endangered forests. IUFRO conference, Zurich 1985: 243—246.
12. HOČEVAR, M., 1987. Ugotavljanje in spremljanje poškodovanosti gozda s fointerpretacijo posnetkov iz zraka. Seminarsko gradivo. VTOZD za gozdarstvo, Ljubljana, 80 s.
13. IGLG, 1987. Črna knjiga o propadanju gozdov. SIS za gozdarstvo Slovenije, 46 s.
14. KENK, G., KREMER, W., BRANDL, H., BURGBACHER, H., 1984. Die Auswirkung der Walderkrankung auf Zuwachs und Reinertrag in einen Plenterwaldbetrieb des mittleren Schwarzwaldes. Allgemeinen Plenterwaldbetrieb des mittleren Schwarzwaldes. Allgemeine Forstzeitschrift, 39, 27: 692—695.
15. KONTIC, R., NIEDERER, M., NIEPPEL, C. A., WINKLER-SEIFERT, A., 1986. Jahrringanalysen an Nadelbäumen zur Darstellung und Interpretation von Waldschaden (Wallis, Schweiz). Eidg. Anstalt. f. des forst. Versuchswesen, Birmensdorf, Berichte 283, 46 s.
16. KRAMER, H., 1986. Beziehungen zwischen Kronenschadbild und Volumenzuwachs bei erkrankten Fichten. Allgemeine Forst- und Jagd Ztg., 157: 22—27.
17. MASUMY, S. A., 1983. Infrarot-Farbluftbilder als Grundlage zur Inventur der grossräumiger Waldschäden. Allg. Forstzeitschrift, 38, 46/47: 1250—1251.
18. MOOSMAYER, H. U., 1984. Erkenntnisse über die Walderkrankungen. Forstwiss. Centralblatt., 103, 1: 1—16.
19. \* 1985. Ergebnisse der Waldschadeninventur 1985. Allgemeine Forstzeitung, 96, 6: 151—152.
20. POLLANSCHÜTZ, J., NEUMANN, M., 1987. Leichte Besserung bei den Nadelbäumen. Oester. Forstzeitung, 98, 11: 16—18.
21. POLLANSCHÜTZ, J., NEUMANN, M., 1987. Waldzustandsinventur 1985 und 1986. FBVA, Wien, Berichte, 23: 98 s.
22. PRODAN, M., 1986. Punktstichprobe für die Forsteinrichtung. Forst- und Holzwirt 11, 1: 225—226.
23. ROLOFF, A., 1985. Schadstufen bei der Buche. Vorschlag für eine bundeseinheitliche Einordnung der Buche in vier Schadstufen bei terrestrischen Aufnahmen. Forst- und Holzwirth, 40: 131—133 s.
24. SCHLÄPFER, R., GÜNTER, R., SCHMID, B., 1986. Die Planung im Falle Waldschäden in einem Forstbetrieb des schweizerischen Mittellandes. Schweiz. Z. Forstwes., 137, 12: 1011—1027.
25. SCHMID-HAAS, P., MASUMY, S. A., Niederer, M., Schweingruber, F., H., 1986. Zuwachs- und Kronenanalysen an geschwachten Tannen. SZF, 137, 10: 811—832.
26. SCHÖPFER, W., HRADEZKY, J., 1984. Walschadeninventur Baden-Württemberg 1983 mit Infrarot-Farbflugaufnahmen. Ergebnisse und Er-

fahrungen. Mitteilungen, Forst. Versuchs- und Forsch. Anstalt, Baden-Württemberg, Vol. 111, 146 s.

27. SCHÖPFER, W., HRADETZKY, J., 1986. Zuwachsrückgang in erkrankten Fichten- und Tannenbeständen — Auswertungsmethoden und Ergebnisse. Forstwiss. Centralblatt, 105, 6:
28. SCHÖPFER, W., HRADETZKY, J., 1987. Zur Problematik eines grossräumigen Zuwachsrückgangs in erkrankten Fichten- und Tannenbeständen Südwesddeutschlandes. Forst- und Holzwirth, 42, 18: 487—492.
29. SPEIDEL, G., MEHLIN, H., ÖSTEN, G., 1985. Die wirtschaftlichen Folgen des Waldsterbens für die Forstbetriebe am Beispiel eines Plenterwaldbetriebes des mittleren Schwarzwaldes. Allgemeine Forstzeitschrift, 40, 14: 319—326.
30. ŠOLAR, M., 1986. Onesnaženje zraka in propadanje gozdov v Sloveniji. Umiranje gozdov in raba lesa. ZDIT, Ljubljana, 21—45 s.
31. WASTENSON, L., ALM, G., KLEMAN, J., WASTENSON, B., 1987. Swedish experiences on forest damage inventory by remote sensing methods. Int. J. Imag. Remote sensing. IGS, 1: 43—52.