

# SOFTWARE *NBSI*

## (NEIGHBOURHOOD BASED STRUCTURAL INDICES)

DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELL'AMBIENTE FORESTALE E DELLE SUE RISORSE (DISAFRI)  
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DELLA TUSCIA - Via San Camillo de Lellis, 01100 Viterbo

**Informazioni:** P. CORONA: [piermaria.corona@unitus.it](mailto:piermaria.corona@unitus.it) ; A. LAMONACA: [alamo.sisfor@unitus.it](mailto:alamo.sisfor@unitus.it)

### INDICI STRUTTURALI ELABORATI

Il software *NBSI* calcola un insieme di cinque indici strutturali, descritti analiticamente in Tabella 1. In Figura 1 viene mostrato un esempio di calcolo dei suddetti indici.

Tabella 1. Indici strutturali calcolati con il software *NBSI*.

<i>Indice</i>	<i>Formula</i>	<i>Valori rilevati</i>
Indice Winkelmass ( <i>UAI</i> )	$UAI_i = \frac{1}{k} \cdot \sum_{j=1}^k z_j$	$z_j = \begin{cases} 1, \alpha_j < \alpha_r \\ 0, \alpha_j \geq \alpha_r \end{cases}$
Indice di mescolanza dendrologica ( <i>SM</i> )	$SM_i = \frac{1}{k} \cdot \sum_{j=1}^k z_j$	$z_j = \begin{cases} 0, spp_i = spp_j \\ 1, spp_i \neq spp_j \end{cases}$
Indice di dominanza diametrica ( <i>DBHD</i> )	$DBHD_i = \frac{1}{k} \cdot \sum_{j=1}^k z_j$	$z_j = \begin{cases} 0, DBH_i > DBH_j \\ 1, DBH_i \leq DBH_j \end{cases}$
Indice di dominanza diametrica modificato ( <i>DBHDM</i> )	$DBHDM_i = \frac{1}{k} \cdot \sum_{j=1}^k z_j$	$z_j = \begin{cases} 1, (DBH_i - d) > DBH_j \\ 0, (DBH_i - d) \leq DBH_j \end{cases}$
Distanza dall'albero più vicino ( <i>DIST</i> )	$DIST_i = \min  z_j $	$z_j = \sqrt{(x_j - x_i)^2 + (y_j - y_i)^2}$

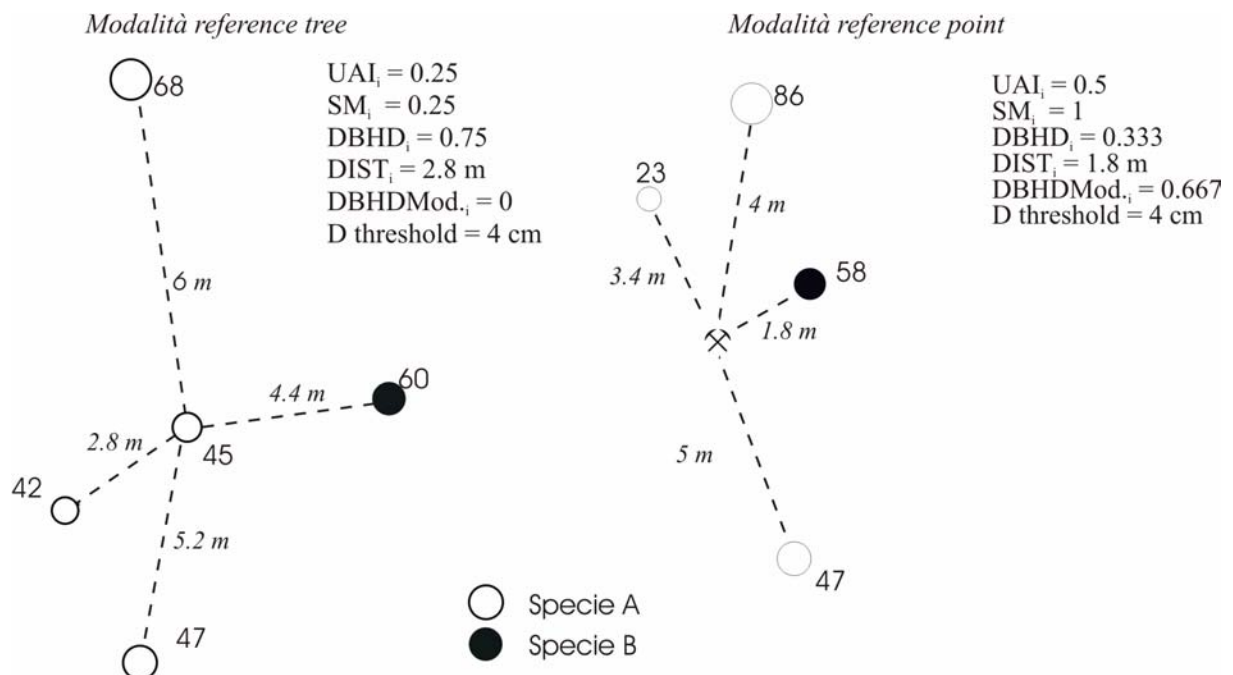
$i$  = indice dell'albero (modalità *tree reference*) o del punto (modalità *point reference*) di riferimento;  $j$  = indice per ciascuno dei  $k$  alberi più vicini all'albero di riferimento (modalità *tree reference*) o al punto di sondaggio (modalità *point reference*);  $spp$  = specie arborea;  $DBH$  = diametro a petto d'uomo;  $x, y$  = coppie di coordinate topografiche;  $\alpha_r$  = angolo di confronto;  $\alpha_j$  = angolo formato tra l'albero di riferimento (modalità *tree reference*), o il punto di sondaggio (modalità *point reference*), e il  $j$ -esimo dei  $k$  alberi più vicini,  $d$  = soglia diametrica di riferimento da sottrarre al  $DBH_i$ .

L'indice *UAI* – *Uniform Angle Index* (Von Gadow *et al.*, 1998; Aguirre *et al.*, 2003; Corona *et al.*, 2005b) descrive il tipo di distribuzione dei fusti arborei nello spazio orizzontale, assumendo valori che variano da 0 (distribuzione di tipo regolare) a 1 (distribuzione a gruppi), mentre valori intermedi e pari a 0.5 segnalano distribuzioni di tipo casuale. Il calcolo di questo indice avviene confrontando gli angoli  $\alpha_j$  formati tra i  $k$  alberi più vicini a un dato albero di riferimento rispetto a un valore soglia  $\alpha_r$ , che studi sperimentali consigliano pari a  $0.8 \cdot 360^\circ / k$  (per dettagli, vd. Von Gadow, 1999; Hui e Von Gadow, 2002).

L'indice *SM* – *Species Mingling* (Füldner, 1995; Aguirre *et al.*, 2003) confronta la specie dell'*i*-esimo albero di riferimento con la specie dei *k* alberi più vicini, assumendo valori compresi tra 0 nel caso di alberi della stessa specie e 1 nel caso in cui i *k* alberi siano tutti di specie diverse da quella dell'albero di riferimento. Questo indice quantifica la diversità dendrologica.

L'indice *DBHD* – *DBH Dominance* (Hui *et al.*, 1998) esprime la diversità dimensionale, confrontando il diametro a petto d'uomo dell'albero di riferimento con quello dei *k* alberi vicini: i suoi valori variano da 0 a 1, aumentando al diminuire della dominanza dimensionale dell'albero di riferimento rispetto agli alberi vicini.

Figura 1 Esempio di rilevamento e calcolo degli indici strutturali *UAI*, *SM*, *DBHD*, *DBHDM* e *DIST* considerando i *k* = 4 alberi più vicini, nella modalità *reference tree* e nella modalità *reference point* e  $a_r=72$ . I cerchi individuano la posizione dei fusti arborei, con indicazione del loro diametro a petto d'uomo. Il simbolo [X] indica la posizione del punto di sondaggio nella modalità *reference point*.



Anche l'indice *DBHDM* – *DBH Dominance Modified* (Corona *et al.*, 2005a) esprime la diversità dimensionale, tuttavia nel calcolo dell'indice viene applicata una soglia minima di differenza diametrica *d* espressa in cm (preferibilmente pari a 4 cm, con riferimento a classi diametriche pari a 5 cm), per rendere l'indice più sensibile all'effettivo livello di eterogeneità dimensionale. L'indice *DBHDM* assume valori compresi tra 0 e 1, aumentando all'aumentare della dominanza dimensionale dell'albero di riferimento rispetto agli alberi vicini.

L'indice *DIST* (Corona *et al.*, 2005a) è dato dalla distanza tra il punto di sondaggio e l'albero più vicino e fornisce una semplice indicazione sul grado di densità e aggregazione tra gli alberi. *DIST* è espresso in un'unità di misura lineare, al contrario degli altri indici considerati, che sono invece adimensionali.

Il calcolo degli indici considerati può avvenire sia con riferimento a ciascun albero presente nell'area di interesse (modalità *reference tree*), sia con riferimento a punti di sondaggio (modalità *reference point*) scelti su una griglia di campionamento. Per il calcolo nella modalità *reference tree* occorre conoscere il diametro a petto d'uomo, la specie e la posizione topografica di tutti i fusti arborei inclusi nell'area di interesse. Nella modalità *reference point* può anche essere sufficiente rilevare questi parametri solamente per i *k* alberi più vicini a ciascun punto di sondaggio. Si fa inoltre presente che in

questo secondo caso gli indici  $SM$ ,  $DBHD$  e  $DBHDM$  sono calcolati adottando come riferimento l'albero più vicino a ciascun punto di sondaggio.

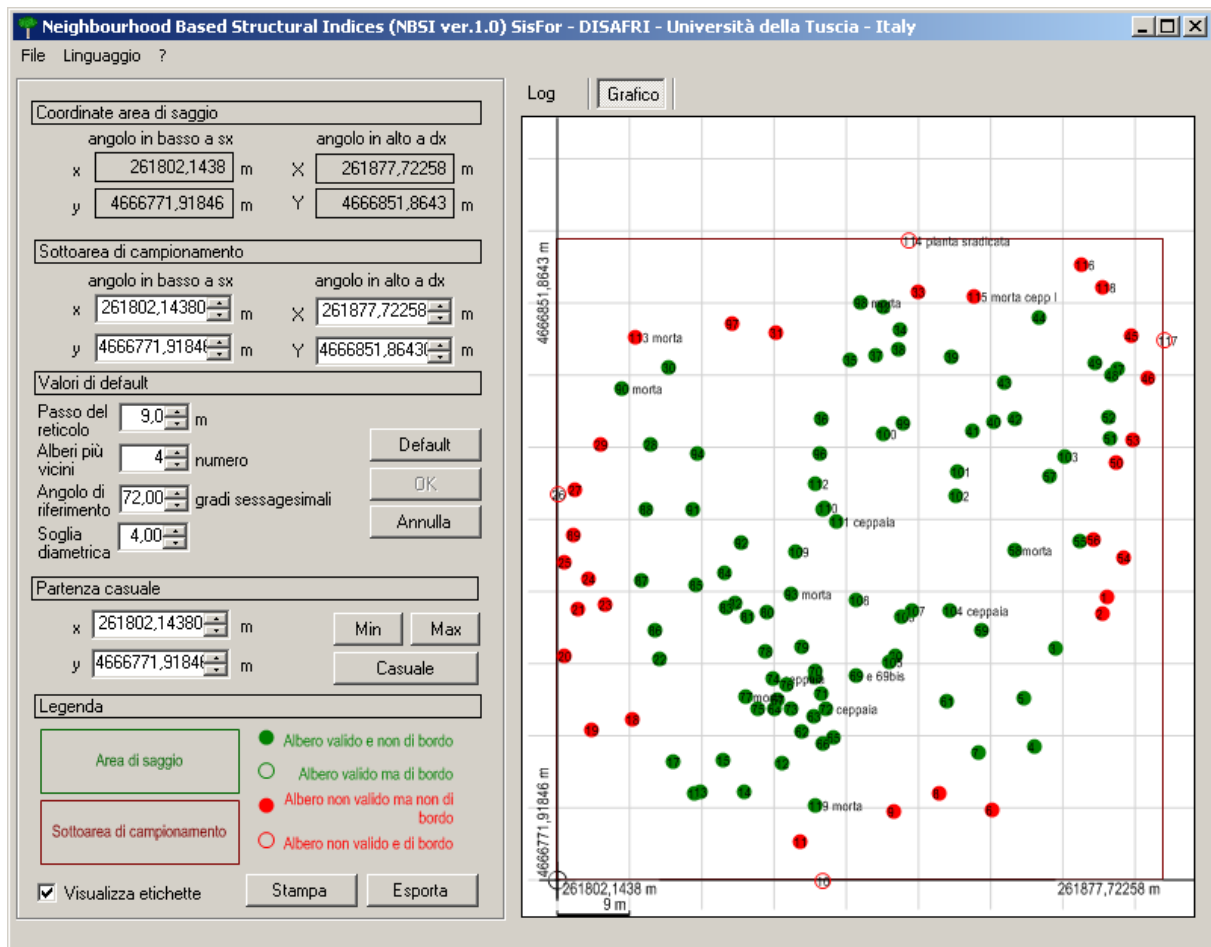
Per ulteriori dettagli riguardo l'applicazione di questi indici strutturali si rimanda a Corona *et al.* (2005a) e Corona *et al.* (2005b).

## CARATTERISTICHE DEL SOFTWARE

Il software *NBSI* (*Neighbourhood Based Structural Indices*) è stato sviluppato nel linguaggio di programmazione Visual Basic .Net, su piattaforma Windows<sup>®</sup>. Per il suo funzionamento deve essere installato sul sistema operativo il pacchetto Microsoft Net Framework, scaricabile gratuitamente dal sito della Microsoft<sup>®</sup>. Il sistema deve avere come impostazione di default la virgola come separatore decimale.

Il software applicativo *NBSI* non richiede alcuna installazione e si presenta come un unico file eseguibile (*nbsi.exe*). L'interfaccia utente è stata sviluppata in modo da essere intuitiva (Figura 2), con la possibilità di scegliere la lingua inglese o italiana.

Figura 2. Esempio di schermata video del software *NBSI* con l'interfaccia grafica.



Il programma gestisce files in formato ASCII con estensione *txt*, in cui le colonne dei valori sono separate tra loro dal carattere tabulazione (tab) e devono risultare nel seguente ordine: un codice univoco dell'albero rilevato, la coppia di coordinate che ne identifica la posizione geografica, il diametro a petto d'uomo, la specie arborea e ulteriori campi che possono essere aggiunti a discrezione dell'operatore. Le specifiche di ogni campo sono descritte in Tabella 2.

*NBSI* riconosce automaticamente un'area di monitoraggio di forma rettangolare (o quadrata), identificata dalle coordinate delle piante più esterne nelle direzioni dei quattro punti cardinali. Tuttavia è possibile selezionare una sottoarea di campionamento digitando le coordinate dei due vertici opposti della sottoarea prescelta.

L'operatore può variare il numero  $k$  di alberi più vicini al punto di sondaggio (o all'albero di riferimento nella modalità *reference tree*) da prendere in considerazione per il calcolo degli indici. Per il calcolo dell'indice *UAI* l'operatore può modificare l'angolo di confronto  $\alpha_r$ , mentre per il calcolo dell'indice *DBHDM* può modificare il valore della soglia diametrica  $d$ . Nella modalità *reference point* l'operatore può definire il passo del reticolo per realizzare un campionamento sistematico, e tale campionamento può essere impostato a partire da un origine a coordinate note o può essere ad origine casuale.

Tabella 2. Specifiche dei campi obbligatori del file di input *txt* gestito dal software *NBSI*.

<i>Ordine</i>	<i>Sigla</i>	<i>Descrizione</i>	<i>Tipo carattere</i>
1	IDS	Codice albero	Stringa
2	X	Posizione sull'asse delle ascisse	Numero
3	Y	Posizione sull'asse delle ordinate	Numero
4	DIAMETRO	Diametro a petto d'uomo	Numero
5	SPECIE	Specie arborea	Stringa

### ESECUZIONE DEL SOFTWARE *NBSI*

Inseriti i dati di input, *NBSI* calcola contemporaneamente i valori degli indici strutturali e produce due files in formato ASCII con estensione *txt*: un file denominato [nome file di origine]\_rilevamenti\_output, che contiene i valori dei cinque indici strutturali calcolati per ciascun albero di riferimento (modalità *reference tree*) (Figura 3); un file denominato [nome file di origine]\_griglia\_output, che contiene i valori dei cinque indici strutturali calcolati per ciascun punto di sondaggio del reticolo predisposto (modalità *reference point*) (Figura 4). Il file prodotto per la modalità *reference point* presenta anche un contatore numerico del punto di sondaggio ed il codice identificativo dell'albero più vicino preso in considerazione per il calcolo degli indici *SM*, *DBHD* e *DBHDM*.

Gli indici strutturali non vengono calcolati per gli alberi o punti considerati *di bordo* e per gli alberi o i punti di sondaggio considerati *non validi*. I valori *di bordo* sono quelli relativi ad alberi o punti situati ai margini dell'area di interesse, mentre vengono considerati *non validi* i punti di sondaggio (o gli alberi di riferimento) per i quali la superficie circolare con raggio pari alla distanza tra il punto di sondaggio stesso (o l'albero di riferimento) e il limite dell'area campionata comprende fino a  $k-1$  alberi: in questo caso il punto di sondaggio (o l'albero di riferimento) viene infatti scartato perché non è possibile determinare, all'interno dell'area d'interesse, tutti i  $k$  alberi richiesti.

I valori degli indici strutturali che non possono essere calcolati vengono evidenziati con il valore di riferimento "-999". Gli alberi *di bordo* vengono indicati in una colonna con il valore "1", altrimenti hanno valore pari a "0". Analogamente avviene per i punti di sondaggio (o gli alberi di riferimento) considerati *non validi*, che presentano valore pari a "0" in un'apposita colonna.

*NBSI* contiene un'interfaccia grafica che permette di visualizzare a video ed esportare in formato sia grafico che cartaceo la disposizione spaziale degli alberi scartati e di quelli validi ai fini del calcolo degli indici strutturali relativamente alla modalità *reference tree* (Figura 2). L'interfaccia grafica mostra anche in grigio la distribuzione della griglia per il calcolo degli indici nella modalità *reference point*.

Figura 3. Esempio di schermata video dell'output del software NBSI per dati elaborati nella modalità reference tree.

IDS	X	Y	DIAMETRO	SPECIE	altezza opzione NULL	UAI	SM	DBHD	DBHDM	DISTANZA	VALIDO	DIBORDO	
1	261870,63261	4666807,28716	51	Cerro	0	0	-999	-999	-999	0	0	0	
2	261870,10320	4666805,22205	66	Cerro	0	0	-999	-999	-999	-999	0	0	
3	261864,18889	4666800,92897	76	Cerro	0	0	0,5	0	0,75	7,30819	1	0	
4	261861,54584	4666788,67791	39	Cerro	0	0	0,75	0	1	6,17572	1	0	
5	261860,31412	4666794,72955	62	Cerro	0	0	0,5	0	0,75	6,17572	1	0	
6	261856,32536	4666780,64811	61	Cerro	0	0	-999	-999	-999	-999	0	0	
7	261854,51300	4666787,83317	63	Cerro	0	0	0,25	0,25	0,25	6,98744	1	0	
8	261849,69729	4666782,77024	10	Cerro	campestre	0	-999	-999	-999	-999	-999	0	
9	261843,96577	4666780,52195	25	Cerro	0	0	-999	-999	-999	-999	0	0	
10	261835,24055	4666771,91846	64	Cerro	0	0	-999	-999	-999	-999	0	0	
11	261832,39953	4666776,76497	68	Cerro	0	0	-999	-999	-999	-999	0	0	
12	261830,05087	4666786,53571	14	Cerro	0	0	0,25	0	0,75	4,65274	1	0	
14	261825,43788	4666782,95238	28	Cerro	0	0	0,5	0	0,25	4,71514	1	0	
15	261822,78975	4666786,85366	21	Cerro	0	0	0,75	0	0,5	4,71514	1	0	
16	261819,23861	4666782,84999	20	Cerro	0	0	0,5	0	0,75	0,77603	1	0	
17	261816,51239	4666786,70435	11	Cerro	0	0	0,5	0	1	4,72106	1	0	
18	261811,45134	4666791,96611	61	Cerro	0	0	-999	-999	-999	-999	0	0	
19	261806,38738	4666790,65888	9	Cerro	campestre	0	-999	-999	-999	-999	-999	0	
21	261804,65367	4666805,83817	9	Cerro	0	0	-999	-999	-999	-999	0	0	
22	261814,76368	4666799,62557	20	Cerro	54	0	0,5	0	0,75	3,46759	1	0	
23	261808,00301	4666806,44831	19	Cerro	0	0	-999	-999	-999	-999	0	0	
24	261805,94702	4666809,62740	9	Cornifolo	0	0	-999	-999	-999	-999	-999	0	
25	261803,02392	4666811,70387	8	Cerro	0	0	-999	-999	-999	-999	0	0	
26	261802,14380	4666820,14275	8	Carpino bianco	0	0	-999	-999	-999	-999	-999	0	
27	261804,23715	4666820,60737	8	Sorbo domestico	0	0	-999	-999	-999	-999	-999	0	
28	261813,69954	4666826,34132	16	Cerro	0	0	0,25	0,25	0,5	5,91018	1	0	
29	261807,40003	4666826,37500	9	Carpino bianco	0	0	-999	-999	-999	-999	-999	0	
30	261815,89327	4666835,97625	73	Cerro	0	0	0,5	0	0	5,48403	1	0	
31	261829,32663	4666840,19670	74	Cerro	0	0	-999	-999	-999	-999	0	0	
32	261842,71262	4666843,52311	59	Cerro	0	0	0,25	0	0,75	2,91980	1	0	
33	261847,06871	4666845,41675	53	Cerro	0	0	-999	-999	-999	-999	0	0	
34	261844,76096	4666840,68391	55	Cerro	0	0	0,5	0	0,25	2,38290	1	0	
35	261838,48849	4666836,85053	15	Cerro	0	0	1	0	0,5	3,41928	1	0	
36	261834,93359	4666829,55187	38	Cerro	0	0	0,25	0	0,5	4,38999	1	0	
37	261841,86534	4666837,38751	13	Cerro	0	0	0,5	0	1	2,95332	1	0	
38	261844,67331	4666838,30262	47	Cerro	0	0	0,5	0	0,5	2,38290	1	0	
39	261851,23556	4666837,34776	9	Cerro	0	0	0,25	0,5	1	6,63136	1	0	
40	261856,50217	4666829,07891	44	Cerro	0	0	0,5	0,75	0	2,66281	1	0	
41	261853,87584	4666827,96711	8	Mespilus	0	0	0,5	0,75	1	2,85197	1	0	
42	261859,12473	4666829,54012	9	Mespilus	0	0	0,25	0,75	0,75	0	2,86281	1	0
43	261857,74955	4666834,03810	13	Carpino bianco	0	0	0,5	1	0,25	4,70550	1	0	
44	261862,08726	4666842,23398	10	Cerro	campestre	0	0,5	1	0,75	8,47547	1	0	
45	261873,58940	4666839,97331	11	Cerro	0	0	-999	-999	-999	-999	0	0	
46	261875,78275	4666834,68212	61	Cerro	0	0	-999	-999	-999	-999	0	0	
47	261871,87203	4666835,70363	8	Cerro	128	0	0,25	0	1	1,07164	1	0	
48	261871,14838	4666834,91322	13	Cerro	0	0	0,25	0	0,75	1,07164	1	0	

Figura 4. Esempio di schermata video dell'output del software NBSI per dati elaborati nella modalità reference point.

CNT	IDS	X	Y	DIAMETRO	SPECIE	altezza opzione NULL	UAI	SM	DBHD	DBHDM	DISTANZA	VALIDO	DIBORDO		
1	19	261802,1438	4666771,91846	9	Cerro	campestre	0	0	-999	-999	-999	-999	0		
2	16	261811,1438	4666771,91846	20	Cerro	0	0	-999	-999	-999	-999	0	0		
3	19	261820,1438	4666771,91846	20	Cerro	0	0	-999	-999	-999	-999	0	0		
4	11	261829,1438	4666771,91846	68	Cerro	0	0	-999	-999	-999	-999	0	0		
5	10	261838,1438	4666771,91846	64	Cerro	0	0	-999	-999	-999	-999	0	0		
6	9	261847,1438	4666771,91846	25	Cerro	0	0	-999	-999	-999	-999	0	0		
7	6	261856,1438	4666771,91846	61	Cerro	0	0	-999	-999	-999	-999	0	0		
8	6	261865,1438	4666771,91846	61	Cerro	0	0	-999	-999	-999	-999	0	0		
9	6	261874,1438	4666771,91846	61	Cerro	0	0	-999	-999	-999	-999	0	0		
10	19	261802,1438	4666780,91846	9	Cerro	campestre	0	0	-999	-999	-999	-999	0		
11	17	261811,1438	4666780,91846	11	Cerro	0	0	-999	-999	-999	-999	0	0		
12	13	261820,1438	4666780,91846	62	Cerro	0	0	0,75	0	0	2,08650	1	0		
13	14	261829,1438	4666780,91846	28	Cerro	0	0	0,5	0	0,3333333333333333	0,6666666666666667	0	0		
14	4,22737	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
15	119	morta	261838,1438	4666780,91846	10	Cerro	0	0,5	0	1	0	3,98422	1	0	
16	8	261847,1438	4666780,91846	10	Cerro	campestre	0	0	-999	-999	-999	-999	0	0	
17	6	261856,1438	4666780,91846	61	Cerro	0	0	-999	-999	-999	-999	0	0		
18	4	261865,1438	4666780,91846	39	Cerro	0	0	-999	-999	-999	-999	0	0		
19	4	261874,1438	4666780,91846	39	Cerro	0	0	-999	-999	-999	-999	0	0		
20	19	261802,1438	4666789,91846	9	Cerro	campestre	0	0	-999	-999	-999	-999	0	0	
21	18	261811,1438	4666789,91846	61	Cerro	0	0	-999	-999	-999	-999	0	0		
22	15	261820,1438	4666789,91846	21	Cerro	0	0	0,75	0	0,3333333333333333	0,3333333333333333	0	0		
23	4,04896	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
24	62	261829,1438	4666789,91846	16	Cerro	0	0	0,5	0	0,6666666666666667	0	3,39288	1	0	
25	65	261838,1438	4666789,91846	11	Cerro	0	0	1	0	1	7,2442	1	0		
26	61	261847,1438	4666789,91846	69	Cerro	0	0	0,75	0,3333333333333333	0	1	5,99756	1	0	
27	7	261856,1438	4666789,91846	63	Cerro	0	0	0,25	0	0,3333333333333333	0,3333333333333333	0	0		
28	2,64725	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
29	4	261865,1438	4666789,91846	39	Cerro	0	0	0,75	0	1	0	3,80582	1	0	
30	4	261874,1438	4666789,91846	39	Cerro	0	0	-999	-999	-999	-999	0	0		
31	20	261802,1438	4666798,91846	9	Mespilus	0	0	-999	-999	-999	-999	-999	0	0	
32	29	261811,1438	4666798,91846	20	Cerro	54	0	0,5	0	0,6666666666666667	0	3,68830	1	0	
33	22	261820,1438	4666798,91846	20	Cerro	54	0	0,25	0	0,6666666666666667	0	5,42639	1	0	
34	74	ceppaia	261829,1438	4666798,91846	17	Cerro	82	0	0,25	0	0,6666666666666667	0,3333333333333333	0	0	
35	1,71061	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
36	69	e 69bis	261838,1438	4666798,91846	28	Cerro	0	0	0,5	0	0,3333333333333333	1	1,86286	1	0
37	60	261847,1438	4666798,91846	8	Cerro	106	0	0,5	0,3333333333333333	0	0	3,14691	1	0	
38	59	261856,1438	4666798,91846	74	Cerro	104	0	0,25	0	0,3333333333333333	0,6666666666666667	0	0		
39	4,36018	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
40	3	261865,1438	4666798,91846	76	Cerro	0	0	0,5	0	0	1	2,22576	1	0	
41	2	261874,1438	4666798,91846	66	Cerro	0	0	-999	-999	-999	-999	0	0		
42	21	261802,1438	4666807,91846	9	Cerro	0	0	-999	-999	-999	-999	0	0		
43	87	261811,1438	4666807,91846	73	Cerro	0	0	0,25	0,3333333333333333	0	0	2,11435	1	0	
44	85	261820,1438	4666807,91846	16	Cerro	0	0	0,5	0	1	0	1,19902	1	0	

## **BIBLIOGRAFIA**

- AGUIRRE O., HUI G., VON GADOW K., JIMENEZ J., 2003. An analysis of spatial forest structure using neighbourhood-based variables. *Forest Ecology and Management* 183: 137-145.
- CORONA P., CALVANI P., FERRARI B., LAMONACA A., PORTOGHESI L., PLUTINO M., 2005. Sperimentazione di un sistema integrato di indici per il monitoraggio della diversità strutturale in soprassuoli forestali. *L'Italia Forestale e Montana* 4 (2005): 447-462.
- CORONA P., D'ORAZIO P., LAMONACA A., PORTOGHESI L., 2005b. L'indice Winkelmass per l'inventariazione a fini assestamentali della diversità strutturale di soprassuoli forestali. *Forest@2* 2 (2): 225-232. [online] URL: <http://www.sisef.it/>
- FÜLDNER K., 1995. Zur Strukturbeschreibung in Mischbeständen. *Forstarchiv* 66: 235-240.
- HUI G.Y., ALBERT M., VON GADOW K., 1998. Das Umgebungsmaß als Parameter zur Nachbildung von bestandesstrukturen. *Forstwissenschaftliches Centralblatt* 117 (1): 258-266.
- HUI G.Y., VON GADOW K., 2002. Das Winkelmass: Herleitung des optimalen Standardwinkels. *Allgemeine Forst- und Jagdzeitung* 173 (10): 173-177.
- VON GADOW K., 1999. Waldstruktur und diversitaet. *Allgemeine Forst und Jagdzeitung* 170 (7): 117-122.
- VON GADOW K., HUI G.Y., ALBERT M., 1998. Das Winkelmass – ein Strukturparameter zur Beschreibung der Individualverteilung in Waldbeständen. *Centralbl. Fur das ges. Forstw.* 115: 1-10.