

	Vento	kmh	18	36	54	72	90	108	144	180
raggio	Ftr	N*m	160.172	160.172	160.172	160.172	160.172	160.172	160.172	160.172
	Fch	N*m	0	0	0	0	0	0	0	0
zolla	Fz	N*m	8.600	8.600	8.600	8.600	8.600	8.600	8.600	8.600
	Ftr	N*m	0	0	0	0	0	0	0	0
Rz	Fch	N*m	169.523	169.523	169.523	169.523	169.523	169.523	169.523	169.523
	Fw	N*m	19.691	78.764	177.218	315.054	492.272	708.872	1.260.216	1.969.088
1 m	FS	-	2,97	2,27	1,62	1,16	0,85	0,64	0,39	0,26

	Vento	kmh	18	36	54	72	90	108	144	180
raggio	Ftr	N*m	160.172	160.172	160.172	160.172	160.172	160.172	160.172	160.172
	Fch	N*m	0	0	0	0	0	0	0	0
zolla	Fz	N*m	696.571	696.571	696.571	696.571	696.571	696.571	696.571	696.571
	Ftr	N*m	0	0	0	0	0	0	0	0
Rz	Fch	N*m	169.523	169.523	169.523	169.523	169.523	169.523	169.523	169.523
	Fw	N*m	19.691	78.764	177.218	315.054	492.272	708.872	1.260.216	1.969.088
3 m	FS	-	15,09	11,50	8,24	5,89	4,32	3,25	2,00	1,34

Tabella 1 – Verifica al ribaltamento per Rz 1 e 3 m.

delle **forze resistenti** e la somma delle **forze agenti**. Lo slittamento può avvenire per la spinta del terreno lungo il piano di posa della zolla radicale. Tale spinta è contrastata da una reazione che dipende dal peso dell'albero, dal peso della zolla radicale e dal coefficiente di attrito fra la zolla radicale ed il terreno sottostante.

UN CASO DI ESEMPIO

Rimandando all'articolo completo per ogni approfondimento e per l'elenco delle variabili, qui si descrivono i possibili risultati ottenibili per un caso di esempio (Figura 1).

L'applicazione del modello per la **verifica al ribaltamento** (Figura 2, Grafico 1, Tabella 1), permette di stimare come varia il fattore di sicurezza al variare della velocità del vento e delle dimensioni della zolla (di raggio Rz), dato un valore di capacità di ancoraggio. Concretamente è quindi possibile stimare la velocità del vento critica in una data situazione, per confrontare il dato con le informazioni meteorologiche afferenti a quel sito. Oppure è possibile assumere una velocità del vento massima, da considerarsi eccezionale (SANI e MARASCO 2007) e determinare per essa le dimensioni minime che la zolla deve avere per essere in grado di contrastare la forza del vento. Sarà più semplice verificare se la zolla necessaria è presente anche ricorrendo a verifiche empiriche. Ad esempio, nel caso di simulazione proposto, un vento di 90 km/h (mediamente intenso) provocherebbe il cedimento dell'albero, a meno che la zolla radicale efficace non sia particolarmente ampia e vigorosa.

La **verifica allo schiacciamento** (Grafico 2, Tabella 2) evidenzia come questo problema, salvo il caso di zolle molto contenute, è di minore importanza rispetto al pericolo di ribaltamento, in particolare se si considera la variazione delle condizioni delle variabili geotecniche determinata dal processo di consolidamento che avviene con l'aumento delle dimensioni dell'albero. Una rottura per schiacciamento potrebbe invece verificarsi allorché nell'intorno del sito di radicazione si attuano interventi che possono modificare l'assetto idrogeologico che sono quindi da valutare attentamente. Ad esempio la realizzazione di un drenaggio tale da abbassare in modo significativo la piezometrica (ma anche l'apporto di acqua), potrebbe mettere in crisi la capacità portante del terreno e, conseguentemente, favorire un cedimento anche in condizioni di vento non particolarmente intenso.

Infine la **verifica allo slittamento** (Grafico 3, Tabella 3) riguarda una situazione raramente verificabile in ambito urbano salvo il caso delle scarpate stradali inclinate ma non sottoposte ad erosione al piede. In questa eventualità il modello qui proposto segnala l'incremento della criticità all'aumentare della pendenza del versante oltreché della velocità del vento. Però la risposta in termini di ancoraggio sembra qui essere fornita non tanto dalle proprietà coesive e strutturali della zolla radicale, morfologicamente alterata, quanto piuttosto dall'efficienza della radice "a pistone" centrale, che agisce come una fondazione su palo e non su platea e dalle radici di tensione laterali che agiscono come tiranti utili per dissipare gli sforzi di torsione derivanti dall'eccentricità del carico del vento. Il coefficiente di sicurezza dovrebbe quindi essere determinato tenendo conto del contributo di resistenza fornito da questo sistema radicale del tutto peculiare.

	Rz	Fs	Vento	kmh	18	36	54	72	90	108	144	180
m		N*m	fopp	N*m	349.386	408.458	506.913	644.749	821.967	1.038.567	1.589.911	2.298.783
	1,0	53.570	FS	-	0,8	0,7	0,5	0,4	0,3	0,3	0,2	0,1
1,5		265.938	FS	-	3,8	3,3	2,6	2,1	1,6	1,3	0,8	0,6
	2,0	832.181	FS	-	11,9	10,2	8,2	6,5	5,1	4,0	2,6	1,8
2,5		2.019.513	FS	-	28,9	24,7	19,9	15,7	12,3	9,7	6,4	4,4
	3,0	4.170.828	FS	-	59,7	51,1	41,1	32,3	25,4	20,1	13,1	9,1

Tabella 2 – Verifica allo schiacciamento.

	Vento	kmh	18	36	54	72	90	108	144	180
Rz	fw	N	1.338	5.351	12.039	21.403	33.443	48.157	85.613	133.770
	m									
1,0	FS	-	1,0	0,8	0,6	0,5	0,3	0,3	0,2	0,1
	1,5	FS	-	1,5	1,3	1,0	0,8	0,6	0,5	0,3
2,0	FS	-	2,0	1,8	1,6	1,3	1,1	0,9	0,6	0,5
	2,5	FS	-	2,6	2,4	2,2	1,9	1,7	1,5	1,1
3,0	FS	-	3,1	3,0	2,8	2,6	2,3	2,1	1,7	1,3

Tabella 3 – Verifica allo slittamento.

Bibliografia

- BELLUZZI O., 2001 - **Scienza delle Costruzioni**. Zanichelli.
- BERNETTI G., LA MARCA O., 1983 - **Elementi di Dendrometria**. Edizioni Scaf.
- DAVENPORT A. G., 1965 - **The relationship of wind structure to wind loading wind effects of buildings and structures**. HMSO London 1965.
- MATTHECK C., BRELOER H., 1998 - **La stabilità degli alberi. Fenomeni meccanici e implicazioni legali dei cedimenti degli alberi**. Il Verde Editoriale.
- PELTOLA H., KELLOMAKI S., HASSINEN A., LEMETTINEN M., AHO J., 1993 - **Swaying of trees as caused by wind: analysis of field measurement**. Silva Fennica 27 (2): 113-126.
- SANI L., 2008 - **Valutazione integrata dell'albero. Manuale ad uso pratico per il rilevamento delle condizioni vegetative, fitosanitarie e di stabilità degli alberi in ambito urbano**. Nicomp L.E. Firenze.
- SANI L., MARASCO P.L., 2007 - **I danni provocati dalla caduta di alberi. L'approccio tecnico al principio di responsabilità**. Rivista del Consulente Tecnico XXII (3): 55-61.

INFO . ARTICOLO

Autore: Luigi Sani, Dottore Forestale, libero professionista.
E-mail: qifor@qifor-net.it

Parole Chiave: Verde urbano, valutazione di stabilità, zolla radicale, teoria dei cedimenti, modellistica applicata, fattore di sicurezza

Abstract: Clod radical stability. A theoretical and practical approach

The study of the tree radical system is of primary importance for the stability evaluation. Still this is a facet often disregarded because of the actual difficulty of its analysis. This paper describes an original methodology, based on a spreadsheet named "Radical", to be used as an integration of the usual Visual Tree Assessment (VTA) method.

Spazio pubblicitario