

GDK 587+583: 188 Abieti - Fagetum dinaricum: 228: 416.1: 48 (497.12 x 10)

## **SPREMLJANJE RAZVOJA SESTOJEV IN ČASOVNA DINAMIKA PROPADANJA DREVES V JELOVO - BUKOVEM GOZDU**

David HLADNIK\*

### *Izvleček*

Leta 1985 smo s fotointerpretacijskim in terenskim snemanjem integralno analizirali stanje jelovo-bukovih gozdov na visokem krasu. Po delni ponovitvi aerosnemanja v letu 1988 smo oblikovali metodo za spremljanje razvoja sestojev in oceno sprememb poškodovanosti dreves. Rezultati parnih primerjav dreves, opravljenih s fotointerpretacijo infrardečih barvnih letalskih posnetkov in terenskim snemanjem v kontrolnih sestojih, kažejo, da v triletnem obdobju ni bilo velikih sprememb. Prevladovala so drevesa, kjer se poškodovanost ni spremenila, saj smo spremembo stanja krošnje določili pri 11% jelk in smrek v vzorcu. Razlike med sestoji nakazujejo, da je podoba današnje poškodovanosti tudi posledica preteklega razvoja sestojev in različne intenzivnosti gospodarjenja.

*Ključne besede: propadanje gozdov, fotointerpretacija, Abies alba, Picea excelsa*

## **OBSERVATION OF THE DEVELOPMENT OF STANDS AND CHRONOLOGICAL DYNAMICS OF FOREST DECLINE IN A BEECH AND SILVER FIR FOREST**

David HLADNIK\*

### *Abstract*

In 1985 the condition of forest belonging to plant association Abieti-Fagetum dinaricum on a karst plateau was analysed by photo-interpretation and a field survey. The aerial survey was partially repeated in 1988. Then a method for the observation of the development of stands and for the estimate of changes in damaged trees was designed. The results of a chronological comparative analyses of the same trees, which was performed by photo-interpretation of colour infrared aerial photographs and a field survey in control stands, indicate that there were no considerable changes in the degree of their damage in the three-year period. Changes in crown condition of trees were identified only in 11 % of silver fir and Norway spruce trees of the sample. The differences in the condition of stands indicate that the current damage results partly also from the development of the stands in the past and the degree of intensity of their management.

*Key words: forest decline, aerial photographs, Abies alba, Picea excelsa*

---

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

## VSEBINA

1	UVOD	
1.1	Ocenjevanje dinamike propadanja dreves.....	57
1.2	Cilji raziskave.....	58
2	OPIS OBJEKTA IN METODE DE LA.....	58
2.1	Kontrolni sestoji .....	60
2.2	Terensko snemanje .....	62
2.3	Fotointerpretacija .....	62
2.3.1	Spremljanje razvoja sestojev .....	64
2.3.2	Parne primerjave dreves.....	65
2.4	Obdelava podatkov.....	66
3	REZULTATI.....	66
3.1	Propadanje dreves.....	66
3.1.1	Primerjava karte poškodovanosti iz leta 1985 in terenskega snemanja 1988.....	66
3.1.2	Sprememba stanja dreves posameznih stopenj poškodovanosti.....	67
3.1.3	Oblika krošnje in debelinska rast jelke .....	70
3.1.4	Poškodovanost smreke .....	76
3.2	Propadanje sestojev .....	78
3.2.1	Zgradba in razvoj kontrolnih sestojev.....	78
3.2.2	Prostorska razporeditev poškodovanosti .....	81
3.2.3	Ocena mortalitete dreves v kontrolnih sestojih po letu 1985.....	82
3.2.4	Prostorska struktura sestojnih tipov.....	84
4	RAZPRAVA IN SKLEPI.....	87
5	SUMMARY.....	92
6	REFERENCE .....	94

## 1 UVOD

### 1.1 Ocenjevanje dinamike propadanja dreves

V gozdarstvu so dolgo spremljali stanje in razvoj gozda tako, da so predvsem zbirali in analizirali podatke o lesnih zalogah, prirastku in strukturi poseka v ureditvenih enotah. Tudi ko so pričeli pri gojenju upoštevati individualnost posameznega sestoja in rastišča in se je deklarativno krepil pomen splošnokoristnih funkcij gozda, je klasična miselnost še prevladovala. Gozd so prepogosto obravnavali statično. Njegov razvoj so analizirali s primerjavo zaporednih slik gozda, namesto da bi bili analizirali razvojne procese (SCHMID-HAAS 1983).

Kljub obilici podatkov, ki so jih gozdarji zbirali stoletja, nas je sredi osemdesetih let nepripravljene presenetilo propadanje gozdov. Po presenetljivih prvih ocenah, da gozdovi propadajo, so v večini evropskih držav pričeli sistematično ugotavljati poškodovanost dreves. Ko so primerjali rezultate zaporednih snemanj, so sklepali o trendih propadanja drevesnih vrst (METTENDORF in drugi 1988, ŠOLAR 1990). Temeljna problema pri ocenjevanju, kako raste poškodovanost gozdov, sta ostala zbiranje podatkov in odkrivanje značilnih znakov pri propadanju dreves. Najpogostejša znaka pri ocenjevanju poškodovanosti dreves sta vse doslej ostala deleža osutih in porumenelih iglic ali listov v krošnji (INNES 1990). Sprva smo ocenjena drevesa razvrščali v pet stopenj poškodovanosti z neenakim razmikom osutosti, ob inventurah v zadnjih letih pa osutost iglic ali listov ocenjujemo na 5 % natančno. Pri velikoprostorskih inventurah ocenjevanje opravijo številni popisovalci, zato je mogoče zagotoviti primerljivost rezultatov le z določitvijo standardov in skrbnim šolanjem snemalnih skupin. Kljub mnogim pripomočkom za ocenjevanje in že ustaljenemu šolanju popisovalcev je razlike med snemalnimi skupinami težko izločiti (LICK, KRAPFENBAUER 1986). V Švici so pri kontroli zanesljivosti rezultatov s ponovnim ocenjevanjem 15 % dreves v vzorcu popisa ugotovili, da sistematična razlika med snemalnimi skupinami vpliva na oceno, koliko je poškodovanih dreves. Presoja o spremembi poškodovanosti je zato nezanesljiva (MAHRER 1988).

Ko primerjamo rezultate zaporednih inventur glede poškodovanosti, upoštevamo načela in omejitve, za katere pogosto niti nimamo trdnih argumentov o njihovi upravičenosti. Mejo med poškodovanimi in nepoškodovanimi drevesi smo določili pri 25 % osutosti iglic ali listov v krošnji, pri oceni poškodovanosti ne upoštevamo že propadlih dreves zaradi domneve, da je njihov delež v sestojih odvisen tudi od tega, kako pogosti so sanitarni poseki. Kompleksna ocena poškodovanosti ne upošteva samo osutosti krošnje, zato imajo domnevni znaki propadanja dreves različno težo. Taka stopnja poškodovanosti je "...matematični in izkustveni seštevek na terenu določenih in graduiranih podatkov, ki so dodatno izvrednoteni še s stališča ogroženosti dreves" (ŠOLAR 1989, s.75).

Spremembe poškodovanosti torej ocenjujemo podobno kot smo dolgo počeli pri analizi razvojnih procesov - s primerjavo rezultatov zaporednih inventur. Na podoben problem

smo naleteli tudi pri tehnikah daljinskega pridobivanja podatkov v gozdarstvu. Pomen fotointerpretacije infrardečih barvnih letalskih posnetkov za ocenjevanje poškodovanosti dreves je bil znan, še preden so pričeli gozdovi propadati (MURTHA 1972). Zato ni presenetljivo, da smo v istem obdobju, kot so potekale inventure glede propadanja, razvili metodo za integralno fototerestrično inventuro v gozdarstvu (HOČEVAR, HLADNIK 1988). Zaradi dokumentacijske vrednosti letalskih posnetkov smo sklepali, da bo s to tehniko mogoče tudi rešiti navidez nerešljiv problem - ocenjevanje resničnih sprememb poškodovanosti pri posameznih drevesih. Podobne raziskave so bile z zahtevno raziskovalno opremo že opravljene (AKCA 1989), zato smo želeli izdelati metodo, ki bi bila sestavni del sodobne gozdne inventure in bi poleg ocene sprememb poškodovanosti dreves dopolnila tudi oceno razvoja gozda. Zaradi velikega deleža poškodovanih dreves v gozdnih sestojih sta za učinkovito gospodarjenje potrebni zanesljiva ocena njihove poškodovanosti in prostorska razporeditev poškodb, nujen pa je tudi stalen nadzor propadanja dreves.

## 1.2 Cilji raziskave

Leta 1985 smo v delu gozdnogospodarske enote Podkraj-Nanos (SGG Tolmin) prvič ocenili poškodovanost gozdnih sestojev, in sicer s terenskim in fotointerpretacijskim snemanjem. Kasneje smo podobno metodo dela uporabili tudi v gozdovih na Pokljuki in Jelovici (HOČEVAR 1990). Z razvojem integralne fototerestrične inventure v gozdarstvu smo oblikovali izhodišča za spremljanje razvoja poškodovanih sestojev, zaradi velikega deleža poškodovanih dreves pa je bilo nujno tudi zagotoviti nadzor in oceno, kako narašča propadanje teh dreves v obdobju med zaporednimi gozdnimi inventurami. Za zanesljivo oceno glede razvoja sestojev in spremljanje poškodovanosti dreves je bilo potrebno v gozdu postaviti trdnejša oporišča, ki zagotavljajo analizo razvojnih procesov, hkrati pa so tudi točke, na katerih stalno preverjamo koncept dela v propadajočih sestojih. S stalnim nadzorom je mogoče opaziti nenadne spremembe pri poškodovanosti dreves ali celo povečano mortaliteto, spremenjenemu poteku propadanja pa pravočasno prilagodimo tudi naše delo v gozdu.

Z raziskavo propadanja dreves v jelovo-bukovem gozdu smo si postavili naslednje osnovne cilje:

- oblikovati metodo za nadzor propadanja gozdnih sestojev,
- oceniti dinamiko propadanja dreves,
- opredeliti značilne skupine propadajočih dreves, ki jih določajo znaki v njihovih krošnjah.

## 2 OPIS OBJEKTA IN METODE DE LA

V gozdovih nekdanj samostojnih gozdnogospodarskih enot - Podkraja in Nadrta - smo leta 1985 analizirali poškodovanost drevesnih vrst in oblikovali metodo za ugotavljanje,

kakšno je zdravstveno stanje posameznih gozdnih sestojev (HOČEVAR, HLADNIK 1988). Enoti, v nadaljevanju ju bomo raje imenovali revirja, ležita na severozahodnem obrobju dinarskega gorskega masiva - na visokokraški planoti Nanosa in Hrušice. V obeh revirjih prevladujejo jelovo-bukovi gozdovi. V Nadrtu je jelki in bukvi močnejše primešana smreka, medtem ko je v Podkraju v sestojih glavna drevesna vrsta jelka. V polnilnem sloju in le redko v strehi sestoja so primešani listavci, ki gradijo čiste bukove in bukovo-javorjeve sestoje le v subalpskem pasu nad 1000 m, na zgornjih nadmorskih višinah obeh revirjev.

Z integralno fototerestrično inventuro v letu 1985 smo ocenili strukturo, lesne zaloge, proizvodne sposobnosti ter zdravstveno stanje sestojev v obeh revirjih. Ker je bilo poškodovanih veliko dreves in smo se bali, da drevje zelo hitro propada, je bilo potrebno oblikovati metodo, s katero bi ugotavljali propadanje najmočnejše poškodovanih drevesnih vrst - jelke in smreke. Desetletna obdobja, v katerih bi z zaporednimi gozdnimi inventurami spremljali razvojne procese v gozdu, bi bila za nadzor propadanja sestojev in oceno dinamike propadanja dreves predolga. Učinkovit nadzor je mogoče zagotoviti s stalnim ugotavljanjem poškodovanosti dreves, ocena dinamike propadanja pa je objektivna le, če upoštevamo razlike med sestoji, ki so posledica preteklega gospodarjenja in tudi naravnih katastrof. Združiti je torej treba informacije o stanju in razvoju sestojev, pridobljene z zaporednimi gozdnimi inventurami, ter oceno dinamike propadanja, ki jo dobimo s spremljanjem stanja dreves različnih stopenj poškodovanosti.

Zaradi velike površine obeh revirjev in prostorske razčlenjenosti sestojev smo oblikovali metodo za ugotavljanje propadanja le v izbranih - kontrolnih sestojih. Ti morajo dobro predstavljati gozdni predel, v katerem ležijo, informacije in podatke iz kontrolnih sestojev pa je mogoče vpeti v podobo celotnega gozda, in sicer s sestojno karto, izdelano ob integralni gozdni inventuri. Nadzor glede propadanja smo zasnovali tako, da bo mogoče spremembe stanja ugotavljati na treh ravneh:

1. S pomočjo prostorske razporeditve poškodovanosti in z oceno, kako se spreminjajo sestojni tipi na celotni površini gozda.
2. Z analizo zgradbe in ugotavljanjem, kako poteka razvoj kontrolnih sestojev.
3. Z oceno, kako propadajo posamezne drevesne vrste v kontrolnih sestojih.

Ko smo oblikovali metodo za oceno dinamike propadanja, smo povezali različne vire podatkov in informacij - terensko snemanje, fotointerpretacijo letalskih posnetkov ter podatke in informacije v doslej izdelanih ureditvenih načrtih. Stičišče informacijskih virov predstavljajo izbrani kontrolni sestoji, v katerih smo analizirali poškodovanost drevesnih vrst in ocenili dinamiko njihovega propadanja po letu 1985.

## 2.1 Kontrolni sestoji

Na sestojni karti iz leta 1985 smo s sistematično vzorčno mrežo izbrali pet kontrolnih sestojev. S kilometrsko vzorčno mrežo, ki jo določajo presečišča Gauss-Kruegerjeve koordinatne mreže, smo jih izbrali zato, da bi ugotavljali, kako propada drevje v različnih sestojnih tipih, razporejenih na površini obeh revirjev. Kontrolni sestoji so veliki od 9,5 ha do 24,9 ha. Zaradi razčlenjenega visokokraškega sveta je njihovo lego težko opisati s prevladujočimi znaki reliefa, pa tudi rastiščne razmere v sestojih niso enotne.

Preglednica 1: Podatki o kontrolnih sestojih

sestoj	prevladujoča zdužba	nmv(m)	P(ha)	starost let	ocenjene vrednosti						tablične vrednosti				
					poškodovanost I85	poškodovanost I88	(m <sup>3</sup> /ha)	(m <sup>2</sup> /ha)			SI <sub>50</sub> (je/sm)	SDI	(m <sup>3</sup> /ha)	(m <sup>2</sup> /ha)	K
1	A-F dentarietosum	715-810	24,9	110-140	82	74 +21	294-415	23-32	18-27	4-7	18 / 18	415-514	602-672	41-43	0,7
2	A-F omphalodetosum	810-880	16,7	90-110	90	86 +14	352-466	27-35	21-30	4-7	21 / .	457-589	529-664	40-44	0,7
3	A-F typicum	830-950	15,8	90-130	80	66 +42	178-315	16-27	10-22	3-7	15 / 17	310-520	403-512	33-38	0,6
4	A-F asperuletosum	900-980	9,5	110-140	91	75 +22	252-370	22-32	11-22	8-13	16 / 19	432-575	430-553	35-39	0,7
5	A-f dentarietosum	900-970	16,6	110-120	82	61 +24	267-362	25-32	16-26	5-10	16 / 17	492-624	436-549	35-39	0,8

prevladujoča zdužba - podatki so prevzeti iz elaborata (ZGJ.NAR 1982),

nmv - nadmorska višina,

P - površina sestoja,

I85, I88 - indeks poškodovanosti jelke

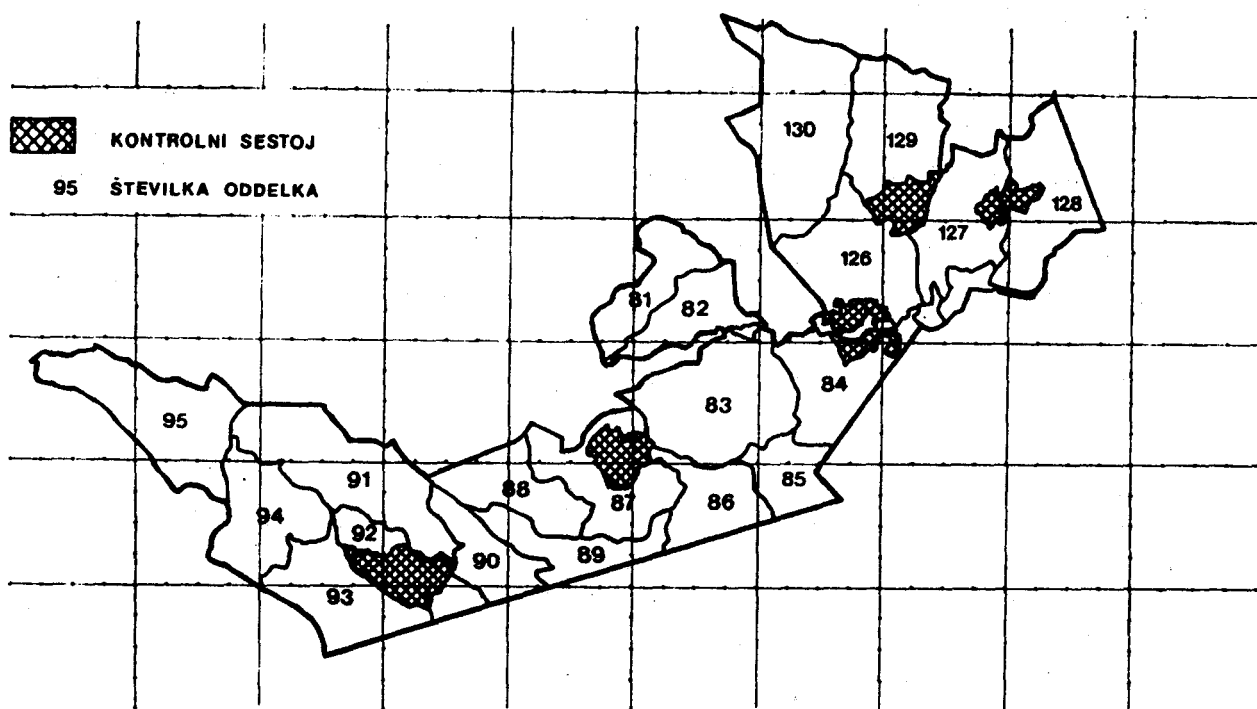
m<sup>3</sup>/ha - ocena lesne zaloge,

m<sup>2</sup>/ha - ocena temeljnice, igl - iglavci, list - temeljnica listavcev,

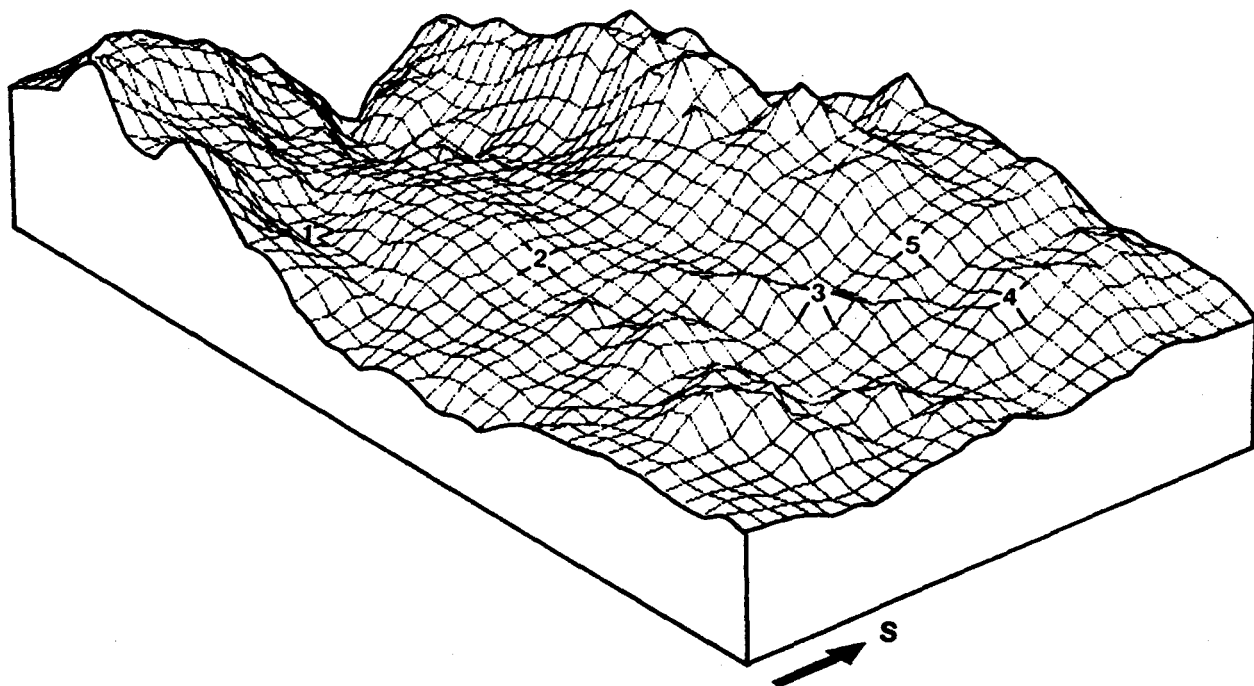
SI<sub>50</sub> - rastiščni indeks jelke in smreke,

SDI - število dreves na hektar pri prsnem premeru 25 cm - po Reinekeju (KOTAR 1985),

K - količnik med dejansko temeljnico in prilagojeno tablično vrednostjo.



Slika 1: Gozdarska razdelitev na oddelke v revirjih Podkraj in Nadrt leta 1985. Na presečiščih Gauss-Kruegerjeve koordinatne mreže so označeni izbrani kontrolni sestoji



Slika 2: Aksonometričen prikaz reliefa z označenimi točkami, ki določajo izbor kontrolnih sestojev leta 1988. Gostota mreže digitalnega modela reliefa je 200 x 200 m

## 2.2 Terensko snemanje

V vsakem kontrolnem sestoju smo na vzorčni mreži 100 x 100 m postavili 10 stalnih krožnih vzorčnih ploskev s površino 10 arov. Na odmerjenih krožnih ploskvah smo ocenili lego in znake sestoja ter izmerili vsa drevesa znotraj radija 17,84 m. Znake v krošnji podraslih dreves smo ocenjevali v manjšem vzorcu. Izbrali smo krožno ploskev s površino 3 arov, ki leži znotraj osnovne 10 arske, določa pa jo radij ( $r = 9,77$  m) koncentričnega kroga. Izbranim drevesom smo izmerili ali ocenili naslednje znake:

- azimut in razdaljo od središča vzorčne ploskve do drevesa,
- drevesno vrsto,
- premer v prsni višini ( $d_{1,3}$ ),
- socialni položaj (nadržalo, soraslo, podraslo drevo),
- utesnjenost (ni utesnjeno, z ene, z dveh, s treh, z vseh strani utesnjeno drevo),
- dolžino krošnje (nad polovico debla, od četrt do polovice, krajša od četrtine debla),
- obliko jelkega vrha (kot, ki ga oklepajo vrh in robovi vej v zgornjem delu krošnje),
- osutost krošnje (na 5 % natančno s pomočjo priročnika (EAFV 1986)),
- porumenelost iglic ali listov (na 10 % natančno),
- posebne poganjke (brez poganjkov, adventivni pri jelki, razvejanost pri bukvi, sekundarni poganjki pri smreki),
- delež posebnih poganjkov v krošnji (brez, posamič, v šopih, po celotni krošnji),
- poškodbe debla (brez poškodb, poškodbe zaradi spravila, razpokana skorja, poškodbe zaradi gradnje prometnic, zlomljen vrh, zaradi snega ali žleda nagnjeno deblo ali polomljena krošnja)
- zgornjo višino (višina 4., 5., 6. in 7. najbolj debelega drevesa na ploskvi),
- debelinsko rast dreves - izvrtek smrek in jelk različnih stopenj poškodovanosti.

Terensko smo pričeli snemati septembra 1988 po aerosnemanju in novembra prenehali. Delo na stalnih vzorčnih ploskvah smo dokončali maja 1989 pred olistanjem, tako da se podatki za iglavce nanašajo na eno vegetacijsko obdobje. Taka časovna razporeditev je bila dopustna tudi zato, ker sta listavce leta 1988 prizadela pozeba in napad rilčkarja, pri oceni njihove poškodovanosti pa smo upoštevali obliko krošnje in njeno razvejanost, ne pa količine in velikosti listov v krošnji. Izsledke raziskave smo dopolnili s terenskim popisom poškodovanosti, ki smo ga opravili maja in septembra 1991.

## 2.3 Fotointerpretacija

Leta 1985 je bila celotna gozdno gospodarska enota Podkraj-Nanos posneta z infrardečim barvnim filmom. S fotointerpretacijo letalskih posnetkov tega snemanja smo izdelali sestojno karto in karto poškodovanosti gozdnih sestojev (HOČEVAR, HLADNIK 1988). Karta poškodovanosti gozdnih sestojev je bila z letalskimi posnetki izhodišče za ugotavljanje, kako propadajajo sestoji, in oceno dinamike propadanja dreves.



Leta 1988 je Geodetski zavod Republike Slovenije po naročilu Oddelka za gozdarstvo Biotehniške fakultete ponovno posnel del obeh revirjev z infrardečim barvnim filmom, v arhivu zavoda pa smo našli tudi črno bele pankromatske posnetke obeh revirjev iz let 1957 in 1975. Ti posnetki so bili vir podatkov za spremljanje razvoja sestojev in oceno njihovega propadanja. Prostorsko razporeditev in spremenjenost gozdnih sestojev smo analizirali s fotointerpretacijo letalskih posnetkov iz let 1957, 1975 in 1985. Zaporedni snemanji z infrardečim barvnim filmom v letih 1985 in 1988 pa sta bili osnova za oceno dinamike propadanja dreves v kontrolnih sestojih.

**Preglednica 2: Tehnični podatki o letalskih posnetkih, uporabljenih pri fotointerpretaciji propadanja gozdov Podkrajja in Nadrta**

Leto 1957	Leto 1975
Izvajalec: Vojnogeografski inštitut Beograd	Geodetski zavod Slovenije, ciklično aerosnemanje (CA)
Snemalna kamera: $f = 115,16 \text{ mm}$	WILD RC. $f = 152,98 \text{ mm}$
Film: Črnobeli pankromatski, format 18x18cm	Črnobeli pankromatski, format 23x23 cm
Merilo posnetkov: $M = 1 : 30000$	$M = 1 : 17500$
Število uporabljenih aeroposnetkov: 5	11
Leto 1985	Leto 1988
Izvajalec: Geodetski zavod Slovenije,	Geodetski zavod Slovenije,
Snemalna kamera: Zeiss-Jena LMK, $f=305,33 \text{ mm}$ .	Zeiss-Jena LMK. $f=305,18 \text{ mm}$
Film: KODAK IR 2443, format 23x23 cm	KODAK IR 2443, format 23x23 cm
Merilo posnetkov: $M = 1 : 6000$	$M = 1 : 6000$
Število vseh aeroposnetkov: 215	19
Datum snemanja: 24. in 26.7.1985	27.7.1988

### 2.3.1 Spremljanje razvoja sestojev

S spremljanjem razvoja sestojev smo želeli dopolniti informacijo o gospodarjenju in razvoju gozda v preteklih tridesetih letih. Dendrometrijske podatke ter opise gospodarjenja v obeh revirjih smo zbrali v gozdnogospodarskih načrtih Soškega gozdnega gospodarstva Tolmin; to je načrt za te gozdove izdelalo že leta 1965, pred tem pa so na Gozdnem gospodarstvu Postojna leta 1952 izdelali prvi povojni gozdnogospodarski načrt.

Domnevali smo, da bo mogoče z zaporedjem sestojnih kart od leta 1957 do leta 1985 oceniti spremembe gostot v kontrolnih sestojih, saj so leta 1965 in 1975 v odsekih obeh revirjev opravili polno premerbo, s terenskim snemanjem na 10 arskih vzorčnih ploskvah pa smo tudi leta 1988 neposredno ocenili gostote v kontrolnih sestojih. Podatki iz let 1965 in 1975 podajajo povprečno lesno zalogo in temeljnico na površini posameznih odsekov, zato je brez sestojnih kart iz preteklih obdobij nemogoče oceniti, kako se je razvijala gostota današnjih sestojev. Tudi z evidenco o posekih dreves ne bi mogli sklepati, kako močno so se spremenili sestoji, kako se je spremenil sestojni sklep, se povečale vrzeli ali celo oblikovale pomladitvene površine v sestojih. Spremembe gostot je mogoče ugotavljati s podatki polne premerbe le, če poznamo površino sestojev z merjeno lesno zalogo. Izločiti je torej potrebno površino pomladitvenih jeder v sestojih, ocena gostote na preostali površini pa je odvisna tudi od homogenosti sestojev v posameznem odseku.

Sestojna karta iz leta 1985 je bila izhodišče za ugotavljanje, kako so se razvijali kontrolni sestoji od leta 1957 do leta 1988. Pri razmejevanju in izločanju sestojnih tipov smo leta 1985 upoštevali naslednje kriterije:

- razvojno fazo (mladovje, drogovnjak, debeljak, pomlajenec),
- mešanost drevesnih vrst (iglavci  $\geq 90$  %, iglavci 50-89 %, iglavci 11-49 %, iglavci  $\leq 10$  %),
- sklep krošenj (normalen ali gost, rahel, vrzelast, pretrgan).

Na posnetkih izrisane meje sestojev smo z računalniškim razpačenjem in kartiranjem prenesli na gozdarsko karto v merilu 1 : 10000 (HOČEVAR, HLADNIK 1988). Meje sestojnih tipov na tej karti smo digitalizirali in jih z računalniškim sistemom MONOPLOT (MOLENAAR, STUIVER 1987) prenesli na letalske posnetke iz let 1957 in 1975. Sistem omogoča transformacijo slikovnih koordinat letalskih posnetkov ali kart v terenske koordinate. Tako je mogoče s pomočjo oslonilnih točk transformirati digitalizirane podatke s kartografskega modela v slikovni koordinatni sistem letalskih posnetkov, z enoslikovnim digitaliziranjem pa transformiramo tudi situacijsko predstavo na letalskih posnetkih v ortogonalno projekcijo karte.

V vsakem sestoju, ki je bil razmejen leta 1985, smo na letalskih posnetkih iz leta 1957 in 1975 ocenili njegovo razvojno fazo, mešanost in sklep krošenj v sestojni strehi. Ker je bila razčlenjenost sestojnih tipov v preteklih obdobjih manjša kot leta 1985, smo sosednje sestoje, ki se leta 1957 ali 1975 niso razlikovali, združevali v večje homogene enote. Pri fotointerpretaciji letalskih posnetkov iz let 1957 in 1975 smo ohranili današnje meje sestojev le v tistih delih gozda, kjer so bili posamezni sestoji oblikovani že v prejšnjih obdobjih in so se razlikovali od sestoja, ki jih je obdajal. Potek sestojnih meja smo spremenili le tam, kjer je bila sestojna zgradba v preteklosti drugačna kot leta 1985.

Posebej smo izrisali tudi pomladitvena jedra, iz katerih so predvsem po letu 1975 nastale velike pomladitvene površine.

### 2.3.2 Parne primerjave dreves

Leta 1985 smo poškodovanost dreves na letalskih posnetkih ocenjevali s fotointerpretacijskim ključem (HLADNIK 1986). Glede na delež osutih iglic ali listov v krošnji smo ocenjena drevesa razvrščali v običajnih pet stopenj poškodovanosti. Tako razvrščanje je za oceno, s kakšno dinamiko propadajo drevesa, pregrebo, saj je predvsem pri tretji stopnji poškodovanih dreves delež osutosti prevelik (26-60 % osutih listov ali iglic). Zaradi dokumentiranega stanja na letalskih posnetkih smo lahko kljub temu ocenili spremembe poškodovanosti dreves od leta 1985 do leta 1988. Oceno smo izdelali tako, da smo primerjali poškodovanost istih dreves na letalskih posnetkih iz obeh obdobj, zanesljivost ocene sprememb pa smo povečali s terenskim snemanjem poškodovanosti dreves na stalnih vzorčnih ploskvah.

Podobno kot meje sestojnih tipov smo z gozdarske karte prenesli na letalske posnetke tudi središča vzorčnih ploskev. Po prenosu lege središč na aeroposnetke smo si pri dokončni identifikaciji dreves pomagali z izrisanimi kartami krošenj na stalnih vzorčnih ploskvah. Za vsako vzorčno ploskev smo izrisali projekcije krošenj nadraslih in soraslih dreves in tako dobili vzorec njihove razporeditve v prostoru. S stereoskopskim opazovanjem smo ob točki, ki je na letalskem posnetku določala središče vzorčne ploskve, poiskali enako razporeditev dreves in identificirali na terenu ocenjena drevesa. Dodatna pomoč pri identifikaciji so bili terenski opisi krošenj. Z njimi smo primerjali sliko istih dreves na letalskih posnetkih. Tako smo poiskali vseh petdeset vzorčnih ploskev in identificirali vsa drevesa v sestojni strehi. Fotointerpretirali smo z INTERPRETOSKOPOM B (Carl Zeiss - Jena) pri desetkratni povečavi.

Ocenjena drevesa smo razvrščali po dveh znakih:

- terenski oceni osutosti krošnje leta 1988
- spremembi poškodovanosti krošnje po letu 1985.

Ko smo ocenjevali spremembe poškodovanosti jelk in smrek, smo si pomagali s fotointerpretacijskim ključem iz leta 1985. Ta ključ podaja osnovne značilnosti dreves in določa znake, na podlagi katerih je mogoče drevesa razvrščati po stopnjah poškodovanosti. Uporabili smo ga tudi pri parnih primerjavah dreves. Pri primerjanju pa smo upoštevali:

- spremembo oblike in obarvanosti krošnje,
- spremembo oblike in obarvanosti vrha,
- debelino oziroma olistanost vej,
- gostoto krošnje,
- nastanek novih odprtih v krošnji oziroma zapolnitev prejšnjih odprtih ali lukenj.

Na podlagi teh kriterijev smo jelke in smreke v strehi sestoja razvrščali v štiri skupine:

- drevesa z nespremenjeno krošnjo,

- drevesa z izboljšanim stanjem krošnje,
- drevesa s poslabšanim stanjem krošnje,
- posekana drevesa.

Pri terenskem delu smo poškodovanost listavcev ocenjevali posredno, tako da smo analizirali obliko krošnje in njeno razvejanost. Fotointerpretacijski ključ za ocenjevanje poškodovanosti listavcev upošteva predvsem olistanost krošnje, ki vpliva na intenzivnost in razporeditev barvnih tonov na infrardečem barvnem letalskem posnetku. Zaradi neugodnih vplivov v letu 1988 so bile krošnje številnih listavcev na letalskih posnetkih vrzelaste in svetlejšje obarvane. Če bi jih primerjali s posnetki iz leta 1985, bi jim na podlagi spremenjene barve, olistanosti in gostote krošnje pogosto prisodili poslabšano stanje. Taka ocena ne bi upoštevala, kako so se razvijala drevesa v triletnem obdobju. Zaradi poškodovanosti listne površine listavcev v letu 1988 bi temeljila na močno popačeni primerjavi. Zato nismo izdelali parnih primerjav listavcev in podajamo le oceno propadanja jelke in smreke.

Oceno smo dopolnili z analizo mortalitete dreves na celotni površini kontrolnih sestojev. Na letalskih posnetkih iz leta 1988 smo poiskali vsa propadla drevesa in jih identificirali na tri leta starejših posnetkih. Drevesom, ki so jih posekali ali pa so v triletnem obdobju propadla, smo ocenili poškodovanost na 5 % natančno s pomočjo slik referenčnih dreves na letalskih posnetkih iz leta 1985. To so bila preostala drevesa na stalnih vzorčnih ploskvah, ki smo jim leta 1988 na terenu ocenili delež osutih iglic, pri parnih primerjavah pa smo jim določili nespremenjeno poškodovanost v triletnem obdobju.

## 2.4 Obdelava podatkov

Podatke terenskih in fotointerpretacijskih snemanj smo statistično obdelali s programom SPSS in računalniškimi programi za obdelavo podatkov kontrolne vzorčne inventure, ki jih je pripravil dr. Milan Hočvar. Karte in interpretirano vsebino na aeroposnetkih smo digitalizirali z digitalnikom Graphtec KD4030, priključenim na osebni računalnik AT 286. S tem računalnikom smo podatke grafično obdelali in jih izrisali z risalnikom HP 7475 A. Z grafičnimi programskimi paketi smo izrisali tudi karte krošenj na stalnih vzorčnih ploskvah, glavno delo pri obdelavi digitaliziranih kart in aeroposnetkov pa smo opravili s sistemom Monoplot.

## 3 REZULTATI

### 3.1 Propadanje dreves

#### 3.1.1 Primerjava karte poškodovanosti iz leta 1985 in terenskega snemanja 1988

Karto poškodovanosti smo izdelali s fotointerpretacijo infrardečih barvnih letalskih posnetkov, posnetih leta 1985. Takrat smo v vsakem sestoju s sistematičnim vzorčenjem ocenjevali poškodovanost dreves, zajetih na letalskih posnetkih s krožnimi vzorčnimi ploskvami. Leta 1988 smo z redkejšo sistematično vzorčno mrežo na terenu ponovili inventuro poškodovanosti v petih kontrolnih sestojih. Ker je fotointerpretacijski ključ, izdelan leta 1985, obsegal le pet stopenj, smo podatke terenskega snemanja iz leta 1988

združili v podobne stopnje poškodovanosti dreves in nato po posameznih kontrolnih sestojih primerjali frekvenčne porazdelitve dreves iz obeh obdobj.

Primerjave takih frekvenčnih porazdelitev so premalo zanesljive, da bi lahko podali oceno o dinamiki propadanja jelke in smreke v triletnem obdobju. Leta 1985 smo z večjim vzorcem ocenili poškodovanost dreves v kontrolnih sestojih. Statistični izračuni so pokazali, da smo pri izdelavi karte poškodovanosti dosegli razmeroma natančno oceno sestojne poškodovanosti ( $E < 5\%$ ). Na podlagi desetih vzorčnih ploskev v posameznem kontrolnem sestoju leta 1988 nismo mogli doseči tako zanesljive ocene. To potrjujejo izračunane ocene, koliko je poškodovanih jelk in smrek v kontrolnih sestojih. Med poškodovana drevesa smo uvrstili jelke in smreke v sestojni strehi, pri katerih je bilo leta 1988 osutih 25 % iglic ali več. Ocene za jelko smo izračunali v vseh kontrolnih sestojih, za smreko pa le v tretjem in petem, saj je bilo v vzorcu drugih kontrolnih sestojev premalo dreves za tako analizo (preglednica 1).

S podatki iz leta 1985 nismo mogli izračunati intervalnih ocen, zato smo prikazali le indeks poškodovanosti v kontrolnih sestojih. Tega smo določili kot razmerje med poškodovanimi drevesi in celotnim številom ocenjenih dreves v vzorcu (HOČEVAR, HLADNIK 1988). Zaradi majhnega vzorca so izračunane ocene za leto 1988 neprimerne za presojo o spremembi poškodovanosti po letu 1985. Vzorčna napaka je večja od domnevnih razlik, o katerih bi sklepali po primerjavi frekvenčnih porazdelitev dreves, ocenjenih v zaporednih inventurah.

Podatkov o poškodovanih listavcih nismo primerjali po posameznih kontrolnih sestojih. Leta 1985 smo poškodovanost listavcev ocenjevali na podlagi tega, koliko so osute njihove krošnje. Takrat smo v vzorcu ocenili 14236 listavcev. Kar 87 % dreves je imelo nepoškodovano krošnjo, 12 % je bilo rahlo osutih, poškodovanih dreves pa je bilo manj kot odstotek. Leta 1988 smo o poškodovanosti sklepali iz oblike vej in razvejanosti poganjkov. Bičaste veje, ki nakazujejo slabši razvoj poganjkov, smo pri terenskem ocenjevanju opazili le pri eni bukvi v sestojni strehi. Take poganjke smo odkrili tudi pri bukvah pod sestojno streho, toda le na petih vzorčnih ploskvah, ki ležijo na pobočju in grebenu tretjega kontrolnega sestoja. Krošnje teh dreves so pogosto izpostavljene močnemu vetru, zato menimo, da je taka oblika vej tudi posledica ostrih klimatskih razmer. Pri bukvi v Podkraju in Nadrtu do leta 1988 nismo opazili kratkih poganjkov z zelo šibko razvejanostjo, ki bi bili zanesljivo nakazovali, da so drevesa močno poškodovana. Na neskladje med ocenjevanjem deleža osutih listov v krošnji in oceno na podlagi razvejanosti bukve opozarjajo tudi drugi avtorji (ATHARI, KRAMER 1989). Ko so določali poškodovanost s pomočjo razvejanosti poganjkov, so ugotovili, da sta bila deleža rahlo poškodovanih in poškodovanih dreves bistveno manjša kot pri oceni osutosti krošenj.

### 3.1.2 Sprememba stanja dreves posameznih stopenj poškodovanosti

Pravi odgovor o propadanju jelke in smreke v opazovanem obdobju je mogoče dobiti le s primerjanjem poškodovanosti istih dreves. Spremembe poškodovanosti smo analizirali na podlagi parnih primerjav iglavcev, ki smo jih s terenskim snemanjem leta 1988 ocenili na stalnih vzorčnih ploskvah. Ta drevesa smo identificirali na posnetkih iz let 1985 in 1988 in



S parnimi primerjavami dreves na letalskih posnetkih smo določili nespremenjeno poškodovanost krošnje pri 89 % jelk in 90 % smrek na 10 arskih vzorčnih ploskvah. Visoka deleža teh dreves pričata, da se ocena poškodovanosti pri jelki in smreki v triletnem obdobju ni bistveno spremenila, pa tudi pri drevesih z izboljšanim ali poslabšanim stanjem niso nastali veliki premiki na lestvici poškodovanosti. Večje spremembe so nastale le pri drevesih, ki so do leta 1988 propadla. Smreka z močno poškodovano krošnjo v letu 1985 (60 % osutost) se je po treh letih posušila, dokončno pa sta propadli tudi jelki, ki sta leta 1985 vztrajali le še z redkimi živimi vejami v krošnji in smo jima na letalskih posnetkih iz tega leta določili 90 % osutost krošnje. Do leta 1991 se stanje ni pomembno spremenilo. Deleža dreves z nespremenjeno osutostjo iglic sta še vedno visoka (80 % jelk in 87 % smrek), izboljšanje ali poslabšanje v krošnjah pa ni bilo skokovito. Pri jelkah, ki smo jim ocenili izboljšanje, so prevladovala drevesa z neznatno spremembo osutosti - do 5 %. Osmim jelkam se je olistanost krošnje povečala za 10 %, le pri eni smo ocenili za 15 % večjo olistanost kot leta 1988. Tudi drevesom s poslabšanim stanjem smo prisodili majhne spremembe. Le pri treh jelkah se je osutost povečala za 10 %, vsem preostalem smo ocenili 5 % izgubo iglic po letu 1988.

Porazdelitvi smreke in jelke v preglednicah 3 in 4 nakazujeta, da je bila sprememba stanja v obdobju 1985-1988 odvisna od poškodovanosti krošnje. Domnevo smo preizkusili s kontingenčnimi testi. Med letoma 1985 in 1988 je bilo izboljšanje ali poslabšanje stanja posameznih jelk odvisno od poškodovanosti krošnje ( $\chi^2 = 7,78^*$ ). Test linearnega trenda deležev dreves, pri katerih smo določili spremembo stanja, potrjuje, da je bilo poslabšanje značilno predvsem za jelke z močnejše poškodovano krošnjo ( $z = 2,32^*$ ). Z naraščajočo osutostjo se je povečal delež jelk s poslabšanim stanjem, naraščal pa je tudi delež posekanih dreves, saj so gozdarji po letu 1985 v sestojih sekali predvsem močno poškodovane jelke. Posek in poslabšanje zajemata kar 67 % najmočnejše poškodovanih jelk v vzorcu, toda ta podatek ne ponuja prepričljivega svarila, kako hitro propadajo. Bolj je presenetljivo vztrajanje jelk z redkimi živimi vejami, pri katerih tudi pri 80 % osutosti po treh letih nismo opazili sprememb v krošnji. Triletno obdobje sta preživel celotni dve jelki, ki smo jima leta 1988 na terenu določili 95 % osutih iglic v krošnji, pri parnih primerjavah na letalskih posnetkih pa ni bilo opaziti razlike med poškodovanostjo leta 1985 in 1988.

Pri smrekah v vzorcu nismo uspeli potrditi značilne odvisnosti med osutostjo krošnje in spremembo stanja v obdobju 1985-1988. Podobno kot pri jelki smo tudi za smreko določili poslabšanje stanja predvsem pri močno poškodovanih drevesih, izboljšanje pa smo določili le pri dveh smrekah z rahlo osuto krošnjo. V obdobju 1988-1991 se poškodovanost ni značilno spremenila, saj so bile tudi razlike pri smrekah z ocenjeno spremembo osutosti majhne - izboljšanje le do 5 %, osutost pa se pri nobeni smreki ni povečala za več kot 10 %.

Na podlagi ocene glede sprememb v opazovanem obdobju je napoved o prihodnjem razvoju poškodovanosti negotova, nakazane pa so značilnosti, ki jih bo potrebno upoštevati pri nadzoru o propadanju jelke in smreke. Izboljšanje ali poslabšanje poškodovanosti je bilo odvisno predvsem od stopnje osutosti iglic v krošnji, drugi

ocenjevani znaki dreves ne dovoljujejo sklepanja o morebitnih vzrokih za spremembo stanja. Kontrolni sestoji so že močno presvetljeni, zato niti socialni položaj dreves niti utesnjenost krošenj verjetno ne vplivata več na razvoj dreves v sestojni strehi. S kontingenčnimi testi nismo uspeli potrditi značilne odvisnosti med spremembo stanja in socialnim položajem jelke. Izboljšanje poškodovanosti smo določili pri 12 % nadraslih jelk, poslabšanje pa tudi pri podobnem deležu dreves istega socialnega položaja - 8 %. Krošnje smrek in jelk z ocenjeno spremembo stanja so bile večinoma sproščene, saj je imelo kar 83 % teh dreves neutesnjeno ali le z ene strani utesnjeno krošnjo. Tudi mehanskim poškodbam krošenj, ki sta jih povzročila moker sneg in žled v šestdesetih in sedemdesetih letih, danes ni več mogoče pripisati, da vplivajo na razvoj poškodovanosti. Polomljeni vrhovi preostalih jelk in smrek so se obnovili tako, da izboljšanje ali poslabšanje poškodovanosti v triletnem obdobju ni bilo odvisno od mehanske poškodbe vrha v preteklosti.

Izboljšanje stanja posameznih jelk smo ocenili v vseh kontrolnih sestojih, poslabšanje pa le v prvem, drugem in četrtem sestoju, toda delež takih dreves je bil v obdobju 1985-1988 premajhen, da bi bili na podlagi teh razlik skleпали o vplivu rastišča ali sestojne zgradbe na razvoj poškodovanosti. Podobno velja za smreko, ki je bila močnejše zastopana le v treh kontrolnih sestojih.

Tudi primerjava med vzorčnimi ploskvami ne ponuja dodatnega pojasnila o vzrokih za spremembo poškodovanosti. Oba tipa sprememb - izboljšanje ali poslabšanje - smo določili tako na vzorčnih ploskvah v sestoju kot na tistih, ki so ležale na robu pomladitvenih površin. Pogosto smo na isti vzorčni ploskvi določili drevesa s poslabšanim stanjem, v krošnji sosednje jelke ali smreke pa smo ocenili izboljšanje.

### 3.1.3 Oblika krošnje in debelinska rast jelke

Ko smo ocenjevali spremembe poškodovanosti jelke smo o izboljšanju ali poslabšanju skleпали s pomočjo fotointerpretacijskega ključa. Ta podaja opise znakov, na podlagi katerih je mogoče jelke razvrščati po posameznih stopnjah poškodovanosti. Poleg deleža osutih iglic v krošnji je za presojo o poškodovanosti jelke pomembna tudi oblika vrha. Oba znaka sta pri opisovanju vitalnosti jelke najpogostejša, hkrati pa spadata tudi med najznačilnejše znake (SCHUETZ in drugi 1986). Povezavo med obliko vrha, osutostjo krošnje in obliko debelinske rasti jelke v strehi sestojev smo kompleksno analizirali z modelom HILOGLINEAR (NORUŠIS 1986). Drevesa smo morali pred analizo združiti v skupine s širše oblikovanimi razredi posameznih znakov. Obliko vrha krošnje smo združili v tri skupine in jih poimenovali:

- koničast vrh (kot  $< 35^\circ$ ),
- zaobljen vrh ( $70^\circ > \text{kot} \geq 35^\circ$ ),
- top vrh (kot  $\geq 70^\circ$ ).



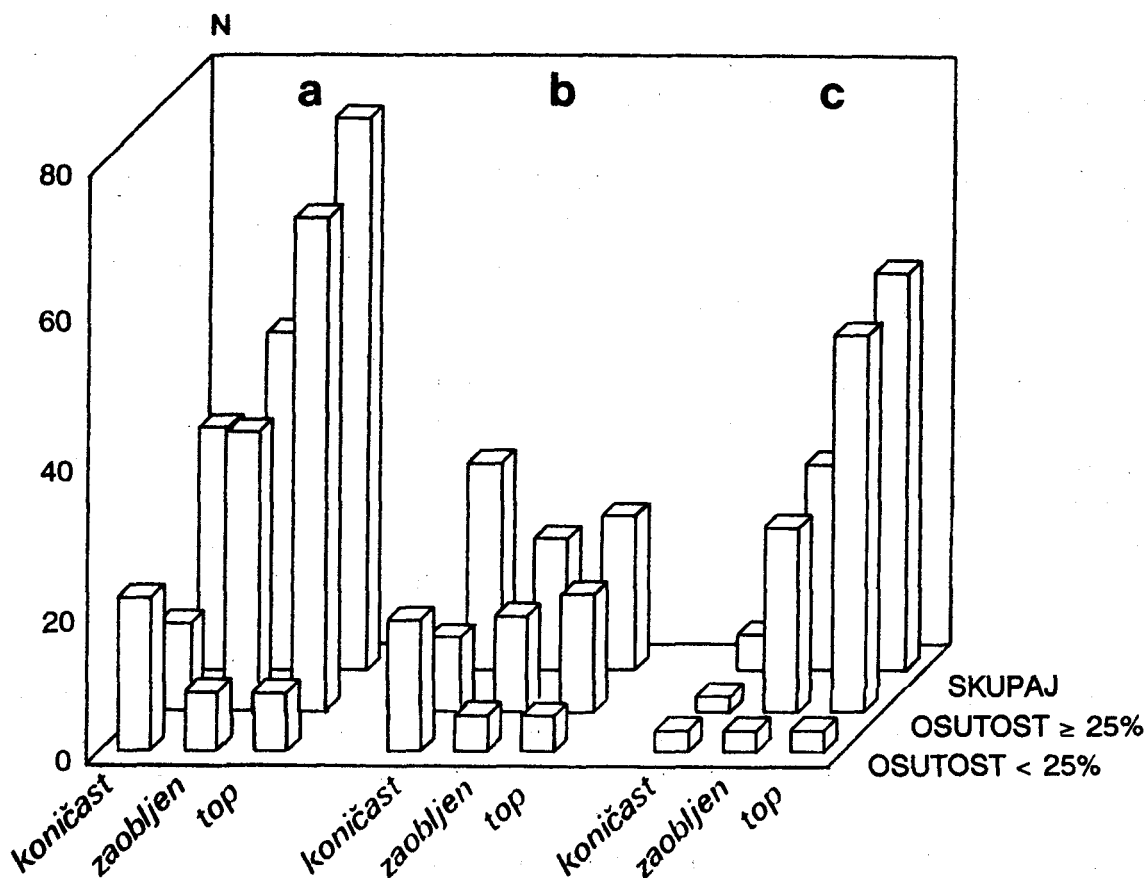
Osutost krošnje dreves smo prikazali v dveh skupinah:

- neosuta ali le rahlo osuta drevesa (osutost  $< 25\%$ ),
- drevesa z močno osuto krošnjo (osutost  $\geq 25\%$ ).

Debelinsko obliko rasti smo na podlagi analize izvrtkov razvrstili v skupini:

- enakomerna debelinska rast,
- padec prirastka, ki ga nakazuje zgostitev branik.

Frekvenčno porazdelitev dreves po tako oblikovanih skupinah kaže slika 3.



Slika 3: Porazdelitev jelke po skupinah z različno obliko vrha, različno osutostjo krošnje in različno obliko debelinske rasti v kontrolnih sestojih leta 1988:

a) vsa drevesa

b) drevesa z enakomerno debelinsko rastjo

c) drevesa s padcem prirastka

Dejanskim podatkom prilagojeni model HILOGLINEAR vsebuje interakcije med debelinsko rastjo in osutostjo krošnje, debelinsko rastjo in obliko vrha, osutostjo krošnje in obliko vrha ( $P = 0,49$ ). Posebno pomembne so značilne povezave med:

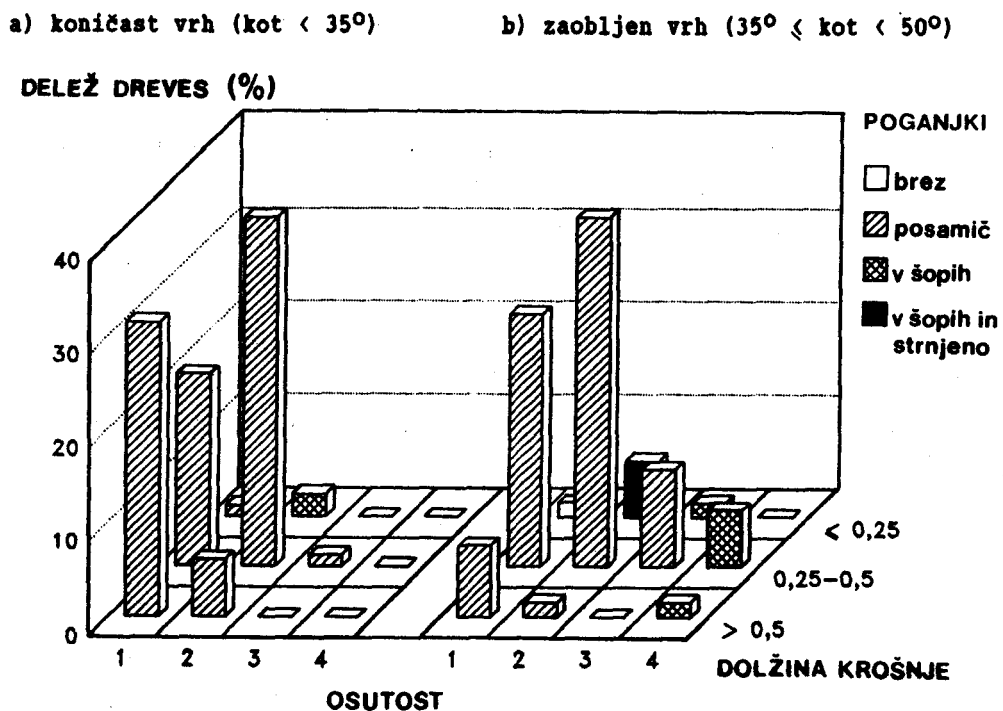
- močno osuto krošnjo in topim vrhom ( $z = 2,92^{**}$ ),
- normalno ali le rahlo osuto krošnjo in koničastim vrhom,
- močno osuto krošnjo in padcem debelinskega prirastka ( $z = 2,01^*$ ),
- normalno ali le rahlo osuto krošnjo in enakomerno debelinsko rastjo,
- topim vrhom in padcem debelinskega prirastka ( $z = 2,25^*$ ),
- koničastim vrhom in enakomerno debelinsko rastjo.

Pri določanju oblike vrha jelke smo opazili, da je precej vrhov polomljenih (21 % jelk z analizirano debelinsko rastjo). Drevesa so imela dvojen vrh, nedavno zlomljen vrh je uspešno nadomestila stranska veja ali pa smo o poškodbi vrha v preteklosti sklepali zaradi krivine debla v zgornjem delu krošnje. Takih dreves nismo upoštevali pri ponovni analizi in tako izločili mehansko poškodbo, ki bi lahko tudi povzročila zmanjšanje vitalnosti. Kljub temu so pri ponovni analizi ostale vse prej navedene interakcije značilne komponente modela HILOGLINEAR ( $P = 0,41$ ).

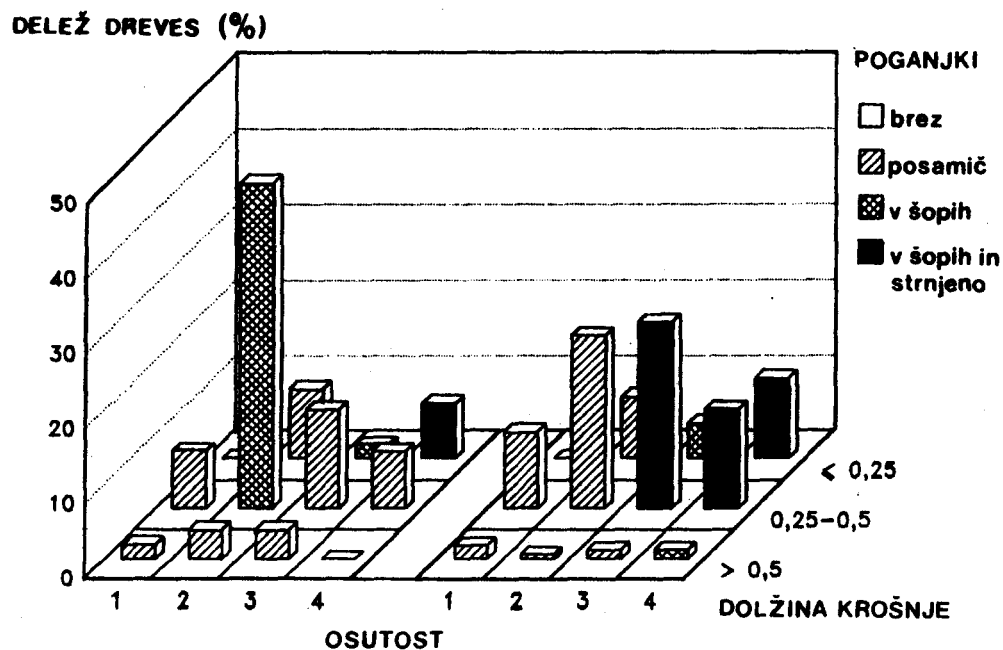
Kompleksen preizkus odvisnosti med velikim številom ocenjevanih znakov je težko izvesti, zato smo ločeno analizirali povezave med drugimi znaki v krošnji. Z večjim vzorcem (vsa na terenu ocenjena drevesa v strehi sestojev) smo preizkusili odvisnost med osutostjo krošnje in obliko vrha.

Z naraščajočim deležem osutih iglic se je značilno spremenila tudi oblika vrha ( $\chi^2 = 106,8^{***}$ ). Koničast vrh smo določili pri jelkah z osutostjo, manjšo od 45 %, le ena jelka v tej skupini je imela močnejše osuto krošnjo. Ta drevesa so se odlikovala z dolgimi krošnjami, v katerih smo opazili tudi adventivne poganjke, najpogosteje razvite posamič. S preizkusom odvisnosti med osutostjo krošnje in deležem adventivnih poganjkov smo potrdili domnevo, da so ti močnejše razviti na deblih in vejah poškodovanih jelk ( $\chi^2 = 72,1^{***}$ ).

Skupini jelk z zaobljenim vrhom sta nakazali razvoj oblike krošnje pri propadajočih drevesih. Vrh je postajal čedalje bolj zaobljen, s povečano osutostjo krošnje se je značilno zmanjšala tudi njena dolžina ( $\chi^2 = 87,5^{***}$ ). V obeh skupinah so prevladovali jelke s krošnjo, krajšo od polovice dolžine debla. Adventivni poganjki so bili razviti posamič in v šopih, strnjeno so poraščali le jelko s kratko primarno krošnjo, osuto nad 60 %.



c) zaobljen vrh ( $50^\circ \leq$  kot  $< 70^\circ$ )      č) top vrh (kot  $\geq 70^\circ$ )



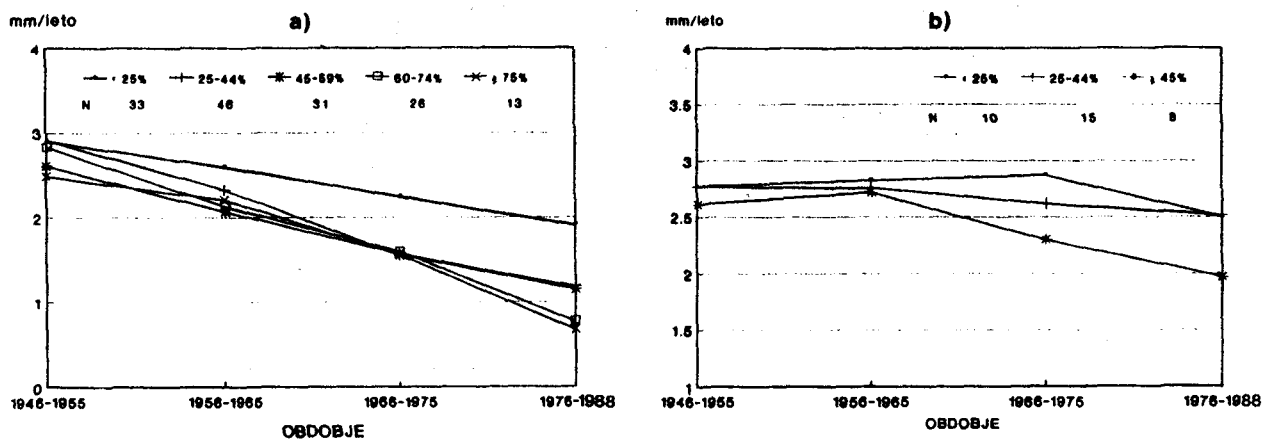
Slika 4: Porazdelitev jelk po skupinah z različno obliko vrha, osutostjo iglic, dolžino krošnje in deležem adventivnih poganjkov. Drevesa v strehi kontrolnih sestojev leta 1988

a) koničast vrh (kot  $< 35^\circ$ )      b) zaobljen vrh ( $35^\circ \leq$  kot  $< 50^\circ$ )

c) zaobljen vrh ( $50^\circ \leq$  kot  $< 70^\circ$ )      č) top vrh (kot  $\geq 70^\circ$ )

Jelke s topim vrhom so bile leta 1988 najmočneje poškodovane. Njihove krošnje so bile najpogosteje krajše od polovice dolžine debla in močno osute. Pri četrtini jelk iz te skupine smo določili osutost, večjo od 60 %. Od prvotne krošnje takih jelk je ostal le skelet vej, ki so ga poraščali močni adventivni poganjki. Iglice v primarni krošnji teh dreves so bile bolj pogosto porumenele kot pri drugih jelkah, vendar zbrani podatki ne dovoljujejo podrobnejše primerjave, saj smo porumenelost iglic določili le pri 4 % dreves v vzorcu.

Razlike med skupinami jelk, ki jih določa današnja poškodovanost krošenj, potrjuje tudi potek njihovega debelinskega priraščanja. Analizirali smo letni debelinski prirastek v desetletnih obdobjih od leta 1946 do 1975 in v obdobju od leta 1976 do 1988.



Slika 5: Letni debelinski prirastek različno poškodovanih jelk (a) in smrek (b) od leta 1946 do 1988

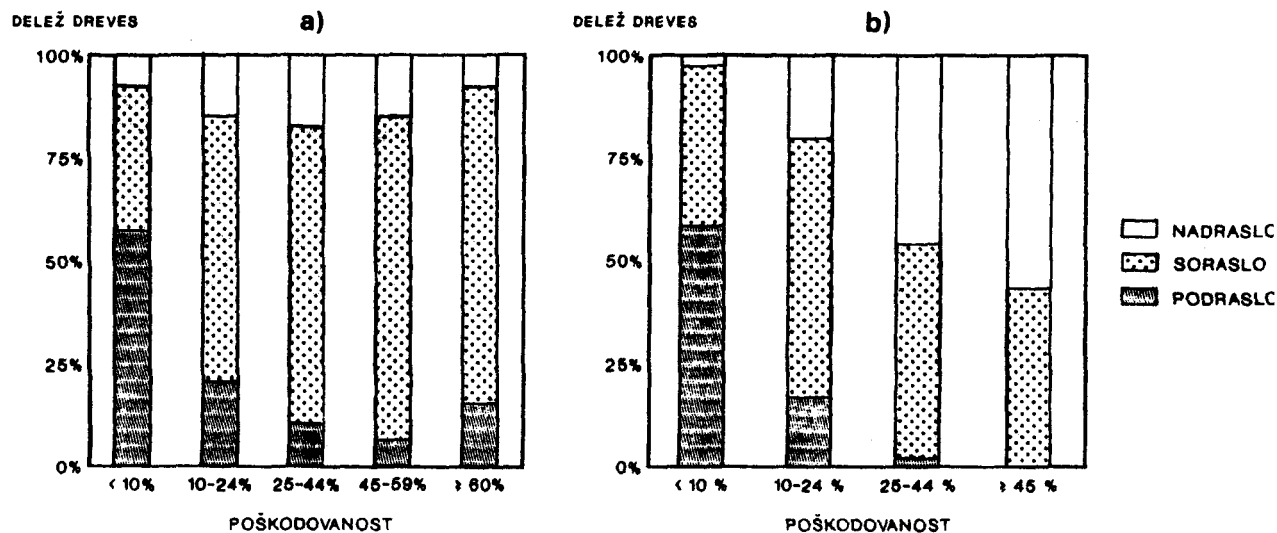
Razlike med primerjanimi obdobji smo preizkusili le pri jelkah, ki so imele leta 1988 manj kot četrtino osutih iglic v krošnji. Pri teh drevesih smo z analizo variance za odvisne vzorce potrdili značilno zmanjšanje letnega debelinskega prirastka v zadnjih štiridesetih letih ( $F = 14,1^{***}$ ). Podobno se je zmanjšal tudi letni debelinski prirastek jelk, ki so imele leta 1988 od 25 do 44 % osutih iglic v krošnji. Prirastek pri teh drevesih je bolj upadel kot pri danes nepoškodovanih jelkah, razlike v priraščanju pa so nastale že v obdobju 1956-1965. Do leta 1988 se je ta razlika povečala, tako da sta bili oceni letnega debelinskega prirastka jelk z osutostjo 25-44 % in 45-59 % v zadnjem primerjanem obdobju skoraj enaki. Primerjava z močneje poškodovanimi jelkami je verjetno popačena, ker so pri takih drevesih pogosto izpadali prirastni plašči (TORELLI in drugi 1986). Ob upoštevanju te omejitve sklepamo, da je bila debelinska rast jelk z osutostjo nad 60 % slabša, kot jo prikazuje slika 5.

Ob integralni gozdni inventuri v letu 1985 smo ugotovili, da se debelinski prirastek dreves manjša s stopnjevanjem poškodovanosti krošnje (HOČEVAR, HLADNIK 1988). To ugotovitev smo potrdili tudi s podatki iz kontrolnih sestojev. Z analizo kovariance smo izločili vpliv premera dreves in v obdobju 1976-1988 primerjali vrednosti

letnega debelinskega prirastka različno poškodovanih jelk. Kljub verjetnemu popačenju, ki je posledica izpadanja priraščanih plaščev, so bile razlike v priraščanju jelk značilne ( $F < 0,01$ ). Zanesljivo oceno rasti teh dreves bi bilo mogoče izdelati le z dendrokronološko raziskavo, toda tudi izsledki manj natančne analize nakazujejo, da je propadanje jelke dolgotrajen proces.

To domnevo smo preverili tudi tako, da smo primerjali prsne premere jelk po posameznih stopnjah poškodovanosti. Srednji premer se je značilno zmanjšal z naraščajočo osutostjo krošnje le v drugem kontrolnem sestoju. Jelke prvega in četrtega kontrolnega sestoja so imele v vseh razredih poškodovanosti podobne srednje premere. V drugih treh sestojih je bil srednji premer močno poškodovanih jelk manjši od sestojnega povprečja.

Nizki so bili presenetljivo srednji premeri nepoškodovanih dreves v tretjem, četrtem in petem kontrolnem sestoju. Po primerjavi premerov teh dreves sklepamo, da sta bila leta 1988 nepoškodovani dve različni skupini jelk. Prva skupina je imela manjše premere - od 26 do 36 cm, drugo skupino pa so sestavljale debelejšje jelke, od 44 do 58 cm premera v prsni višini. Jelke druge skupine so verjetno ostanek najvitalnejšega dela populacije, prva skupina jelk pa se je prebila v sestojno streho zaradi boljših pogojev rasti, ki so nastali po poseku poškodovanih dreves. Tako sklepanje dopolnjuje tudi analiza odvisnosti med stopnjo poškodovanosti in socialnim položajem jelk v kontrolnih sestojih.



Slika 6: Porazdelitev jelk (a) in smrek (b) po socialnih položajih in stopnjah poškodovanosti. Drevesa v kontrolnih sestojih leta 1988

Več kot polovica podraslih jelk (57%) je imela leta 1988 nepoškodovano ali le rahlo poškodovano krošnjo, zato je upravičena domneva o vrsti vitalnejših jelk v sestojno streho. Porazdelitev po stopnjah poškodovanosti nakazuje, da je mogoče tudi jelke pod sestojno streho razvrstiti v dve osnovni skupini. Poleg manj poškodovanih jelk so v

sestojih ostala tudi izločena drevesa, ki kljub močni osutosti iglic vztrajajo pod sestojno streho.

Porazdelitvi soraslih in nadraslih jelk sta podobni. V vzorcu petih kontrolnih sestojev so med nadraslimi drevesi prevladovala jelke z osutostjo od 25 do 44 %, nepoškodovanih in močno poškodovanih jelk je bilo malo in skoraj enako. Pri soraslih drevesih je bil delež najmočneje poškodovanih jelk dvakrat večji kot pri nadraslih, toda na podlagi te razlike ne moremo z gotovostjo sklepati o manjši vitalnosti soraslih dreves.

Opozorilo ponuja primerjava srednjih premerov jelk po različnih stopnjah poškodovanosti. Kljub temu, da smo pri primerjavi srednjih premerov upoštevali le drevesa v sestojni strehi, so bile razlike med sestoji verjetno posledica drugačne sestojne zgradbe in preteklega razvoja. Po opisih v gozdnogospodarskih načrtih je bila sestojna zgradba v preteklosti podobna prebiralni, močno pa so jo spremenile naravne katastrofe in gospodarjenje po novem. Razvrščanje jelke po socialnih položajih zato ni imelo take teže kot pri drevesih, ki so se razvijala v enodobnih ali enomernih sestojih.

#### 3.1.4 Poškodovanost smreke

Pri terenskem delu smo v krošnjah smrek ocenjevali manj znakov kot v krošnjah jelk. Po pregledu zbranih podatkov smo ugotovili, da s pomočjo teh znakov ne moremo določiti skupin, ki bi se razlikovale po obliki smrekine krošnje. Edini znak, na podlagi katerega smo sklepali o poškodovanosti smreke, je bil delež osutih iglic v krošnji. Porumenelost iglic smo določili le pri treh smrekah v sestojni strehi. Tudi z dolžino krošenj je bilo nemogoče opredeliti različne tipe propadajočih dreves. Večina smrek v vzorcu (84%) je imela krošnjo daljšo od polovice dolžine debla, pri drugih so bile krošnje dolge od četrt do polovice debla. Kratko krošnjo smo določili le pri eni smreki v sestojni strehi. Podobno kot pri jelki smo določili velik delež dreves s polomljenim vrhom tudi pri smreki (24%), toda deleži osutih iglic v krošnjah leta 1988 niso bili odvisni od teh poškodb.

Poškodovanost smreke smo analizirali s primerjavo debelinske rasti dreves z različnim deležem osutih iglic v krošnji. Podobno kot pri jelki smo primerjali srednji premer smrek po posameznih stopnjah poškodovanosti. V prvih dveh kontrolnih sestojih smo v vzorcu zajeli le osem smrek, zato smo se pri analizi omejili na drevesa v strehi 3., 4. in 5. kontrolnega sestoja. Srednji premer nepoškodovanih dreves je bil značilno manjši od premera dreves ostalih stopenj poškodovanosti ( $P < 0,001$ ; Scheffejev preizkus razlik). Najdebelejša drevesa v vzorcu so imela najmočneje osuto krošnjo, razlikovala pa sta se tudi srednja premera dreves z osutostjo 10-24 % in 25-44 %. V teh sestojih sem najnižji srednji premer izračunal tudi pri nepoškodovanih jelkah, toda povečevanje osutosti jelkine krošnje ob naraščanju prsnega premera ni bilo značilno v nobenem od treh sestojev.

Preglednica 5: Srednji premeri različno poškodovanih smrek v 3., 4. in 5. kontrolnem sestoju leta 1988 (Drevesa v sestojni strehi, d<sub>1,3</sub> - premer v prsni višini, interval - meje zaupanja pri 5 % tveganju, N - število dreves)

Stopnja osutosti krošnje	d <sub>1,3</sub> (cm)	Interval	N
1 (< 10 %)	34,3	30,8-37,8	15
2 (10-24 %)	44,0	39,6-48,4	27
3 (25-44 %)	50,1	47,2-53,0	43
4 (≥ 45 %)	50,3	45,6-55,0	21
Skupaj	46,4	44,3-48,5	106

Drugačna kot pri jelki je bila tudi porazdelitev smrek po stopnjah poškodovanosti in socialnih položajih (Slika 6b). Odvisnost med socialnim položajem smrek v sestojni strehi (sorasla in nadržala drevesa) in poškodovanostjo njihovih krošenj v letu 1988 je bila značilna ( $\chi^2 = 14,7^{**}$ ). Nadržale smreke v sestojih so bile bolj poškodovane kot sorasle.

Krošnje nadraslih in soraslih dreves so bile leta 1988 sproščene, saj smo določili utesnjenost z dveh ali več strani le pri 13 % smrek v sestojni strehi. Kljub temu sklepamo, da so bile nadržale smreke močnejše izpostavljene vplivom iz okolja kot sorasla ali podrasla drevesa. To domnevo potrjujeta večja osutost najdebelejših smrek in značilno zmanjšanje osutosti pri tanjših smrekah v sestojni strehi. Tudi pri drevesih pod sestojno streho so prevladovali smreke z nepoškodovano ali le rahlo poškodovano krošnjo.

Oceno glede propadanja smreke smo dopolnili z analizo, kako so priraščala drevesa po posameznih stopnjah poškodovanosti krošenj v letu 1988. Potek letnega debelinskega prirastka smo ocenili v enakih obdobjih kot pri jelki - od leta 1946 do leta 1988 (slika 5b). Med leti 1966 in 1975 je pričel strmo upadati letni debelinski prirastek smrek, ki so imele leta 1988 močno poškodovane krošnje (osutost >45 %). Zaradi majhnega vzorca močno poškodovanih dreves smo pri analizi variance za odvisne vzorce združili smreke, ki so imele leta 1988 nad četrtino osutih iglic v krošnji. V primerjanih obdobjih se je priraščanje teh dreves značilno razlikovalo ( $F = 3,3^*$ ), zato je utemeljena domneva, da se je zmanjšal debelinski prirastek poškodovanih smrek. Prirastek smrek z osutostjo do 25 % je pričel upadati šele v zadnjem primerjanem obdobju - od leta 1976 do 1988. V tem obdobju je upadel podobno kot letni debelinski prirastek močno poškodovanih smrek. Zmanjšanje prirastka nepoškodovanih ali le rahlo poškodovanih smrek od leta 1975 do leta 1988 ni bilo tako veliko, da bi se priraščanje teh dreves v posameznih obdobjih značilno razlikovalo.

Razlike v priraščanju treh opisanih skupin niso le posledica njihove različne razvojne starosti, kot bi bilo mogoče sklepati po analizi odvisnosti med premerom dreves in

stopnjo poškodovanosti v letu 1988. Po izločitvi vpliva premera smo potrdili domnevo, da se je priraščanje poškodovanih smrek v obdobju 1976-1988 značilno razlikovalo ( $F < 0,05$ ) od manj poškodovanih ali nepoškodovanih.

### 3.2 Propadanje sestojev

#### 3.2.1 Zgradba in razvoj kontrolnih sestojev

Ko smo ocenjevali spremembe pri poškodovanih smrekah in jelkah od leta 1985 do leta 1988, smo primerjali le stanje posameznih dreves, pravo podobo o dinamiki propadanja pa je mogoče oblikovati le z upoštevanjem zgradbe sestojev in njihovega preteklega razvoja.

S podatki iz terenskih vzorčnih ploskev smo izračunali ocene gostot v kontrolnih sestojih in ocenili vrednosti rastiščnih indeksov  $SI_{50}$ , ki podajajo zgornjo višino sestojev pri petdesetih letih starosti (Preglednica 1). Za vsako vzorčno ploskev smo izračunali ocene rastiščnih indeksov na podlagi starosti, višine in premerov vladajočih dreves, ki niso imela vidno poškodovanih vrhov (HOČEVAR 1990). Na podlagi rastiščnih indeksov smo za vsako vzorčno ploskev izračunali prilagojene tablične vrednosti temeljnice in lesne zaloge. Ker nismo analizirali čistih sestojev posameznih drevesnih vrst, smo pri izračunu upoštevali deleže smreke, jelke in listavcev v skupni temeljnici 10 arske ploskve. Prilagojeni vrednosti sta seštevek tabličnih podatkov za jelko, smreko in listavce, tehtanih z deležem posamezne drevesne vrste v skupni temeljnici vzorčne ploskve. Rastiščnih indeksov za listavce v kontrolnih sestojih nismo ocenjevali, ker so se do leta 1988 s krošnjami le redko prebili v vladajoč položaj v sestojni strehi. Pri izračunu prilagojenih tabličnih vrednosti smo delež listavcev izračunali s podatki za bukev pri  $SI_{50} = 15$ . Uporabili smo računalniški paket za obdelavo podatkov na stalnih vzorčnih ploskvah (HOČEVAR 1990).

Kljub širokim intervalom zaupanja so bile prilagojene ocene tabličnih gostot v vseh kontrolnih sestojih višje od ocen dejanskih vrednosti. Ocene zgornjih višin dreves pri petdesetih letih starosti smo izračunali na podlagi preostalih najdebelejših jelk in smrek v sestojih. Te vrednosti so verjetno nižje od ocen, ki bi jih izračunali v ohranjenih sestojih. Le na štirih vzorčnih ploskvah ocena temeljnice ni bila manjša od prilagojene tablične vrednosti. Največje razlike smo ugotovili v tretjem kontrolnem sestoj, kjer sta oceni lesne zaloge in temeljnice v letu 1988 dosegli le 60 % tabličnih vrednosti. Podobno kot pri gostoti glede na število dreves (SDI) smo tudi pri primerjavi s tablično temeljnico ocenili, da je bil najbolj ohranjen peti kontrolni sestoj. Ocena temeljnice v tem sestoju je leta 1988 dosegla 80 % tablične vrednosti.

V tem letu so bili vsi sestoji podobni enomernim, izrazite vertikalne razgibanosti ni bilo več opaziti. Ob izračunu gostot v kontrolnih sestojih smo preverili smiselnost odločitve, da bomo pri analizi posameznih tipov dreves, ki propadajo, upoštevali le drevesa v strehi sestojev. Na petdesetih vzorčnih ploskvah, ki skupaj predstavljajo površino petih



hektarov, smo izmerili in ocenili 1901 drevo. Temeljnica jelk pod sestojno streho v nobenem sestoji ni bila večja od petine skupne temeljnice te drevesne vrste. Večina ocenjenih jelk je imela krošnje razvite v strehi sestojev. Tudi pri smreki so sorasla in nadrasla drevesa predstavljala glavino temeljnice v vzorcu. V sestojno streho so se prebili tudi bukev in redki plemeniti listavci, predvsem gorski javor. Delež drugih listavcev je bil zelo majhen, saj smo na vzorčni površini petih hektarov odkrili 46 brestov ter posamezne jerebike in mokovce v polnilnem sloju. Zaradi vrzelastega sklepa krošenj je bukev vztrajno prodirala iz polnilnega sloja v sestojno streho. Najmočnejše je bila zastopana v sestojni strehi četrtega kontrolnega sestoja, v drugih sestojih pa je rasla predvsem v polnilnem sloju.

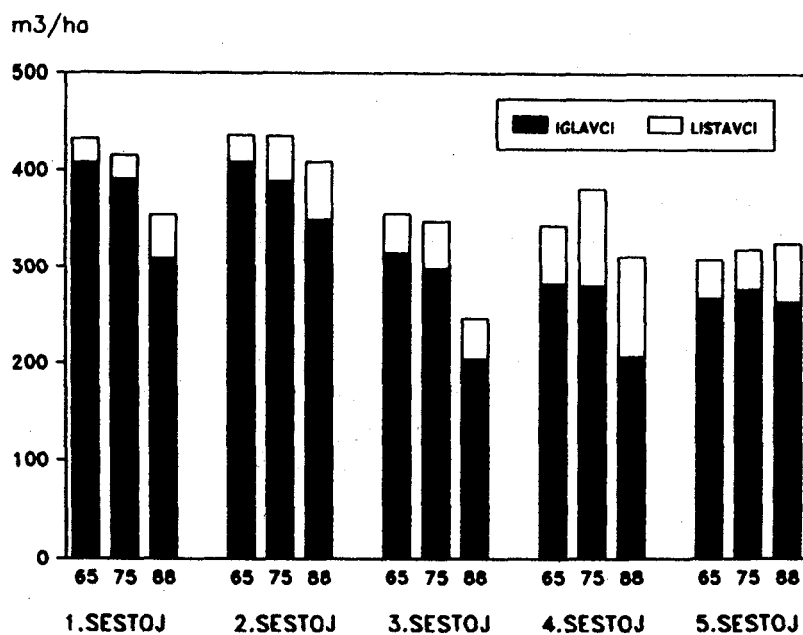
Krošnje soraslih in nadraslih dreves so bile le redko utesnjene. Pri terenskem ocenjevanju smo le na eni vzorčni ploskvi določili rahel sklep krošenj, drugod so prevladovali vrzelasti sestoji in sestoji s pretrganim sklepom. Pri jelki je imelo 79 % dreves v sestojni strehi neutesnjeno ali le z ene strani utesnjeno krošnjo. Še večji je bil delež takih krošenj pri smreki (87 %). Listavci so bili v sestojni strehi bolj utesnjeni. Le 8 % dreves je imelo neutesnjeno krošnjo, z dveh ali več strani pa so bile utesnjene krošnje 60 % dreves v vzorcu. Večja utesnjenost je posledica vraščanja listavcev v sestojno streho, v kateri so številne vrzeli nastale zaradi sanitarnih posekov propadajoče jelke, v preteklosti pa sta sestojno zgradbo razbili naravni katastrofi v letih 1965 in 1975.

O poškodbah zaradi mokrega snega in žleda še danes pričajo tudi drevesa, zajeta v vzorcu kontrolnih sestojev. Poškodovana so bila drevesa vseh socialnih položajev. Leta 1988 je imela petina dreves v vzorcu kontrolnih sestojev polomljen vrh, nagnjeno deblo ali poškodbe v krošnji. V vzorcih drugega, tretjega in četrtega kontrolnega sestoja smo mehanske poškodbe določili pri četrtini dreves. Nižja deleža dreves z mehanskimi poškodbami smo določili v prvem (19%) in petem sestoji (14%). Najmočnejše je bila poškodovana jelka (26 % dreves v vzorcu), deleža poškodovanih smrek in listavcev pa sta bila manjša (18 %).

Zaradi naravnih katastrof in propadanja jelke so današnji sestoji le boren ostanek nekdanjih jelovo-bukovih gozdov. Njihovo propadanje potrjuje tudi analiza, kako so se razvijale lesne zaloge od leta 1965 do leta 1988, ki smo jo izdelali s primerjavo podatkov iz gozdnogospodarskih načrtov in terenskega snemanja v kontrolnih sestojih. V gozdnogospodarskih načrtih nismo našli podatkov o temeljnici sestojev v vseh desetletnih obdobjih, lahko pa smo primerjali hektarsko lesno zalogo in deleže lesne zaloge po debelinskih razredih. Podatke o hektarski lesni zalogi iz let 1965 in 1975 smo korigirali s pomočjo sestojnih kart, izdelanih s fotointerpretacijo letalskih posnetkov.

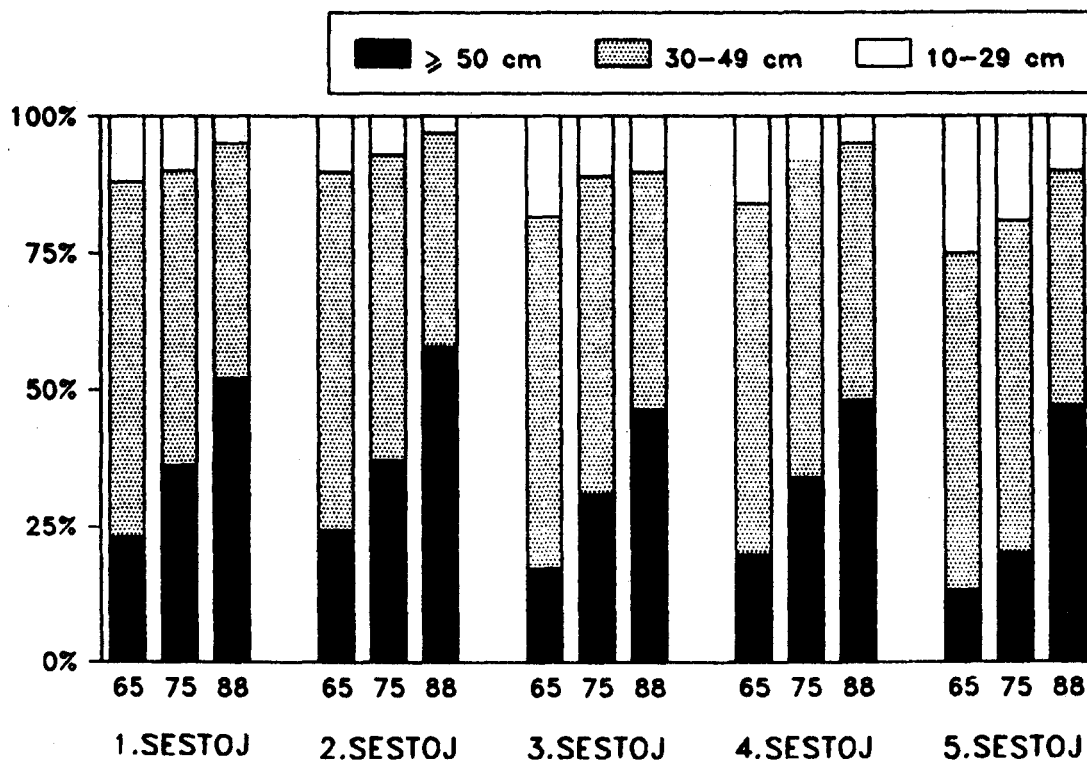
Hektarska lesna zaloga se je do leta 1988 zmanjšala v vseh kontrolnih sestojih, spremenila pa se je tudi struktura lesne zaloge po debelinskih razredih. V prvih štirih sestojih je bil razvoj podoben, peti kontrolni sestoj pa se od vseh razlikuje po najmanjšem padcu lesne zaloge. V tem sestoji je bila najmanjša tudi razlika med ocenama tablične in sestojne temeljnice. Značilno zmanjšanje lesne zaloge iglavcev po letu 1975 smo odkrili v prvem, tretjem in četrtem kontrolnem sestoji. Leta 1988 je bila v

teh sestojih zgornja meja ocene lesne zaloge pri 5 % tveganju manjša od lesne zaloge iglavcev v letu 1975, ko je bila zadnjič v celoti opravljena polna premerba po odsekih.



Slika 7:

Razvoj lesnih zalog v kontrolnih sestojih od leta 1965 do leta 1988



Slika 8: Deleži lesne zaloge iglavcev po debelinskih razredih v kontrolnih sestojih od leta 1965 do leta 1988

Struktura lesne zaloge iglavcev se je v vseh kontrolnih sestojih močno spremenila. Povsod se je povečal delež lesne zaloge dreves, debelejših od 50 cm. Največja deleža teh dreves sta bila v lesni zalogi prvega (52 %) in drugega kontrolnega sestoja (58 %), v drugih sestojih pa je bil ta delež manjši od polovice. Delež lesne zaloge prvega debelinskega razreda se je navkljub urejevalčevi želji po prebiralni strukturi zmanjšal že pred katastrofalnimi poškodbami sestojev pozimi leta 1975. Čeprav je sestojni sklep postal vrzelast, pogosto celo pretrgan, se delež lesne zaloge prvega debelinskega razreda do leta 1988 ni povečal v nobenem kontrolnem sestoju.

### 3.2.2 Prostorska razporeditev poškodovanosti

Ko smo analizirali, kakšne spremembe so nastale pri poškodovanih drevesih v triletnem obdobju, smo izračunali pri oceni deležev poškodovanih jelk in smrek v kontrolnih sestojih veliko vzorčno napako. Poškodovanost obeh drevesnih vrst je bila v prostoru zelo heterogena. Na posameznih vzorčnih ploskvah smo pogosto odkrili drevesa skrajnih stopenj poškodovanosti, od nepoškodovanih jelk z močno razvito krošnjo do propadlih jelk, ki so vztrajale le še z redkimi živimi vejami v krošnji. Kljub temu smo domnevali, da bo zaradi velikega števila vzorčnih ploskev mogoče vsaj grobo oceniti razporeditev poškodovanosti v prostoru. To oceno smo izdelali na podlagi izračunanih vrednosti posameznih vzorčnih ploskev. Na vsaki 10 arski vzorčni ploskvi smo za smreko in jelko v sestojni strehi ločeno izračunali dva kazalca poškodovanosti:

- povprečno osutost dreves,
- indeks poškodovanosti, ki ga določa razmerje med deležem poškodovanih dreves (osutost > 25 %) in celotnim številom jelk ali smrek na vzorčni ploskvi.

Pri izračunu obeh kazalcev nismo upoštevali sušic. Ploskovne vrednosti za jelko smo izračunali v vseh kontrolnih sestojih, za smreko pa le v tretjem in petem sestoju. V drugih sestojih je bil delež smreke premajhen, da bi bili lahko izračunali vrednosti obeh kazalcev za posamezne vzorčne ploskve.

Preglednica 6: Srednje vrednosti indeksa poškodovanosti (I) in povprečne osutosti (PO) jelke in smreke v kontrolnih sestojih leta 1988 (N - število vzorčnih ploskev, KV -koeficient variacije)

sestoj	Jelka					Smreka				
	I	KV %	PO	KV %	N	I	KV %	PO	KV %	N
1	75	29	36	23	10					
2	85	16	38	22	10					
3	75	47	44	46	9	64	54	30	43	9
4	76	30	38	29	10					
5	60	43	30	39	10	49	78	23	50	9

Kontrolni sestoji se med seboj niso značilno razlikovali glede na oceno srednjih vrednosti indeksa poškodovanosti (Kruskal-Wallisov test). Tudi pri primerjavi povprečnih osutosti pri jelkah na vzorčnih ploskvah nismo odkrili značilnih razlik med sestoji. Podobno velja za smreko v petem in tretjem kontrolnem sestoji. Visoki koeficienti variacije nakazujejo velike razlike med vzorčnimi ploskvami v posameznih kontrolnih sestojih.

Vrednosti povprečnih osutosti in indeksov poškodovanosti na petdesetih vzorčnih ploskvah smo analizirali tudi glede na: ocenjeno globino tal na vzorčnih ploskvah, obliko reliefa, nagib terena, nadmorsko višino, ekspozicijo, lego vzorčne ploskve v sestoji (na robu pomladitvene površine, v strnjenem sestoji). Značilne koncentracije poškodb smo odkrili le pri različni globini tal na vzorčnih ploskvah. Na globokih tleh je bila povprečna osutost jelke manjša kot na plitvih skeletnih tleh ( $P < 0,01$ ; Mann-Whitneyev test).

Visoke povprečne osutosti pri jelkah smo izračunali tudi na vzorčnih ploskvah, ki ležijo na pobočju ali grebenu hriba. Ta ugotovitev dopolnjuje domnevo o vplivu različne globine tal na poškodovanost jelke. Globoka tla so razvita predvsem na ravninah, v kotanjah in tudi na prelomih pobočja, zato je bila povprečna osutost jelke na takem terenu manjša. Na pobočjih so talne razmere skromnejše, večja pa je tudi izpostavljenost neugodnim klimatskim razmeram.

Pri smreki smo o prostorski razporeditvi poškodovanosti sklepali na podlagi vzorčnih ploskev v tretjem in petem kontrolnem sestoji. Število ploskev in delež smreke v vzorcu sta bila premajhna, da bi bili lahko oblikovali trditev o vplivu rastišča ali različnih leg vzorčnih ploskev na poškodovanost smreke. Na pobočju in grebenu hriba v tretjem kontrolnem sestoji so bile smreke močnejše poškodovane kot v manj izpostavljenih legah. Ostre klimatske razmere in obe naravni katastrofi so bili verjetno odločilnejši od talnih razmer, izpostavljenost na pobočju ali grebenu pa usodnejša od razlik, o katerih bi sklepali s primerjavo nagibov terena ali oblike reliefa.

### 3.2.3 Ocena mortalitete dreves v kontrolnih sestojih po letu 1985

Zanesljivo oceno o mortaliteti dreves v jelovo-bukovem gozdu bi bilo mogoče podati le v sestojih, ki so bili prepuščeni naravnemu razvoju. V gospodarskem gozdu je ta ocena popačena zaradi sanitarnih posekov, pri katerih v sestojih sekajo poškodovana in propadla drevesa. Z zaporednim snemanjem smo o mortaliteti dreves v kontrolnih sestojih sklepali na podlagi deležev propadlih dreves v dveh časovnih presekih.

Že pri izdelavi karte poškodovanosti gozdnih sestojev leta 1985 smo ocenili, da se sestoji razlikujejo tudi po deležu sušic. Takrat smo v oddelku 92, v katerem leži prvi kontrolni sestoj, v vzorcu 823. dreves jelke in smreke odkrili le eno sušico. V oddelku 129, kjer smo postavili peti kontrolni sestoj, smo ocenili 765 jelk, kar 2 % dreves v vzorcu pa je bilo sušic.

Na podlagi parnih primerjav na letalskih posnetkih iz let 1985 in 1988 smo ugotovili, da je bila v tem obdobju intenzivnost sanitarnih posekov v sestojih različna. Na stalnih vzorčnih ploskvah smo le v treh kontrolnih sestojih odkrili po letu 1985 posekana drevesa. V tretjem in četrtem sestoju nismo odkrili posekanih dreves na nobeni od desetih ploskev, v drugem in petem sestoju smo jih odkrili na eni, v prvem pa kar na sedmih vzorčnih ploskvah. Kljub sanitarnim posekom smo v petem kontrolnem sestoju na treh vzorčnih ploskvah na letalskih posnetkih iz leta 1985 in 1988 odkrili iste sušice jelke. Na podlagi trenutnega stanja v sestojih bi bilo sklepanje o mortaliteti dreves varljivo, boljšo oceno je mogoče oblikovati le s stalnim spremljanjem propadanja dreves.

Na stalnih vzorčnih ploskvah smo odkrili le tri drevesa, ki so propadla po letu 1985, zato smo oceno mortalitete razširili na celotno površino kontrolnih sestojev.

Preglednica 7: Število sušic v kontrolnih sestojih leta 1985 in 1988 in ocena poškodovanosti dreves, ki so propadla po letu 1985 (Poškodovanost 1985 - ocena osutosti krošnje v %, P - površina sestoja, stare sušice - drevo je propadlo že pred snemanjem 1985, vendar je ostalo v sestoju do leta 1988)

sestoj	P (ha)	Poškodovanost 1985							sušice		
		30-39	40-49	50-59	60-69	70-79	80-89	>90	1988	1985	stare
1	24,9	.	.	.	.	.	1	.	1	8	0
2	16,7	.	.	4	.	4	2	.	10	5	0
3	15,8	.	.	1*	3,2*	1	1	1	15	13	6
4	9,5	.	1	.	.	1	1	1	4	4	0
5	16,6	1*	.	2*	1	3	6	7	65	55	45

\* ocena poškodovanosti smreke, drugi podatki so ocene za jelko.

V prvih štirih kontrolnih sestojih je bilo sušic v obeh letih malo, povprečno niti ena na hektar površine. Izstopal je peti kontrolni sestoj, kjer smo na letalskih posnetkih iz leta 1985 našli 55 sušic, leta 1988 pa je bilo v sestoju že 65 propadlih dreves - povprečno 4 sušice na hektar.

S parnimi primerjavami dreves na letalskih posnetkih iz leta 1985 in 1988 smo ovrgli domnevo, da jelke in smreke v tem kontrolnem sestoju propadajo hitreje kot v drugih. Kar 45 sušic iz leta 1988 je propadlo pred več kot tremi leti, saj smo na starejših posnetkih opazili, da so bila ta drevesa smreke in jelke suha že leta 1985. Na posnetkih iz tega leta smo odkrili tudi 10 sušic, ki jih po treh letih ni bilo več mogoče opaziti. Drevesa v bližini ceste so gotovo posekali, druge sušice so se verjetno podrle ali so jih zastrle krošnje preostalih dreves. Podatek, da se je v petem kontrolnem sestoju po letu 1985 posušilo 20 dreves (17 jelk in 3 smreke), ne dovoljuje sklepanja o večji mortaliteti dreves v tem sestoju. Zaradi težje dostopnosti so sanitarno manj pogosto sekali. Edina vzorčna ploskev v petem kontrolnem sestoju, na kateri smo pri terenskem delu opazili sveže panje posekanih dreves, je ležala blizu gozdne ceste. Sušice, starejše od treh let, smo odkrili še v tretjem sestoju, toda tudi tukaj so ostale le na težko dostopnih mestih. Dve tretjini sušic smreke in jelke v tem sestoju smo odkrili na grebenu hriba. V delu

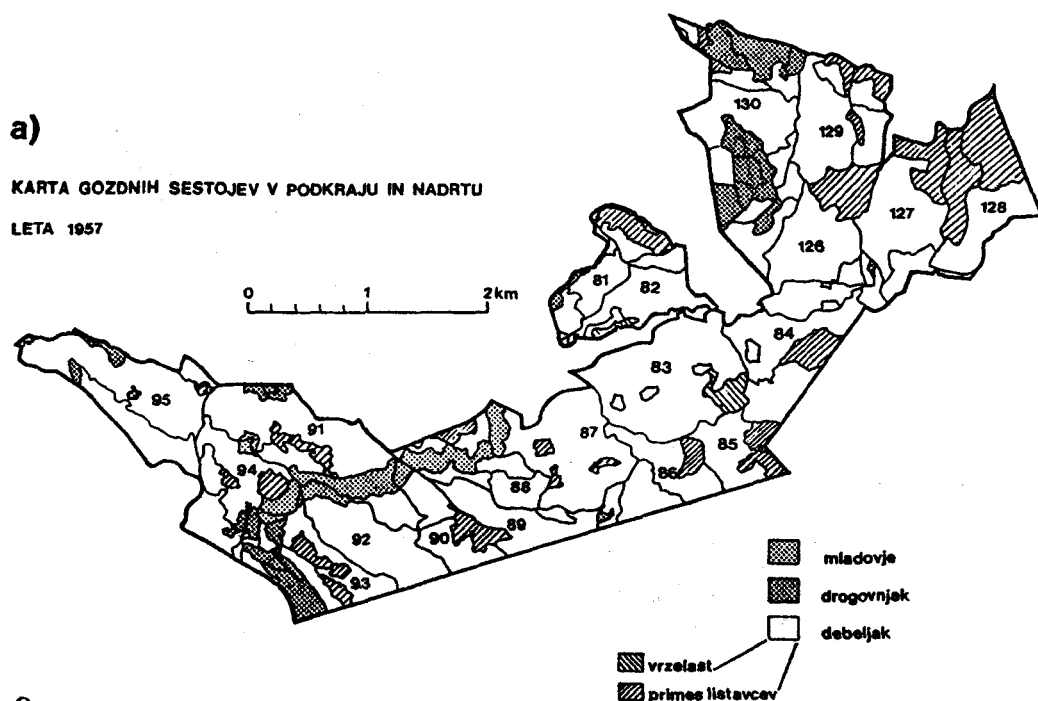
kontrolnega sestoja, ki leži na pobočju in v dolini, smo odkrili le pet propadlih dreves. V drugih sestojih so sušice pogosteje sekali, saj v nobenem nismo odkrili dreves, ki bi propadla že pred letom 1985. V petem kontrolnem sestoju v triletnem obdobju ni bilo sanitarnih posekov, ki bi bili spremenili podobo poškodovanosti, zato ponuja ta sestoj dobro oceno o mortaliteti dreves po letu 1985. Na površini 16,6 ha so v triletnem obdobju propadle le jelke z močno poškodovano krošnjo. To se je zgodilo tudi s tremi smrekami, vendar je po oceni, koliko so bile poškodovane njihove krošnje leta 1985, težko sklepati o vzrokih za propad. Zaradi sanitarnih posekov je bilo leta 1988 v drugih sestojih malo propadlih dreves. Na podlagi preostalih sušic v letu 1988 sklepamo, da so v teh sestojih propadle predvsem močno poškodovane jelke.

Več kot tri četrtine propadlih jelk (78%) je imelo že leta 1985 nad 70 % osutih iglic v krošnjah. Propadle so tudi manj poškodovane jelke, toda po oceni poškodovanosti na letalskih posnetkih ne moremo sklepati o vzrokih. V petem kontrolnem sestoju, kjer je bila ocena mortalitete najmanj popačena, nismo odkrili jelk z majhno osutostjo, ki bi propadle v triletnem obdobju.

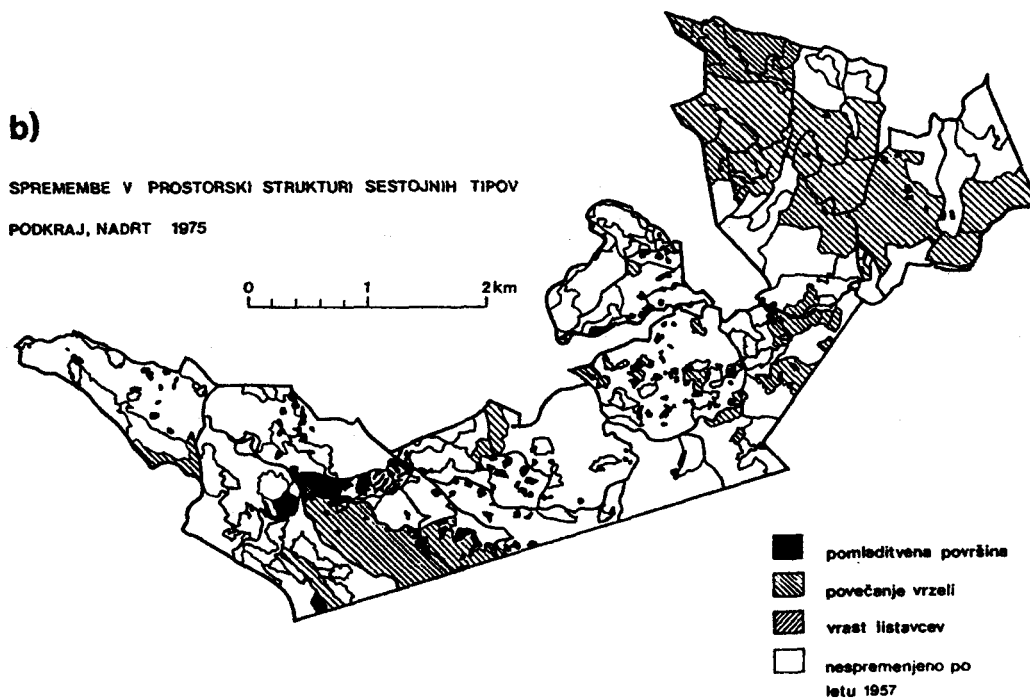
#### 3.2.4 Prostorska struktura sestojnih tipov

S pomočjo sestojnih kart smo vpeli informacije iz kontrolnih sestojev v podobo celotnega gozda. Na podlagi karte, ki prikazuje spremenjenost prostorske strukture sestojnih tipov v letu 1985 (Slika 9 c) sklepamo, da kontrolni sestoji jasno kažejo, kako propadajo drevesa in sestoji v gozdovih obeh revirjev. Prvi trije kontrolni sestoji delijo usodo nekdanj strnjenih jelovo-bukovih gozdov v Podkraju. Leta 1957 so na vsej površini tega revirja prevladovali sestoji jelke z majhno primesjo smreke, bukev je bila potisnjena v polnilnem sloju in se je le redko prebila v sestojno streho. Listavci so bili močnejše primešani na grebenih, čiste sestoje drogovnjakov so gradili v oddelku 95 in v višjih nadmorskih višinah v oddelkih 81, 82 in 93. Značilne razčlenjenosti po posameznih sestojnih tipih v tem obdobju še ni bilo (Slika 9 a). Edina pomladitvena površina je nastala v nekdanjem utrdbenem pasu italijanske vojske. Tu so se pomladili listavci, smreka in jelka. Zaradi prebiralnega gospodarjenja so bili sestoji jelke vertikalno razgibani. Ocenjevanje sklenjenosti krošenj bi bilo v takih sestojih nesmiselno, zato smo na karti iz leta 1957 posebej označili vrzelast sklep krošenj le v tistih sestojih, kjer je bila vertikalna zgradba manj izrazita in se je streha sestojev že oblikovala. Prostorska razporeditev sestojnih tipov v Nadrtu je bila v tem obdobju bolj pestra. Četrty kontrolni sestoj predstavlja vzhodni del revirja, kjer so bili jelki in smreki močnejše primešani listavci. Proti zahodu je v višjih legah in zaprtih dolinah prevladovala smreka. Njeno propadanje smo ocenili predvsem v petem kontrolnem sestoju.

Do leta 1975 se prostorska struktura sestojnih tipov ni spremenila. Na karti iz tega obdobja (Slika 9 b) smo posebej označili le sestoje, v katerih so se povečale vrzeli v sestojni strehi. Na posnetkih iz leta 1975 ni bilo več mogoče opaziti poškodb, ki jih je povzročil v sestojih moker sneg v prejšnjem desetletju. O poškodbah smo sklepali posredno - na podlagi prvih večjih odprtih v sestojih in povečanega deleža vrzelastih sestojev.

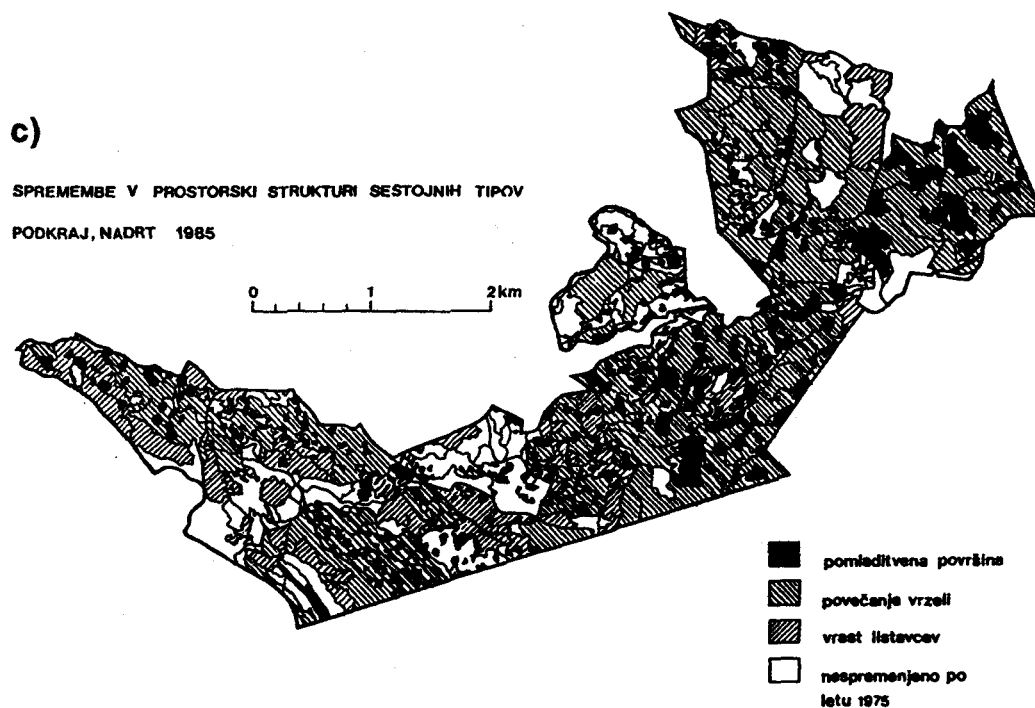


Slika 9a



Slika 9b

Najmočneje so bili poškodovani sestoji v Nadrtu, ker pa je sneg lomil predvsem drevesa nižjih debelinskih stopenj, so bile poškodbe sestojev po desetih letih na posnetkih manj opazne. V delu nekdanjega utrbenega pasu so izsekali listavce in posadili smreko. Te površine in pomladitvena jedra v drugih sestojih smo označili na karti iz leta 1975.



Slika 9c

Podoba gozda se je povsem spremenila po letu 1976 (Slika 9 c). Zaradi poseka dreves, ki jih je polomil žled, so nastale velike pomladitvene površine. Leta 1985 ni bilo več ohranjenih jelovo-bukovih sestojev. Postali so vrzelasti, njihovo propadanje pa je dokončno sklenilo tudi sušenje jelke. V sestojih, kjer je bila bukev razvita v polnilnem sloju, se je do leta 1985 povečal delež listavcev v sestojni strehi.

Tudi v redkih preostalih sestojih, kjer nismo določili povečanja vrzeli v sestojni strehi ali vrsti listavcev, se je gostota iglavcev zmanjšala zaradi propadanja jelke. O tem pričajo številne sušice in močno poškodovane jelke, ki smo jih ocenili leta 1985 ob izdelavi karte poškodovanosti gozdnih sestojev. V teh sestojih so bile spremembe verjetno manjše kot v drugih, zato sklepamo, da je bil njihov razvoj do leta 1985 podoben razvoju petega kontrolnega sestoja.

Sestoji so močno spremenjeni, zato je verjetno nesmiselno govoriti o takih njihovih lastnostih, kot jih določamo v ohranjenih enodobnih ali enomernih gozdovih. Drogovnjaki listavcev v Podkraju in Nadrtu so bili močno poškodovani ob obeh naravnih katastrofah, pravih sestojev v optimalni fazi pa leta 1985 ni bilo več. Med pomlajence smo leta 1985 uvrstili vse tiste odrasle sestoje, pri katerih je bil sklep krošenj pretrgan. Toda tudi sestoji debeljakov z rahlim ali vrzelastim sklepom so bili močno spremenjeni in so le slabo izkoriščali proizvodno sposobnost gozdnih rastišč. Gospodarjenje v propadajočih sestojih ne more upoštevati klasičnih modelov, saj so na trajnost gozda doslej bolj vplivale naravne katastrofe in propadanje jelke kot pa gozdarjeva prizadevanja.



#### 4 RAZPRAVA IN SKLEPI

Propadanje jelke na Slovenskem spremljamo že od sredine petdesetih let. V prejšnjem desetletju nas je presenetilo tudi propadanje drugih drevesnih vrst, za jelko pa smo v tem obdobju ocenjevali, da je njen nadaljnji obstoj resno ogrožen. V delu gozdnogospodarske enote Podkraj-Nanos smo skušali oceniti dinamiko propadanja jelke in smreke prav v obdobju največje negotovosti o nadaljnjem razvoju poškodovanosti gozdov. Pri oceni dinamike se opiramo predvsem na rezultate parnih primerjav dreves na infrardečih barvnih letalskih posnetkih, posnetih leta 1985 in 1988. Propadanje se v tem obdobju ni bistveno spremenilo, saj deleža jelk in smrek z ocenjeno spremembo v poškodovanih krošnjah ne dovoljujeta domneve o splošnem izboljšanju ali poslabšanju poškodovanosti. Nespremenjeno stanje smo določili pri 89 % jelk in 90 % smrek na 10 arskih vzorčnih ploskvah. Izboljšanje ali poslabšanje stanja obeh drevesnih vrst je bilo odvisno od stopnje poškodovanosti krošnje. Na podlagi oblike jelkine krošnje in analize debelinske rasti smo oblikovali tri skupine propadajočih dreves, ki so se razlikovala tudi po dinamiki propadanja v triletnem obdobju. Postavljanje meja med skupinami je nesmiselno, saj na rast vplivajo številni dejavniki, toda s sistematičnim opazovanjem znakov dreves je mogoče sklepati o njihovem dosedanjem razvoju in možnostih za ohranitev jelke v sestojih. Učinkovitost takega dela potrjujejo tudi izsledki podobnih raziskav v raznodobnih gozdovih (ARRIAGA in drugi 1988).

V prvo skupino smo uvrstili jelke, pri katerih smo ocenili enakomerno debelinsko rast. Zanje je bil značilen koničast vrh, delež osutih iglic v krošnji pa je bil manjši od tretjine asimilacijske površine, ki bi jo pripisali normalno olistanim jelkam. V triletnem obdobju smo izboljšanje v krošnji določili predvsem pri jelkah te skupine, do poslabšanja stanja pa je prišlo pri jelkah z močnejše osuto krošnjo. Kljub dobro razviti krošnji, se je letni debelinski prirastek najvitalnejših jelk v zadnjih štiridesetih letih značilno zmanjšal.

Drugo skupino jelk določata večja osutost iglic in zaobljen vrh krošnje. Krošnje teh dreves so bile pogosto krajše od polovice dolžine debla, o manjši vitalnosti pa smo sklepali tudi na podlagi močnejšega upadanja debelinskega prirastka kot pri jelkah prve skupine. V triletnem obdobju smo določili izboljšanje v krošnjah jelk, ki so imele leta 1988 do 45 % osutih iglic v krošnji. Mejna stopnja poškodovanosti, pri kateri bi bilo pričakovati izboljšanje ali poslabšanje, ni bila izrazita, saj smo povečano poškodovanost določili tudi pri jelkah z majhnim deležem odpadlih iglic (30 %).

V triletnem obdobju se je stanje poslabšalo predvsem pri jelkah, ki jih glede na ocenjeno vitalnost uvrščamo v tretjo skupino. Krošnje teh jelk so bile močno spremenjene. Pravega vrha ni bilo več opaziti, na deblu in vejah kratke krošnje pa so bili razviti močni adventivni poganjki. Značilne odvisnosti med topim vrhom, močno osuto krošnjo in zmanjšanjem debelinskega prirastka potrjujejo, da so te jelke najmanj vitalne, njihovo propadanje pa je dolgotrajno. V triletnem obdobju so se posušile predvsem jelke iz te skupine, toda obseg propadanja ni bil tako močan kot smo ocenjevali po prvih inventurah poškodovanosti dreves. Jelke z močno poškodovano krošnjo dolgo vztrajajo

v sestojih, saj so triletno obdobje preživela celo drevesa, ki smo jim na posnetkih iz leta 1985 ocenili nad 80 % odpadlih iglic v krošnji.

Ugotovitev je nasprotna prvim poročilom o propadanju jelke na Slovenskem, ko so ocenjevali da je odmiranje zelo hitro - od 5 do največ 7 let, izjemoma tudi 10 let (BRINAR 1964). Takrat so se močno oslabele jelke sušile posamezno in skupinsko vsako leto po kratkotrajnem hiranju. O propadanju so sklepali na podlagi podobnih sprememb v krošnji, kot jih ocenjujemo danes - redke presvetljene krošnje, gnezdast vrh in nezdrava barva iglic (MLINŠEK 1964). Mogoče je bilo propadanje v takratnem obdobju bolj silovito, toda spremembe v krošnji so gotovo nastajale dalj časa. O gnezdastem vrhu in propadanju jelke na logaški in rakitniški planoti je poročal Wraber že pred štiridesetimi leti (WRABER 1948).

Novejše raziskave potrjujejo, da je iz znakov v krošnji mogoče sklepati o vitalnosti jelke. Najpomembnejši so: oblika vrha, osutost krošnje in število olistanih poganjkov na vejah (SCHUETZ in drugi 1986). Debelinska rast poškodovanih dreves se zmanjšuje hitreje od nepoškodovanih ali le rahlo poškodovanih, saj je na izvrtkih mogoče opaziti zelo hitro upadanje, ki smo ga poimenovali preskok prirastka. Pri takih drevesih so odkrili neskljenjene oziroma manjkajoče prirastne plašče, usihala pa je tudi njihova višinska rast (TORELLI in drugi 1986).

Spremenjena oblika jelkine krošnje je posledica dolgotrajnega procesa. Zelo hitro se lahko osuje krošnja, toda zaobljen ali celo top vrh, kratka krošnja neutesnjenih dreves in številni adventivni poganjki, najmočnejše razviti na močno poškodovanih jelkah, so znaki, ki se gotovo ne morejo razviti v kratkem obdobju. Primerjava srednjih premerov močno poškodovanih jelk (osutost 60 %) in jelk z manj osuto krošnjo (25-59 %) odpira temeljni vprašanj glede raziskovanja propadanja dreves:

- ali se je debelinska rast zmanjšala zaradi propadanja jelke,
- ali je propadanje dreves le posledica njihovih slabših genetskih osnov, slabše preskrbe s hranilnimi snovmi, manjše konkurenčne sposobnosti in tudi nepravilnega gospodarjenja ?

Novejše raziskave kažejo, da je bila debelinska rast danes močno poškodovanih dreves že v preteklih obdobjih slabša kot rast dreves z nepoškodovano ali le rahlo poškodovano krošnjo (KENK 1990, SCHMID-HAAS 1990). V raziskavi o propadanju jelke na Slovenskem (TORELLI in drugi 1986) so na podlagi terenskih opazovanj oblikovali hipotezo, da se vitalnost jelke spreminja v skladu z mikrorastiščnimi razlikami. Zaradi pospeševanja jelke v preteklosti je ta zasedla širok mikrorastiščen spekter; to je povzročilo ostro vitalnostno diferenciacijo. Neposredne zveze med propadanjem jelke in floristično označenimi rastiščnimi skupinami niso dokazali. Velika variabilnost na vzorčnih ploskvah v kontrolnih sestojih potrjuje gornjo hipotezo. Ko smo primerjali povprečno osutost jelk ali srednje vrednosti indeksa poškodovanosti, nismo odkrili značilnih razlik v poškodovanosti med sestoji, čeprav so se rastiščno razlikovali. Na podlagi odvisnosti med obliko krošnje in debelinsko rastjo močno poškodovanih jelk

sklepamo, da je propadanje teh dreves predvsem posledica vitalnostne diferenciacije. V podobnih raziskavah ugotavljajo, da pri drevesih z osutostjo, ki je manjša od 20-30 % ni prišlo do reakcije debelinskega prirastka. Upadal je le pri močnejše osutih drevesih, vendar zmanjšanja ne pripisujejo današnji osutosti krošnje (KONNERT, METTENDORF 1990). Na podlagi raziskave prirastka poškodovanih jelk in "modelne" rasti referenčnih dreves v Baden-Wuerttembergu sklepajo, da so razlike v priraščanju različno poškodovanih dreves posledica naravne diferenciacije (GERECKE 1990).

Opazovanja med leti 1985-1991 ne dovoljujejo sklepanja o trendih ali celo različni hitrosti propadanja različno poškodovanih jelk. Zanesljivo je bilo ugotovljeno le propadanje močno poškodovanih jelk, čeprav hitrosti njihovega propadanja ni mogoče opisati na podlagi jasne odvisnosti med obliko krošnje ali s preprostim stopnjevanjem poškodovanosti. Ob presenetljivem vztrajanju jelk z nekaj živimi vejami v vrhu drevesa je bilo mogoče odkriti tudi jelke, ki so imele ob začetku opazovanja manj kot 60 % osutih iglic v krošnji, pa so v kratkem obdobju vseeno propadle. Kljub domnevi o vitalnostni diferenciaciji ostaja nepojasnjeno propadanje jelk, ki predstavljajo glavnino današnje populacije. To so drevesa, ki smo jih glede na obliko krošnje uvrstili v drugo skupino - jelke z zaobljenim vrhom in osutostjo iglic večjo od 25 %. Potek njihovega propadanja bo mogoče pojasniti šele z daljšim opazovanjem, kajti pri ocenjevanju poškodovanosti njihovih krošenj od leta 1985 do danes ni bilo mogoče opaziti velikih sprememb.

Na podlagi dreves v vzorcu sklepamo, da propadanje smreke poteka drugače kot pri jelki. Propadanje smo ocenjevali s pomočjo deleža osutih iglic v krošnji, ki je kljub nekaterim pomislekom ali nasprotovanjem (KANDLER 1988) pri ocenjevanju propadanja smreke najpogosteje uporabljeno merilo. Povezanost debelinske rasti in poškodovanosti krošnje pri smreki ni bila tako izrazita kot pri jelki. Letni debelinski prirastek poškodovanih smrek je pričel upadati med leti 1966 in 1975. V vzorcu smo potrdili značilno zmanjšanje tega prirastka le pri smrekah, ki so imele leta 1988 nad četrtino osutih iglic v krošnji. Najmočnejše je upadel letni debelinski prirastek smrek z osutostjo nad 45 %. V podobni raziskavi smreke na Pokljuki se je debelinski prirastek zmanjšal pri drevesih z osutostjo, ki je bila večja od 35 % (HOČEVAR 1988), s podrobno dendrokronološko analizo smreke v Šaleški dolini pa so značilne razlike ugotovili šele pri zelo močno poškodovanih drevesih z osutostjo nad 60 % (FERLIN 1990). Zmanjšanje priraščanja poškodovanih smrek očitno ni posledica vitalnostne diferenciacije o kakršni sklepajo pri močno poškodovanih jelkah na podlagi analize debelinske rasti. Najdebelejše smreke v vzorcu so imele tudi najmočnejše osuto krošnjo. Podobne zakonitosti so odkrili tudi v smrekovih gozdovih, ki niso bili neposredno izpostavljeni onesnaževanju (FERLIN 1990). V rahlo ogroženih sestojih posrednega imisijskega območja so bila najbolj poškodovana drevesa prvega socialnega razreda, torej najvitalnejši deli populacije. Ta drevesa so bila zaradi večje izpostavljenosti zunanjim vplivom najbolj občutljiva. Podobne izsledke navajajo tudi na podlagi raziskave v sestojih smreke in jelke (METTENDORF 1988). Dominantna drevesa smreke so imela močnejše osuto krošnjo kot jelke. Očitno so v podobnih razmerah rastle tudi najdebelejše smreke v Nadrtu. Do leta 1975 so gozdarji v teh gozdovih skušali obdržati ali ponovno oblikovati prebiralno strukturo. Po poškodbah zaradi žleda so

sestoji postali vrzelasti, v gozdu pa so nastale velike pomladitvene površine. Leta 1988 so bile krošnje večine smrek v vzorcu neutesnjene, težko pa je bilo tudi ocenjevati socialni položaj dreves. Nedvoumno smo ga določili le pri podraslih drevesih, pri vseh drugih raje uporabljamo oznako sestojna streha. Med drevesi gotovo ni bilo takih konkurenčnih odnosov, o kakršnih poročajo na podlagi prirastoslovnih raziskav v enomernih in enodobnih smrekovih gozdovih (KOLAR 1989).

Za zanesljivo oceno današnje rasti smreke je primerjava med desetletnimi ali celo daljšimi obdobji pregrobo orodje, saj raziskave kažejo, da določitev referenčnih obdobj pomembno vpliva na izsledke takih primerjav (SPELSBERG 1987). Z daljšim spremljanjem bo potrebno analizirati tudi mortaliteto smreke in potek njenega propadanja. Spremembo poškodovanosti krošnje smo določili pri 10 % dreves v vzorcu, razlike med letom 1985 in 1988 pa niso bile skokovite. S podobno raziskavo smreke v Ardenih so v obdobju od leta 1983 do 1985 ocenili spremembo pri večjem deležu smrek (30 %), toda spremenjenost je bila najpogosteje posledica različne porumenelosti iglic v primerjanih letih (FARCY 1989). Poslabšanje stanja smreke smo podobno kot pri jelki določili predvsem pri drevesih z močno osuto krošnjo. Kljub velikemu deležu dreves z mehanskimi poškodbami krošnje ne moremo trditi, da je poslabšanje le posledica teh poškodb. Delež propadlih smrek je bil v primerjavi z deležem jelk neznaten, zato je na podlagi podatkov v vzorcu nemogoče sklepati o odvisnosti med stopnjo poškodovanosti smreke in dinamiko njenega propadanja.

O vplivu sestojne zgradbe na obseg poškodovanosti je težko sklepati zaradi naravnih katastrof v preteklosti in različne intenzivnosti sanitarnih posekov v sestojih. Primerjava med petimi kontrolnimi sestoji je pregroba, da bi lahko na podlagi njihove današnje zgradbe z gotovostjo sklepali o tipu sestoja, ki najuspešneje kljubuje propadanju jelke ali ga celo zavira. Kljub temu razlike med sestoji nakazujejo, da jelke ne propadajo povsod enako. Pri primerjavi kazalcev, s pomočjo katerih smo sklepali o poškodovanosti dreves v sestojih, je izstopal peti kontrolni sestoj. Ta je v zadnjih 25 letih doživel najmanjše spremembe, saj so preostali današnji sestoji najpogosteje le boren ostanek nekdanjih jelovo-bukovih gozdov. Njihove gostote so se zmanjšale, spremenila pa se je tudi zgradba sestojev. Po treh zaporednih snegolomih sredi šestdesetih let in žledu leta 1975 je gozd doživel drastične spremembe. Ko so posekali polomljena drevesa, so nastale velike pomladitvene površine, preostali sestoji so postali vrzelasti, sklep krošenj se je čedalje bolj odpiral tudi zato, ker so sekali propadajoče jelke. Krošnje jelk in smrek v sestojni strehi so postale sproščene, saj bukev ni zmogla zapolniti nastalih vrzeli. Take spremembe so gotovo vplivale tudi na rast jelke in smreke. Že v prvih raziskavah propadanja jelke na Slovenskem so opozorili, da je bilo sušenje te drevesne vrste površinsko najbolj razširjeno v sestojih, kjer so v preteklosti močnejše sekali (MLINŠEK 1964). V sočasno nastali študiji so poseben pomen prisodili neugodnemu klimatskemu odmiku h kontinentalnosti, jelka pa naj bi se umikala močnejši bukvi tudi zaradi mikroklimatskih sprememb, ki podpirajo menjavo vrst (BRINAR 1964). Novejše raziskave v prebiralnih gozdovih jelke in smreke v Schwarzwaldu potrjujejo domnevo o vplivu premočnih posekov na rast dreves (SPIECKER 1986). V sestojih, kjer so močnejše sekali, se je prirastek dominantnih dreves zmanjšal. Ta se je sicer povečal pri razvoju

mlajših drevesih (vzpenjači), toda premočni posegi v sestojih so očitno kvarno vplivali na rast preostalih dreves v sestojni strehi.

Zaskrbljujoče je vprašanje, kako bi spremenjeni sestoji kljubovali podobnim naravnim katastrofam, kot sta jih prizadeli v šestdesetih in sedemdesetih letih. Kako so okrnjene splošnokoristne funkcije visokokraškega gozda, v katerem se je spremenila zgradba sestojev, zavezale pa so tudi grozeče vrzeli, ne znamo niti oceniti. Doslej smo se pri oceni propadanja omejili predvsem na izgube, ki jih je utrpela lesnoproizvodna funkcija gozdov. Z integralno foto-terestrično inventuro v letu 1985 smo ocenili, da se je zaradi visokega deleža poškodovanih jelk in vrzelaste zgradbe sestojev proizvodna zmogljivost zmanjšala na 57 % prirastka zdravega jelovega gozda na istem rastišču (HOČEVAR, HLADNIK 1988). Jelke ne bo mogoče v celoti nadomestiti s smreko, čeprav raziskave kažejo, da bi ta lahko imela pomembno vlogo pri ohranitvi gospodarskega gozda na visokem krasu (PERKO 1989). Verjetno ni mogoče preprečiti, da jelka in smreka ne bi propadali, toda razlike med sestoji opozarjajo na pomen gospodarjenja pri ohranitvi obeh drevesnih vrst v sestojih. Ob širjenju pomladitvenih površin izginjajo tudi najvitalnejša drevesa. Tam, kjer sestoji niso že povsem izvotljeni s številnimi pomladitvenimi jedri, bi bila primernejša drugačna umetna obnova. Redke, stare jelove sestoe, ki se naravno ne obnavljajo in ne izkoriščajo rastiščnega potenciala, je bolje obnoviti s podsadnjo (PERKO 1989). Pri tej obliki obnove v sestojih posekamo vsa močno poškodovana drevesa, ohranimo pa jelke, ki kljubujejo propadanju.

Po oceni sprememb v triletnem obdobju sklepamo, da jelke ne propadajo tako hitro, kot smo ocenjevali po prvih inventurah poškodovanosti gozdov. Na podlagi trenutnega stanja poškodovanosti dreves v sestojih je bilo nemogoče predvideti potek njihovega propadanja, nezanesljiva pa je bila tudi ocena mortalitete. To potrjuje tudi raziskava mortalitete dreves v Avstriji (NEUMANN, STEMBERGER 1990). S primerjavo rezultatov zaporednih inventur glede poškodovanosti gozdov in podatkov s prirastoslovnih ploskev ne morejo potrditi, da se je propadanje dreves v zadnjih letih povečalo.

Za objektivno oceno, kako drevesa propadajo, bo potrebno daljše opazovanje, nujna pa je tudi natančnejša opredelitev znakov, s katerimi opisujemo propadanje posameznih dreves. Ti znaki morajo biti primerljivi, saj bo le tako mogoče vzporejati izsledke podobnih raziskav. Na podlagi ocene sprememb med leti 1985 in 1991 menimo, da niso potrebne pogoste inventure poškodovanosti. Ocena stanja in razvoja poškodovanosti mora postati sestavni del gozdne inventure. Le tako bo mogoče oblikovati pravo podobo o ogroženosti gozdov. S postavitvijo kontrolnih sestojev je mogoč učinkovit nadzor propadanja dreves. Z vsakoletnim terenskim pregledom referenčnih dreves, za katera imamo natančne opise njihove poškodovanosti v preteklih letih, je mogoče pravočasno opaziti nenadne spremembe v poteku propadanja. Ocene teh sprememb so koristne pri delu v propadajočih sestojih, večja pa je tudi zanesljivost tako pridobljenih informacij. Z oblikovanjem metode nismo želeli nadomestiti ali odklanjati klasičnega dela pri ocenjevanju razvojnih procesov v gozdu, saj bo težišče našega dela v njem ostalo trdno. Posebno tedaj, kadar spremljamo propadanje dreves in gozdnih sestojev, pa je

dokumentacijska vrednost letalskih posnetkov pomembnejša od razlik, ki jih zaradi preslikave podobe gozda na posnetkih ne uspemo razbrati. Ko ocenjujemo dinamiko pri propadanju, verjetno ne bodo usodne drobne spremembe v krošnji ocenjenih dreves. Za prihodnje gospodarjenje bo odločilnejši učinkovit nadzor propadanja gozdnih sestojev, spremljanje poškodovanosti dreves in ocena razvoja gozdnih sestojev pa bosta morala postati del sodobne gozdne inventure.

## 5 SUMMARY

### **OBSERVATION OF THE DEVELOPMENT OF STANDS AND CHRONOLOGICAL DYNAMICS OF FOREST DECLINE IN A BEECH AND SILVER FIR FOREST**

In 1985 the decline of trees and forest stands belonging to the plant association *Abieti-Fagetum dinaricum* in Podkraj and Nadrt (Slovenia) was studied by photo-interpretation and field survey. As damage to silver fir and Norway spruce is well advanced, it is essential to assess dynamics of stands decline and ensure its continuous evaluation.

The aerial survey with infra-red photographs was in part repeated in 1988. On the basis of photo interpretation and a field survey, a method for the evaluation of silver fir and spruce decline was designed. In control stands, damage was assessed in the field and measurements were carried out to form a basis for an evaluation of damage and an analysis of decline dynamics. Canopy silver fir and spruce populations assessed in the field were compared with aerial infra-red photographs taken in 1985 and 1988. Additional information was gathered by an estimate of mortality in the whole area of control stands as well as by repeated field survey in 1991. The comparison of the condition of trees with aerial infra-red photographs revealed no significant changes as to the scope of damage between 1985 and 1988. This applies to 89 % of silver fir population and 90 % of spruce populations on sample plots of 10 ares each. The same is true of the 1988-1991 period. In 1991 the percentage of trees with no significant changes in needle loss was still high (80 % of silver fir and 87 % of Norway spruce) but neither recovery nor deterioration was found to be rapid. Silver fir and Norway spruce trees with only minor changes in needle loss (up to 5 %) were considered to be recovering. Minor changes were also found in trees with progressive deterioration as needle loss did not exceed 10 %.

According to the shape of crown and the analysis of their diameter increment, damaged silver fir trees were categorized into three groups, the decline dynamics of which varied in the 1985-1988 period. The first group consists of trees with a uniform diameter increment. They have a typical pointed crown and a needle loss of up to 25 %. For the 3-year period, recovery was established primarily for trees of this group, whereas further deterioration was found in trees with a more severe needle loss. Despite their well

developed crown, annual diameter increment of most vigorous trees has decreased distinctly over the last forty years.

The second group comprises trees with a higher needle loss and a spherical crown. The crown is as a rule shorter than half of the length of the stem. These trees were regarded as less vigorous on account of higher decrease in diameter increment than trees of the first group. For the 3-year period, recovery was found in trees with up to 45 % of needles in the crown. Borderline extent of damage, at which either recovery or deterioration could be expected, was not pronounced as an increase in decline was established also in trees with a smaller percentage of needle loss (30 %).

During the 3-year period the condition of trees of the third group declined the most of all, according to an evaluation of their vigour. Their crowns are considerably changed so that they have no real tops. Also, strong adventive shoots on the stem and branches of a short crown were noted. The characteristic correlation between a pointless top, severe needle loss and a decrease in diameter increment indicates that these trees are the least vigorous of all and that their decline is slow. In the 3-year period, especially trees of this group died but the scope of decline was not as extensive as we expected according to the first inventory of damage assessment. Fir trees with a severely damaged crown tend to persevere for a long time in a stand as even trees with over 80 % needle loss survived the 3-year period.

Silver fir decline, however, differs from Norway spruce decline. In 1988, crowns of dominant spruce trees were most severely damaged, which may be attributed to a greater exposure to environmental impact. Their annual diameter increment already started decreasing between 1966 and 1975. The diameter increment of less damaged spruce trees started to decrease later but the decrease of the 1976-1988 period was not as high as that of severely damaged trees. Since 1985, only individual spruce trees have died in control stands, while deterioration was found particularly in trees with a needle loss of over 30 %. Some changes in the damage of both silver fir and Norway spruce were found in all control stands, but the percentage of such trees was not high enough in the 3-year period that the relationship of growth rate or stands composition to decline could be determined. Besides, no typical concentrations of damage within a stand or in different locations in a forest were found but it was observed that silver fir trees in deep soils were less damaged than those in shallow soils.

An identification of the effect of the composition of a stand on the scope of damage encounters some difficulties on account of natural disasters that occurred in the past and varying degrees of intensity of management. Photo interpretation of aerial photographs taken in 1957, 1975 and 1985 was followed by an analysis of the structure and development of control stands with stands charts in the whole area of both locations. The present stands are rather scanty remains of former silver fir-beech forests. Not only has their density decreased but also the structure of stands has changed. Productivity has decreased in all stands, not only in those with smaller or larger gaps. Considerable losses in stand productivity are due to silver fir decline. In recent decades, the diameter increment

of damaged Norway spruce has also started decreasing. The decline of severely damaged silver fir and Norway spruce cannot be reversed. But continuous assessment of damage dynamics of the two species is of vital importance for an efficient management of deteriorating stands as well as efficient measures for preservation of silver fir on karst plateau.

## 6 REFERENCE

- AKCA, A., 1989. Permanente Luftbildstichprobe. Allg. Forst- u. J.-Ztg., 160, 4, str. 65-69.
- ARRIAGA, L., FRANCO, M., SARUKHAN, J., 1988. Tree classification in uneven-aged forests. The Journal of Ecology, 76, 4, str. 1092-1100.
- ATHARI, S., KRAMER, H., 1989. Problematik der Zuwachsuntersuchungen in Buchenbeständen mit neuartigen Schadsymptomen. Allg. Forst- u. J.-Ztg., 160, 1, str. 1-8.
- BRINAR, M., 1964. Življenjska kriza jelke na slovenskem ozemlju v zvezi s klimatičnimi fluktuacijami. Gozdarski vestnik, Ljubljana, 5-6, str. 97-137.
- EAFV 1986. Kronnenbilder mit Nadel- und Blattverlustprozenten, 98 str.
- FARCY, C., 1989. Photographie aerielle et appreciation de l'evolution du deperissement de l'epicea en Ardennes. Ann. Sci. For. 46, str. 155-171.
- FERLIN, F., 1990. Vpliv onesnaževanja ozračja na rastno obnašanje in rastno zmogljivost odraslih smrekovih sestojev. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, gozdarstvo. Mag. naloga, 142 str.
- GERECKE, K.L., 1990. "Tannensterben" und "Neuartige Waldschäden" - Ein Beitrag aus der Sicht der Waldwachstumskunde. Allg. Forst-u.J.-Ztg., 161, 5, str.81-95.
- HLADNIK, D., 1986. Ocena zdravstvenega stanja jelovo-bukovih gozdov na visokem krasu. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, gozdarstvo. Dipl. naloga, 70 str.
- HLADNIK, D., 1990. Spremljanje razvoja sestojev in časovna dinamika propadanja dreves v jelovo-bukovem gozdu. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, gozdarstvo. Mag. naloga, 112 str.
- HOČEVAR, M., 1988. Ugotavljanje in spremljanje propadanja gozdov z aerosnemanji. Gozdarski vestnik, Ljubljana, 2, str. 53-66.
- HOČEVAR, M., HLADNIK, D., 1988. Integralna foto-terestrična inventura kot osnova za smotrno odločanje in gospodarjenje z gozdom. Zbornik gozdarstva in lesarstva, Ljubljana, 31, str. 93-120.
- HOČEVAR, M., 1990. Brauchbarkeit der Daten von grossräumigen Waldschädeninventuren fuer die Schätzung dendrometrischer Parameter. International Symposium on Forest Inventories in Europe with Special Reference to Statistical Methods (IUFRO S4.02/S.6.02), Birmensdorf, May 14 to 16, 1990.
- INNES, J.L., 1990. Some problems with the interpretation of international assessments of forest damage. IUFRO XIX World Congress, Proceedings, Montreal, 5-11 Aug., str. 380-387.



- KANDLER, O., 1988. Epidemiologische Bewertung der Waldschadenserhebungen 1983 bis 1987 in der Bundesrepublik Deutschland. *Allg. Forst- u. J.-Ztg.*, 159, 9/10, str. 179-194.
- KENK, G.K., 1990. Effects of air pollution on forest growth in southwestern Germany - Hunting for a phantom? IUFRO XIX World Congress, Proceedings, Montreal, 5-11 Aug., str. 388-395.
- KOLAR, I., 1989. Umiranje smreke v gozdovih Šaleške doline. *Zbornik gozdarstva in lesarstva, Ljubljana*, 34, str. 121-198.
- KONNERT, V., METTENDORF, B., 1990. Beobachtungsflaechen zu den "neuartigen Waldschaeden" an Tanne in Baden-Wuerttemberg: Nadelverlust, Klima, Zuwachs und Ernaehrungssituation. *Allg. Forst- u. J.-Ztg.*, 161, 6/7, str. 116-123.
- KOTAR, M., 1985. Povezanost proizvodne zmogljivosti sestoja z njegovo gostoto. *Zbornik gozdarstva in lesarstva, Ljubljana*, 26, str. 107-126.
- LICK, E., KRAPPENBAUER, A., 1986. Terrestrische Waldzustandsinventuren und Probleme einer Objektivierung. *Cbl. ges. Forstw.*, 103, 4, str. 227-241.
- MAHRER, F., 1989. Problems in the determination and interpretation of needle and leaf loos. *Air Pollution and Forest Decline. Proc. 14th Int. Meeting for Specialists in Air Pollution Effects on Forest Ecosystems, IUFRO P2.05, Interlaken, Switzerland, Oct. 2-8, 1988. Birmensdorf, 1989*, str. 229-231.
- METTENDORF, B., SCHROETER, H., HRADETZKY, J., 1988. Analysenergebnisse zur Schadensentwicklung auf Tannen- und Fichten-Dauerbeobachtungsflaechen in Baden-Wuerttemberg. *Allg. Forst- u. J.-Ztg.*, 159, 8, str. 171-177.
- MLINŠEK, D., 1964. Sušenje jelke v Sloveniji - Prvi izsledki. *Gozdarski vestnik, Ljubljana*, 5-6, str. 145-159.
- MOLENAAR, M., STUIVER, J., 1987. A PC digital monoplottting system for map updating. *ITC Journal*, 4, str. 346-350.
- MURTHA, P.A., 1972. A guide to air photo interpretation of forest damage in Canada. *Canadian forestry service, No. 1292*, 63 str.
- NORUŠIS, M.J., 1986. *Advanced Statistics, SPSS/PC+ for the IBM PC XT/AT, SPSSinc., Chicago.*
- NEUMANN, M., STEMBERGER, A., 1990. Ueber Ausmass und Verteilung der Mortalitaet: Gegenueberstellung von Ergebnissen der Waldzustandsinventur mit fruerehen Untersuchungen. *Cbl. ges. Forstw.*, 107, 2, str. 63-99.
- PERKO, F., 1989. Ekološka niša in gospodarski pomen smreke na jelovo-bukovih rastiščih Visokega krasa. *Gozdarski vestnik, Ljubljana*, 9, str. 353-379.
- SCHMID-HAAS, P., 1983. Swiss continuous forest inventory. Twenty years experience. *Renewable Resource Inventories for Monitoring Changes and Trends. Corvallis, OSU, College of Forestry*, str. 133-140.
- SCHMID-HAAS, P., 1990. Kronenverlichtung und Waldwachstum. *Schweiz. Z.Forstwes.*, 141, 3, str. 189-209.
- SCHUETZ, J.P., GRUNDER, K., MANDALLAZ, D., 1986. Die Vitalitaet von Weisstannen und ihre Abhaengigkeit von bestandesstrukturellen, ertragskundlichen, ernaehrungskundlichen und waldbaulichen Variablen. *Forstw. Cbl.*, 105, 5, str. 406-420.

- SPELSBERG, G., 1987. Zum Problem der Beurteilung des Zuwachses in geschaedigten Bestaenden. *Allg. Forst- u. J.-Ztg.*, 158, 11/12, str. 205-210.
- SPIECKER, H., 1986. Das Wachstum der Tannen und Fichten auf Plenterwald- Versuchsflaechen des Schwarzwaldes in der Zeit von 1950 bis 1984. *Allg. Forst- u. J.-Ztg.*, 157, 8, str. 152-164.
- ŠOLAR, M., 1989. Poškodbe gozdov - slovenske posebnosti. *Zbornik gozdarstva in lesarstva*, Ljubljana, 34, str. 71-97.
- ŠOLAR, M., 1990. Stanje slovenskih gozdov v letu 1989 in gibanje njihove poškodovanosti v obdobju 1985-1989. *Gozdarski vestnik*, Ljubljana, 2, str. 85-90.
- TORELLI, N., ČUFAR, K., ROBIČ, D., 1986. Nekateri ksilotomski, fiziološki in gozdno gojitveni vidiki umiranja jelke v Sloveniji. *Les*, 11-12, str. 297-301.
- WRABER, M., 1946. Vzroki hiranja jelke na Logaški in Rakitniški planoti. *Gozdarski vestnik*, Ljubljana, 7, str. 201-203.
- ŽGAJNAR, L., 1982. Gozdne združbe in rastišnogojitveni tipi v GE Nanos-Podkraj. IGLG, Ljubljana.