

GDK 172.9:182.58:425.1:181.45:539

BIOINDIKACIJA ONESNAŽENOSTI ZRAKA Z EPIFITSKO LIŠAJSKO VEGETACIJO PRI INVENTURAH PROPADANJA GOZDOV

Franc BATIC*

Tone KRALJ**

Izvleček

Epifitska lišajska vegetacija je bila uporabljena kot bioindikator onesnaženosti ozračja pri popisih propadanja gozdov v l. 1985 in 1987. Uporabljena je bila metoda kartiranja in ocenjevanja prisotnosti treh osnovnih tipov lišajev: skorjastih, listastih in grmičastih. Na osnovi ocenitve stanja je bil za vsako popisno mesto izračunan indeks atmosferske čistoče. Iz vrednosti indeksa je bila narejena lišajska karta Slovenije, ki sorazmerno dobro odraža onesnaženost ozračja v gozdovih in dopolnjuje meritve polutantov v zraku. Bioindikatorska sposobnost epifitskih lišajev je bila ovrednotena z razpoložljivimi meritvami SO₂ v zraku. Analiziran je bil tudi vpliv nekaterih dejavnikov (količina padavin, nadmorska višina popisnega mesta, drevesna vrsta), ki vplivajo na uspevanje lišajev in s tem na njihovo indikatorsko vrednost.

Ključne besede: popis propadanja gozdov, bioindikacija onesnaženosti zraka, epifitska lišajska vegetacija, diferencialna diagnostika, Slovenija, Jugoslavija

BIOINDICATION OF AIR POLLUTION BY EPIPHYTIC LICHEN VEGETATION AT FOREST DIE-BACK INVENTORIES

Franc BATIC*

Tone KRALJ**

Abstract

Epiphytic lichen vegetation was used as air pollution bioindicative system at forest die-back inventories in 1985 and 1987. Mapping and assessment of three main lichen thalli types (crustose, foliose, fruticose) was performed and an index of atmospheric purity (IAP) was calculated for every inventory plot. A lichen map of Slovenia was drawn using data of IAP. It reflected well the overall air pollution in forests what was proved also by SO₂ measurements. Bioindicative value of epiphytic lichen vegetation was confirmed also by measurements of the influence of some other ecological parameters like amount of precipitation and altitude above sea level of research plots.

Key words: forest die-back inventory, bioindication of air pollution, epiphytic lichen vegetation, differential diagnostic, Slovenia, Yugoslavia

* doc. dr., prof. biol., Inštitut za gozdno in lesno gospodarstvo, 61000 Ljubljana, Večna pot 2

** dipl. inž. mat., Inštitut za gozdno in lesno gospodarstvo, 61000 Ljubljana, Večna pot 2

KAZALO

- 1 UVOD
- 2 METODA DELA
- 3 REZULTATI IN DISKUSIJA
- 4 ZAKLJUČKI
- 5 LITERATURA
- 6 PRILOGE
- 7 SUMMARY

1 UVOD

Sušenje gozdnega drevja ali propadanje gozdov kot često imenujemo zadnje čase ta pojav, je v večjem obsegu zajelo tudi naše kraje. Po zgledu na zahodne in srednjeevropske države smo l. 1985 začeli z inventuro propadanja gozdov, da bi določili stopnjo in obseg tega pojava v Sloveniji. V l. 1987 smo popis ponovili, hkrati pa je bil to leto opravljen prvi popis propadanja gozdov na ozemlju celotne Jugoslavije.

Glede na to, da večina teorij in hipotez išče vzroke propadanja gozdov v direktnem ali indirektnem vplivu onesnaženega zraka, smo se odločili, da bomo pri popisu propadanja gozdov uporabili epifitsko lišajsko vegetacijo kot bioindikator kvalitete zraka na mestih popisa. Vzrok za takšno odločitev je bilo dejstvo, da so epifitski lišaji izredno občutljivi na onesnažen zrak (FERRY in sod., 1973, HAWKSWORTH & ROSE, 1976, DERUELLE, 1978) in ponavadi občutljivejše vrste propadajo prej kot se pojavijo znaki poškodb na drugi gozdni vegetaciji. Tako lahko stanje epifitske lišajske vegetacije do neke mere nadomešča, še bolj pa dopolnjuje meritve polutantov v zraku, še posebej ob dejstvu, da je večina merilnih mest Hidrometeorološkega zavoda v naseljih in imamo o koncentracijah polutantov v zraku v gozdnem prostoru le malo podatkov. Pri iskanju vzrokov propadanja gozda na določenem področju pa je ta podatek nujen in stanje epifitske lišajske vegetacije nam lahko v takem primeru služi kot eno izmed diferencialnih diagnostičnih sredstev. In zakaj so ravno epifitski lišaji tako zelo občutljivi na onesnažen zrak? Vzroke za to najdemo v njihovi zgradbi in načinu življenja. Lišaji so simbioti, katerih telo-steljka je zgrajeno iz alg (ali cepljivk) in gliv. Občutljivo ravnovesje simbioze se v onesnaženem okolju hitreje poruši. Kot epifiti so se v dolgi evoluciji prilagodili tako, da so sposobni akumulirati ogromne količine snovi iz zraka, tudi polutante, kar je zanje usodno. Kot stelčnice nimajo krovnih tkiv in s tem nobene aktivne zaščite pred udarom polutantov. Aktivni so skozi celo leto, pri čemer je njihova rast zelo počasna. Zaradi vsega naštetega epifitski lišaji najprej propadejo v okolju z onesnaženim zrakom in jih že zelo dolgo uporabljajo kot bioindikatorje kvalitete zraka v urbanih okoljih, o čemer je na voljo veliko tuje (FERRY in sod., 1973, DERUELLE, 1978, HAWKSWORTH & ROSE, 1976, NIMIS, 1985, LIEBENDÖRFER in sod., 1988 etc.) in domače literature (SKOBERNE, 1976, BATIČ in sod., 1979, PETKOVŠEK in sod., 1984 itd.). Še posebej je dokazana velika občutljivost epifitskih lišajev na žveplov dioksid (HAWKSWORTH & ROSE, 1970, GILBERT, 1970 b, JOHNSEN & SOCHTING, 1973, TRAS, 1973), kar je bil dodatni razlog, da smo jih zaradi naših polucijskih razmer vključili v popis propadanja gozdov kot eno izmed bioindikacijskih metod ugotavljanja onesnaženosti ozračja.

2 METODA DELA

Pri popisu propadanja gozdov smo v Sloveniji uporabili nekoliko modificirano metodo (ŠOLAR, 1988), ki jo je priporočila posebna komisija pri Združenih narodih in

jo z rahlimi spremembami uporablja večina evropskih držav. V obrazec 1, ki zajema opis popisnega mesta na 4 x 4 km popisni mreži, smo vključili ocenitev stanja epifitske lišajske vegetacije kot merilo onesnaženosti zraka. Epifitske lišaje lahko uporabljamo v bioindikacijske namene na različne načine, odvisno od namena, razpoložljivega časa in usposobljenosti popisovalcev. Glede na to, da so popis propadanja gozdov opravili gozdarji s terena in da je bilo število popisnih ploskev zelo veliko, smo se odločili za enostavnejšo metodo popisa lišajev. Na eni izmed klimatozonalnih drevesnih vrst ali tudi drugi (monokulture) smo na popisnem mestu ocenili prisotnost in stanje treh osnovnih morfoloških tipov epifitskih lišajev, t.j. skorjastih (C), listastih (L) in grmičastih (R). Izhodišče za takšen izbor je bilo dejstvo, da so ti trije tipi zaradi svoje ekologije različno odporni na onesnažen zrak, pri čemer odpornost pada od skorjastih prek listastih do grmičastih. Vzrok za to je puferski vpliv podlage in pa delež steljke, ki je v stiku z zrakom oziroma s podlago in s tem povezana absorpcijska površina in z njo preskrba z vodo in minerali. Poleg upoštevanja že omenjenih morfoloških tipov smo stanje epifitske lišajske vegetacije ocenili še z ocenitvijo višine rasti na drevesih (h), pokrovnosti (C) in številčnosti steljk (a) za vsak tip posebej. Vse tri parametre smo ocenili v razponu od 1 do 3, in sicer: višina rasti na drevesih: 1 — od tal do 0,5 m, 2 — od tal do 2,5 m, 3 — od tal visoko v krošnje dreves; številčnost: 1 — posamezne steljke, 2 — steljke srednje pogoste, 3 — steljke zelo pogoste; pokrovnost: 1 — od 1—10 % površine debel ali vej, 2 — od 10—50 % površine debel ali vej, 3 — od 50—100 % površine debel ali vej. Iz tako ocenjenega stanja epifitske lišajske vegetacije smo po vzgledu na tuje avtorje (Le BLANC & De SLOOVER, 1970, LIŠKA, 1978) izračunali po enačbi

$$IAP = C(h + a + c) + F(h + a + c) + R(h + a + c)$$

indeks atmosferske čistoče (index of atmospheric purity — IAP), kjer kratice pomenijo zgoraj omenjene tipe lišajev in ocenjene parametre. Vrednosti indeksa smo rangirali v pet razredov (skica 1), kjer razred 1 (IAP = 0) pomeni močno onesnažen zrak, področje brez lišajske vegetacije, razred 5 (IAP = 21—27) pa čist zrak in bujno lišajsko vegetacijo. Na vsakem popisnem mestu smo za ocenitev opazovali okrog deset dreves, pri čemer smo izbrali za opazovanja le nadmorska drevesa, katerih debela niso bila zakrita z grmovjem, vejami ali zelišči.

S to metodo popisa smo seznanili popisovalce v uvajalnih seminarjih, del popisa pa smo kontrolirali s preverjanjem popisov v okviru točk 16 x 16 km bioindikacijske mreže (GG Ljubljana, GG Nazarje, del GG Slovenj Gradec in GG Celje).

Popisne obrazce smo računalniško obdelali. Iz izračunanih in rangiranih vrednosti IAP smo izrisali lišajsko karto Slovenije in stanje epifitske lišajske vegetacije primerjali z meritvami polutantov (SO₂, dimi) v zraku, s stopnjo ogroženosti gozdov in parametri kot so količina padavin in nadmorska višina popisnega mesta.

3 REZULTATI IN DISKUSIJA

Rezultati obdelave popisa lišajev iz popisa propadanja gozdov l. 1987 so prikazani na skicah 1—4 in na diagramih od 1 do 6.

Na skici 1 je prikazana lišajska karta Slovenije, narejena na osnovi vrednosti indeksa atmosferske čistoče (IAP), ki so v razponu od 0 do 27 in so razdeljene v pet razredov ter prenesene na karto Slovenije. Iz karte je razvidno, da je najbolj onesnažen osrednji in osrednji severni del Slovenije. Tu su vrednosti indeksa najnižje in označujejo večje lokalne emisijske centre, kot so Ljubljana, Kranj, Trbovlje, Celje, Šoštanj, Mežiška dolina, Maribor. Nasploh je iz karte razvidno, da je epifitska lišajska vegetacija v Sloveniji že močno osiromašena, kar nedvomno kaže na veliko onesnaženost zraka. Čista mesta z bujno vegetacijo so omejena na redke odročne predele. Podobno sliko nam kaže skica 2, na kateri je prikazana le razširjenost treh osnovnih morfoloških tipov lišajev (skorjasti, listasti, grmičasti) brez upoštevanja višine rasti, pokrovnosti in številčnosti. Glede na to, da pri nas še vedno prevladuje onesnaženje zraka z žveplovim dioksidom in da lišaji najboljše indicirajo ta polutant, smo naredili primerjavo med vrednostmi IAP na mestih popisa propadanja gozdov in koncentracijo žveplovega dioksida v zraku (diagram 1). Za primerjavo smo vzeli meritve Hidrometeorološkega zavoda, s tem da smo upoštevali le poprečne mesečne koncentracije v kurilni sezoni. Iz primerjave je razvidno, da so višje vrednosti IAP omejene na popisne ploskve, v okolici katerih so izmerjene nizke koncentracije SO_2 in obratno. Nekoliko motijo nizke vrednosti IAP na ploskvah z nizkimi koncentracijami SO_2 . V teh primerih gre lahko za izjemno suha rastišča (npr. borovi gozdovi), kjer je epifitska lišajska vegetacija že po naravi revnejša. Da bi ugotovili interferenco sušnosti oziroma vlažnosti rastišča na popisni ploskvi, smo vrednosti IAP primerjali še z nadmorsko višino popisnih ploskev (diagram 2) in količino padavin na ploskvah (diagram 3). Kot je razvidno iz diagrama 2, je opazen trend, da so vrednosti IAP višje na popisnih ploskvah z večjo nadmorsko višino in nižje na tistih v dolinah. To se ujema po eni strani z boljšimi vlažnostnimi in svetlobnimi razmerami v višjih legah, kar omogoča bujnejši razvoj epifitov. Poleg tega je večina emitentov polutantov v dolinah, kar se prav tako močno odraža na stanje epifitske lišajske vegetacije in flore. Vendar imamo tudi tu odstopanja, t.j. popisne ploskve z revno lišajsko vegetacijo na višjih nadmorskih višinah. Vzrok za to je vpliv onesnaženega zraka ali pa sušnost rastišča. Vpliv količine padavin (diagram 3) na epifitsko lišajsko vegetacijo je iz primerjave dokaj težko ovrednotiti. Pričakovali bi, da je na ploskvah z več padavin epifitska lišajska vegetacija bujnejša, kar do neke mere tudi drži. Vendar pa dobimo zelo revno lišajsko vegetacijo tudi na ploskvah z obilnimi padavinami. Jasno je, da gre tu za interferenco onesnaženega zraka oz. onesnaženih padavin, ki lahko povzročajo propadanje lišajev. Primerjana stopnja poškodovanosti gozdov in stanje epifitskih lišajev (IAP) na pripadajočih popisnih ploskvah (diagram 4) kaže, da med obema ni pričakovane povezave. Večina popisnih ploskev je z revno epifitsko lišajsko vegetacijo, pri čemer je drevje lahko zdravo ali poškodovano. To lahko razloži-

mo s tem, da lišaji v veliko večji meri odražajo kvaliteto zraka, ne pa delovanja polutantov prek tal, vpliva klimatskih in biotskih dejavnikov, kar vse močno vpliva na zdravstveno stanje gozda. Morda je ravno v tem vrednost epifitov kot enega izmed diferencialnih diagnostičnih sredstev pri proučevanju vzročnosti propadanja gozdov.

Že iz lišajskih kart je razvidno, še bolj pa iz prikaza frekvence distribucije popisnih ploskev glede na vrednosti IAP (diagram 5), da je zrak v Sloveniji močno onesnažen. Velik del ploskev ima zelo nizke vrednosti indeksa atmosferske čistoče, delež ploskev z visokim indeksom pa je zelo majhen. To stanje se dobro ujema z meritvami SO_2 v zraku (diagram 6), kjer opazamo, da je velik del ploskev tako onesnažen, da praktično onemogoča obstoj večini epifitskih lišajev. Po izkušnjah tujih raziskovalcev (HAWKSWORTH & ROSE, 1976, GILBERT, 1970 itd.) je indikatorska uporabnost lišajev v razponu med 0 in $150 \mu\text{g SO}_2/\text{m}^2$ (poprečje v kurilni sezoni), a največja med 30 in $80 \mu\text{g SO}_2/\text{m}^3$. Pri višjih koncentracijah lišaji propadejo oziroma ostanejo le še redke rezistentne (odporne) vrste. Na skici 3 in 4 je podan prikaz stanja lišajev ob popisih leta 1985 in 1987 za vse vrste dreves skupaj in posebej za važnejše, pogostejše drevesne vrste. Primerjava prikaza za vse vrste drevja skupaj in za posamezne vrste (skica 3) posebej nam kaže, da je stanje epifitov na različnih drevesnih vrstah precej različno. Smreka izstopa z največjim deležem opazovalnih ploskev brez epifitov. To si poleg vpliva onesnaženja razlagamo še z intenzivnim gojenjem te vrste zunaj naravnega areala. Izstopa tudi bukev, kjer je na večini ploskev lišajske vegetacija zelo revna. Vzrok za to je tako imenovano samozastrupljanje bukve, pri kateri se zaradi oblike krošnje steka velik del padavin po vejah in deblu in v primeru onesnaženih padavin zelo hitro poškoduje ali uniči epifitske lišaje. Iz skic 3 in 4 je razvidno, da je delež ploskev popisa propadanja gozdov z bogato lišajsko vegetacijo zelo majhen in da je celo delež ploskev brez epifitov večji, na večini ostalih pa je lišajska vegetacija zelo okrnjena. Vse to nedvomno kaže na močan vpliv polucije. Primerjava rezultatov iz l. 1985 in 1987 (skica 4) kaže, da je uporabljena metoda dokaj realna, saj smo ugotovili zelo podobno situacijo. To smo tudi pričakovali, kajti v dveh letih, ne glede na dejstvo, da se polucija ni bistveno zmanjšala, ne moremo pričakovati večjih sprememb. Zanimivo je, da je celo rahlo narastel odstotek ploskve brez epifitov.

4 ZAKLJUČKI

Na osnovi analize rezultatov dveh popisov propadanja gozdov, kjer smo uporabili epifitske lišaje kot bioindikatorje čistoče oziroma onesnaženost zraka, lahko zaključimo sledeče:

1. Epifitska lišajska vegetacija dobro odraža stopnjo splošne onesnaženosti ozračja v gozdnem prostoru. To je razvidno iz obeh lišajskih kart, bioindikacijsko vlogo epifitskih lišajev pa potrjujejo tudi meritve polutantov v zraku.

2. Uporabljena metoda, pri kateri opazujemo in ocenjujemo stanje treh osnovnih morfoloških tipov lišajev na mestu popisa, zadošča za ocenitev splošnega, dolgotrajnega onesnaženja, ne dopušča pa sklepanja na koncentracijo polutantov v zraku. Izboljšane metode bi bile že v tem, če bi popis lišajev vezali na obrazec 2 v popisu in lišaje opazovali na vsakem izmed 24 dreves. Večje število podatkov na popisnem mestu bi znatno izboljšalo natančnost popisa v primerjavi s sedanjo oceno, vendar se pojavlja vprašanje časa in hitrosti izvedbe popisa.
3. Za podrobnejše študije in konkretne primere bo potrebno preiti na kartiranje vrst, kar delno že izvajamo. Na osnovi določitve tipičnih vrst in združb bi bilo mogoče nadaljnje izvrednotenje epifitskih lišajev kot bioindikatorjev, še posebej, če bi opazovanja podkrepili z meritvami polutantov na mestih popisov.
4. Pri uporabi lišajev kot bioindikatorjev je treba ugotoviti interferenco ekoloških parametrov, ki poleg onesnaženega zraka vplivajo na njihovo uspevanje, kajti le tako lahko izluščimo vpliv delovanja polutantov.
5. Primerjava propadanja lišajev in propadanja gozdov kaže, kako previdno se moramo lotiti raziskave problema. Epifitski lišaji gotovo indicirajo kvaliteto ozračja v gozdu, ni pa nujno, da nam s tem pojasnijo vzrok propadanja gozdnega drevja. Njihovo poznavanje le pripomore k jasnejši sliki o dogajanjih v gozdnem ekosistemu.

5 LITERATURA

1. ANONYMUS. Črna knjiga o propadanju gozdov v Sloveniji 1987, 1988. IGLG, Ljubljana.
2. BATIČ, F., NEDA SMERDU, MARTINČIČ, A., VRHOVŠEK, D., 1979. Epifitska flora in onesnaženja zraka na področju mesta Ljubljane. Drugi kongres ekologa Jugoslavije, Zagreb.
3. FERRY, B.W., BADDELY, M.S. & D.L. HAWKSWORTH, 1973. Air pollution and lichens. Univ. Toronto Press, 390 p.p.
4. GILBERT, O.L., 1970 b. A biological scale for the estimation of sulphur dioxide pollution. *New Phytol.* 9: 629—634.
5. HAWKSWORTH, D.L. & ROSE, F., 1970. Qualitative scale for estimating sulphur dioxide air pollution in England and Wales using epiphytic lichens. *Nature* 227: 145—148.
6. HAWKSWORTH, D.L. & ROSE, F., 1976. Lichens as pollution monitors. 1—60, Edward Arnold, London.
7. JOHNSEN, I., SOCHTING, V., 1973. Influence of air pollution of the epiphytic lichen vegetation and bark properties of deciduous trees in the Copenhagen area. *OIKOS* 24: 344—351.

8. Le BLANC, F., De SCOOVER, J., 1970. Pollutions atmospherique et fertilité chez les mousses et chez les lichens epiphytiques. *Bull. Acad. Soc. Lorr. Sci.* 9: 82—90.
9. LIEBENDÖRFER, L., HERZIG, R., URECH, M., AMMANN, K., 1988. Evaluation und Kalibrierung der Schweizer Flechten — Indikationsmethode mit wichtigen Luftschadstoffen. *Staub-Reinhaltung der Luft* 48: 233—238.
10. LIŠKA, J., 1978. Epiphytic lichens and air pollution in the Tabor area (South Bohemia). *Proc. Crypt. Symp. SAS*: 221—230.
11. NIMIS, P.L., 1985. Urban lichen studies in Italy. 1st: The town of Trieste. *Studia Geobotanica* 5: 49—74.
12. PETKOVŠEK, V., BATIČ, F., Marija GOSAR, Marjan PETERLIN, 1984. Raziskovanje onesnaženosti zraka v Sloveniji 2. *Prirodoslovno društvo Slovenije*: 1—76, Ljubljana.
13. SKOBERNE, P., 1976. Ugotavljanje onesnaženosti zraka s presajevanjem lišajev. *Varstvo narave* 9: 21—34.
14. ŠOLAR, M., 1988. Waldschäden — Slowenische Besonderheiten. 15th International Meeting for Specialists in Air Pollution. Effects on Forest Ecosystems. *Air Pollution and Forest Decline*, Interlaken, Switzerland, October, 2nd—8th.
15. TRAS, H., 1973. Lichen sensitivity to air pollution and index of paleotolerance (I.P.) *For. Crypt. Est., Tartu* 3: 19—22.

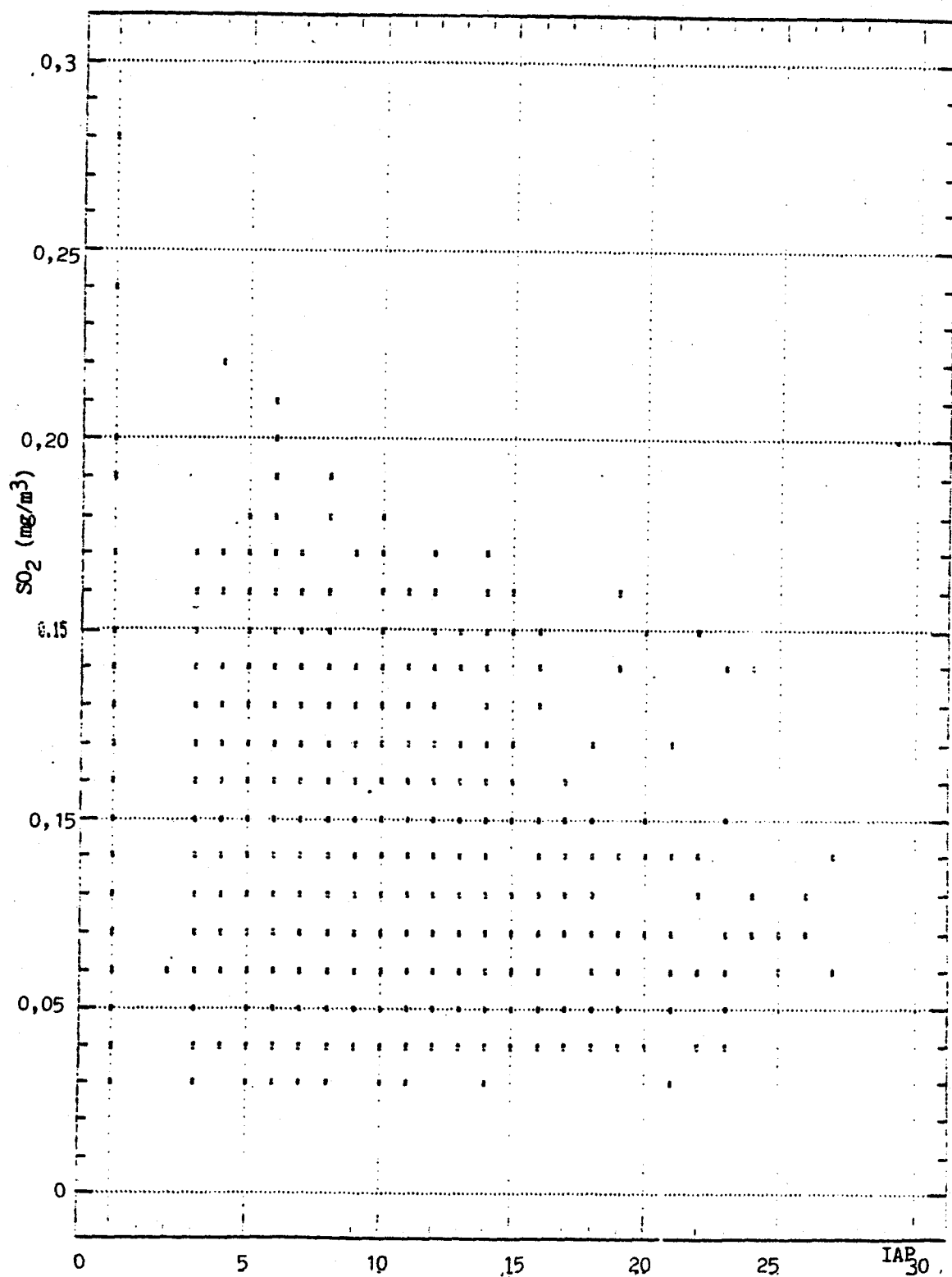


Diagram 1: Prikaz soodvisnosti koncentracij SO₂ v zraku (povprečna koncentracija SO₂ v kurilni sezoni 1986/87) in vrednosti IAP

Graph 1: Comparison of data of IAP and average concentrations of SO₂ in air data for 1986/87 heating season

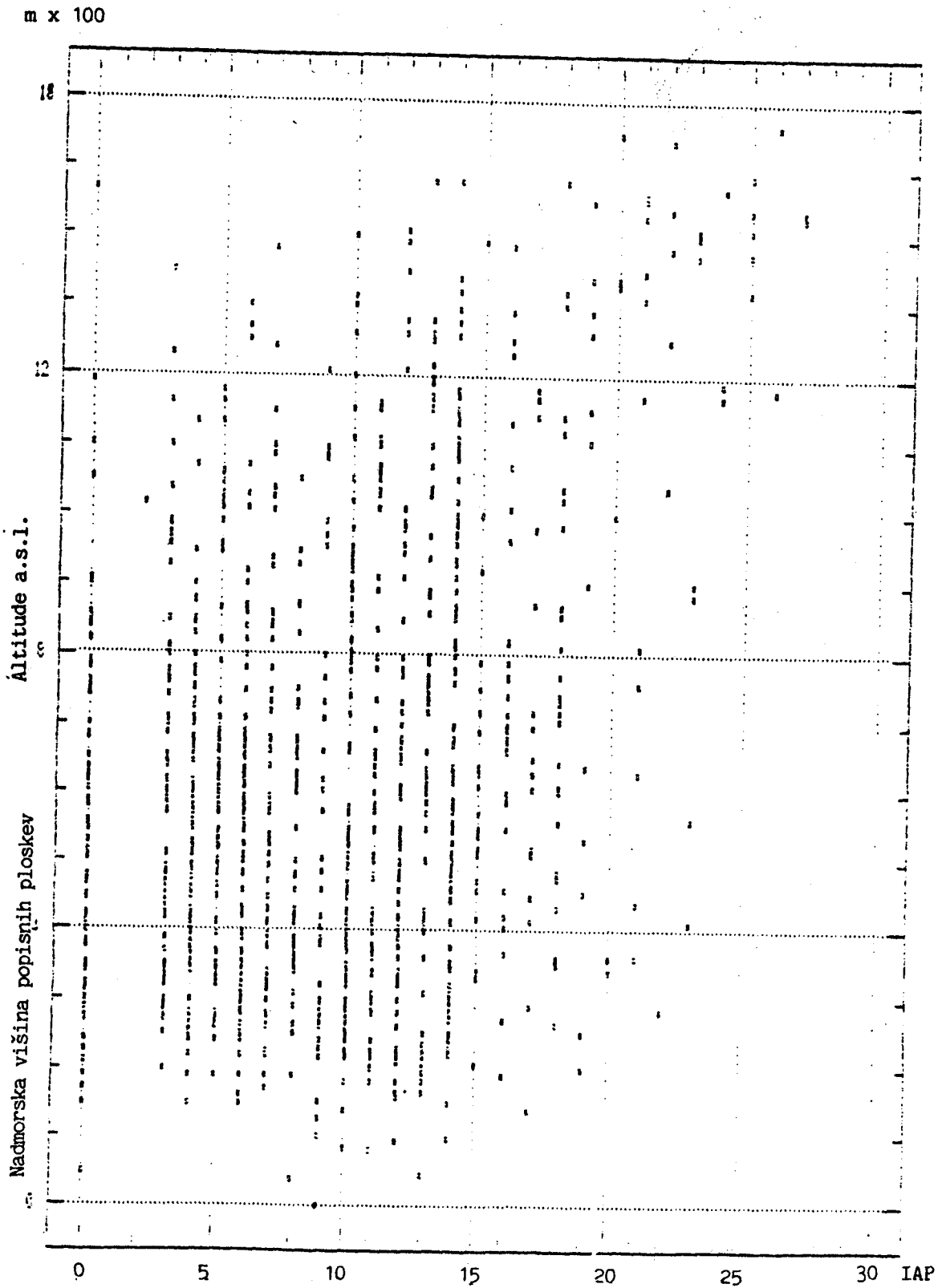


Diagram 2: Prikaz odvisnosti epifitske lišajske vegetacije, opredeljene z IAP od nadmorske višine popisnih ploskev

Graph 2: Relation between richness of epiphytic lichen vegetation, expressed by IAP and altitude of forest die-back research plots

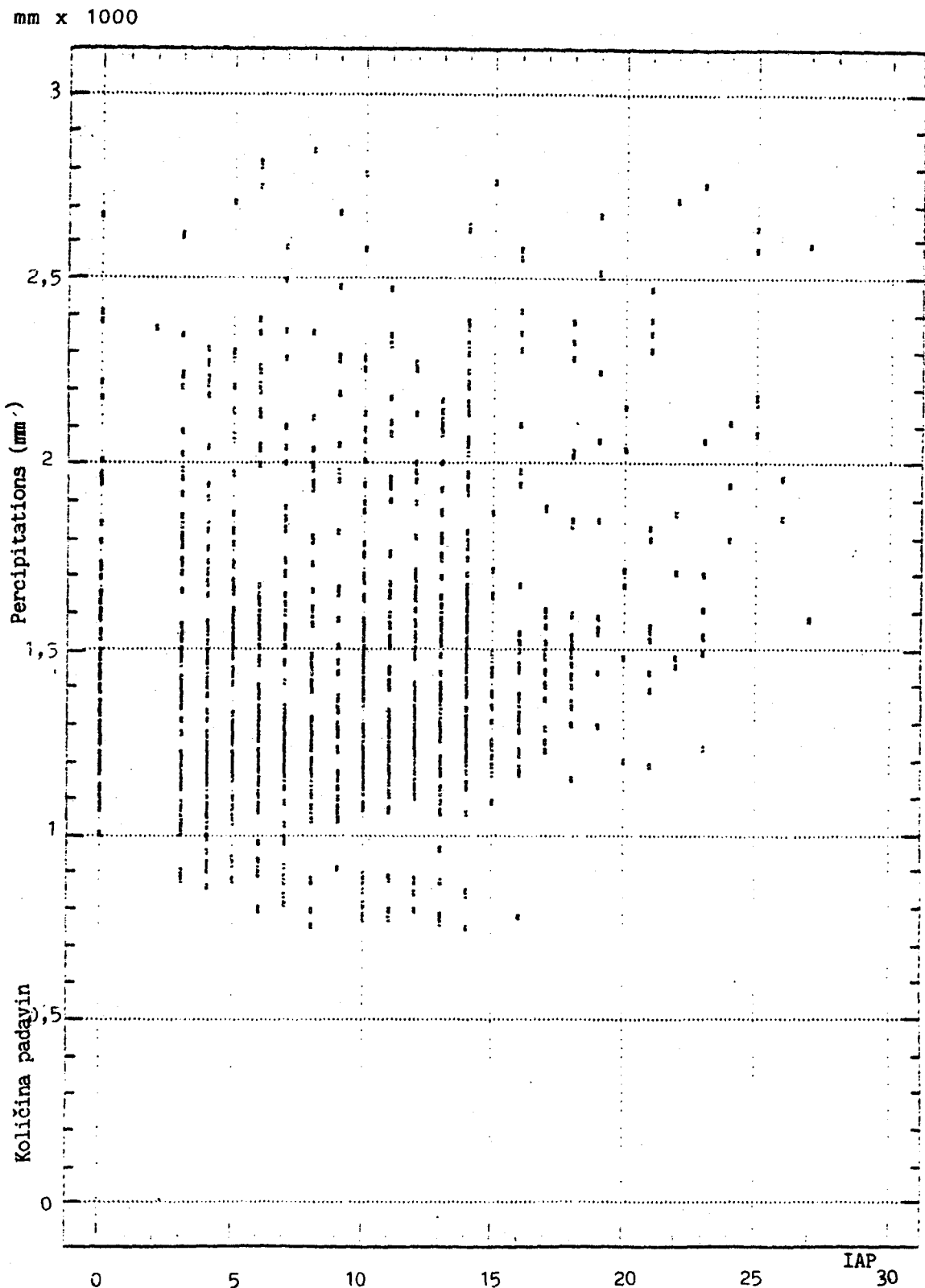


Diagram 3: Prikaz odvisnosti epifitske lišajske vegetacije, opredeljene z IAP od količine padavin (10 letno poprečje za obdobje 1977/86)

Graph 3: Relation between epiphytic lichen vegetation (IAP) and amount of precipitation on the forest die-back inventory plots (average data for 1977—1986)

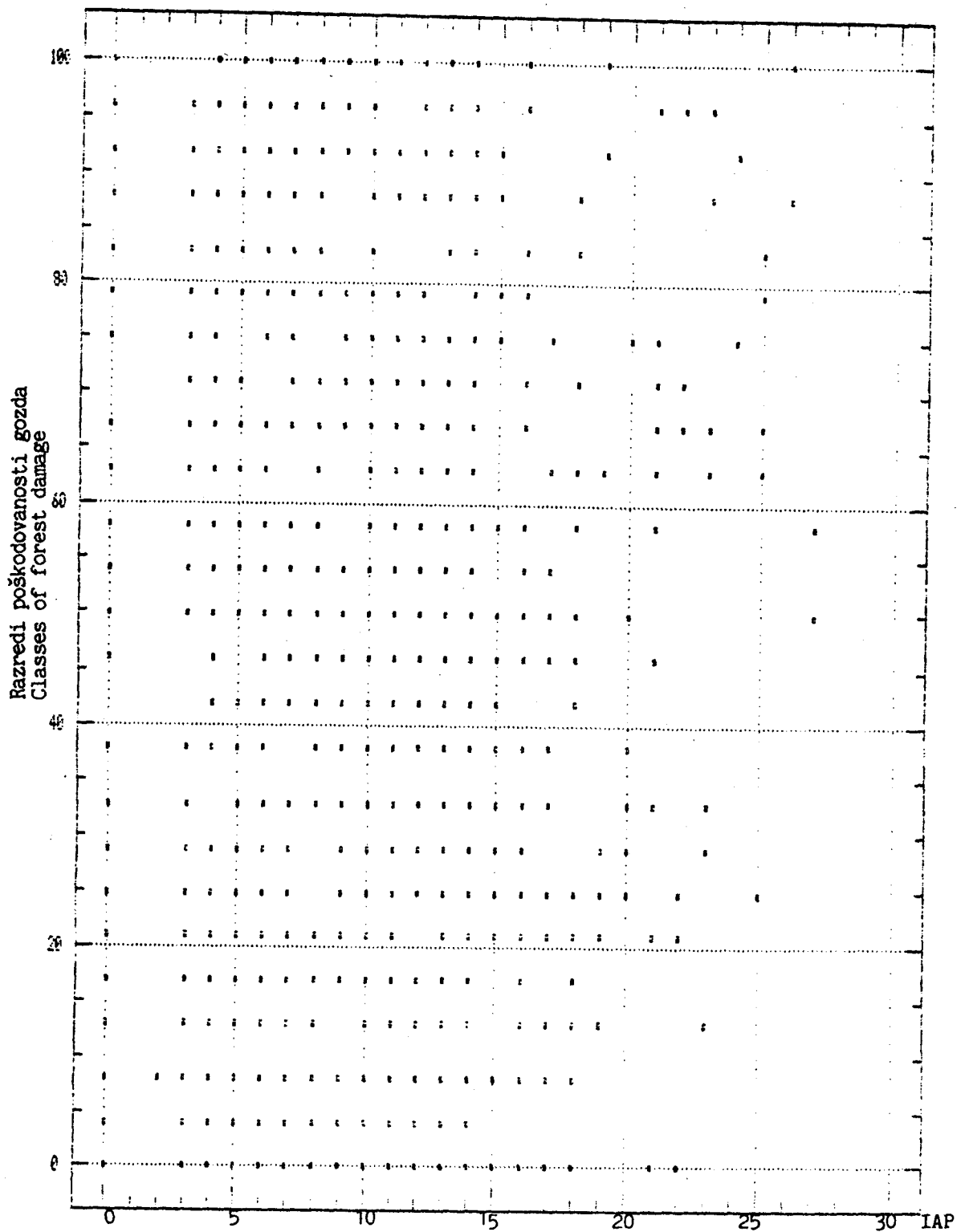


Diagram 4: Prikaz ogroženosti drevja (5 stopenj ogroženosti) v primerjavi z ogroženostjo epifitskih lišajev (IAP)

Graph 4: Relation between classes of forest damage and condition of epiphytic lichen vegetation expressed by values of IAP.

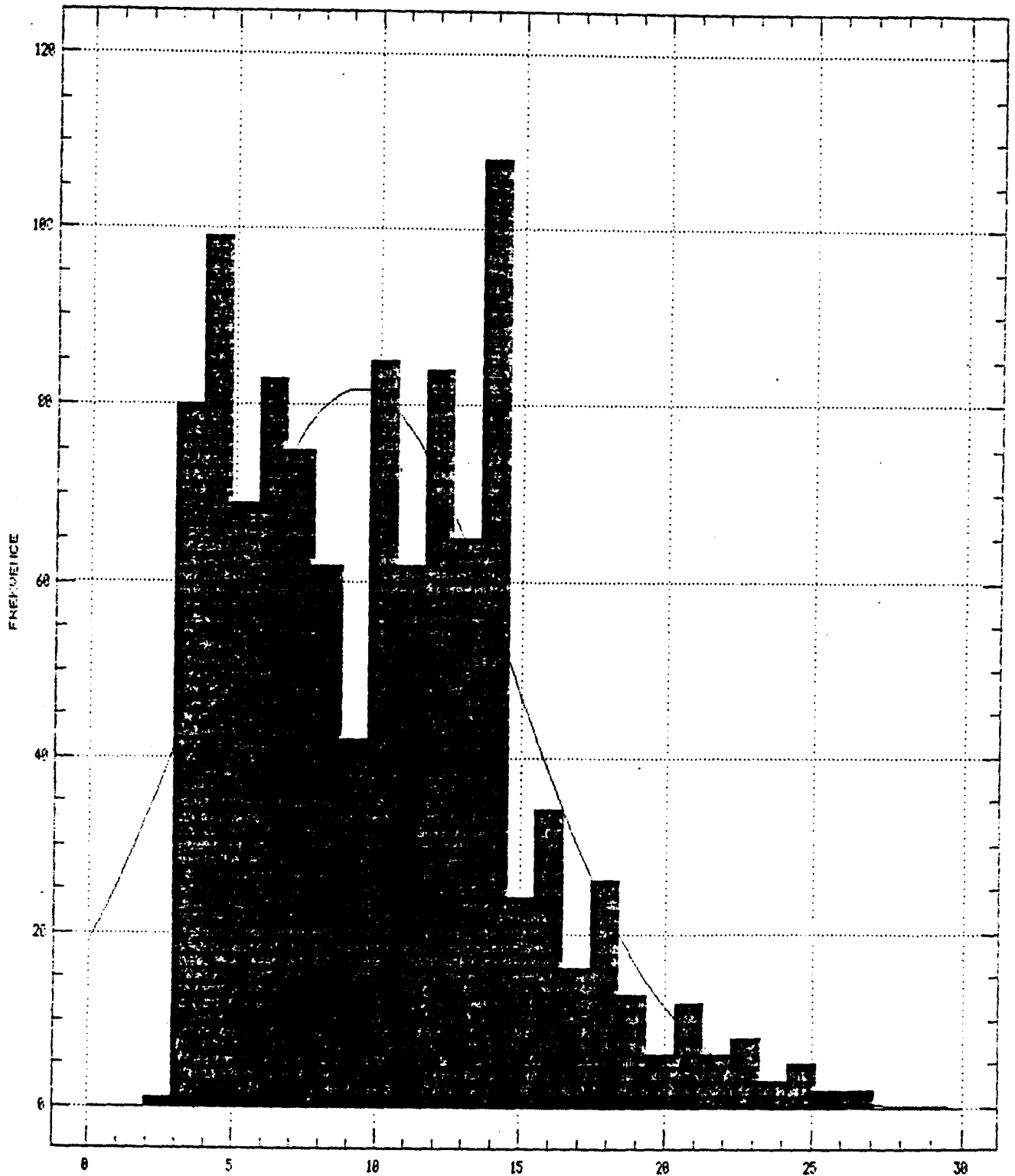


Diagram 5: Diagram frekvenčne distribucije ploskev popisa propadanja gozdov glede na vrednosti IAP

Graph 5: Frequency distribution of forest die-back inventory plots (1987) according to values of IAP

Frequency Polygon

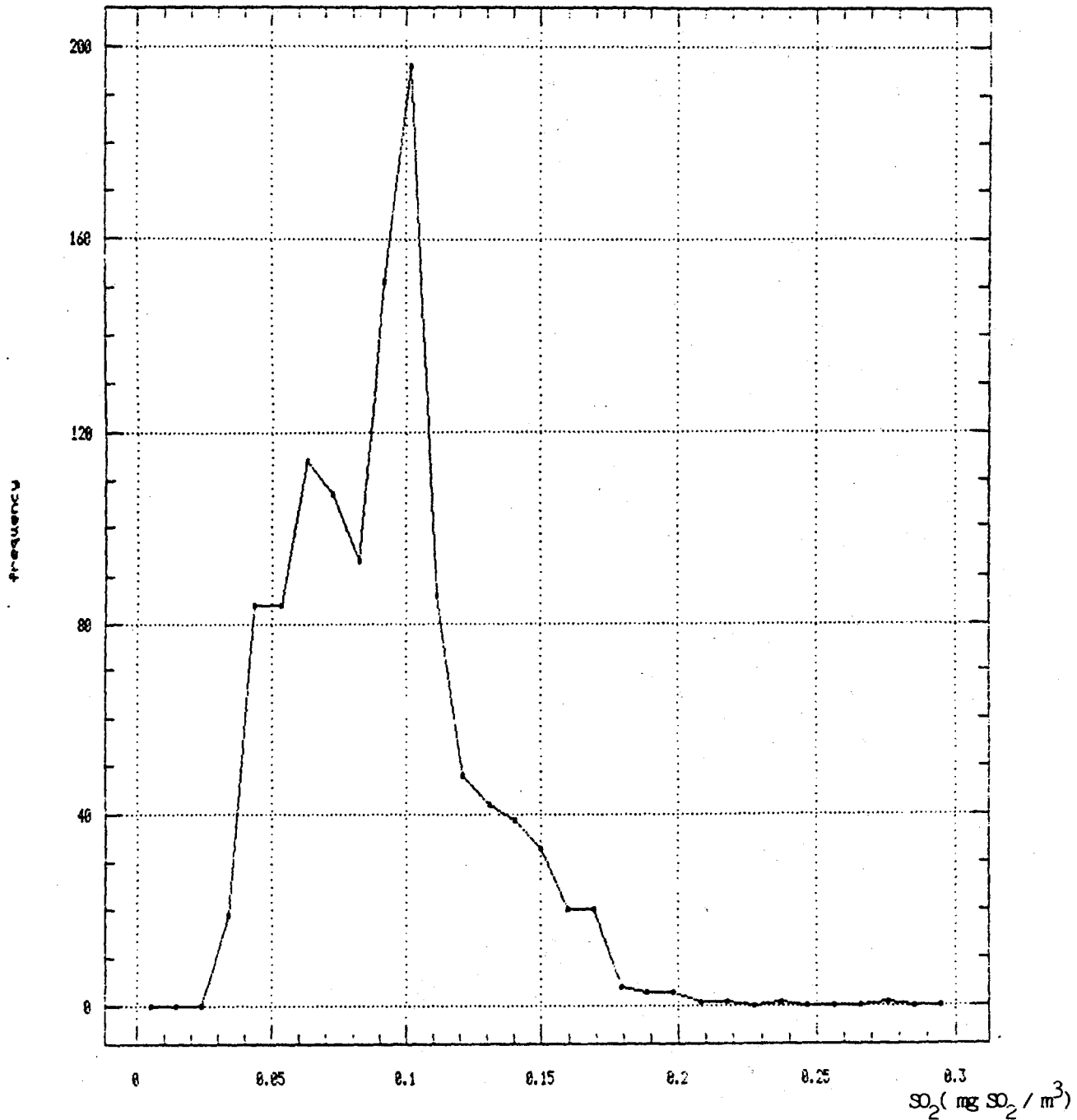


Diagram 6: Prikaz frekvence ploskev popisa propadanja gozdov, glede na onesnaževanje z SO₂ (Popis 1987)

Graph 6: Frequency distribution of forest die-back (1987) inventory plots according to pollution with SO₂

I - A - P

Skica 1: Lišajska karta Slovenije, narejena na osnovi vrednosti indeksa atmosferske čistoče (IAP) izračunanega po podatkih popisa gozdov I. 1987
 Fig. 1: Lichen map of Slovenia made on the base of values of IAP (index atmospheric purity), calculated using data from forest die-back inventory in 1987



Legend:

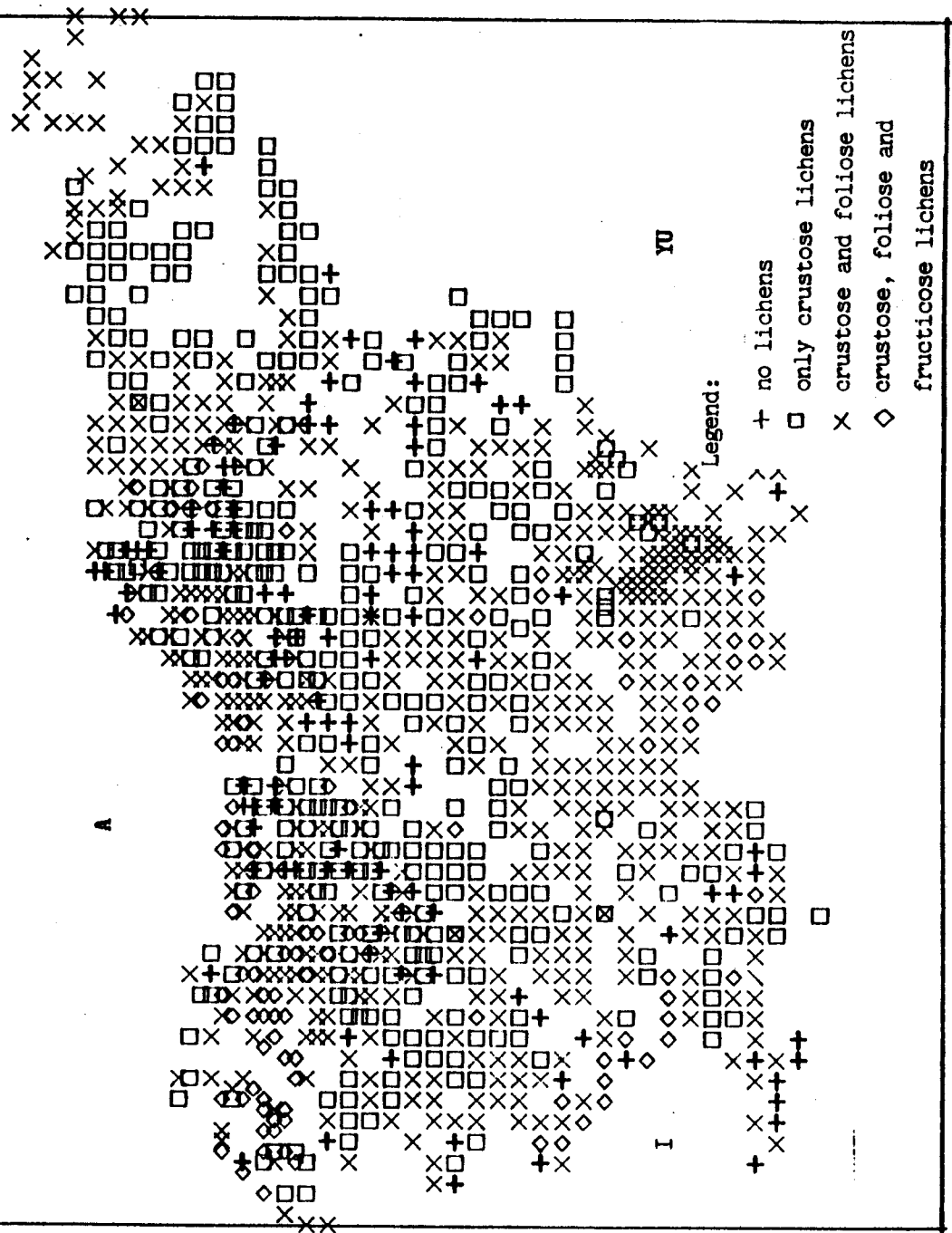
LEGENDA
 LEGEND

+ no lichens
 * classes of IAP
 1 - 8
 8 - 15
 15 - 21
 21 - 27

brez lišajev
 1 - 8
 8 - 15
 15 - 21
 21 - 27
 + * □ X ◇

VRSTE LIŠAJEV

Skica 2: Lišajska karta Slovenije, ki kaže razširjenost različnih tipov lišajev
 Fig. 2: Lichen map of Slovenia showing presence and distribution of lichens with different thalli types

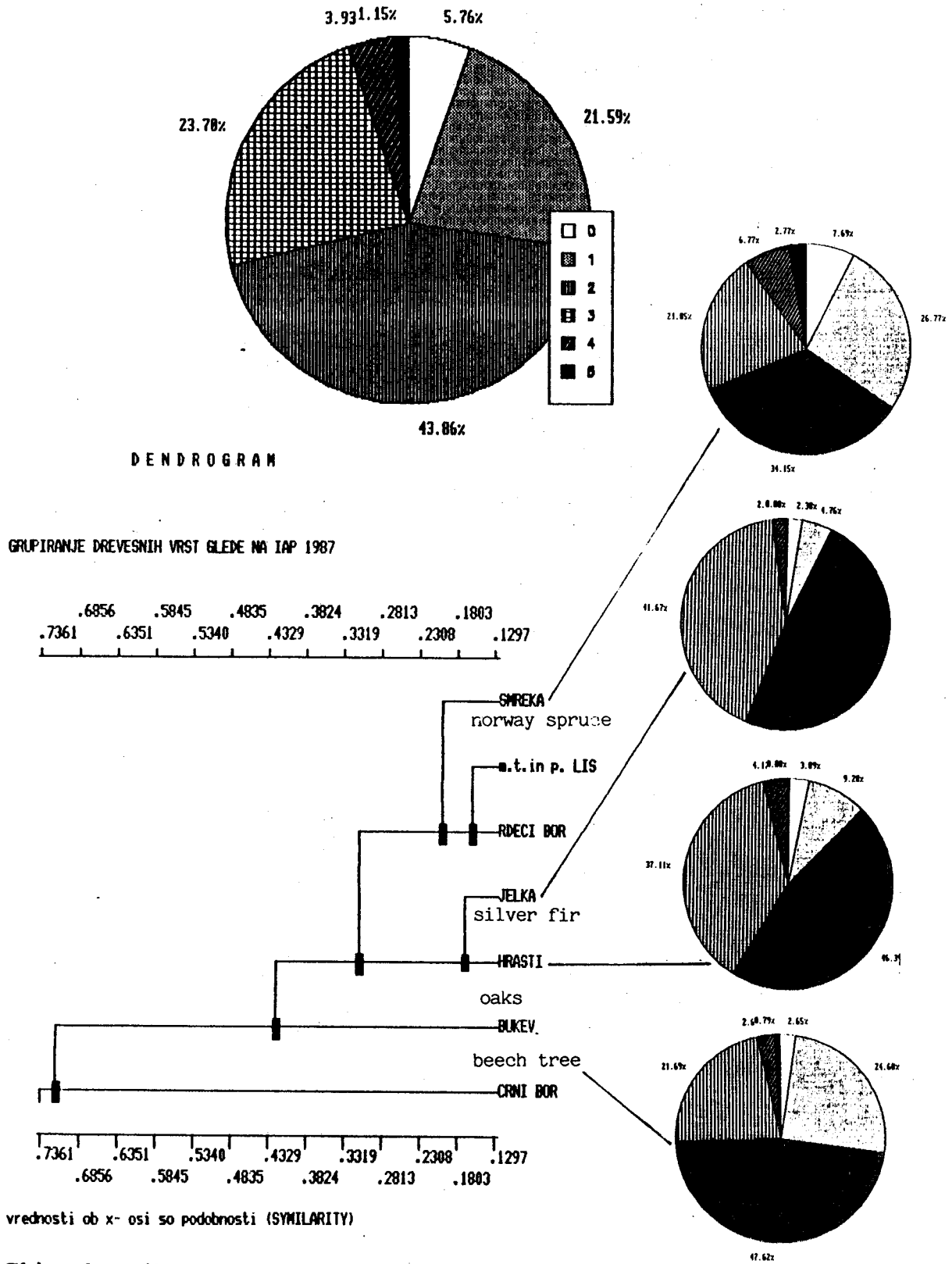


LEGENDA

LEGEND

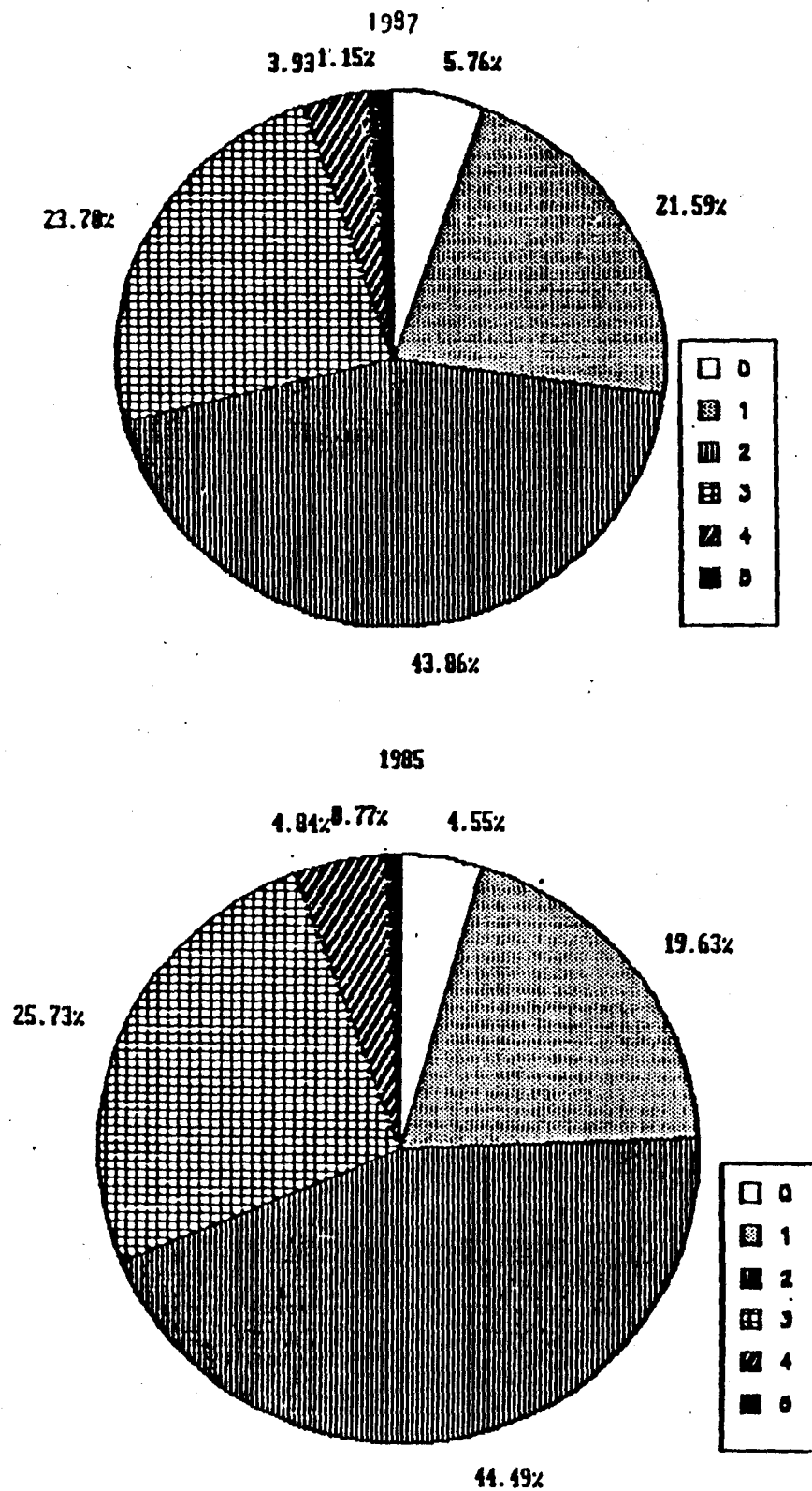
- + 0-lišajev
- skorjasti
- X sk+ls
- ◇ sk+ls+grm

- + no lichens
- only crustose lichens
- X crustose and foliose lichens
- ◇ crustose, foliose and fructicose lichens



Skica 3: Prikaz stanja epifitske lišajsko vegetacije, opredeljene z IAP za vse opazovane drevesne vrste (popis 1987) in posebej za smreko, jelko, hraste in bukev

Fig. 3: Presentation of epiphytic lichen vegetation expressed by IAP for all trees together and separately for norway spruce, silver fir, oaks and beech trees



Skica 4: Odstotkovna razporeditev popisnih ploskev propadanja gozdov glede na vrednosti IAP ob popisih l. 1985 in 1987

Fig. 4: Percentual distribution of forest die-back inventory plots according to values of IAP at inventories in 1985 and 1987

7 SUMMARY

BIOINDICATION OF AIR POLLUTION BY EPIPHYTIC LICHEN VEGETATION AT FOREST DIE-BACK INVENTORIES

Epiphytic lichen vegetation was used as a bioindicator of air pollution at forest-dieback inventories in Slovenia, Yugoslavia. Polluted air is direct or indirect trigger of forest decline and epiphytic lichens are well known and proved bioindicators of air pollution. Paucity of air pollutants measurement stations and their unsuitable locations forced us to use epiphytic lichen vegetation as an air pollution monitoring system in forests. Because of their biology the epiphytic lichens can be used as one of differential diagnostic means in searching of causes for forest decline.

Assessment of epiphytic lichens on the one of climatozonal forest tree species was therefore included into description of forest-dieback inventory plot (formular 1). Forest die-back inventory should be made in the shortest possible time on the quite high number of inventory plots (4 x 4 km grid, 1151 inventory plots). Therefore very simple bioindicative method of air pollution with lichens was used. Three main types of lichen thallus (crustose — C, foliose — F, fructicose R) were observed and their condition (height of growth on the tree trunks — h, frequency — a, coverness — c) was assessed separately for each thallus type. Datas got by lichen assessment and observation were processed and an index of atmospheric purity (IAP) was determined for each plot. The values of IAP were divided into five classes and transmitted on the map of Slovenia. Special lichen map of Slovenia was constructed and it reflected well general air pollution situation. The map clearly shows that air pollution in Slovenia is quite high and known emission centers (towns of Ljubljana, Celje and Maribor, industrial region Zasavje, thermal power plant Šoštanj etc.) are obvious.

Lichen map agrees with measurements of air pollutants and complets them. Method used for calculation of index of atmospheric purity is suitable for evaluation of general air pollution and does not allow conclusions about kind of pollutants neither about their concentrations. That would be possible by mapping of lichen flora or known indicator species but it would demand much more time and work of specialists.

When epiphytic lichens are used as bioindicators of air pollution the interference of other ecological factors which affect lichen growth should be known. Therefore the state of epiphytic lichen vegetation (expressed by IAP values), was compared by altitude above sea level and amount of precipitations of forest die-back inventory plots. Values of IAP were also compared with measured SO₂ concentration on the nearest meteorological station, taking months' average of heating season. The clo-

sest expected corelation was determined between sulphur dioxide concentrations in the air and values of IAP, namely high values of IAP are limited on plots with low SO₂ concentration. The influence of other two observed parameters was not so simple and clear.

A comparison between state of epiphytic lichen vegetation (classes IAP) and classes of forest damage showed that there was not very simple relationship between the two parameters. Lichens indicate well polluted air but not climatic stresses and biotic agents (pests, fungi etc.), which influence in great extent on the health of forest trees and might be also the consequence of polluted air. Lichens also do not indicate changes which were caused through pollution of forest soils. That is the essential role of epiphytic lichens in role of differential diagnostics of forest decline.

The state of epiphytic lichen vegetation, determined at forest die-back inventories in 1985 and 1987 was quite similar. There was only a small increase of inventory plots without lichens (IAP = O). That can indicate on one side that method used for IAP evaluation is suitable on the other side such results were expected because time interval between two inventories was very short and changes in epiphytic lichen vegetation evaluated with such a simple method showed that air pollution in our forest was high and that it slightly increased.

The state of epiphytic lichens on major forest trees species was quite alike. The situation is the worst on norway spruce and common beech. Very bad state of epiphytic lichens on norway spruce can be partly attributed to the fact, that this species is cultivated very much out of species areal, where there are no optimal conditions for epiphytes growth. At common beech so called selfintoxicating effect by stem-flow through polluted rainfall, snow and mist is well expressed on epiphytic lichens. Centripetal type of crown according to precipitation distribution causes that polluted rain, snow etc. ruins lichens much earlier than on other trees.