

Η συμβολή του χιονιού στη δημιουργία και διατήρηση ορεινών λιβαδιών στο ξηροθερμικό περιβάλλον της Κρήτης

Κ. Τσεμπερίδης¹, Π. Κωστοπούλου² και Θ. Παυλίδης¹

¹Εργαστήριο Διευθέτησης Ορεινών Υδάτων και ²Εργαστήριο Δασικών Βοσκοτόπων Σχολή Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 541 24 Θεσσαλονίκη

Περίληψη

Το μέσο ετήσιο ύψος βροχής της Κρήτης ($P_m=870$ χλσ.) είναι σαφώς μεγαλύτερο του αντίστοιχου μέσου ετήσιου του λοιπού Ελλαδικού χώρου ($P_m=630$ χλσ.). Παρόλα αυτά η Κρήτη αποτελεί μία έντονα ξηροθερμική περιοχή με τάσεις ερημοποίησης. Το φαινόμενο αυτό οφείλεται: α) στην επικέντρωση των βροχών στο διάστημα Νοεμβρίου – Μαρτίου και τη σχεδόν παντελή έλλειψη βροχών κατά τη λοιπή περίοδο και β) στο γεωλογικό υπόθεμα των βουνών της Κρήτης που συγκροτούνται από έντονα αποσαθρωμένους-διαβρωμένους διαπερατούς ανθρακικούς σχηματισμούς. Στην παρούσα εργασία ερευνήθηκαν και αναλύθηκαν οι συνθήκες χιονιού και χιονοστρωμάτων σε αντιπροσωπευτικές ορεινές περιοχές της Κρήτης και η σημασία τους στη διατήρηση των εκεί απαντώμενων ορεινών λιβαδιών. Από την ανάλυση των αποτελεσμάτων προέκυψε ότι στην αντιμετώπιση της ερημοποίησης της Κρήτης είναι σημαντική η συμβολή των λιβαδικών οικοσυστημάτων, τα οποία σε μεγάλα ορεινά τμήματα της νήσου είναι τα μόνα δυνάμενα να υπάρξουν. Παράλληλα, σε ορεινές περιοχές με άφθονες χιονοπτώσεις και με συνθήκες διατήρησης (παραμονής) των χιονοστρωμάτων, διαπιστώθηκε η ύπαρξη και η διατήρηση καλής δομής και βιοποικιλότητας των ορεινών λιβαδιών.

Λέξεις κλειδιά: Κατακρημνίσματα, χιονόστρωμα, ορεινά ποολίβαδα, φυτοποικιλότητα.

Εισαγωγή

Η Κρήτη, παρά το σημαντικό ύψος των ετήσιων κατακρημνισμάτων που δέχεται, αποτελεί μία έντονα ξηροθερμική περιοχή, λόγω της έντονα ανομοιόμορφης εποχιακής κατανομής τους (επικέντρωση του κύριου όγκου τους κατά τους χειμερινούς μήνες, σχεδόν πλήρης απουσία τους καλοκαιρινούς). Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με την ύπαρξη αποσαθρωμένων, διαβρωμένων και διαπερατών ανθρακικών σχηματισμών στις ορεινές περιοχές του νησιού έχει σαν αποτέλεσμα τη δυσκολία εγκατάστασης φυσικής βλάστησης. Η ιδιαιτερότητα των ορεινών όγκων της Κρήτης έγκειται στην εμφάνιση σημαντικών χιονοπτώσεων κατά τη χειμερινή περίοδο και στη διατήρηση χιονοκαλύμματος για ικανοποιητικό χρονικό διάστημα, το σταδιακό λιώσιμο του οποίου αυξάνει τη διαθέσιμη για τα φυτά υγρασία (Gusev and Nasonova 1997).

Τα λιβαδικά οικοσυστήματα αποτελούν χαρακτηριστικά φυσικά τοπία της κρητικής γης, καλύπτοντας μεγάλες επιφάνειες, παρέχοντας προστασία από τη διάβρωση, αποτελώντας σημαντική πηγή παραγωγής βιομάζας, χώρους διεξαγωγής ποικίλων οικολογικών διεργασιών και βασικό βιότοπο για μεγάλο αριθμό οργανισμών, συμπεριλαμβανομένων και πολυάριθμων σπάνιων ενδημικών ειδών χλωρίδας. Οι φυτοκοινότητες με υψηλότερη ποικιλότητα θεωρούνται περισσότερο παραγωγικές και ικανές να αξιοποιούν αποτελεσματικότερα τους

διάφορους περιβαλλοντικούς πόρους, εκμεταλλευόμενες καλύτερα την προσπίπτουσα ηλιακή ακτινοβολία και καταλαμβάνοντας περισσότερο από το διαθέσιμο χώρο (Spehn et al. 2004), ενώ συμβάλλουν και στη σταθερότητα ενός οικοσυστήματος (Aarts and Nienhuis 1999).

Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν να μελετηθεί η συμβολή της παρουσίας χιονιού στις ορεινές περιοχές της Κρήτης στη διατήρηση λιβαδικών φυτοκοινοτήτων υψηλής βιοποικιλότητας, δια μέσου της προσφοράς μεγαλύτερων διαθέσιμων ποσοτήτων νερού στους φυτικούς οργανισμούς.

Υλικά και μέθοδοι

Για τις ανάγκες της παρούσας μελέτης, επιλέχθηκαν τρία ποολίβια της ανατολικής Κρήτης και συγκεκριμένα στα οροπέδια Μοχού (υψ. 380 μ.), Λασιθίου (υψ. 820 μ.) και Λιμνάκαρου (υψ. 1140 μ.) (Εικόνα 1). Η επιλογή των συγκεκριμένων περιοχών έγινε με βάση τη σημαντική διαφοροποίησή τους ως προς το ετήσιο ύψος των κατακρημνισμάτων τους και τη διατήρηση χιονοστρωμάτων.



Εικόνα 1. Οι περιοχές μελέτης (● = οροπέδιο Μοχού, ■ = οροπέδιο Λασιθίου, ▲ = οροπέδιο Λιμνάκαρου).

εδάφη εμφανίζουν βάθος 38-50 εκ., ενώ στο οροπέδιο Λασιθίου τα εδάφη σχηματίζουν μαλακές στρωματοποιημένες αποθέσεις συνολικού πάχους 30-50 εκ. Τέλος, στο οροπέδιο Λιμνάκαρου κυριαρχούν τα μικρού βάθους (≤ 15 εκ.), ισχυρά εκπλυμένα, πετρώδη εδάφη.

Με βάση τα δεδομένα των μετεωρολογικών σταθμών Αγ. Γεωργίου (υψ. 850 μ.) και Καλού Χωρίου Λασιθίου (υψ. 12 μ.) και τη χρησιμοποίηση της βροχοβαθμίδας (86 χλσ./100μ.) και θερμοβαθμίδας ($-0,6^{\circ}\text{C}/100 \mu.$) της ανατολικής Κρήτης (Παρίτσης 2001), όπου εντάσσονται οι περιοχές μελέτης, προέκυψαν αντίστοιχα τα μέσα μηνιαία και το μέσο ετήσιο ύψος βροχής για τα έτη 1976-2001, καθώς και οι μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες για τα έτη 1976-2004. Σημειώνεται ότι στα μέσα μηνιαία και στο μέσο ετήσιο ύψος βροχής των οροπεδίων Λασιθίου και Λιμνάκαρου έχει προστεθεί και το αναλογούν ισοδύναμο ύψος του χιονιού σε νερό που προέκυψε από σχετικές χιονολογικές μετρήσεις και παρατηρήσεις των μόνιμων κατοίκων της περιοχής οροπεδίου Λασιθίου. Ο υπολογισμός της υδατοσυγκράτησης της λιβαδικής βλάστησης των περιοχών έρευνας για τα έτη 1976-2001 πραγματοποιήθηκε σύμφωνα με τον Παυλίδη (1997).

Σε κάθε περιοχή επιλέχθηκαν τυχαία τρεις πειραματικές επιφάνειες 0,1 εκταρίου, προστατευμένες από βόσκηση, από τις οποίες προέκυψε η κάλυψη και η σύνθεση της βλάστησης με τη χρήση της μεθόδου γραμμής και σημείου (Cook and Stubbendieck 1986). Η

αφθονία των ειδών (S) κάθε περιοχής προσδιορίστηκε με τη χρήση πλαισίων 50X50 εκ. Παράλληλα, υπολογίστηκε η φυτοποικιλότητα τύπου α (H') με το δείκτη των Shannon-Weiner, ο δείκτης ομοιομορφίας (E) των Shannon-Weiner και ο δείκτης κυριαρχίας (d) των Berger-Parker (Henderson 2003). Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν την άνοιξη του 2006.

Αποτελέσματα και συζήτηση

Κοινά χαρακτηριστικά των τριών οροπεδίων αποτελούν η ύπαρξη σημαντικών ποσοτήτων κατακρημνισμάτων κατά το χρονικό διάστημα Οκτωβρίου-Μαρτίου και η εμφάνιση ξηροθερμικής περιόδου κατά το θέρος (Πίνακες 1 και 2).

Πίνακας 1. Μέσα μηνιαία και μέσο ετήσιο ύψος κατακρημνισμάτων (σε χλσ.) στα οροπέδια Μοχού (Μ), Λασιθίου (Λα) και Λιμνάκαρου (Λι).

	I	Φ	M	A	M	I	I	A	Σ	O	N	Δ	ΕΤΟΣ
Μ	115,2	91,0	77,2	29,4	12,8	5,4	8,4	1,1	13,6	52,2	86,7	119,4	612,3
Λα	220,0	173,8	130,1	47,5	20,7	8,7	13,6	1,8	21,9	84,4	154,6	227,9	1105,1
Λι	285,9	225,9	167,0	60,7	26,4	11,2	17,4	2,3	28,0	107,8	199,5	296,1	1428,3

Πίνακας 2. Μέσες μηνιαίες και μέσες ετήσιες θερμοκρασίες αέρα (σε °C) στα οροπέδια Μοχού (Μ), Λασιθίου (Λα) και Λιμνάκαρου (Λι).

	I	Φ	M	A	M	I	I	A	Σ	O	N	Δ	μ.ο.
Μ	9,9	9,7	11,1	13,8	17,6	21,8	24,4	24,3	21,4	17,9	14,1	11,1	16,4
Λα	7,2	7,0	8,5	11,2	14,9	19,2	21,8	21,6	18,8	15,2	11,5	8,5	13,8
Λι	5,3	5,1	6,5	9,3	13,0	17,2	19,9	19,7	16,8	13,3	9,5	6,6	11,9

Η συνήθης διάρκεια των χιονοπτώσεων στα οροπέδια Λασιθίου και Λιμνάκαρου είναι 110-118 ημέρες (έναρξη 10-15/11, λήξη 5-8/3), με ελάχιστη διάρκεια 56-69 (έναρξη 15-22/12, λήξη 16-22/2) και μέγιστη 161-179 (έναρξη 18-28/10, λήξη 7-15/4) ημέρες. Οι ημέρες χιονιού που προκαλούν τη δημιουργία χιονοτάπητα με διατήρησή του πάνω από μία ημέρα είναι για το οροπέδιο Λασιθίου συνήθως 6 (4 ελάχ., 12 μέγ.) και για το οροπέδιο Λιμνάκαρου 9 (6 ελάχ., 17 μέγ.). Οι ημέρες χιονιού με ή χωρίς τη δημιουργία ημερήσιου χιονοτάπητα είναι 18 (10 ελάχ., 28 μέγ.) και 21 (11 ελάχ., 31 μέγ.) αντίστοιχα. Επιπλέον, στο οροπέδιο Λιμνάκαρου η χιονοκάλυψη διαρκεί περισσότερες ημέρες (Πίνακες 3 και 4). Σημειώνεται ότι στο οροπέδιο Μοχού χιονοπτώσεις παρατηρούνται εξαιρετικά σπάνια για αυτό και δεν αναφέρεται η διάρκειά τους.

Η ποσότητα των αφικνούμενων στο έδαφος κατακρημνισμάτων είναι προφανές ότι καθορίζεται από την ποσότητα του νερού που συγκρατείται από την κόμη των φυτών (Πίνακας 5). Από τους πίνακες 1 και 5 διαφαίνεται ότι η υπολογισθείσα υδατοσυγκράτηση επηρεάζει σε πολύ μικρό βαθμό την αφικνούμενη στο έδαφος ποσότητα νερού, μέρος της οποίας θα είναι διαθέσιμη για τα φυτά.

Η ύπαρξη χιονοκαλύμματος είναι γνωστό ότι συντελεί στην αύξηση της εδαφικής υγρασίας και συνεπώς της ποσότητας του νερού που είναι διαθέσιμη για τα φυτά (Gusev and Nasonova 1997). Η διατήρηση χιονοτάπητα για ορισμένο χρονικό διάστημα στα οροπέδια Λασιθίου και Λιμνάκαρου σε συνδυασμό με το βραδύ λιώσιμό του στην αρχή της βλαστητικής περιόδου, επιτρέπει τη σταδιακή διήθηση του νερού μέσα στο έδαφος και τον κορεσμό του ακόμα και σε μεγαλύτερα βάθη. Η αποθηκευμένη αυτή υγρασία συνδράμει στην κάλυψη των υδατικών αναγκών των φυτών κατά τη βλαστητική περίοδο, όταν το ύψος της βροχόπτωσης μειώνεται αισθητά. Το γεγονός αυτό συνεπάγεται την επιμήκυνση της βλαστητικής περιόδου σε περιοχές μεγάλου υψομέτρου (Merrill et al. 1993), συμβάλλοντας στη διατήρηση των λιβαδικών οικοσυστημάτων για περισσότερο χρόνο, παρέχοντας

παράλληλα μεγαλύτερης διάρκειας προστασία από τη διάβρωση και περισσότερη και καλύτερη βοσκήσιμη ύλη στην κρίσιμη καλοκαιρινή περίοδο. Επίσης, η παρουσία χιονοστρώματος κατά την χειμερινή περίοδο στα οροπέδια Λασιθίου και Λιμνάκαρου είναι δυνατό να δρα μονωτικά, προστατεύοντας το έδαφος από τις χαμηλές θερμοκρασίες, και να διευκολύνει τη διήθηση του νερού κατά την περίοδο τήξης του (Rixen et al. 2003).

Πίνακας 3. Διάρκεια (σε ημέρες) του βαθμού χιονοκάλυψης των οροπεδίων Λασιθίου και Λιμνάκαρου.

Βαθμός χιονοκάλυψης της επιφάνειας (%)	Ημέρες χιονοκάλυψης	
	Οροπέδιο Λασιθίου	Οροπέδιο Λιμνάκαρου
Μερική χιονοκάλυψη (ποσοστό κάλυψης της επιφάνειας του εδάφους 20-80%)	75-79	106-112
Ολική χιονοκάλυψη (ποσοστό κάλυψης της επιφάνειας του εδάφους >90%)	33-37	66-77
Χιονοκάλυψη της επιφάνειας του εδάφους σε ποσοστό >50% *	48-58	78-89

* Αφορά την κάλυψη των επίπεδων επιφανειών και των μισγάγγειων, εκεί δηλαδή όπου εμφανίζεται λιβαδική βλάστηση.

Πίνακας 4. Διάρκεια ολικής χιονοκάλυψης (σε ημέρες) ανάλογα με το διατηρούμενο πάχος των χιονοστρωμάτων.

Περιοχή έρευνας	Μέσο πάχος χιονοστρώματος d (εκ.)				
	>50	20-50	10-20	5-10	<5
Οροπέδιο Λασιθίου	1-3	4-10	9-14	18-23	33-37
Οροπέδιο Λιμνάκαρου	3-8	9-18	21-37	48-54	66-77

Πίνακας 5. Μέση μηνιαία και μέση ετήσια υδατοσυγκράτηση (L_p) από τη λιβαδική βλάστηση (σε χλσ.) στα οροπέδια Μοχού (Μ), Λασιθίου (Λα) και Λιμνάκαρου (Λι).

	Ι	Φ	Μ	Α	Μ	Ι	Ι	Α	Σ	Ο	Ν	Δ	ΕΤΟΣ
Μ	10,4	11,4	13,5	6,9	3,8	2,1	4,2	0,5	5,9	18,0	22,1	22,1	120,9
Λα	7,5	13,0	16,3	7,8	7,0	3,0	6,6	0,8	8,9	26,2	34,8	33,0	164,9
Λι	4,3	4,5	7,5	5,8	4,8	3,4	7,8	1,0	9,8	28,0	34,9	34,1	145,9

Η διαφορετική αυτή χωροχρονική προσφορά νερού μεταξύ των τριών περιοχών έρευνας αποτελεί το κύριο αίτιο διαφοροποίησης της χλωριδικής τους σύνθεσης. Στη βλάστηση του οροπεδίου Λιμνάκαρου κυρίαρχα είδη είναι το *Bromus rigidus* (33%) και το *Erodium cicutarium* (19%). Από τα 15 συνολικά taxa, που απαντώνται στην περιοχή αυτή, τα έξι είναι ετήσια και τα υπόλοιπα εννέα πολυετή με αντίστοιχο ποσοστό συμμετοχής στη βλάστηση 64% και 36%. Όσον αφορά τον τύπο της βλάστησης το 48% απαρτίζεται από αγρωστώδη και το 52% από πλατύφυλλα, ενώ απουσιάζουν εντελώς τα ψυχανθή. Στο οροπέδιο Λασιθίου κυρίαρχα είδη της βλάστησης αποτελούν τα *Poa annua* (34%) και *Ranunculus sprunerianus* (24%). Στην περιοχή βρέθηκαν συνολικά οκτώ taxa, τέσσερα ετήσια και τέσσερα πολυετή με ποσοστά συμμετοχής στη σύνθεση της βλάστησης 53% και 47% αντίστοιχα. Και σε αυτήν την περιοχή υπερτερούν τα αγρωστώδη (52%), ενώ απουσιάζουν πλήρως είδη της οικογένειας των ψυχανθών. Στο οροπέδιο του Μοχού, τέλος, κυριαρχούν ετήσια είδη (11 από σύνολο 18 taxa), με ποσοστό συμμετοχής στη βλάστηση 90%. Οι διάφοροι τύποι φυτών συμμετέχουν στη σύνθεση του λιβαδιού με ποσοστά 87,5% για τα αγρωστώδη, 8% για τα ψυχανθή και 4,5% για τις υπόλοιπες πλατύφυλλες πόες. Κυρίαρχα είδη της βλάστησης είναι τα *Avena fatua* (42%) και *Bromus sterilis* (27%). Ο δείκτης ποικιλότητας των Shannon-Weiner (H') βρέθηκε να έχει υψηλές τιμές τόσο στο οροπέδιο Λιμνάκαρου, όσο και στο οροπέδιο του Μοχού, ενώ αντίθετα το οροπέδιο Λασιθίου παρουσιάζει τη χαμηλότερη τιμή

(Πίνακας 5). Το οροπέδιο Λιμνάκαρου εμφανίζει το μεγαλύτερο αριθμό ειδών ανά πλαίσιο, ενώ τα είδη που υπάρχουν σε αυτό εμφανίζουν μικρή σχετικά κυριαρχία, όπως φανερώνουν οι δείκτες ομοιομορφίας των Shannon-Weiner (E) και κυριαρχίας των Berger-Parker (d). Αντίθετα, στο Μοχό είναι διακριτή η εμφάνιση σχετικής κυριαρχίας των απαντώμενων ειδών.

Στο οροπέδιο Λιμνάκαρου, παρά το γεγονός ότι το έδαφος είναι αβαθές, η μεγάλη ποσότητα βροχοπτώσεων και η ύπαρξη χιονοστρώματος για σημαντικό χρονικό διάστημα συντελεί στη διατήρηση λιβαδικών οικοσυστημάτων καλής δομής και φυτοποικιλότητας, όπως καταδεικνύει ο υψηλός δείκτης των Shannon-Weiner. Η εμφάνιση μεγαλύτερου αριθμού πολυετών φυτών εν συγκρίσει με τις άλλες δύο περιοχές μπορεί να αποδοθεί στις ιδιαίτερες κλιματικές συνθήκες της περιοχής καθώς η ύπαρξη χιονοστρώματος έχει βρεθεί ότι ευνοεί τα φυτά που αναπαράγονται αγενώς, ενώ αποτρέπει την αναπαραγωγή των ετήσιων ειδών, των οποίων η επιβίωση εξαρτάται από την παραγωγή σπόρων (Kammer 2002).

Πίνακας 6. Βασικά συστατικά της χλωριδικής ποικιλότητας στις τρεις υπό μελέτη περιοχές.

Περιοχή έρευνας	S/0,25m ²	H'	E	d
Οροπέδιο Μοχού	6,11	2,26	0,78	0,34
Οροπέδιο Λασιθίου	3,44	1,80	0,87	0,31
Οροπέδιο Λιμνάκαρου	8,11	2,11	0,80	0,23

Διαφοροποιημένη είναι η κατάσταση που παρουσιάζει το ποολίβαδο στο οροπέδιο Λασιθίου, εμφανίζοντας τις μικρότερες τιμές αφθονίας ειδών και δεικτών ποικιλότητας σε σχέση με τις άλλες περιοχές μελέτης. Αν και το έδαφος της περιοχής αυτής έχει σαφώς μεγαλύτερο βάθος και τα κατακρημνίσματα είναι επαρκή για τη δημιουργία και διατήρηση καλής φυτοποικιλότητας, εντούτοις το ποολίβαδο εμφανίζεται υποβαθμισμένο. Η παραπάνω κατάσταση θα μπορούσε να αποδοθεί στις προηγηθείσες και παρούσες χρήσεις γης (εγκαταλελειμμένοι αγροί), οι οποίες είναι γνωστό ότι ασκούν αρνητική επίδραση τόσο στο έδαφος, όσο και στη βιοποικιλότητα (Cousins and Lindborg 2004).

Τέλος, η βοτανική σύνθεση του οροπεδίου Μοχού, όπου καλλιέργειες γειτνιάζουν με λιβαδικές εκτάσεις, φανερώνει την ύπαρξη αλληλεπιδράσεων μεταξύ των ειδών των ανοιχτών περιβαλλόντων και αυτών που προέρχονται από γειτονικές καλλιεργούμενες περιοχές. Άλλωστε είναι γνωστό ότι οι καλλιεργημένες και έντονα διαταραγμένες περιοχές συνήθως κυριαρχούνται από ετήσια φυτά (Kitazawa and Ohsawa 2002). Η μεγαλύτερη ποικιλότητα, που εμφανίζεται στο οροπέδιο αυτό οφείλεται στο μεγάλο αριθμό ετήσιων ειδών, τα οποία προέρχονται από τις γειτονικές περιοχές και δευτερευόντως στη μειωμένη σε σχέση με τις άλλες περιοχές διαθέσιμη εδαφική υγρασία, εξαιτίας του μικρότερου ύψους βροχόπτωσης και της έλλειψης χιονοπτώσεων.

Συμπεράσματα

Η ύπαρξη επαρκών ποσοτήτων βροχοπτώσεων και χιονοπτώσεων και η επί μακρόν διατήρηση χιονοστρωμάτων στα υψηλά οροπέδια της ανατολικής Κρήτης παρέχουν αυξημένη εαρινή – θερινή υγρασία, συμβάλλοντας στη δημιουργία και διατήρηση λιβαδικών οικοσυστημάτων υψηλής βιοποικιλότητας και αυξημένης οικολογικής αξίας με παράλληλη πιθανή παροχή σημαντικής αντιδιαβρωτικής προστασίας. Αντιθέτως, στα χαμηλά οροπέδια φαίνεται πως πρωτεύον ρόλο στη βιοποικιλότητα έχει η παρελθούσα και παρούσα χρήση γης.

Αναγνώριση βοήθειας

Ευχαριστούμε τον κ. Γεώργιο Αλεξάκη για τη βοήθεια του κατά τη συλλογή των στοιχείων, τον κ. Ιωάννη Βισκάκη, κάτοικο Τζερμιάδου Οροπεδίου, για την παραχώρηση των

χιονολογικών παρατηρήσεων και το Δήμαρχο Οροπεδίου κ. Γεώργιο Μηλιαρά για τη βοήθεια που παρείχε.

Βιβλιογραφία

- Aarts, B. and P.H. Nienhuis. 1999. Ecological sustainability and biodiversity, *International Journal of Sustainable Development and World Ecology*, 6: 89-102.
- Cook, C.W. and J. Stubbendieck. 1986. *Range Research: Basic Problems and Techniques*. Society for Range Management. Colorado, USA, pp. 317.
- Cousins, S.A.O. and R. Lindborg. 2004. Assessing changes in plant distribution patterns – indicator species versus plant functional types. *Ecological Indicators*, 4: 17-27.
- Gusev, Y.M. and O.N. Nasonova. 1997. Modelling annual dynamics of soil water storage for agro- and natural ecosystems of the steppe and forest-steppe zones on a local scale. *Agricultural and Forest Meteorology*, 85: 171-191.
- Henderson, P.A. 2003. *Practical Methods in Ecology*. Blackwell Science Ltd., Oxford, UK.
- Kammer, P.M. 2002. Floristic changes in subalpine grasslands after 22 years of artificial snowing. *J. Nat. Conserv.*, 10: 109–123.
- Kitazawa, T. and M. Ohsawa. 2002. Patterns of species diversity in rural herbaceous communities under different management regimes, Chiba, central Japan. *Biological Conserv.*, 104: 239-249.
- Merrill, E.H., M.K. Bramble-Brodahl, R.W. Marris and M.S. Boyce. 1993. Estimation of green herbaceous phytomass from Landsat MSS data in Yellowstone National Park. *J. Range Manage.*, 46: 151-157.
- Παρίτσης, Σ.Ν. 2001. Μελέτη διαχείρισης υδατικών πόρων του Δήμου Τυλίσου. Οργανισμός Ανάπτυξης Ανατολικής Κρήτης.
- Παυλίδης, Θ. 1997. Μέθοδοι χειρισμού λεκανών απορροής και κοιτών για αύξηση των υδατικών διαθεσίμων. Το παράδειγμα του χειμάρρου Μορνιώτικο Ρ., σελ. 49-80. Πρακτικά Διεθνούς Συνεδρίου «NEPO – ΑΔΙΕΞΟΔΟ». Θεσσαλονίκη 1997.
- Rixen, C., V. Stoeckli and W. Ammann. 2003. Does artificial snow production affect soil and vegetation of ski pistes? A review. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 5: 219-230.
- Spehn, E.M., A. Hector, J. Joshi, M. Scherer-Lorenzen and B. Schmid. 2004. Ecosystem effects of biodiversity manipulations in European grasslands, p. 177-179. In: *Land Use Systems in Grassland Dominated Regions* (A. Lüscher, B. Jeangros, W. Kessler, O. Huguenin, M. Lobsiger, N. Millar and D. Suter, eds). 20th General Meeting of the EGF, Luzern, Switzerland, 21-24 June. EGF Vol., 9 Grassland Science in Europe.

Contribution of snow on the development and maintenance of mountainous grasslands in the arid environments of Crete

K. Tsemperidis¹, P. Kostopoulou² and Th. Pavlidis¹

¹Laboratory of Mountainous Water Management and Control and ²Laboratory of Range Science, Faculty of Forestry and Natural Environment, Aristotle University of Thessaloniki, 541 24 Thessaloniki, Greece

Summary

Even though the mean annual rainfall of Crete ($P_m = 870$ mm) is higher than that of the rest of Greece ($P_m = 630$ mm), Crete is considered as an extremely arid area exhibiting a desertification tendency. This phenomenon is due to a) the concentration of the highest quantity of precipitation from November to March and the almost total lack of rainfall at the rest of the year and b) the geological substrate of the mountains of Crete that consist of intensely weathered – eroded penetrable carbonate formations. In this study snow and snowpack conditions at typical mountainous areas of Crete were studied and their contribution to the maintenance of grasslands at these sites was evaluated. The data suggest that, in order to confront desertification phenomena in Crete, it is important to conserve grassland ecosystems, which comprise the only ecosystems that can exist at the mountainous parts of the island. Furthermore, grasslands of mountainous areas with high quantity of snowfall and satisfying snowpack maintenance are found to possess a high floristic diversity.

Key words: Precipitation, snowpack, mountainous grasslands, floristic diversity.