

Prispelo/Received: 1990, november

GDK 160.201:160.26:539:425.1:181.45:(497.12)

OBREMENJENOST GOZDOV Z ŽVEPLOM LETA 1989

Janko KALAN*

Izvleček

Na slabi polovici točk osnovne 16x16 km bioindikacijske mreže Slovenije je vsebnost žvepla v iglicah tako visoka, da lahko žveplo poškoduje gozdno drevje. Povprečno so z žveplom najmanj obremenjena gozdnogospodarska območja Kočevje, Postojna, Tolmin, Novo mesto in Sežana, najbolj pa Nazarje, Celje, Ljubljana in Murska Sobota. Poprečna obremenitev gozdov z žveplom je bila l. 1986 in 1987 nekoliko nižja kot l. 1985, l. 1988 in 1989 pa se je povečala.

Ključne besede: bioindikacijska mreža, analiza iglic, vsebnost žvepla, ovrednotenje rezultatov, obremenjenost gozda, Slovenija, gozdnogospodarsko območje

SULPHUR POLLUTION DEGREE OF FORESTS IN 1989

Janko KALAN*

Abstract

In less than one half of the points in the basic bioindication grid of 16x16 km in Slovenia the content of sulphur in needles is so high that the forest tree damage due to sulphur is quite possible. On the average, the lowest degree of sulphur pollution was established in forest enterprise areas of Kočevje, Postojna, Tolmin, Novo mesto and Sežana and the highest in those of Nazarje, Celje, Ljubljana and Murska Sobota. The average sulphur pollution of forests was a little lower in 1986 and 1987 than it was in 1985 but in 1988 and 1989 it again escalated.

Key words: bioindication grid, needle analysis, sulphur content, evaluation of results, forest pollution degree, Slovenia, forest enterprise area

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

1 UVOD

Pri preučevanju poškodovanega drevja želimo spoznati vzroke poškodb. Med znanimi vzroki pri nas so tudi žveplovi oksidi. Dozdajšnje raziskave (ŠOLAR 1986a, ŠOLAR 1986b, KALAN 1989) kažejo, da so gozdovi v Sloveniji precej obremenjeni z njimi. Glede na vsakoletno velikost emisije žveplovih oksidov in vremenske razmere, je tudi onesnaženje gozdov z žveplovimi spojinami na Slovenskem iz leta v leto zelo različno. Prav zato je treba z metodo bioindikacije neprenehoma spremljati obremenjenost gozdov z žveplom, da bi bolje spoznali mehanizme širjenja onesnaženja z žveplovimi spojinami na območju Slovenije ter nastajanje poškodb gozdnega drevja in da bi lahko z izsledki opazovanj ustrezno vplivali na tistih pristojnih mestih, kjer lahko store kaj, da bi se stanje izboljšalo.

2 METODE PREUČEVANJA

Jeseni leta 1989 so strokovnjaki gozdnih gospodarstev po navodilih Inštituta za gozdno in lesno gospodarstvo nabrali vzorce za laboratorijske raziskave vsebnosti žvepla v iglicah. Po ustaljeni metodi (KALAN 1989) so bili vzorci pripravljani za kemično analizo in določali smo jim tudi vsebnost žvepla. ŠOLAR je že pred nekaj leti ugotovil, da se naši izidi analize razlikujejo od avstrijskih in je zato prikrojil mejne vrednosti za razvrstitev vsebnosti žvepla v razrede (ŠOLAR 1986b). Ker smo želeli te vrednosti čim bolj objektivno spremeniti, smo naredili posebno raziskavo, in z njo ugotovili korelacijo izidov analize vsebnosti žvepla v smrekovih iglicah, ki jih z napravo SULMHOMAT 12 ADG ugotavljamo na Inštitutu za gozdno in lesno gospodarstvo v Ljubljani, in enakih izidov, določenih z napravo LECO SC 132, ki jo uporabljajo v Avstriji in drugje. Na podlagi te študije (KALAN, FÜRST, PEZDIRC 1991) smo za naše analize rezultate preračunali mejne vrednosti za klasifikacijo vsebnosti žvepla v eno in dveletnih smrekovih iglicah. V preglednici 1 in 2 so prikazane mejne vrednosti za obe omenjeni analizni napravi.

Preglednica 1: Mejne vrednosti za klasifikacijo vsebnosti žvepla v enoletnih in dveletnih smrekovih iglicah (FBVA – Avstrija, LECO)

Razred	Vsebnost žvepla (S) v %	
	enoletne iglice	dveletne iglice
1	do 0,080	do 0,100
2	0,081-0,110	0,101-0,140
3	0,111-0,150	0,141-0,190
4	nad 0,151	nad 0,191

Preglednica 2: Mejne vrednosti za klasifikacijo vsebnosti žvepla v enoletnih in dveletnih smrekovih iglicah (IGLG – Ljubljana, SULMHOMAT)

Razred	Vsebnost žvepla (S) v %	
	enoletne iglice	dveletne iglice
1	do 0,097	do 0,114
2	0,098-0,123	0,115-0,149
3	0,124-0,158	0,150-0,192
4	nad 0,159	nad 0,193

Preglednica 3: Mejne vrednosti za skupni razred vsebnosti žvepla enoletnih in dveletnih iglic

Skupni razred vsebnosti žvepla	Vsota razredov vsebnosti žvepla enoletnih in dveletnih iglic
1	2
2	3 in 4
3	5 in 6
4	7 in 8

3 IZSLEDKI IN RAZPRAVA

Z dozdajšnjimi raziskavami smo ugotovili, da se na točkah osnovne 16x16 km bioindikacijske mreže vsebnost žvepla v iglicah spreminja. Iglice iz zahodnega in južnega dela Slovenije vsebujejo manj žvepla kot iglice iz drugih delov Slovenije. Z žveplom so bolj obremenjeni gozdovi v osrednjem delu Slovenije, v Šaleški dolini in na Koroškem (KALAN, ŠOLAR 1987), na industrijsko bolj razvitih območjih, kot so Ljubljana, Maribor in Celje, v okolici večjih onesnaževalcev zraka z žveplovimi oksidi (Slovenj Gradec), pa tudi ponekod, kjer v bližini sicer ni večjih onesnaževalcev zraka z žveplom (Postojna, severovzhodna Slovenija), verjetno pa prihaja onesnaženje iz bolj oddaljenih industrijskih središč (KALAN 1988).

Podatki z analiznimi izidi vsebnosti žvepla v iglicah drevja na točkah osnovne bioindikacijske mreže 16x16 km za l. 1989 so zbrani v preglednici 4. Poleg koordinat, s katerimi je podana lega posamezne točke v prostoru, so v preglednici še podatki o drevesni vrsti, od katere so bile odvzete iglice za laboratorijsko analizo, o povprečni vsebnosti žvepla v enoletnih in dveletnih iglicah, za razred vsebnosti žvepla za enoletne, dveletne iglice in za skupni vsebnostni ter skupni relativni razred. Podatki za skupne razrede vsebnosti žvepla v enoletnih in dveletnih iglicah so prikazani tudi na skici 1.

Preglednica 4: PODATKI O VSEBNOSTI ŽVEPLA V IGLICAH na točkah 16 x 16 km bioindikacijske mreže

Koordinata	Drev. vrsta	Vseb. žvepla		Vsebnostni razred			Skup. rel. razr.
		1.let. %	2.let. %	1.let	2.let	skupni	
A 4	sm	0.112	0.098	2	1	2	2
B 3	sm	0.098	0.114	2	1	2	1
B 4	sm	0.105	0.103	2	1	2	1
B 5	sm	0.124	0.126	3	2	3	3
B 6	sm	0.112	0.111	2	1	2	2
B 7	č.bo.	0.128	0.121	3	2	3	3
B 10	č.bo.	0.106	0.128	2	2	2	2
C 3	sm	0.113	0.133	2	2	2	3
C 4	sm	0.117	0.113	2	1	2	2
C 5	sm	0.097	0.098	1	1	1	1
C 6	sm	0.112	0.116	2	2	2	2
C 7	sm	0.107	0.100	2	1	2	1
C 8	č.bo.	0.101	0.127	2	2	2	2
C 9	č.bo.	0.124	0.123	3	2	3	3
C 10	č.bo.	0.097	0.092	1	1	1	1
D 3	sm	0.114	0.151	2	3	3	3
D 4	sm	0.113	0.115	2	2	2	2
D 5	sm	0.111	0.130	2	2	2	3
D 6	sm	0.091	0.087	1	1	1	1
D 7	sm	0.130	0.152	3	3	3	4
D 8	č.bo.	0.106	0.117	2	2	2	2
D 9	sm	0.117	0.112	2	1	2	2
E 4	sm	0.132	0.150	3	3	3	4
E 5	sm	0.111	0.129	2	2	2	3
E 6	sm	0.132	0.143	3	2	3	4
E 7	sm	0.118	0.119	2	2	2	3
E 8	sm	0.105	0.104	2	1	2	1
E 9	č.bo.	0.112	0.109	2	1	2	2
F 4	sm	0.118	0.130	2	2	2	3
F 5	sm	0.138	0.167	3	3	3	5
F 6	sm	0.129	0.138	3	2	3	4
F 7	sm	0.100	0.118	2	2	2	2
F 8	sm	0.106	0.111	2	1	2	2
F 9	sm	0.099	0.112	2	1	2	1
G 3	sm	0.100	0.112	2	1	2	1
G 4	sm	0.111	0.129	2	2	2	3
G 5	sm	0.146	0.132	3	2	3	4

Kalan J.: Obremenjenost gozdov z žveplom leta 1989

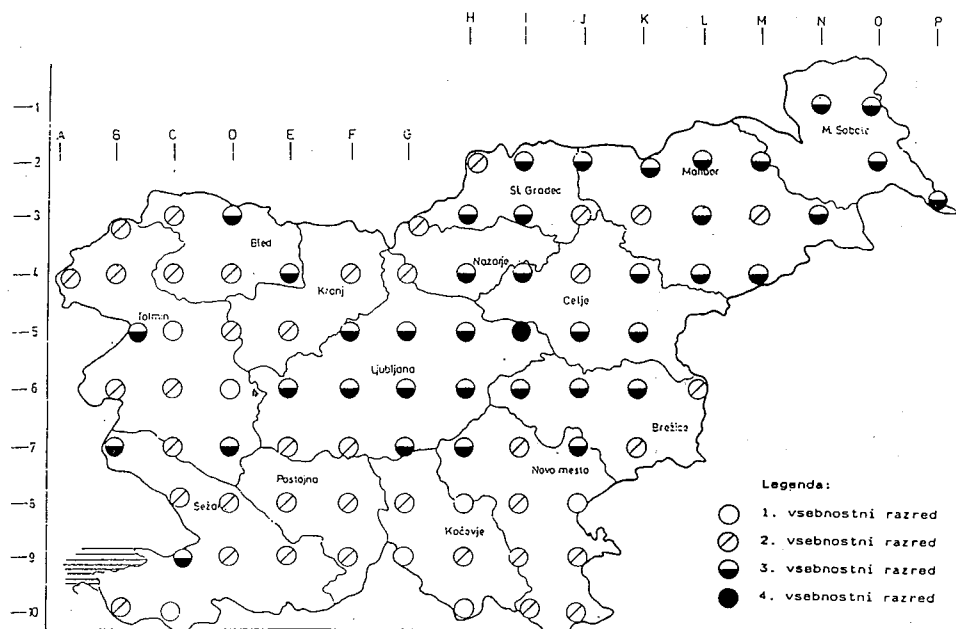
Koordinata	Drev. vrsta	Vseb. žvepla		Vsebnostni razred			Skup. rel. razr.
		1.let. %	2.let. %	1.let	2.let	skupni	
G 6	sm	0.148	0.170	3	3	3	5
G 7	sm	0.135	0.129	3	2	3	4
G 8	sm	0.107	0.107	2	1	2	2
G 9	sm	0.085	0.095	1	1	1	1
H 2	sm	0.118	0.126	2	2	2	3
H 3	sm	0.133	0.174	3	3	3	5
H 4	sm	0.149	0.153	3	3	3	5
H 5	sm	0.140	0.151	3	3	3	5
H 6	sm	0.120	0.150	2	3	3	4
H 7	sm	0.153	0.149	3	2	3	5
H 8	sm	0.096	0.099	1	1	1	1
H 9	sm	0.100	0.107	2	1	2	1
H 10	sm	0.093	0.093	1	1	1	1
I 2	sm	0.139	0.163	3	3	3	5
I 3	sm	0.145	0.179	3	3	3	5
I 4	sm	0.132	0.148	3	2	3	4
I 5	sm	0.171	0.195	4	4	4	5
I 6	sm	0.138	0.152	3	3	3	5
I 7	sm	0.121	0.130	2	2	2	3
I 8	sm	0.104	0.116	2	2	2	2
I 9	sm	0.100	0.107	2	1	2	1
I 10	sm	0.118	0.115	2	2	2	3
J 2	sm	0.135	0.157	3	3	3	5
J 3	sm	0.110	0.149	2	2	2	3
J 4	sm	0.122	0.128	2	2	2	3
J 5	sm	0.142	0.170	3	3	3	5
J 6	sm	0.141	0.147	3	2	3	4
J 7	sm	0.131	0.131	3	2	3	4
J 8	sm	0.093	0.096	1	1	1	1
J 9	sm	0.099	0.106	2	1	2	1
J 10	sm	0.102	0.101	2	1	2	1
K 2	sm	0.138	0.162	3	3	3	5
K 3	sm	0.100	0.125	2	2	2	2
K 4	sm	0.138	0.139	3	2	3	4
K 5	sm	0.126	0.140	3	2	3	4
K 6	sm	0.132	0.140	3	2	3	4
K 7	sm	0.119	0.111	2	1	2	2
L 2	sm	0.128	0.141	3	2	3	4
L 3	sm	0.148	0.136	3	2	3	4
L 4	sm	0.143	0.157	3	3	3	5

Koordinata	Drev. vrsta	Vseb. žvepla		Vsebnostni razred			Skup. rel. razr.
		1.let. %	2.let. %	1.let	2.let	skupni	
L 6	sm	0.111	0.111	2	1	2	2
M 2	sm	0.158	0.169	3	3	3	5
M 3	sm	0.123	0.131	2	2	2	3
M 4	sm	0.129	0.130	3	2	3	3
N 1	sm	0.135	0.146	3	2	3	4
N 3	sm	0.133	0.143	3	2	3	4
O 1	r.bo.	0.168	0.137	4	2	3	5
O 2	sm	0.153	0.166	3	3	3	5
P 3	r.bo.	0.145	0.147	3	2	3	5

č.bo. – črni bor (*Pinus nigra*)

r.bo. – rdeči bor (*Pinus silvestris*)

sm – smreka (*Picea abies*)



Skica 1: Skupni razredi vsebnosti žvepla enoletnih in dvoletnih iglic na bioindikacijski mreži (1989)

Po podatkih za l. 1989 je stanje obremenjenosti slovenskih gozdov z žveplom podobno, kot smo ga že ugotovili v preteklih letih. Tudi tokrat je imisija žvepla najmanjša v predelih zahodne in južne Slovenije, najbolj pa je obremenjena srednja Slovenija, tam je tudi bioindikacijska točka z najvišjim skupnim razredom vsebnosti žvepla enoletnih in dveletnih iglic. V tem letu je bila to bioindikacijska točka I-5 (Čeče).

Preglednica 5: Bioindikacijska mreža Slovenije – porazdelitev bioindikacijskih točk po skupnih razredih vsebnosti žvepla enoletnih in dveletnih iglic (Podatki za l. 1989)

Skupn. razr. vsebn. žvepla	Štev. točk	%	Enoletne iglice			dveletne iglice		
			popr.	min.	max.	popr.	min.	max.
1	7	8,2	0,093	0,085	0,097	0,094	0,087	0,099
2	39	45,3	0,109	0,098	0,123	0,117	0,098	0,149
3	39	45,3	0,137	0,114	0,168	0,148	0,121	0,179
4	1	1,2	0,171	0,171	0,171	0,195	0,195	0,195
Skupaj	86	100,0	0,122	0,085	0,171	0,130	0,087	0,195
Povprečni razred: 2,4								

Od 86 bioindikacijskih točk (preglednica 5) je samo 7 (razred 1; 8,2 %) takšnih, kjer drevje ne more biti poškodovano zaradi imisije žvepla, 39 (razred 2; 45,3 %) točk je v območjih, kjer vpliva imisij ne moremo izključiti, kajti tu in tam lahko vsebnost žvepla preseže mejne vrednosti 0,123 % S za enoletne oz. 0,149 % S za dveletne iglice. Na slabi polovici bioindikacijskih točk (40 točk; 47,7 %) vsebnost žvepla v iglicah preseže omenjene mejne vrednosti, od tega je 39 točk (razred 3; 45,3 %) laže, ena točka pa srednje do močno obremenjena z žveplom (razred 4).

Povprečno so z žveplom najmanj obremenjena gozdnogospodarska območja Kočevje, Postojna, Tolmin, Novo mesto in Sežana (glej preglednico 6), srednje so obremenjena območja Bled, Kranj, Brežice, Slovenj Gradec in Maribor, najbolj pa območja Nazarje, Celje, Ljubljana in Murska Sobota. Preseneča predvsem gozdnogospodarsko območje Murska Sobota kot gozdnogospodarsko območje, ki je z žveplom povprečno najbolj obremenjeno, saj na njem ni večjih onesnaževalcev zraka z žveplom.

Preglednica 6: Bioindikacijska mreža Slovenije – porazdelitev točk po relativnih razredih vsebnosti žvepla enoletnih in dveletnih iglic (Podatki za l. 1989)

Gozdnogospodarsko območje	Relativni vsebnostni razred žvepla					povprečni
	1	2	3	4	5	
Tolmin	5	3	1	1	-	1,8
Bled	-	2	2	1	-	2,8
Kranj	-	-	3	-	-	3,0
Ljubljana	-	1	1	5	4	4,1
Postojna	2	1	-	-	-	1,3
Kočevje	3	1	-	-	-	1,3
Novo mesto	5	1	2	-	1	2,0
Brežice	-	2	-	3	1	3,5
Celje	-	-	1	3	1	4,0
Nazarje	-	-	1	-	1	4,0
Slovenj Gradec	1	-	2	-	3	3,7
Maribor	-	1	2	3	3	3,9
Murska Sobota	-	-	-	1	4	4,8
Sežana	1	5	2	-	-	2,1
SKUPAJ	17	17	17	17	18	86

Ker z bioindikacijsko metodo že od l.1985 spremljamo obremenjenost gozdov z žveplom, lahko na podlagi teh raziskav opazujemo trende imisije žvepla. Ker smo na temelju posebne raziskave (KALAN, FÜRST, PEZDIRC 1991) spremenili mejne vrednosti za razvrščanje vsebnosti žvepla v enoletnih in dveletnih smrekovih iglicah v vsebnostne razrede, smo podatke za pretekla leta preračunali po novih mejnih vrednostih. Preglednice s podatki so v prilogi. Podatke o razvrstitvi bioindikacijskih točk v vsebnostne razrede žvepla smo s takšnim preračunavanjem poenotili in pripravili za primerjavo. Iz njih smo nato za vsako leto posebej izračunali povprečne skupne razrede vsebnosti žvepla enoletnih in dveletnih iglic za posamezna gozdnogospodarska območja in za vso osnovno bioindikacijsko mrežo 16x16 km (preglednica 7).

L. 1985 sicer še niso bile vse točke osnovne bioindikacijske mreže 16x16 km postavljene na terenu (tam je bilo takrat izbranih samo 55 bioindikacijskih točk). Vzorci za analizo niso bili nabrani na gozdnogospodarskih območjih Ljubljana, Postojna, Murska Sobota in Sežana ter na nekaj točkah gozdnogospodarskih območij Tolmin in Kočevje. Zato za l. 1985 nimamo popolnih podatkov. S primerjalno analizo smo ugotovili, da se l. 1986 in 1987 povprečne vsebnosti žvepla za enoletne in dveletne iglice na vseh 86 točkah bioindikacijske mreže niso razlikovale od povprečnih

vsebnosti žvepla na tistih 55 točkah (preglednica 8), ki so bile vzorčene l. 1985, l. 1988 pa sta se razlikovali samo povprečni vsebnosti žvepla v enoletnih iglicah. Zato lahko tudi povprečne podatke iz l. 1985 primerjamo s podatki drugih let.

Preglednica 7: Povprečni skupni razredi vsebnosti žvepla enoletnih in dveletnih iglic po posameznih gozdnogospodarskih območjih v letih 1985-1989

Gozdnogospodarsko območje	Povprečni skupni vsebnostni razred žvepla				
	1985	1986	1987	1988	1989
1. Tolmin	(1,8)*	1,6	1,6	2,3	2,0
2. Bled	2,0	2,0	1,8	2,2	2,4
3. Kranj	2,0	2,0	1,7	2,3	2,0
4. Ljubljana	-	2,4	2,4	2,4	2,9
5. Postojna	-	2,0	2,0	2,3	2,0
6. Kočevje	(1,7)	1,8	1,8	2,0	1,5
7. Novo mesto	1,9	1,7	1,7	1,9	1,9
8. Brežice	2,2	1,7	1,7	2,2	2,7
9. Celje	2,2	2,2	2,2	2,8	2,8
10. Nazarje	2,0	2,0	1,5	2,5	2,5
11. Slovenj Gradec	2,8	2,5	2,2	3,2	2,5
12. Maribor	2,2	1,9	2,0	2,4	2,8
13. Murska Sobota	-	2,0	2,0	2,8	3,0
14. Kraško - Sežana	-	1,4	1,4	-	2,1
Skupaj	(2,1)	1,9	1,9	(2,4)	2,4

* V oklepaju navedene vrednosti so povprečje nepopolnega števila bioindikacijskih točk na posameznem gozdnogospodarskem območju

Preglednica 8: Primerjava povprečnih vsebnosti žvepla za 55 bioindikacijskih točk, ki so bile vzorčene l. 1985 in povprečnih vrednosti za vseh 86 bioindikacijskih točk

Leto	Vsebnost žvepla			
	enoletne iglice		dveletne iglice	
	55 točk	86 točk	55 točk	86 točk
1986	0,107	0,107	0,113	0,113
1987	0,105	0,106	0,111	0,110
1988	0,120	0,110	0,111	0,110

Povprečni skupni vsebnostni razred žvepla za Slovenijo je bil l. 1985 2,1. V naslednjih dveh letih (l. 1986 in 1987) se je obremenjenost gozdov z žveplom zmanjšala. Ti dve

leti je bil povprečni skupni vsebnostni razred žvepla 1,9. Že takrat smo ugotavljali, da je zmanjšanje imisije verjetno le posledica ugodnejših vremenskih razmer (večja vetrovnost, mile zime, ...), saj v Sloveniji še niso izpeljali večjih ukrepov za zmanjševanje emisije žveplovega dioksida (namestitvev naprav za razžveplevanje plinov, uporaba goriv z nižjo vsebnostjo žvepla). Naša domneva se je potrdila, saj se je v naslednjih letih imisija žvepla povečala in je za obe leti (1988 in 1989) povprečni vsebnostni razred žvepla 2,4.

Imisijske razmere žvepla pa so bile po posameznih gozdnogospodarskih območjih različne. Povprečni vsebnostni razredi žvepla po gozdnogospodarskih območjih nam prikazujejo imisijske razmere na posameznem območju po posameznih letih. Ponekod so spremembe bolj ali manj sledile tistim, ki smo jih ugotovili za vso Slovenijo (Tolmin, Bled, Kranj, Novo mesto, Slovenj Gradec, Maribor). Zadnje leto se je imisija nekoliko zmanjšala na območju Postojne in Kočevja. Ponekod je bila prva tri leta približno enaka, zadnji dve leti pa se je zelo poslabšala (Brežice, Celje, Nazarje, Ljubljana). Obremenitev z žveplom se je najbolj povečala na gozdnogospodarskem območju Murska Sobota, imisija žvepla pa se je l. 1989 povečala tudi na kraškem gozdnogospodarskem območju, čeprav je tam še zmeraj razmeroma majhna.

Primerjave med posameznimi gozdnogospodarskimi območji na podlagi povprečnih vsebnostnih razredov niso najprimernejše, ker so te vrednosti izračunane le iz sestave skupnih vsebnostnih razredov žvepla v posameznem gozdnogospodarskem območju ne glede na to, ali so vsebnosti žvepla za posamezno bioindikacijsko točko v spodnjem ali zgornjem območju mejnih vrednosti za posamezni vsebnostni razred. Za takšno primerjavo so primernejši relativni vsebnostni razredi žvepla, pri katerih se prav vsaka vrednost vsebnosti žvepla, tako za enoletne kot za dveletne iglice, medsebojno primerja in po svoji vrednosti uvršča v primerjalno vrsto. Iz porazdelitve relativnih razredov po posameznih gozdnogospodarskih območjih so za vsako območje posebej izračunani povprečni skupni relativni razredi žvepla enoletnih in dveletnih iglic (preglednica 9).

Preglednica 9: Povprečni relativni razredi vsebnosti žvepla enoletnih in dveletnih iglic po posameznih gozdnogospodarskih območjih v letih 1985-1989

Gozdnogospodarsko območje	Povprečni skupni relativni razred žvepla				
	1985	1986	1987	1988	1989
1. Tolmin	(1,9)*	2,3	2,1	2,7	1,8
2. Bled	3,6	3,6	3,2	2,8	2,8
3. Kranj	3,3	4,3	3,3	3,3	3,0
4. Ljubljana	-	4,2	4,3	3,5	4,1
5. Postojna	-	2,0	3,3	2,0	1,3
6. Kočevje	(1,0)	2,0	1,8	1,8	1,3
7. Novo mesto	2,6	2,3	2,3	1,8	2,0
8. Brežice	2,4	2,8	2,3	2,8	3,5
9. Celje	3,6	3,8	3,6	3,6	4,0
10. Nazarje	3,0	3,0	2,0	3,0	4,0
11. Slovenj Gradec	4,8	4,7	3,8	4,7	3,7
12. Maribor	3,4	2,9	4,3	3,2	3,9
13. Murska Sobota	-	3,2	3,4	4,0	4,8
14. Kraško - Sežana	-	1,6	1,6	-	2,1

Poleg kraškega gozdnogospodarskega območja so najmanj obremenjena z žveplom še območja Tolmin, Postojna, Kočevje in Novo mesto. Najbolj onesnažena z žveplom pa so območja Ljubljana, Celje, Nazarje, Slovenj Gradec in Murska Sobota. V zadnjih dveh letih se je zelo povečala imisija žvepla na območju Murske Sobote, ki je bilo l. 1988 drugo najbolj, l. 1989 pa z žveplom najbolj onesnaženo gozdnogospodarsko območje v Sloveniji. Zanimivo je tudi gozdnogospodarsko območje Nazarje, na katerem sta samo dve točki osnovne 16x16 km bioindikacijske mreže. To območje je bilo l. 1987 med najmanj, l. 1989 pa med najbolj onesnaženimi območji v Sloveniji.

4 ZUSAMMENFASSUNG

WALDBELASTUNG DURCH SCHWEFEL IM 1989

Mittels der Bioindikationsmethode der Waldverschmutzung durch Schwefel wurde es festgestellt, dass es die niedrigste Schwefelmission im 1989 im westlichen und südlichen Gebiet Sloweniens gab und dass zentrale Gebiet Sloweniens am schärfsten mit Schwefel belastet wurde. Von den 86 Punkten des Grundbioindikationsnetzes von 16x16 km gibt es nur 8 % solche, wo die Bäume wegen der Schwefelmission nicht beschädigt werden können. 45 % der Punkte befinden sich in Gebieten, wo der Einfluss der Immissionen nicht ausgeschlossen werden kann, denn stellenweise kann der Schwefelgehalt grösser sein als die Grenzwerte sind, bei denen Waldschäden wegen des Schwefels auftreten können. In weniger als die Hälfte der Bioindikationspunkte ist der Schwefelgehalt grösser als die Grenzwerte sind, wobei 45 % der Punkte leicht und ein Punkt stark bis mittel stark mit Schwefel belastet werden. Durchschnittlich sind die forstwirtschaftlichen Gebiete von Kočevje, Postojna, Tolmin, Novo mesto und Sežana am wenigsten mit Schwefel belastet, mittelbelastet sind die Gebiete von Bled, Kranj, Brežice, Slovenj Gradec und Maribor und die meist belasteten Gebiete sind diejenigen von Nazarje, Celje, Ljubljana und Murska Sobota.

Die ersten Resultate über den Schwefelgehalt in Nadeln in den Punkten des Grundbioindikationsnetzes von 16x16 km waren schon 1985 bekannt. Damals war die durchschnittliche Gesamtklasse des Schwefelgehalts in Slowenien 2,1. 1986 und 1987 wurde die Schwefelbelastung etwas niedriger (die durchschnittliche Gesamtklasse des Schwefelgehalts der einjährigen und zweijährigen Nadeln war 1,9), 1988 und 1989 wurde die Waldbelastung durch Schwefel wieder grösser (die durchschnittliche Gesamtklasse des Schwefelgehalts war 2,4). So wie im ganzen Slowenien, veränderten sich auch die durchschnittlichen Schwefelbelastungen in forstwirtschaftlichen Gebieten von Tolmin, Bled, Kranj, Novo mesto, Slovenj Gradec und Maribor. 1989 wurde die Schwefelmission ein wenig geringer in den Gebieten von Postojna und Kočevje. In den Gebieten von Brežice, Celje, Nazarje, Ljubljana war die Schwefelmission in Jahren von 1985-1987 etwa unverändert, in den letzten zwei Jahren ist sie jedoch stark gestiegen. Im letzten Jahr ist das besonders der Fall im forstwirtschaftlichen Gebiet von Murska Sobota und zum Teil auch im Gebiet von Sežana, wo die Schwefelmission noch immer verhältnismässig niedrig ist.

Verschiedene Werte der Waldbelastung durch Schwefel in einzelnen Jahren werden wohl von den verschiedenen Wetterverhältnissen einzelnen Jahren abhängig sein.

5 PRILOGE

Bioindikacijska mreža Slovenije – porazdelitev bioindikacijskih točk po skupnih razredih vsebnosti žvepla enoletnih in dveletnih iglic

Skupn. razr. vsebn. žvepla	Štev. točk	%	Enoletne iglice			Dveletne iglice		
			popr.	min.	max.	popr.	min.	max.
1985								
1	6	10,9	0,090	0,084	0,095	0,095	0,085	0,100
2	38	69,1	0,110	0,098	0,127	0,115	0,098	0,143
3	11	20,0	0,133	0,124	0,145	0,147	0,133	0,163
4	0	-	-	-	-	-	-	-
Skupaj	55	100,0	0,112	0,084	0,145	0,119	0,085	0,163
Povprečni razred: 2,1								
1986								
1	18	20,9	0,087	0,075	0,097	0,090	0,067	0,110
2	58	67,5	0,109	0,098	0,123	0,114	0,083	0,145
3	10	11,6	0,136	0,127	0,146	0,150	0,127	0,164
4	-	-	-	-	-	-	-	-
Skupaj	86	100,0	0,107	0,075	0,146	0,113	0,067	0,164
Povprečni razred: 1,9								
1987								
1	22	25,6	0,088	0,077	0,097	0,089	0,075	0,110
2	54	62,8	0,108	0,098	0,123	0,113	0,085	0,140
3	10	11,6	0,136	0,125	0,155	0,145	0,129	0,164
4	-	-	-	-	-	-	-	-
Skupaj	86	100,0	0,106	0,077	0,155	0,110	0,075	0,164
Povprečni razred: 1,9								
1988								
1	2	2,6	0,091	0,090	0,091	0,090	0,089	0,090
2	46	59,0	0,112	0,099	0,131	0,121	0,093	0,145
3	28	35,9	0,134	0,111	0,154	0,147	0,122	0,182
4	2	2,5	0,165	0,158	0,172	0,204	0,195	0,212
Skupaj	78	100,0	0,121	0,090	0,172	0,132	0,089	0,212
Povprečni razred: 2,4								
1989								
1	7	8,2	0,093	0,085	0,097	0,094	0,087	0,099
2	39	45,3	0,109	0,098	0,123	0,117	0,098	0,149
3	39	45,3	0,137	0,114	0,168	0,148	0,121	0,179
4	1	1,2	0,171	0,171	0,171	0,195	0,195	0,195
Skupaj	86	100,0	0,122	0,085	0,171	0,130	0,087	0,195
Povprečni razred: 2,4								

Porazdelitev bioindikacijskih točk po skupnih razredih vsebnosti
žvepla enoletnih in dveletnih iglic po gozdnogospodarskih območjih

Gozdnogospodarsko območje	Skupni vsebnostni razred žvepla									
	1985					1986				
	1	2	3	4	Povpr.	1	2	3	4	Povpr.
Tolmin	2	6	-	-	(1,8)	4	6	-	-	1,6
Bled	-	5	-	-	2,0	-	5	-	-	2,0
Kranj	-	3	-	-	2,0	-	3	-	-	2,0
Ljubljana	-	-	-	-	-	-	7	4	-	2,4
Postojna	-	-	-	-	-	-	3	-	-	2,0
Kočevje	1	2	-	-	(1,7)	1	3	-	-	1,8
Novo mesto	3	4	2	-	1,9	4	4	1	-	1,7
Brežice	-	4	1	-	2,2	2	4	-	-	1,7
Celje	-	4	1	-	2,2	-	4	1	-	2,2
Nazarje	-	2	-	-	2,0	-	2	-	-	2,0
Slovenj Gradec	-	1	5	-	2,8	-	3	3	-	2,5
Maribor	-	7	2	-	2,2	2	6	1	-	1,9
Murska Sobota	-	-	-	-	-	-	5	-	-	2,0
Sežana	-	-	-	-	-	5	3	-	-	1,4
SKUPAJ					(2,1)					1,9
N	6	38	11	-	55	18	58	10	-	86
%	11	69	20	-	100	21	67	12	-	100
%		80		20			88		12	

Gozdnogospodarsko območje	Skupni vsebnostni razred žvepla									
	1987					1988				
	1	2	3	4	Povpr.	1	2	3	4	Povpr.
Tolmin	4	6	1	-	1,6	-	7	3	-	2,3
Bled	1	4	-	-	1,8	-	4	1	-	2,2
Kranj	1	2	-	-	1,7	-	2	1	-	2,3
Ljubljana	-	7	4	-	2,4	-	7	4	-	2,4
Postojna	-	3	-	-	2,0	-	2	1	-	2,3
Kočevje	1	3	-	-	1,8	-	4	-	-	2,0
Novo mesto	4	4	1	-	1,7	2	6	1	-	1,9
Brežice	2	4	-	-	1,7	-	5	1	-	2,2
Celje	1	2	2	-	2,2	-	2	2	1	2,8
Nazarje	1	1	-	-	1,5	-	1	1	-	2,5
Slovenj Gradec	1	3	2	-	2,2	-	-	5	1	3,2

Kalan J.: Obremenjenost gozdov z žveplom leta 1989

Gozdnogospodarsko območje	Skupni vsebnostni razred žvepla									
	1987					1988				
	1	2	3	4	Povpr.	1	2	3	4	Povpr.
Maribor	1	7	1	-	2,0	-	5	4	-	2,4
Murska Sobota	-	5	-	-	2,0	-	1	4	-	2,8
Sežana	5	3	-	-	1,4	-	-	-	-	-
SKUPAJ					1,9					(2,4)
N	22	54	10	-	86	2	46	28	2	78
%	26	63	11	-	100	3	59	36	2	100
%		89		11			62		38	

Gozdnogospodarsko območje	Skupni vsebnostni razred žvepla 1989				
	1	2	3	4	Povpr.
Tolmin	2	6	2	-	2,0
Bled	-	3	2	-	2,4
Kranj	-	3	-	-	2,0
Ljubljana	-	2	8	1	2,9
Postojna	-	3	-	-	2,0
Kočevje	2	2	-	-	1,5
Novo mesto	2	6	1	-	1,9
Brežice	-	2	4	-	2,7
Celje	-	1	4	-	2,8
Nazarje	-	1	1	-	2,5
Slovenj Gradec	-	3	3	-	2,5
Maribor	-	2	7	-	2,8
Murska Sobota	-	-	5	-	3,0
Sežana	1	5	2	-	2,1
SKUPAJ					2,4
N	7	39	39	-	86
%	8	45	45	2	100
%		53		47	

6 REFERENCE

KALAN, J., ŠOLAR, M., 1987: Obremenjenost gozdov z žveplom. Črna knjiga o propadanju gozdov v Sloveniji l. 1987. Inštitut za gozdno in lesno gospodarstvo, Ljubljana, str. 28-31.

KALAN, J., 1988: Obremenjenost gozdov z žveplom. Črna knjiga o propadanju gozdov v Sloveniji l. 1987 – nadaljevanje. Inštitut za gozdno in lesno gospodarstvo, Ljubljana, str. 19-27.

KALAN, J., 1989: Obremenjenost slovenskih gozdov z žveplom. Zbornik gozdarstva in lesarstva, Ljubljana, 34, str. 99-120.

KALAN, J., FÜRST, A., PEZDIRC, N., 1991: Korelacija analiznih izidov vsebnosti žvepla, določenih z napravama SULMHOMAT 12 ADG in LECO SC-132. Zbornik gozdarstva in lesarstva, Ljubljana, 36, str. 107-120.

MIKULIČ, V., 1987: Računalniški program za krmiljenje izvajanja obdelave analiznih podatkov o vsebnosti žvepla v iglicah. Inštitut za gozdno in lesno gospodarstvo.

ŠOLAR, M., 1986a: Onesnaževanje zraka in propadanje gozdov v Sloveniji. Gozd in okolje – FOREN 86, Jugoslovansko posvetovanje – 14. in 15. maj 1986. Ljubljana, str. 57-84.

ŠOLAR, M., 1986b: Umiranje gozdov in raba lesa. Posvetovanje v Mariboru 25. oktobra 1986. Zveza društev inženirjev in tehnikov gozdarstva in lesarstva Slovenije. Ljubljana.